

図9 顔面動静脈奇形(Choらの分類のType IIIa)

外頸動脈造影(DSA)

顔面動脈の分枝から多数の流入動脈があり、多数の流出静脈が見られ、シャント部は多数の細かい血管網からなる。

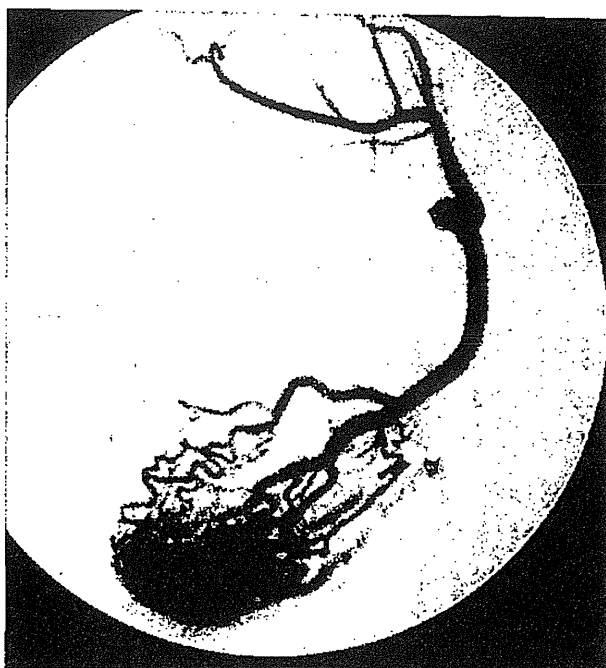
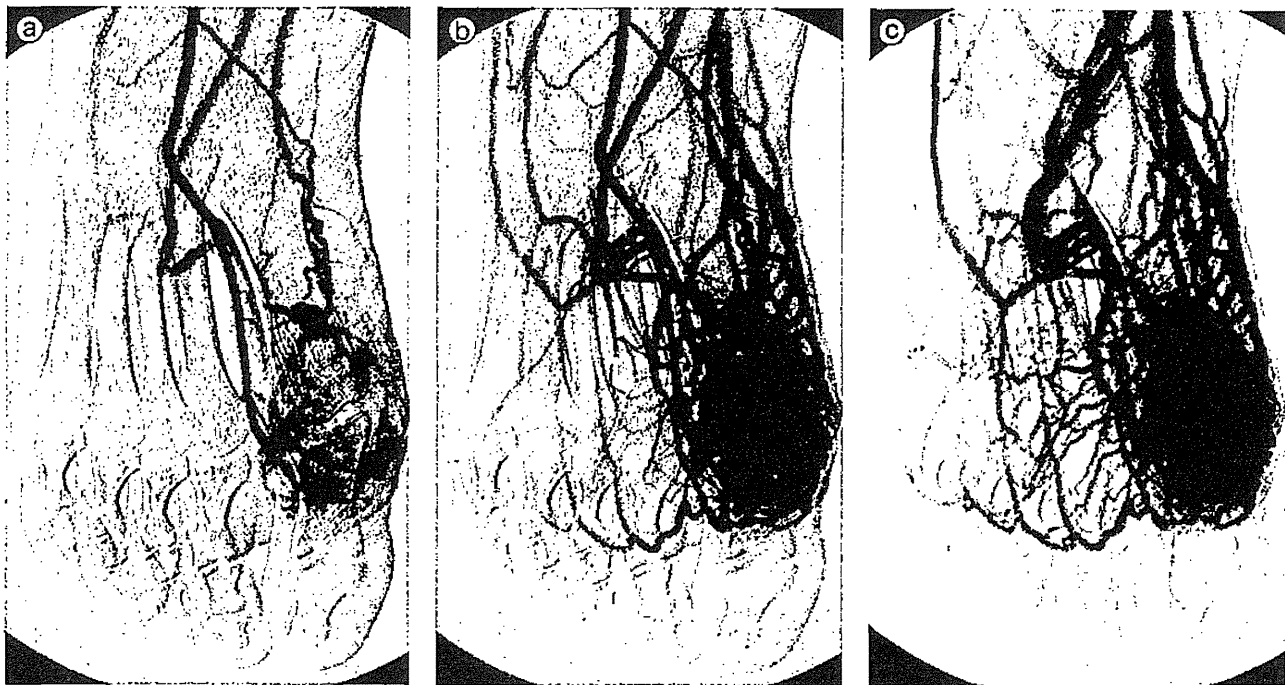


図10 足動静脈奇形(Choらの分類のType IIIb)



a~c: 下肢動脈造影(DSA)

足背、足底動脈から多数の流入動脈があり、多数の流出静脈が見られ、シャント部は多数の拡張した血管からなる。

数が限られているが十分な成績ではないと思われる。NBCAは選択的に注入してもシャントを貫通させることが難しい。マイクロバルーンカテーテル使用下のNBCA注入は期待できるが、治療部位によっては安全性に問題が生じるかもしれない。疼痛などの症状の緩和を目指すのであれば、効果は短期的であるかもしれないが、

