

12. 超音波検査の進め方

下肢動脈・下肢静脈疾患の
チェックポイント

水島美津子 岩下 淨 明¹⁾ 上 條 敏 夫²⁾ 山 口 秀 樹³⁾
高須賀康宣⁴⁾ 中 島 哲⁵⁾ 武 山 茂⁶⁾

IRYO Vol. 60 No. 12 (788-796) 2006

キーワード 超音波検査, 下肢動脈疾患, 下肢静脈疾患, 閉塞性動脈硬化症, 深部静脈血栓症

はじめに

近年, 超音波診断装置の性能および高周波探触子の技術向上により超音波検査による下肢の動脈・静脈の血管形態や血流動態の観察が詳細に行えるようになってきた。また超音波検査は血管造影検査に比較し簡便性や迅速性に優れ, 非侵襲的で繰り返し検査が可能なことから診断・治療前後の評価として有用である。

今回は下肢動脈疾患に対する超音波検査の進め方を閉塞性動脈硬化症 (ASO: arteriosclerosis obliterans) を中心に, また下肢静脈は深部静脈血栓症 (DVT: deep vein thrombosis) を中心に, スクリーニングとして短時間に行える検査法およびチェックポイントについて述べる。

下肢動脈超音波検査

1. 検査体位と検査部位

被検者は通常ベッド上に仰臥位で安静, 鼠径部か

ら足首までの観察を行えるようする。膝窩動脈や後脛骨動脈は腹臥位で観察する場合もある。下肢動脈の観察は広範囲であるため, 血管走行など解剖学的知識も不可欠である (図1)。総大腿動脈は腸骨動脈 (外腸骨動脈) から連続する動脈幹で, 鼠径靱帯から約4 cm 末梢で浅大腿動脈と深大腿動脈に分岐する。浅大腿動脈 (大腿動脈とも呼ばれる) は大腿前面皮下から内側下方へと走行する。膝窩動脈は大腿動脈から連続する膝窩部の動脈幹で, 前脛骨動脈, 後脛骨動脈を分岐する。前脛骨動脈は末梢部で足背動脈となる。一方後脛骨動脈の末梢は内踝の後方を走行し, 内側・外側足底動脈となる。

スクリーニングの検査部位は, 鼠径部では大腿動脈, 膝窩部では膝窩動脈, 末梢側では内踝部での後脛骨動脈, 足背部では足背動脈を主に観察し, 必ず両側を観察し比較する。アプローチ法を図に示す (図2)。検査前に問診や触診の情報もチェックしておくとう効率的に検査を進めることができる。また検査時間を有効に活用するためには検査部位を決めて, そこから病変部を絞って検査を進める。

国立病院機構さいがた病院臨床検査科 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) 国立国際医療センター臨床検査部 4) 国立病院機構四国がんセンター臨床検査科 5) 国立病院機構西群馬病院研究検査科 6) 国立病院機構東京病院 臨床検査科
別刷請求先: 水島美津子 〒949-3193 新潟県上越市大潟区犀潟468-1 国立病院機構さいがた病院 臨床検査科
(平成18年11月8日受付)

Series of Articles on Ultrasonography 12. Clinical Applications of Ultrasonography : Diagnosis of Peripheral Arterial/Venous Disease

Mitsuko Mizushima, Kiyoaki Iwashita¹⁾, Toshio Kamijo²⁾, Hideki Yamaguchi³⁾, Yasunori Takasuka⁴⁾, Satoshi Nakajima⁵⁾ and Shigeru Takayama⁶⁾

Key Words : ultrasonography, peripheral arterial disease, peripheral venous disease, arteriosclerosis obliterans, deep vein thrombosis

