◆診断・技術講座◆

下肢静脈血栓の検出法

松尾 汎

Diagnosis of deep vein thrombosis in lower extremities

Hiroshi MATSUO, M.D.

松尾 汎

Key words: deep vein thrombosis (DVT), D dimer,
Air plethysmography, venous ultrasonic examination,
pulmonary embolism (PE)

医学博士

岡山県生まれ、昭和48年広島大卒、同年大阪大付属病院「医員」精神神経科、大阪第二警察病院神経科・内科、淀川キリスト教病院内科、八尾徳洲会病院内科・救急医療、福岡大学病院放射線科助手などを経て、昭和60年国立循環器病センター・内科（心臓血管部門）医員、同63年同内科医長。平成12年松尾循環器科クリニック開設、現在に至る。

はじめに

脈管は血管（動脈・静脈）とリンパ管からなる。静脈・リンパ疾患は動脈に比して頻度は高いが、緊急性や重篤性が低い為か、それらへの関心は低い。しかし、静脈疾患も時に致死的（肺塞栓症：pulmonary embolism；PEが知られている）であり、多くがQuality of life (QOL)を著しく低下させるため、広く診療医が取り組むべき対象である。本稿では、静脈の解剖と生理、および静脈血栓の診断について概説する。

静脈の解剖と生理

静脈は深筋膜より浅部を走り、表在に見られる「表在静脈」と、深筋膜の深部を走り、主たる静脈還流を担う「深部静脈」、更にその両者を繋ぐ「交通枝」（穿通枝とも言う）からなる。下肢の深部静脈は、下腿の筋肉枝、下腿静脈、膝窩静脈、大腿及び腸骨静脈へと合流する（図1）。

静脈には弁（二尖弁）があり、逆流を防止する機能（末梢から心臓へ、表在から深部へと流

れる方向を向いている）を有している。静脈還流を主に担っているのは深部静脈で、主に「下腿筋」のポンプ作用によって還流している。すなわち、下腿筋の収縮で血液が心臓方向へ駆出され、下腿筋の弛緩・拡張で血液が末梢側から再充満して来る（弁の作用により中枢側からは流れ込まない）。この下腿筋と静脈弁に因るポンプ作用の繰り返しの結果、静脈血は末梢から心臓へと送り出されるのである。その他に静脈還流へ関与する因子としては、高さの変化（下肢挙上により還流増加）、呼吸運動（呼気時に増加）、動脈血の流入（寝では著増）などである。

疾患としては、表在静脈の拡張を来す「下肢静脈瘤」や「血栓性静脈炎」、および深部静脈の閉塞や拡張による「深部静脈血栓症 deep vein thrombosis：DVT」がその代表となる。その病態としては主に還流障害であるが、還流障害の場所（表在か深部か、腸骨・大腿・膝窩静脈か下腿静脈か等）や機序（誘因・原因、一次性か血栓後か等）により病態も異なるため、その取り組みは異なってくる。ここでは、最も重要な深部静脈での血栓症の診断について述べる。

- ①下大静脈(IVC)
- ②腸骨静脈(Iliac V)
- ③大腿静脈(FV)
- ④膝窩静脈(Pop V)
- ⑤大伏在静脈(GSV)
(表在静脈系)
- ⑥下腿静脈系
後脛骨・腓骨・前脛骨
ひらめ静脈・腓腹静脈

図1 下肢静脈の解剖シエマ

静脈血栓診断の進め方

検査手順としては、まず外来での問診や診察所見などがある。次いで、検査室での脈波検査、超音波検査、CT検査、MR検査、RI検査などがある。侵襲的治療を要する場合のみ、静脈造影や血管内視鏡などの検査が追加されている(表1)。

1) 外来レベル：まずDVTを疑う症状があるか否かを見る。腫脹などの症状を持って外来を訪れることが多いが、塞栓源検索などでは下肢には全く症状がないことも多い。その場合の主訴は胸痛、呼吸困難、息切れなど、さらには脳血管障害の症状であることもある(paradoxical cerebral embolism：奇異性脳塞栓症)。静脈疾患と関連する症状である①静脈拡張、②下肢腫脹、③皮膚色調異常や色素沈着、④下肢の鈍痛やこむら返りなどがある場合には、下肢腫脹の部位なども参考にして検索部位を判定できる。しかし、塞栓源検索の場合には、下肢全体の検索が必要である。家族歴では静脈血栓症、動脈血栓症などを聞き、既往歴では血栓性合併疾患、手術歴、職業歴(立位時間など)、妊娠・分娩なども参考にする。

表1 深部静脈血栓症をどう診断するか？

□ レベルⅠ	外来診察
	既往歴、現病歴(下肢痛、胸痛、呼吸困難)
	身体所見(下肢腫脹など)
	血液検査(Dダイマー、血栓性素因など)
□ レベルⅡ	検査室
	脈波法、サーモグラフィ、超音波検査
	CT、MR(MRI、MRV)、RIシンチ
□ レベルⅢ	侵襲的検査
	造影検査(静脈)
	血管内視鏡
	(赤字：確定診断法)