マイクロスフィアやPVA (polyvinyl alcohol) などの粒状塞栓物質が有効かもしれない²⁰⁾。

Type IIIbでは経動脈的あるいは直接穿刺の手技が主となる。どちらを優先するかは施設や術者の方針により異なる。塞栓物質はエタノール、NBCAなどが使用される。動脈をNBCAで塞栓した後、シャント部を直接穿刺しエタノラ

ミンオレイトで硬化療法を施行し、よい成績であった報告も見られる²¹⁾。

Type IIIa, IIIbではシャントが多く、一度の手技で大部分を塞栓することは概して難しい。部分的であってもシャント部を閉鎖すれば術後側副血行路が直ちに発達することは少なく、数回に分けて治療することは一般に可能であり、合併症の予防のためにも段階的な塞栓術が推奨されるべきと思われる。

上記は基本的な治療方針だが、実際の病変は非典型的であったり、これらの混在した病変であったりすることが多く、症例に応じた治療が必要とされる。

おわりに：若い放射線科医に向けて

厚生労働科学研究費補助金「難治性血管腫・血管奇形・リンパ管腫・リンパ管腫症および関連疾患についての調査研究」班では前身の研究班で作成した『血管腫・血管奇形診療ガイドライン2013』を改訂中である。脈管奇形の画像診断については原著論文が少なく、画像診断のガイドラインで取り上げることのできる論文が乏しい。この分野に興味のある画像診断医がおられたら、ぜひIVR医、形成外科医などの臨床医とともにこの領域を追究して、難病患者に貢献していただきたいと切に願う。

文献

- 1) Dubois J, et al : Soft-tissue venous malformations in adult patients : imaging and therapeutic issues. *RadioGraphics*, 21 : 1519-1531, 2001.
- 2) Hyodoh H, et al : Peripheral vascular malformations : imaging, treatment approaches, and therapeutic issues. *RadioGraphics*, 25 : S159-171, 2005.
- 3) Fayad LM, et al : Vascular malformations in the extremities : emphasis on MR imaging features that guide treatment options. *Skeletal Radiol*, 35 : 127-137, 2006.
- 4) Moukaddam H, et al : MRI characteristics and classification of peripheral vascular malformations and tumors. *Skeletal Radiol*, 38 : 535-547, 2009.
- 5) Flors L, et al : MR imaging of soft-tissue vascular malformations : diagnosis, classification, and therapy follow-up. *RadioGraphics*, 31 : 1321-1340, 2011.
- 6) Cahill AM, et al : Pediatric vascular malformations : pathophysiology, diagnosis, and the role of interventional radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 34 : 691-704, 2011.
- 7) Legiehn GM, et al : A Step-by-step practical approach to imaging diagnosis and interventional radiologic therapy in vascular malformations. *Semin Intervent Radiol*, 27 : 209-231, 2010.
- 8) Dubois J, et al : Soft-tissue venous malformations in adult patients : imaging and therapeutic issues. *RadioGraphics*, 21 : 1519-1531, 2001.
- 9) Trop I, et al : Soft-tissue venous malformations in pediatric and young adult patients : diagnosis with Doppler US. *Radiology*, 212 : 841-845, 1999.
- 10) Berenguer B, et al : Sclerotherapy of craniofacial venous malformations : complications and results. *Plast Reconstr Surg*, 104 : 1-11, 1999.
- 11) 三村秀文ほか：静脈奇形の硬化療法。臨床放射線, 59 : 524-532, 2014.
- 12) Puig S, et al : Classification of venous malformations in children and implications for sclerotherapy. *Pediatr Radiol*, 33 : 99-103, 2003.
- 13) Puig S, et al : Vascular low-flow malformations in children : current concepts for classification, diagnosis and therapy. *Eur J Radiol*, 5 : 35-45, 2005.
- 14) Goyal M, et al : Venous vascular malformations in pediatric patients : comparison of results of alcohol sclerotherapy with proposed MR imaging classification. *Radiology*, 223 : 639-644, 2002.
- 15) Mimura H, et al : Polidocanol sclerotherapy for painful venous malformations : evaluation of safety and efficacy in pain relief. *Eur Radiol*, 19 : 2474-2480, 2009.
- 16) Lidsky ME, et al : The role of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in the diagnosis and management of patients with vascular malformations. *J Vasc Surg*, 56 : 757-764, 2012.
- 17) Cho SK, et al : Arteriovenous malformations of the body and extremities : analysis of therapeutic outcomes and approaches according to a modified angiographic classification. *J Endovasc Ther*, 13 : 527-538, 2006.
- 18) Houdart E, et al : A proposed angiographic classification of intracranial arteriovenous fistulae and malformations. *Neuroradiology*, 35 : 381-385, 1993.
- 19) 三村秀文ほか：軟部動静脈奇形の塞栓術。臨床画像, 30 : 516-523, 2014.
- 20) Osuga K, et al : Embolization of high flow arteriovenous malformations : experience with use of superabsorbent polymer microspheres. *J Vasc Interv Radiol*, 13 : 1125-1133, 2002.
- 21) Kitagawa A, et al : Ethanolamine oleate sclerotherapy combined with transarterial embolization using n-butyl cyanoacrylate for extracranial arteriovenous malformations. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 37 : 371-380, 2014.