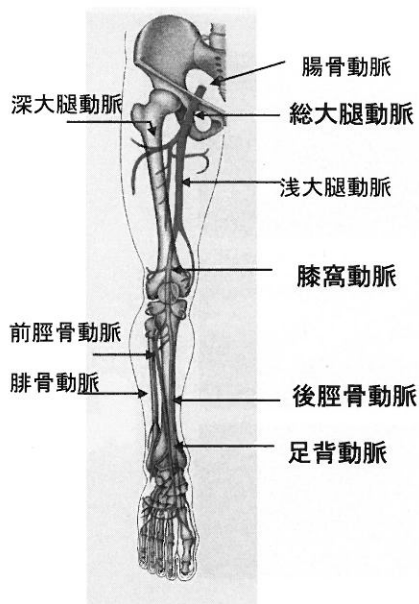


図1 下肢動脈の解剖

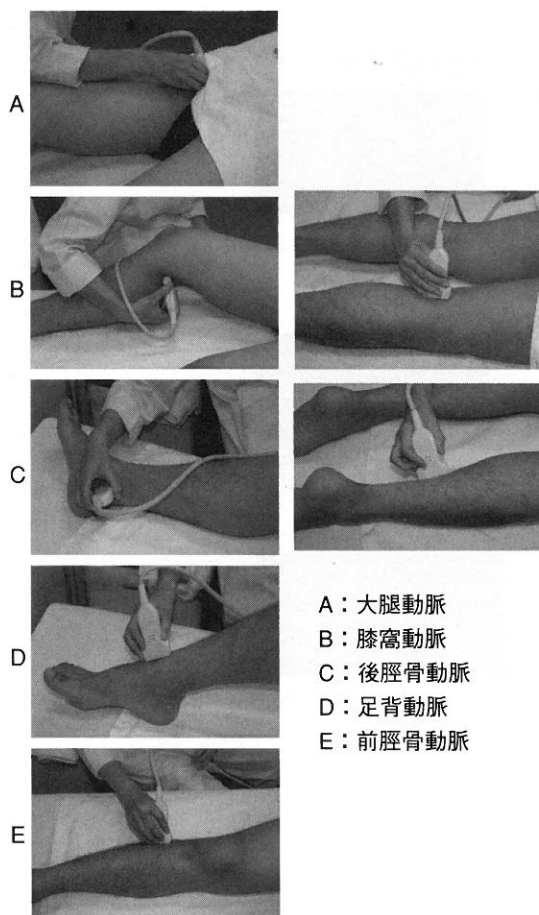


図2 仰臥位・腹臥位でのアプローチ

2. 検査法

1) Bモード断層

高周波リニア探触子を用い、まず横断面（短軸断面）で拍動する血管をめやすに動脈を描出する。そこから長軸断面にして血管径、壁肥厚や動脈硬化性

病変（プラークの形成）の有無など血管性状を観察する。

超音波画像の表示方法では、短軸断面は画像に向かって右を被検者の左側として足から見上げた画像として表示し、長軸断面では中枢側（心臓側）を左側に、末梢側は右側に表示することを推奨する（図3-1）。

2) ドプラ法

健常者の下肢の動脈はカラードプラ法（図3-2）で容易にカラー表示される。血流信号の強度により感度（カラーゲイン）を設定する工夫と十分な注意が必要である。血流波形および血流速度の計測には血管を長軸断にしてパルスドプラ法（図3-3）で行う。

下肢動脈の血流波形は安静状態では大腿動脈から末梢の足背動脈まで血管は細くなり、血流も低下するが、血流パターンは変わることはない（図4）。

血管径と最大血流速度は個人差もあるが総大腿動脈では径約10mm・80～120cm/s、膝窩動脈では径約5mm・50～80cm/s、後脛骨動脈では径約2mm・40～60cm/s、足背動脈では径約2mm・30～50cm/sとの報告がある。

下肢動脈の正常血流波形パターンは収縮期の立ち上がりが急峻でそれに続く逆流成分をとまなう三相波形として観察される（図5-I型）。拡張期は血管抵抗を反映するが、逆流成分のない波形（図5-II型）は運動後や安静時間の不足、血管拡張薬の投与などに下腿で観察される場合がある。

3. 狭窄・閉塞病変の評価

狭窄部とその直後では血流速度の増加と乱流が認められる。高度狭窄病変があれば収縮期最高流速の上昇、逆流成分の消失、狭窄後の乱流波形がみられ、離れた末梢側では最高流速の低下やなだらかな波形へとなる。すなわち観察部位より中枢側に高度狭窄や閉塞病変があると血流波形は変化する（図5-III型からVI型）。

このように血流波形は収縮期最高流速や収縮期開始から最高流速に到達するまでの時間が、測定部より中枢側の病変を反映して変化するが、計測値には個人差や誤差があるため、観察部位より中枢側の狭窄病変の有無は、左右の同一部位で比較すると血流速度および血流波形の変化を捉えやすい。下肢動脈では総大腿動脈と膝窩動脈における血流速度・波形

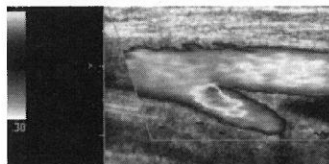
1. Bモード断層法

血管壁や血管内腔の形態を観察するのに有用である。長軸像では中枢側(心臓側)を左に、末梢側(足先)を右に表示する。



2. カラー Doppler 法

血流信号の強度と血流方向が観察できる。



3. パルス Doppler 法

サンプルボリューム位置の血流パターンと血流速度を計測できる。
(正常波形 $V=1.2\text{m/s} \rightarrow$)