2) 検査室レベル：DVTを証明するには、脈波検査、超音波検査、CT検査、MR静脈造影検査などが必要である。脈波は機能検査として、超音波は画像と一部の機能検査として、またCTとMRは画像診断として応用されている(表2)。DVTの診断にはどれも有効であるが、超音波(図2)が最も簡便で無侵襲であることから、汎用されている。

3) 入院レベル：侵襲的治療を必要とする場合に、静脈造影で深部静脈の血流状態や逆流等を調べる必要がある場合(外来でも可能)や弁自体を観察するために内視鏡を用いたりする場合に入院して検査することがある。

表2 静脈疾患の無侵襲診断

	造影検査	RI	超音波	APG (脈波)	NIR	MRA(V)	CT
血栓症 部位							
下大静脈～腸骨	○	○	○	△	△	○	○
大腿～膝窩	○	○	○	○	△	○	○
下腿	○	△	○	×	×	○	△
筋肉枝	○	×	○	×	×	△	×
肺塞栓合併	○	○	△	—	—	△	△
静脈瘤							
全体の機能評価	△	×	×	○	○	×	×
逆流	○	×	○	○	△	×	×
不全交通枝	○	×	○	△	×	△	×

○：有効、有用と判定。 △：条件下で有用。 ×：有効とは言えない。

DVT:深部静脈血栓の存在

図2 左大腿静脈血栓症の超音波所見

以上を要約すると、最も重要な DVT の評価項目は画像診断による「血栓の証明」であり、急性期では血栓による静脈径の拡張と静脈の閉塞所見である。慢性期になると、再還流所見や陳旧性血栓の所見を認めるようになる。

下肢深部静脈血栓の診断法

DVT は下肢に多く、静脈内に「血栓」を客観的に確認する必要がある。検査法としては、無侵襲検査として、血液凝固亢進状態の評価、脈波検査、超音波検査 (図2)、MR 静脈造影、低侵襲な CT 検査 (造影)、さらに PE の判定も可能なアイソトープ (RI) 検査、そして下肢静脈造影検査法がある (表2)。これらの中で、現時点で最も迅速かつ有効な確認手段は「血管超

表3 DVT の発生因子 (Virchow の三因)

- 1、血液凝固能の亢進、線溶能の低下
 - 凝固因子の増加
 - 凝固抑制因子の減少
 - 線溶能の低下、線溶抑制能の増加
 - 血小板の増加、機能亢進
 - 肥満、術中大量輸血、経口避妊薬
- 2、血液停滞
 - 肥満、長時間手術、下腹部手術、
 - 長期臥床・座位、心不全、妊娠
- 3、血管壁の障害
 - 感染、静脈炎、手術による血管損傷

音波検査」¹⁾である。

1) 血液凝固系検査：凝固線溶系マーカーとして TAT や FDP などの幾つかの指標が知られているが、感度がよく迅速かつ簡便で、血栓が形成された際に生じる線溶系マーカーである

図3 脈波検査

- a) 空気容積脈波検査装置のシェーマ
b) 静脈血栓症の脈波所見 (例示)

「D ダイマー」が応用されている。D ダイマーが陰性であれば血栓の存在は否定し得るが、陽性の場合にはその存在部位の検索が必要になる。次いで、血栓があった場合には、血栓の増悪や再発を防止するためにも「血栓形成の原因」を検索する必要がある。すなわち、静脈血栓の除去とともに DVT の原因も除去し、再発を予防する。「静脈血栓の原因」としては、(a) 血流遅延、(b) 凝固亢進 (抗カルジオリピン抗体陽性、ループスアンチコアグラント陽性、プロテイン C 低下症、プロテイン S 低下症、アンチトロンビン III 低下症など)、(c) 静脈損傷などがある (表 3)。

2) 脈波検査：脈波は心収縮の血管系への伝導を記録するものであるが、四肢の静脈容積の変化を記録して、静脈機能の評価にも応用されている。反射式光電容積脈波法 (photoelectric plethysmography : PPG)、ストレンゲージ脈波法 (strain gauge plethysmography : SPG)、空気脈波法 (air plethysmography : APG) などが応用されている。最近では、定量性がある APG が応用されている。APG は伸縮性のないセンシングカフを下腿に装着して、下腿全体の容積変化を計測できる (図 3-a)。DVT では、下肢静脈床の容積 (venous volume = VV) と outflow fraction (OF) 検査 (VV と 1 秒間に排出される

図4 静脈血栓の超音波検査手順

量との比率) が用いられ, VV の低下と OF の低値が診断の根拠になる (図 3-b). 浮腫を来している急性期 DVT (膝窩静脈より中枢で) では有用であり, さらに無侵襲であることから, 特に妊婦における診断には静脈造影に代わり使用されていた. しかし, 近年の無侵襲検査として, 診断精度で超音波検査に劣ることから, DVT 診断に応用されることは稀で, 専ら「静脈還流機能の評価」に威力を発揮している.