血管腫・血管奇形のIVRにおける超音波活用の実際

三村秀文¹ 小川普久¹ 藤川あつ子¹ 岡村隆徳² 芝本健太郎³ 中島康雄¹

血管奇形IVRでの直接穿刺ガイドおよび術前・術後評価のうえでの超音波の活用法について述べる。対象は主に静脈奇形であるが、末梢動静脈奇形では経動脈的・静脈的アプローチ以外に直接穿刺の塞栓術・硬化療法も可能であり、その際の使用方法についても簡単に述べる。

IVRは血管奇形の主たる治療である。今回は超音波の使用法のなかで、静脈奇形硬化療法あるいは動静脈奇形塞栓術・硬化療法で使用される超音波検査および術前・術後超音波検査の留意点について述べる。筆者は静脈奇形硬化療法の直接穿刺ガイドとして常に超音波を使用しているが、動静脈奇形塞栓術・硬化療法では直接穿刺が必要な際に使用している。これらのIVR手技中の超音波の使用法については文献が乏しく、主観的な記載が多いことをご容赦いただきたい。

脈管奇形の画像診断における超音波の役割

脈管奇形(血管奇形およびリンパ管奇形)は胎生4～10週の末梢血管系形成期の異常によって生じ、その構成成分から、静脈奇形、動静脈奇形、リンパ管奇形、および毛細血管奇形に分類され、その混合型も存在する。静脈奇形は従来海綿状血管腫、筋肉内血管腫、静脈性血管腫などよ

ばれてきた病変である。本稿ではISSVA分類*1に従った表記をしており、詳しくは文献を参照されたい^{1,2)}。

脈管奇形の診断方法は表在病変か(皮膚・皮下病変など)、深部病変か(筋肉・骨病変など)により異なる。表在病変の場合、多くは身体所見で診断可能であり、深部病変の場合、画像診断が診断の主役となる。脈管奇形の画像診断のなかでも超音波検査は最初に行われるべき検査

用語アラカルト

*1 ISSVA分類

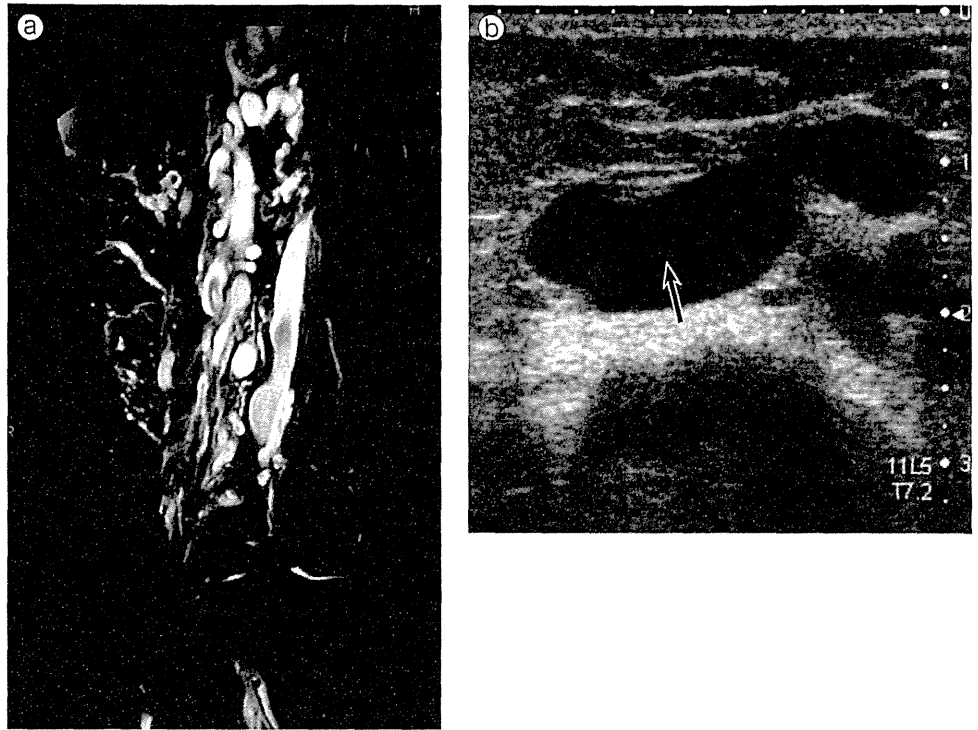
ISSVA分類は2014年、メルボルンのISSVAワークショップで改訂された。基本的なコンセプトは変わらないが、大血管の奇形、血管腫瘍の分類などが明示された。ISSVAホームページも参照されたい。

ISSVAホームページ：http://www.issva.org/content.aspx?page_id=22&club_id=298433&module_id=152904

1. Mimura H, Ogawa Y, Fujikawa A, Nakajima Y：聖マリアンナ医科大学放射線医学講座
2. Okamura T：聖マリアンナ医科大学病院超音波センター
3. Shibamoto K：川崎医科大学附属川崎病院放射線科