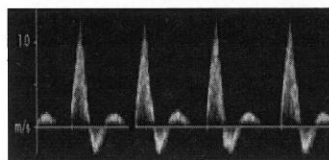


図3 検査法

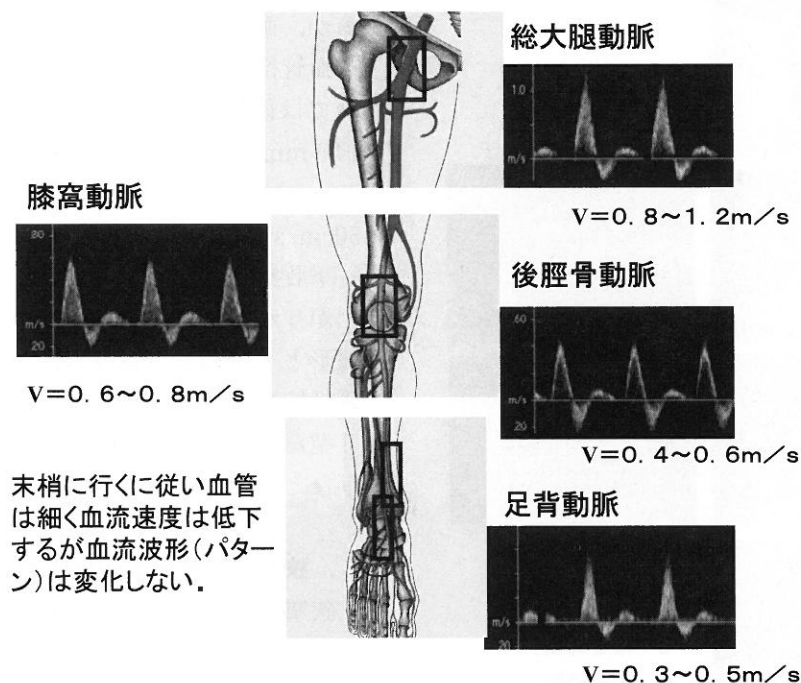


図4 下肢動脈の観察部位と血流速度波形

の観察がとくに重要である。また狭窄・閉塞病変部位および病変の長さより治療方針が異なるため、できるだけ詳細な情報を臨床側に提供することが重要である。

狭窄率には血管径からの算出法(NASCET法, ECST法)があるが、超音波法では面積狭窄率が有用である。しかし石灰化病変などにより面積狭窄率の測定が困難な場合には、収縮期最高流速から狭窄

率を推測する。

4. 疾患との関連

ASOは主として四肢の主幹動脈に粥状硬化性変化をきたし、狭窄病変あるいは閉塞病変を生じ、慢性的に進展して末梢部動脈の血流障害をきたす疾患である。ASOは50歳以上に多く、下肢での好発部位は総大腿動脈分岐部、総大腿動脈の鼠径韌帯直下

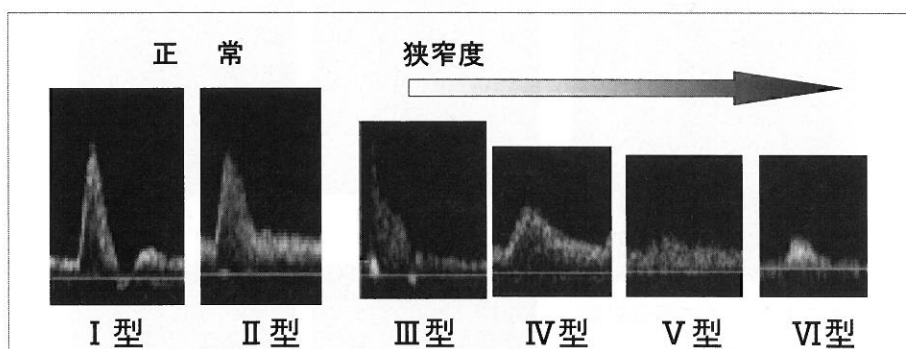


図5 下肢動脈血流波形パターン

- I型：急峻な立ち上がりの収縮期のピークとそれに続く逆流成分をともなう
 II型：逆流成分のない正常波形は運動後（安静が不十分である場合）に下腿で観察される
 III型：ピークの成分がやや鈍くなり拡張期逆流成分が減弱または消失
 IV型：収縮期の立ち上がりは鈍化し連続したなだらかな波形
 V、VI型：わずかに描出される波形