3) 静脈超音波検査: 静脈エコーでは, 大腿から下腿まで確実に血栓を検出でき, 骨盤部も超音波が到達 (高度肥満, 腸管ガス, 妊婦などでやや困難なことがある) であれば検出可能である (図 4). さらに, 超音波検査では, 下腿筋肉 (特にヒラメ筋, 腓腹筋) 内の血栓も検出でき, 極めて有用である. 下腿筋肉内血栓は, 多くはそれ自体では致死性的とはならないが, 成長・伸展して膝窩から大腿へと伸び得る (急性 PE の原因となる) 上に, 繰り返して血栓を提供して, PE や脳梗塞 (前述) の原因となるとの指摘もある. 下腿の検索は, 塞栓源の検索には極めて重要である²⁾. この静脈エコーの詳細

は他書に譲るが, その実施には実技の習得が必要であり, セミナーや学会での普及がなされている.

4) RI 静脈造影: アイソトープを応用した血栓検査は, ^{111}In 血小板シンチと $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA を用いた RI venography がある. 臨床の実際には, 後者の RI venography が, PE の診断にも応用できることから汎用されている. 方法は, 両側の足首で駆血して, 足背静脈より $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA を静注して, 血流の途絶や側副路を描出する. 本法は, 下腿部の血栓や狭窄病変, および壁在血栓の検出などには不適である. ただし, MAA の径が肺毛細血管径よりも大きいことから, 肺動脈血流の判定に応用でき, PE の判定に用いられている. 肺内病変との鑑別に, ^{133}Xe 換気シンチと併用し「換気-血流ミスマッチ」から, 肺動脈の病変を判定することが可能である. 最近では専ら, PE の評価と共に行う場合に, RI venography が選択されている.

5) CT: 近年の MDCT (multi-detected CT) の発達と普及により, 全身の血管を描出することが可能になった. 特に動脈検査には大動脈は

勿論、数 mm の末梢動脈の描出も可能となり、動脈造影検査に比して極めて低侵襲なことから汎用され、静脈血栓にも応用されている。静脈血栓は造影剤の陰影欠損で確認できるが、比較的大い膝窩静脈より心臓側の検索に用いられている。但し、造影 CT は被爆することと、造影剤を使用することが必須であり、無侵襲な超音波検査に比して DVT 診断に応用される頻度は低い。

6) MRV：磁気共鳴検査を応用して、MR venography が行われる。侵襲が少なく、再現性に優れ、広範囲に検索可能な点が利点であるが、機器が大がかりで、撮像法の最適化に手間が掛かる点と MR の禁忌（金属など）が有ることなどが欠点である。造影剤を用いない 2D-TOF (time of flight) 法が腸骨・大腿静脈レベルの検査（感度・特異度 100%）に、造影剤を用いた造影 MRV を下腿部の検索に用いている。造影 MRV では、閉塞した静脈は造影欠損像として描出できるが、他検査に比して血栓の新旧が診断できる可能性がある³⁾。

7) 下肢静脈造影検査：DVT 診断の golden standard とされている検査法である。上行性（順行性）と逆行性（弁逆流の評価に有用）があり、DVT の診断には上行性下肢静脈造影が用いられる。検査の実施法は、足首、膝下および大腿部で駆血した状態で、足背の表在静脈から

造影剤を注入し、深部静脈の血流状態を評価する方法である。血栓があると陰影欠損となり、閉塞すると、血流の途絶とその側副路が描出できる。下腿の筋肉枝を描出するには、検査を行う反対側の下肢に体重を掛けて立つ必要がある。被爆があり、造影剤を使用すること、および急性期 DVT 検査時に疼痛増悪などの誘因になることがあることなどが欠点である。

おわりに

静脈疾患は最近の旅行者血栓症（いわゆるエコノミークラス症候群）や周術期血栓症への関心の高まりと共に、広く認識されるようになったが、未だに十分な知識を持って診療に当たる医師や技師が少ない。静脈の病気は外科の病気と決めつけている循環器内科医も多いが、本来は予防や治療などは全科の課題である。今回は診断のことにものみ触れたが、治療も含め大いに関心を持っていただきたい。

文 献

- 1) 松尾 汎：血管エコー診断の概説。INNERVISION 18(10)：68-74, 2003.
- 2) Matsuo H, et al：Ultrasonographic diagnosis of embolic sources in pulmonary embolism. Vascular surgery (Edet: Z.G. Wang) Vol.1. p.301-305, 1998, International Academic publishers, Beijing.
- 3) 星俊子：MRV. Vascular Lab. 増刊 134-137, 2005.