図1 大腿静脈奇形(静脈瘤状)

a: MRI STIR冠状断像
b: 超音波検査
緩徐な血流が観察される(↑)。



であり、身体所見に加えて超音波検査を行い、観察可能な病変の多くが診断可能となる。簡便性に加え、血流に関する情報が得られることが大きな利点である。

静脈奇形の硬化療法に際しての超音波の使い方

■静脈奇形の超音波像と硬化療法のための術前の観察

静脈奇形は形成不全をきたし拡張した静脈腔で構成され、血管壁の菲薄化、筋層外皮の部分的欠損が見られる。臨床症状としては周囲組織の圧迫あるいは血栓形成による疼痛、出血、機能障害、整容障害をきたす。静脈奇形は皮下にあれば青色～紫色を呈し、下垂・駆血により腫脹し、拳上・圧迫により縮小する。温感はなく、拍動、血管雑音は見られない。

超音波検査では病変内にさまざまな形態の無エコーの管腔構造が見られ、これらは低流速の血流をもつ血管腔である。Bモードで血管内をゆっくり動く血流が見られることが多い(図1)。カラードプラモードでは1相性の低速の血流が

見られるか、あるいは血流が計測できない³⁾。

血管腔に血流が観察できない場合は、血栓あるいは非常に遅い血流があると考えられる。一般に遅い血流が観察されれば、リンパ管奇形あるいは動静脈奇形との鑑別は可能である。

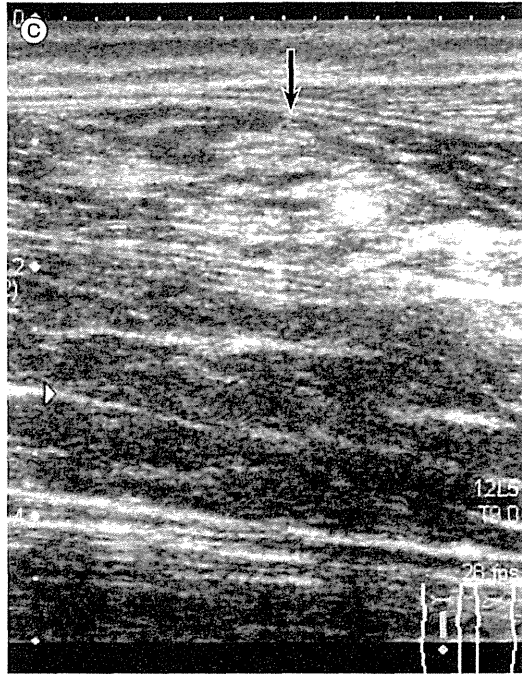
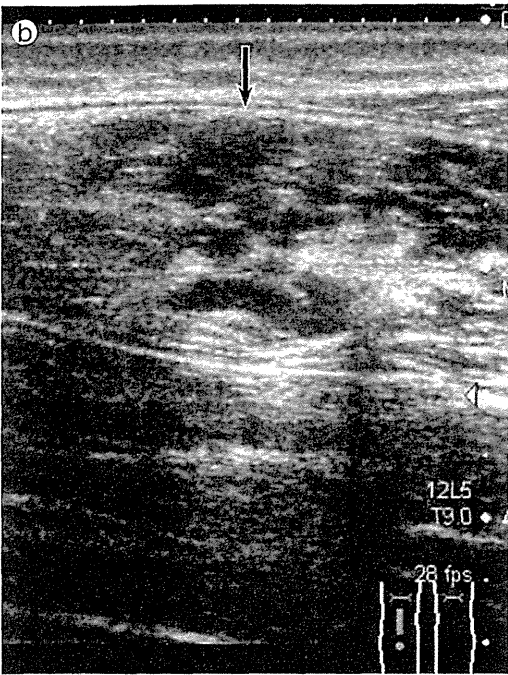
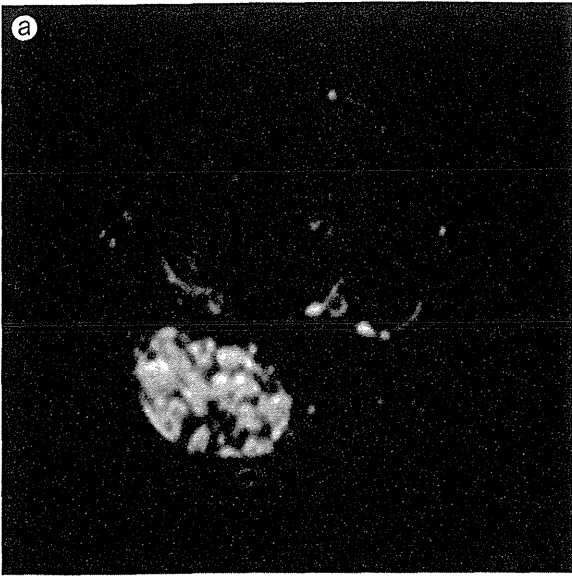
静脈奇形の形状は主に分葉状lobular(あるいはcavitary)(図2)か、静脈瘤状varicose(あるいはdysplastic)(図1)である⁴⁾。分葉状病変は従来海綿状血管腫とよばれてきた病変である。静脈瘤状病変は静脈瘤に類似するが、単に拡張蛇行した静脈が見られるだけではなく、形成異常のある拡張した静脈網が見られる。