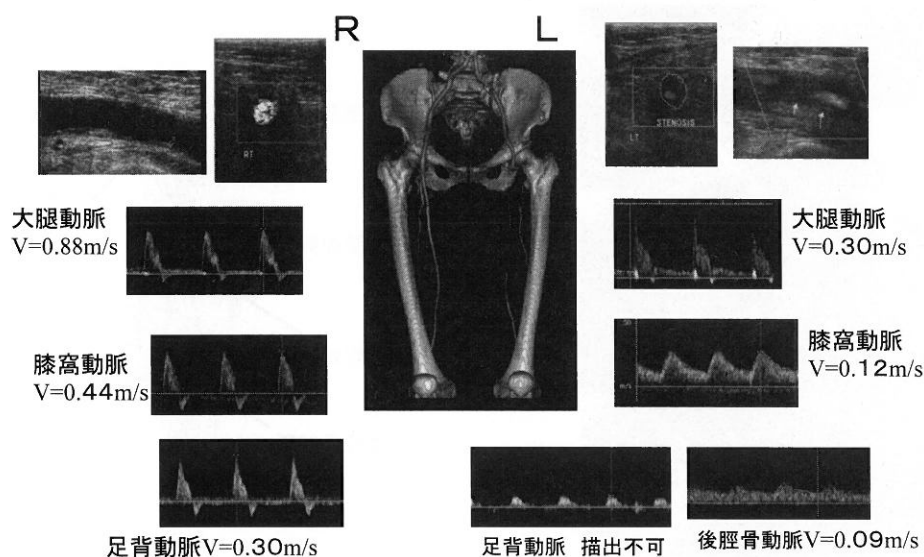


図6 閉塞性動脈硬化症（所見：間歇性跛行）

部浅大腿動脈の大腿内転筋管部などがあげられる。病理学的に動脈内膜の内皮下層に粥腫を形成して、この部に内膜肥厚をおこして内腔狭窄や内腔剥離、出血、内膜潰瘍の状態から血栓を発生して内腔閉塞に至る。

症例の呈示

症例は64歳女性，糖尿病，高脂血症で間歇性跛行を認めていた。下肢動脈3D-CTAngio所見では左

大腿動脈は大転子のレベルから左膝上1/3のレベルまで閉塞，それ以下では細々と血行がみられた。また側副血行もみられる所見であった。触診は鼠径部で微弱，足背部では確認できなかった。超音波検査では左大腿動脈は右大腿動脈に比較して明らかに血流速度の低下と血流波形の変化（逆流成分の消失）を認め，左膝窩動脈は収縮期波の立ち上がりの鈍化とピーク流速の低下を認めた。さらに末梢の左後脛骨動脈，左足背動脈では描出困難または描出不



パルスドプラ法で腸骨動脈から大腿動脈側（A→B→C→D）にサンプルボリュームを移動していくと血流の変化を捉えられる。

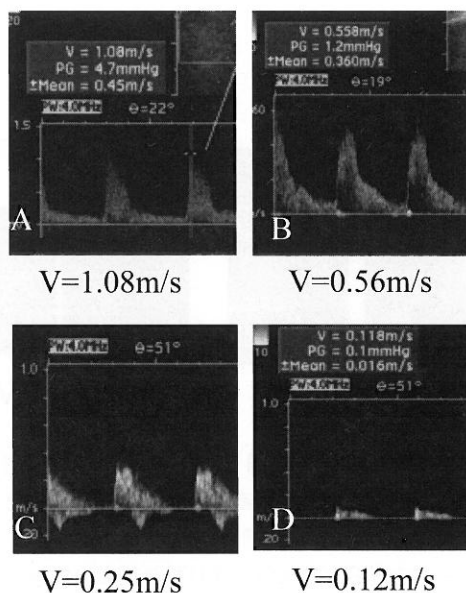


図7 病変部での血流の変化



図8 下腿静脈の検査

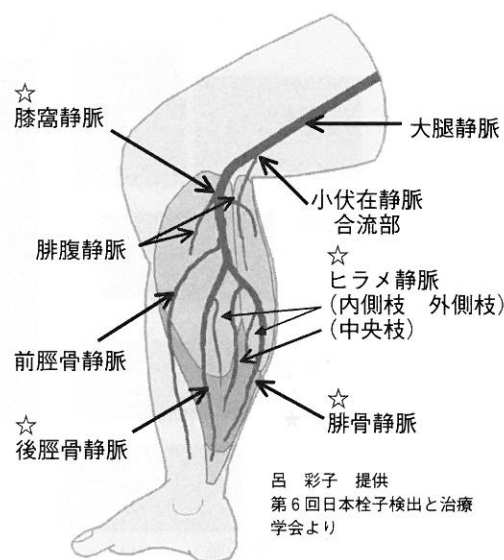


図9 下腿の深部静脈

可のレベルであった（図6）。そこで病変部を腸骨動脈から大腿動脈にしほり、小刻みにアプローチを試みた。描出された血流波形・速度より腸骨動脈から総大腿動脈移行前の中樞側の病変が示唆された（図7）。

下肢静脈超音波検査

1. 検査体位

下肢静脈超音波検査で最も多いのがDVTの検査

である。DVTでは骨盤内静脈で右総腸骨動脈は左総腸骨静脈を横切るように走行する位置関係にあることから、前方から右腸骨動脈、背側から脊髄に挟まれ圧迫されることが原因と考えられている腸骨静脈圧迫症候群と下肢の深部静脈が主であるが、通常下肢が多く、とくに下腿の深部静脈は必須検査となってきた。基本的検査体位は座位で軽く膝を屈曲させ下腿を下げた状態で観察する（図8）。これは複数の静脈血管を多方向からアプローチし、注意深く観察するのに適している。またこの体位は静脈

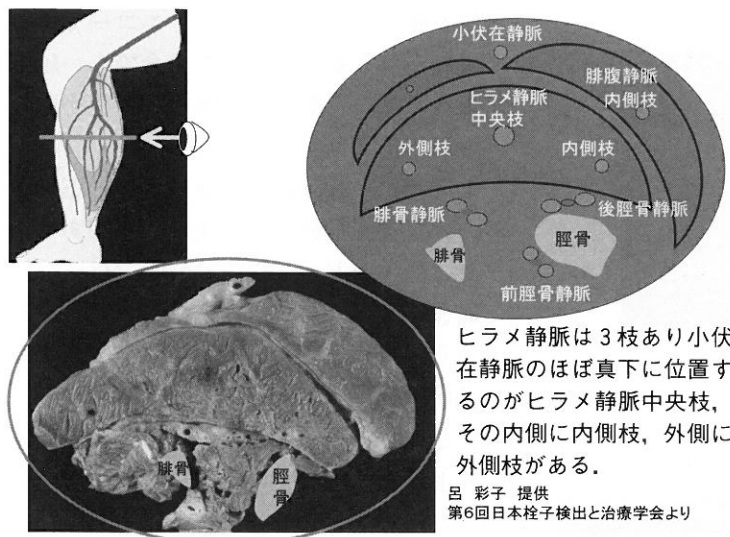


図10

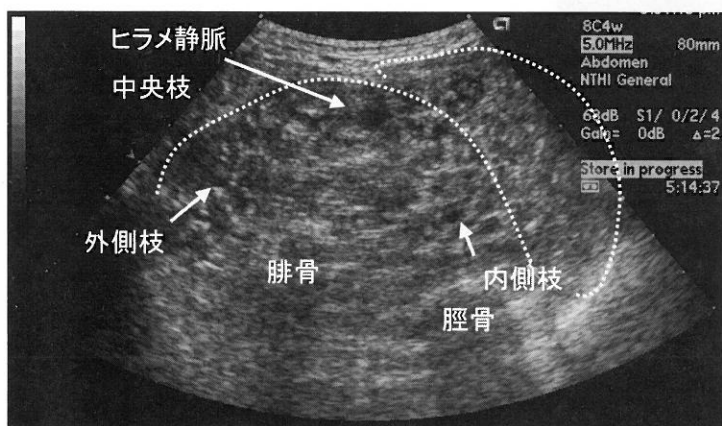


図11

コンベックス型探触子で広範に描出されたヒラメ筋と、ヒラメ静脈の3枝（矢印）、脛骨と腓骨は音響陰影を認めている。

を拡張させることで血管の描出が容易になり、さらに明瞭な内腔の観察が可能となる。ベッド上安静など座位姿勢が困難な場合は、仰臥位で膝を立てる、またはベッドから下腿を垂らすなどの工夫が必要となる。

2. 検査部位と下腿の深部静脈

観察する下腿の静脈は筋膜下層の深部静脈および筋肉内の静脈が主である。膝後方に探触子を当て膝窩動脈のやや背側を並走する膝窩静脈を観察する。さらに背側に表在の小伏在静脈がある。まず血管の短軸断面で膝窩静脈を連続して探触子による圧迫法で観察する。そのまま足側にスキャンしながら腓腹筋内を走行する腓腹静脈を観察する。さらに下方へと走査するとヒラメ筋層が観察され、ヒラメ筋内の