開存している血管腔を検索することは非常に重要で、術前超音波検査の主たる役割である。病変をプローブで圧迫すると、通常静脈奇形内の開存している血管腔は潰れる(虚脱する)(図2)。この血管腔はすなわち硬化剤を注入することが可能な血管腔である。ところが血栓化している血管腔(図3)、あるいは蜂巢状の血管腔(図4)は潰れにくい。

筋肉内病変はときに筋肉全体を置換するように分布する。筋肉内の静脈奇形は筋肉の短軸像では正常の筋肉と区別しづらく、長軸像で筋線

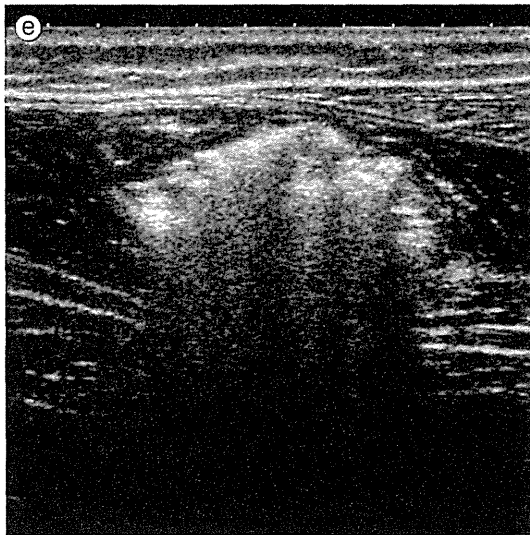
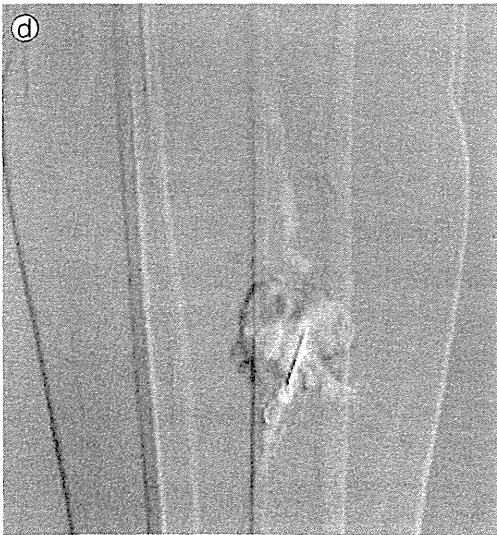
図2 下腿筋肉内静脈奇形(分葉状)硬化療法施行例

a : MRI STIR横断像



b : 超音波検査(筋肉の長軸像)

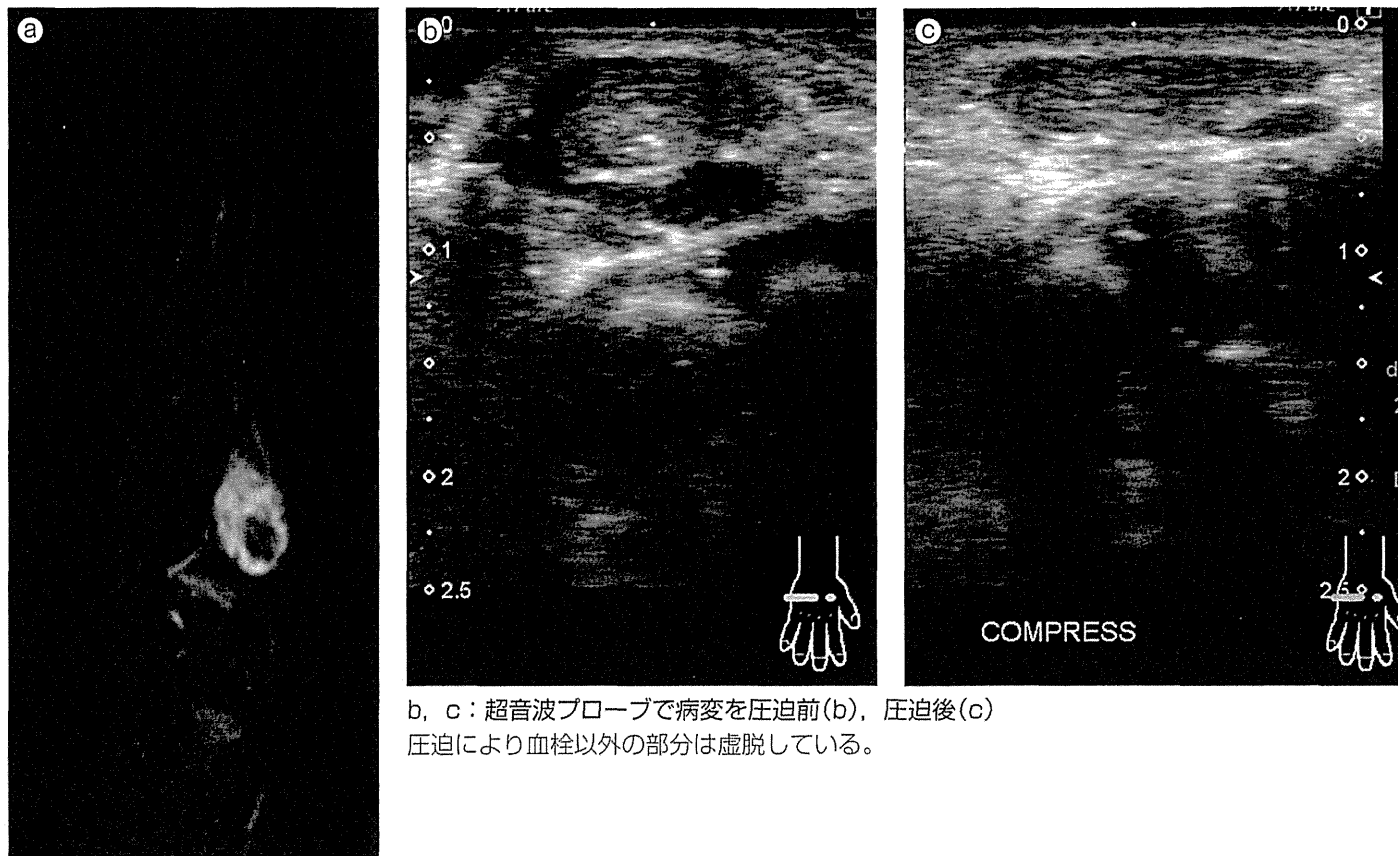
c : 超音波検査(圧迫後)
圧迫にて病変(↑)は虚脱する。



d : 硬化療法中のDSA像
フォームは陰性造影剤として認識される。

e : 硬化療法直後の超音波検査
フォームによる高エコーと音響陰影が見られる。

図3 圧迫にて虚脱しない静脈奇形①：血栓化を伴う手背静脈奇形



b, c：超音波プローブで病変を圧迫前(b)，圧迫後(c)
圧迫により血栓以外の部分は虚脱している。

a：MRI STIR矢状断像
静脈奇形内の血栓は低信号として描出される。

維と異なる血管腔として明瞭に描出されることがある(図5)。

周囲構造物との関係を把握することは重要である。病変の深部動静脈との位置関係，皮膚からの深さを調べる。主要な神経の走行部位にも注意する。深部静脈と近接した病変では硬化剤

を注入した際，深部静脈に流出しやすいかもしれない。皮膚に近い病変では硬化剤を漏出させると壊死を始めとする皮膚障害の危険性が高くなる。坐骨神経などの太い神経が近傍にあると，硬化剤の影響や硬化療法後の腫脹により神経障害をきたす可能性がある。

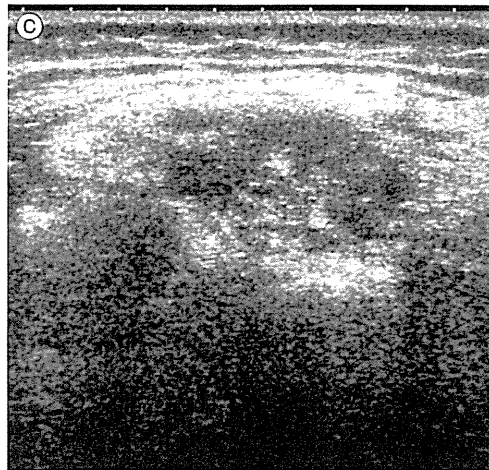
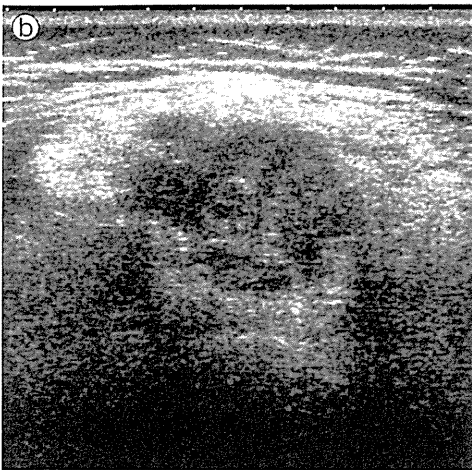
Pitfall 超音波プローブによる圧迫で虚脱しない静脈奇形

- ・超音波プローブによる圧迫で虚脱しない静脈奇形には，血栓化している病変(図3)，蜂巢状の病変(図4)があり，穿刺や硬化剤を満たすことが難しいため，一般に治療が難しい。
- ・血栓化した病変では血栓周囲の血管腔に硬化剤を注入することにより，血栓が縮小することがある。血栓の形成・溶解を繰り返していた血管腔の血栓化が進むためと思われる。
- ・蜂巢状の血管腔では，硬化療法時に逆血が少なく，注入時にも硬化剤が漏出しやすく注意が必要である。一度に硬化剤を病変全体に注入することは難しいが，反復治療によりある程度の疼痛の緩和効果は期待できる。しかし，隔壁が治療後も残存し，縮小効果は得られにくいと考えられる。