中央、内側、外側の各ヒラメ静脈が描出される。そして下腿の前・後脛骨動脈、腓骨動脈に並走する対の静脈、前・後脛骨静脈、腓骨静脈を観察する。後脛骨静脈は腓腹筋を避けた下腿内側の脛骨の後方、すなわち下腿後方からのアプローチでは脛骨の前方（手前）に描出される。前脛骨静脈は脛骨と腓骨間の骨間膜の前方を走行するため、下腿前方からのアプローチで観察する。腓骨静脈は腓骨の後方を走行した後頸骨静脈と合流して膝窩静脈と連続する。下腿外側後方からのアプローチでは腓骨前方に描出される（図9、10）。

3. 探触子の選択

検査を効率的に進めるためには、探触子の有効な使い方が必要となる。広範囲の観察が必要な場合や下肢が太く静脈が深く走行しているような場合には腹部用コンベックス型探触子を用いるが（図11）、下腿の深部静脈検査では通常血管内腔や血栓の形態的な観察も可能な高周波リニア探触子を用いて詳細な観察を行う（図12）。

4. 血管圧迫法と血栓の評価法

下肢のDVT診断は静脈血管を横断面で描出しながら探触子で圧迫することにより評価を行う圧迫法が基本である。静脈系は動脈系と違い圧は低く、血流速度も遅い。

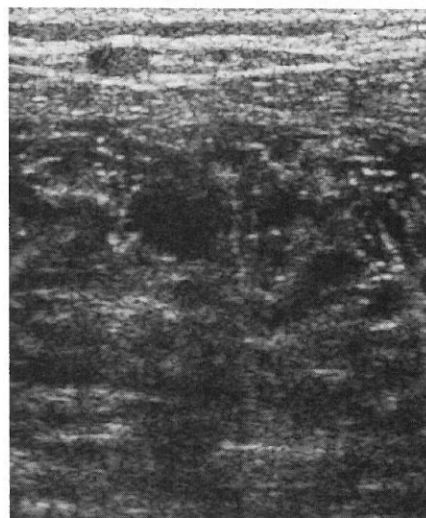


図12

高周波リニア型探触子でヒラメ静脈中央枝を描出、血管内腔の観察が容易である。

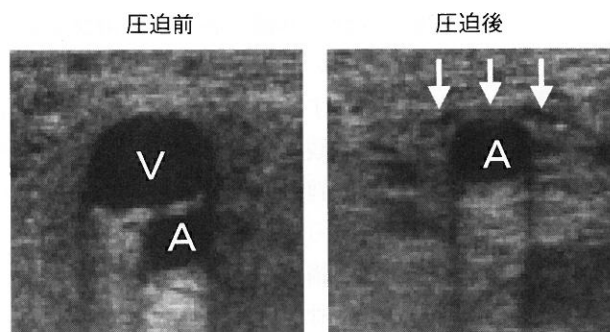


図13

探触子の圧迫により静脈は容易につぶれる。矢印

V：膝窩静脈 A：膝窩動脈

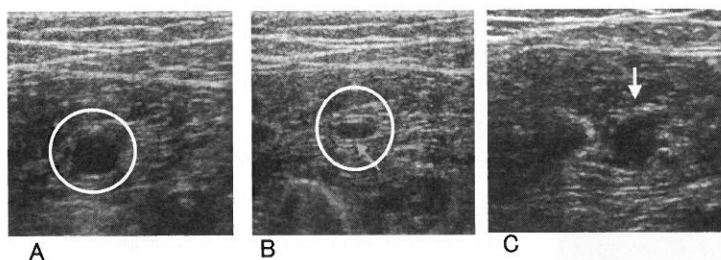


図14 浮遊血栓を認めたヒラメ静脈

A 拡張したヒラメ静脈内腔は不均一で不明瞭だが高エコー輝度のエコー像を認める。

B 血管圧迫で完全に虚脱しない（完全につぶれない）。

C 圧迫後内腔はより低輝度になり浮遊した血栓とのコントラストが明瞭になった。

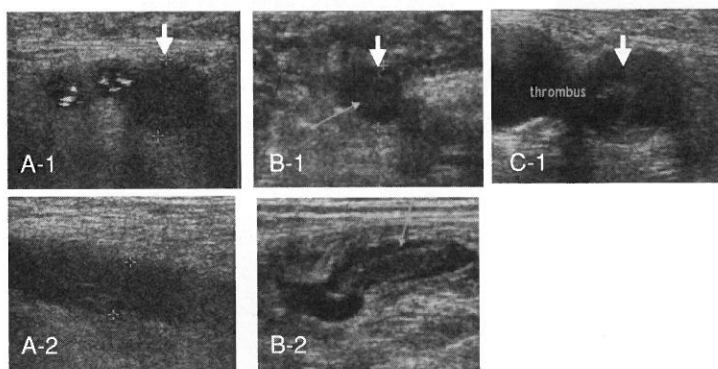


図15 DVTの経時的形態的变化

A-1 拡張した血管（13mm）と内腔に充満した新鮮血栓を認める。短軸像（大腿静脈）カラードプラ法 A-2 長軸像

B-1 拡張した血管（9mm）内腔に浮遊血栓（5mm）を認める。短軸像（膝窩静脈） B-2 長軸像

C-1 器質化した壁在性索状化血栓を認める。短軸像（膝窩静脈）

また血管壁は薄く伸展性が高いため、外部からの圧迫で容易に虚脱する（図13）。

血管を圧迫し内腔が完全に虚脱しない（完全につぶれず残る）場合は血栓を疑い、内腔に血栓エコーを確認できればDVTと診断できる。また血流のう

っ滞が強く、内腔全体がモヤエコーでエコー輝度が高く観察不明瞭な場合でも、圧迫により一時的に解消され内部の血栓がより明瞭に描出される（図14）。

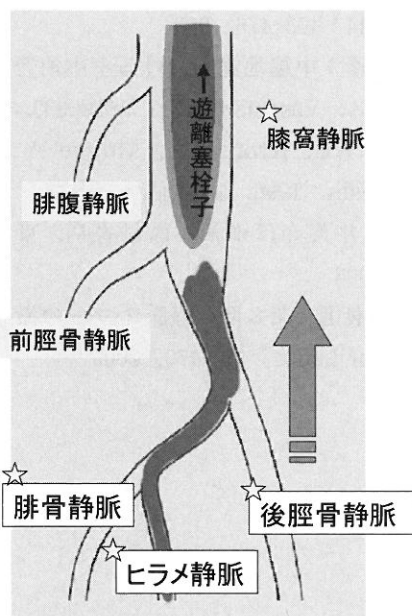
大腿静脈や膝窩静脈の血栓は強く圧迫することで遊離飛散してしまう危険があるが、ヒラメ静脈などの下腿末梢静脈では圧迫法で血栓を遊離する危険性は低いと考えられている。注意すべき点は圧迫が不十分のために血管が完全につぶれず血栓と誤った評価をしてしまう場合である。とくに浮腫により下腿が腫脹している場合などに考えられる。対処法として必ず一方の手で下腿を押さえ、探触子で多方向から圧迫を試みる必要がある。

5. 静脈血栓の経時的变化

DVTは形成されてからの時間経過とともにエコー輝度に変化がみられる。形態学的には血管の拡張が主体で、新鮮血栓は内腔のエコー輝度が低くBモード像だけでは診断が困難であるが、時間経過にともないエコー輝度は少しずつ高くなり血管内腔に浮遊した状態で描出される浮遊血栓となる。その後次第に器質化し索状や壁在性の血栓となるが、抗凝固療法などの治療により大部分は消失する。しかし一部の壁在性血栓は慢性化して索状化し静脈弁の変化をとともなうこともありその位置に血栓を再発しやすい。このような慢性血栓は急性DVTの再発の原因となることもあり注意が必要である。また、血栓により高度に拡張した静脈は血栓の器質化にともなって次第に退萎し、もとの静脈径に近づき、閉塞した静脈は超音波検査では描出が困難になる場合がある。現時点では治療の有無、治療開始時期等によるDVTの形態的経時的变化はまだ不明な点が多い（図15）。

6. カラードプラ法の応用

下腿の深部静脈は極端に低流速であるため頸動脈や下肢動脈のカラー感度ではカラー表示されないことに注意が必要である。また、瞬時に下腿筋肉を強くもみ、静脈還流を強制的に増加させるミルキング



呂 彩子 提供 第6回日本栓子検出と治療学会より
図16 血栓の進展とヒラメ静脈灌流系

法によって静脈にカラー表示されないからと血栓と診断するのは危険である。カラードプラ法は確実にカラー表示される動脈の位置から伴走する静脈を見つけることや、ミルキング法を利用し静脈血管の存在を確認するなど補助的な利用にとどめることを推奨する。