図4 圧迫にて虚脱しない静脈奇形②：
蜂巢状の大腿静脈奇形

a：MRI STIR横断像
静脈奇形は蜂巢状の高信号として描出される。



b, c：超音波プローブで病変を圧迫前(b), 圧迫後(c)
圧迫により，蜂巢状部分はあまり虚脱しない。

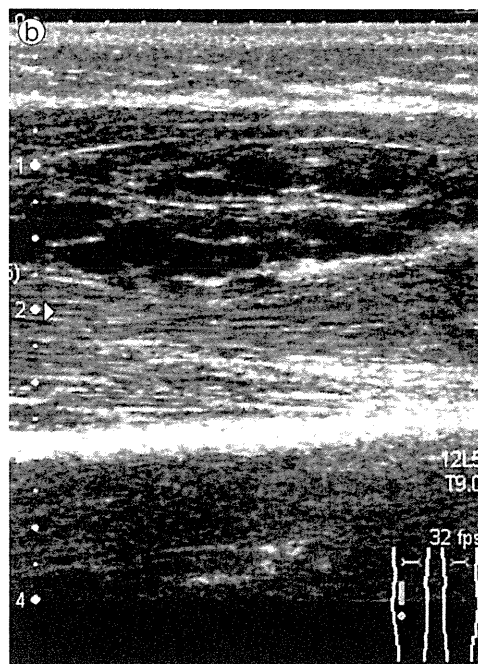
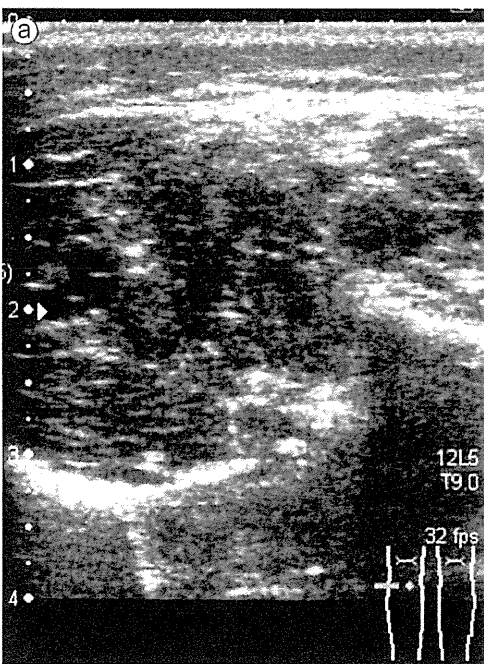


図5 下腿筋肉内静脈奇形(静脈瘤状)

a：超音波検査(筋肉の短軸像)
b：超音波検査(筋肉の長軸像)
長軸像で筋肉の線維と病変が明瞭に区別しやすい。

■硬化療法中の観察

静脈奇形の硬化療法では、静脈奇形を経皮的に細径針で穿刺し、駆血などの血流コントロール下に硬化剤を注入する⁵⁻⁷⁾。硬化剤としてはポリドカノール、エタノラミンオレイト、エタノールなどがある⁸⁾。われわれは1%あるいは3%ポリドカノール1mLとCO₂ 4mLを混和して作成するポリドカノールフォームを使用している。

手技においては、超音波ガイド下に開存している血管腔を穿刺する。22G針程度の太さの針であれば超音波で認識できるため、われわれは22Gの翼状針、注射針あるいはカテラン針を使用している。病変の位置、深さ、大きさに応じて穿刺で使用する超音波の断面を選択する。縦長の血管腔に対する超音波断面としては短軸像(血管の短径を描出する画像)、あるいは長軸像(血管の長径を描出する画像)を選択する。中心静脈カテーテルあるいはポート留置の際の静脈穿刺と同様である。筆者は浅部病変では短軸像下でリニアプローブの長辺側から穿刺することが多いが、深部病変では針を長く描出しやすいようにプローブの短辺側から穿刺する。また静脈瘤状の病変で血管径が細い場合は長軸像で血管を長く描出し、プローブの短辺側から穿刺し、針全長を観察しながら血管に対してなだらかな角度で穿刺する。針を前後に振動させながら進めると超音波で針先が認識しやすくなる。駆血が可能な部位では駆血をすることにより血管腔を拡張させ認識しやすくなる。

超音波のみで硬化療法を施行し、硬化剤の広がりを観察する手法があるが、観察断面以外への硬化剤の広がりには観察しづらく、DSA下の観察が優れる。超音波で硬化剤を観察する場合、液体の硬化剤は低エコーとして描出されるが、フォームはガスと同様に高エコーとして描出される(図2)。硬化療法直後には血管腔にフォームが入り、高エコーとなっていることを確認し、無エコーの血管腔がなくなれば手技を終了する。