7. ヒラメ静脈の重要性

下肢 DVT の塞栓源としてのヒラメ静脈が重要視されている背景として、呂らの報告がある。急性広範性の肺血栓塞栓症（PTE）による突然死症例の DVT を病理組織学的に検索すると、ヒラメ静脈は新鮮血栓、器質性血栓ともに検出率が最も高い静脈であること。また景山らの報告からヒラメ静脈に血栓がおりやすい理由として筋肉内静脈で筋肉が活動していないと血流がうっ滞しやすく、解剖学的特徴も関与して拡張すればさらに強いうっ滞をおこしやすくなることなどである。さらにヒラメ静脈の血栓自体は塞栓子とならないが、ヒラメ静脈血栓の一次血栓からそれを足場にして急速に新しい 2 次血栓ができ、さらにこの 2 次血栓はヒラメ静脈の還流経路に沿って腓骨静脈や後脛骨静脈、膝窩静脈へと進展して、膝窩を越えると膝の屈伸運動などによって伸長した血栓が途切れ血栓塞栓子となって肺血栓塞栓症を発症すると考えられている（図16）。

一方、神経領域では、卵円孔開存すなわち右心房から左心房への右左シャントによる奇異性脳塞栓症

の塞栓源としてヒラメ静脈が重要視されるようになってきた。とくに奇異性脳塞栓症とヒラメ静脈の血管径が独立した危険因子になることが報告されている。また人工関節術施行患者の術前のヒラメ静脈径が術後の DVT や PTE と関連あることが報告されている。新潟県中越地震での被災者車中泊者 PTE での報告では、車中泊経験者よりも優位に太く、また被災者 DVT のヒラメ静脈径も有意に太かった報告がある。筆者らの検討でも精神疾患や神経疾患患者の DVT では DVT（-）に比較し有意に太かったことから、最大径 8 mm 以上はグレーゾーン、9 mm 以上は DVT のリスクと考えている。

まとめ

下肢動脈の超音波検査として、動脈硬化性疾患で食生活の欧米化や高齢化により増加傾向にある ASO を中心に検査の進め方を述べた。今後も超音波検査の有用性から ASO の診断や治療後の評価に広く活用が期待される。

下肢静脈の超音波検査では、DVT を中心とした検査法を述べた。近年、超音波装置の進歩により静脈血栓の描出率も高くなり、また現在欧米では DVT 診断の第一選択は非侵襲的でありアルタイムに繰り返し検査が可能な下肢静脈超音波検査である。脈管系の超音波検査のなかでも下肢静脈超音波検査はまだ普及が始まったばかりで、検査手技や評価方法は標準化されてはいない。現在、主要学会での検討が進められているが、血栓の有無の評価は圧迫法で行うこと、下腿の静脈でもとくにヒラメ静脈の観察を必須とすることが基本とされている。今後 PTE の早期診断・治療のためにも下肢 DVT の検査法として下肢静脈超音波検査が広く活用されることを願う。

【参考文献】

- 1) 平松京一，打田日出夫：末梢動脈の診断と血管内治療 p.43-53 東京，金原出版，2001
- 2) 中村陽一，由谷親夫：骨盤・下肢閉塞性動脈硬化症の病理インターベンションと関連して。Vascular Lab 2：395-400，2005
- 3) 佐藤洋：下肢動脈エコーのとり方・測り方。Vascular Lab 2：456-462，2005
- 4) 松尾 汎：血管疾患の診断・総論。Vascular Lab 2（増刊）：8-15，2005

- 5) 呂 彩子ほか：院外発症の肺動脈血栓塞栓症の突然死51例の病理形態学的検討. 脈管学 43：627-732, 2003
- 6) 景山則正：第7回日本栓子検出と治療学界予稿集 14：239-246, 2003
- 7) 永井恵子ほか：卵円孔を有する脳塞栓症患者の再発に関する研究：超音波診断による深部静脈血栓との関連から臨床神経. 44：7-13, 2004
- 8) 榛沢和彦ほか：下肢静脈エコーを用いたヒラメ静脈径による市中初症及び術後発症 DVT 予防. 脈管学 44：473-476, 2004
- 9) 榛沢和彦：中越地震における車中泊者のエコノミークラス. Vascular Lab 2：332-339, 2005
- 10) Daniel WG, Kronzon I, Mugge A：Cardiac Embolism. 1996, 塞栓症ハンドブック. 林純一監訳古井英介ほか訳, 西村書店, 東京, p.181-202, 2003
- 11) 久保田義則：第8回／静脈エコーの撮り方測り. Vascular Lab 2：463-470, 2005