■硬化療法後フォローアップ

硬化療法後のフォローアップは客観的な病変のサイズを観察するため、MRIを使用する。超

音波検査を施行する場合、サイズの変化、病変の血栓化、残存病変の検索を行う。

動静脈奇形塞栓術・硬化療法に際しての超音波の使い方

■動静脈奇形の超音波像と塞栓術・硬化療法のための術前の観察

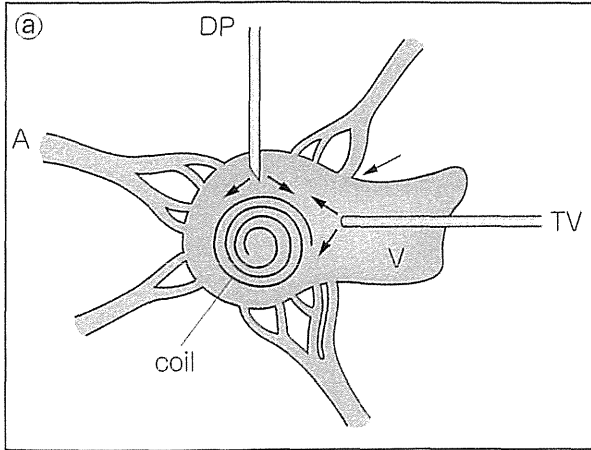
動静脈奇形は動脈と静脈が正常の毛細血管床を介さずに、異常な交通を生じた先天性の病変である。発症時期はさまざま、乳幼児期から顕在化する例もあれば、思春期以降や成人後に発症する例もある。症状は局所の腫脹、疼痛、潰瘍、壊死、出血、心拍出量の増加による頻拍、心不全などである。皮膚温は温かく、拍動、血管雑音がある。

動静脈奇形の塞栓術において必要な画像は、シャントの形態を明らかにした画像である。シャント部位の検索には超音波、CTやMRIが有用なこともあるが、多くの症例で時間分解能に優れた動脈造影を必要とする。治療が必要な血管の同定、動静脈奇形形態による動脈塞栓術のアプローチ方法の選択を行う。Choら Samsung Medical CenterのIVRグループは、血管造影像の違いによる塞栓術の治療戦略の違いを述べている(図6)^{9,10)}。ただし、これはあくまで典型例における治療戦略であり、症例に応じてオーダーメイドの戦略が必要である。

Tips & Tips 静脈奇形の積極的な治療

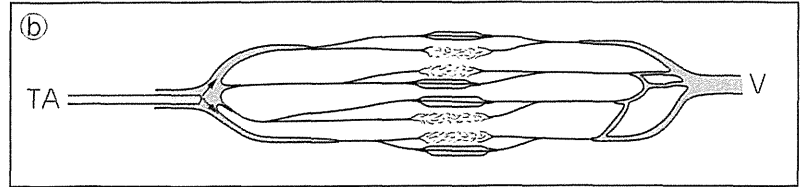
- ・硬化療法が最も多く施行されている治療であり、次いで切除術である。
- ・近年凍結療法やラジオ波凝固療法も試みられており、その有用性が明らかにされることが期待される。
- ・これらの手技でも硬化療法と同様に超音波が使用される。

図6 血管造影によるAVMのtypeと対応する塞栓術のアプローチ方法



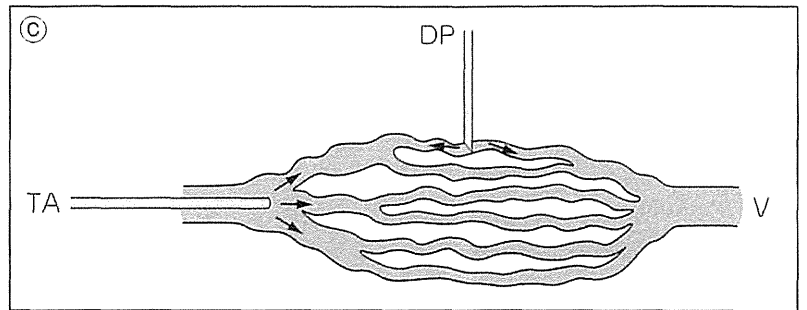
a : Type II

3本より多い流入動脈が1本の静脈にシャントしている。直接穿刺あるいは経静脈的に静脈側を塞栓する。彼らの方法ではコイルを留置し、エタノールを追加する。



b : Type IIIa

流入動脈が多数、流出静脈多数で、シャント部の拡張はない。経動脈的にアプローチする。



c : Type IIIb

流入動脈が多数、流出静脈が多数で、シャント部が拡張している。経動脈的あるいは直接穿刺でアプローチする。

TA : transarterial : 経動脈的, DP : direct puncture : 直接穿刺, TV : transvenous : 経静脈的

(文献7の図を基にイラスト作成)

超音波検査では拡張蛇行した流入動脈、流出静脈および両者の間の毛細血管を介さない動静脈の異常吻合が無エコーとして描出され、カラードプラモードでは動静脈短絡を示唆する動脈血流(拍動流)が描出される。シャント部の同定は難しいが、Type IIでは拡張した静脈を観察することにより、可能なことがある。

■塞栓術中の観察

経動脈的塞栓術に際し、超音波を使用することは少ない。直接穿刺塞栓術・硬化療法を併用する場合、静脈奇形と同様に超音波を使用する。

Type IIの場合、治療対象の拡張している血管腔は静脈側である。直接穿刺あるいは経静脈的アプローチが有用であるが、直接穿刺に際しては超音波ガイド下に行う。なるべくシャントに近い部位を穿刺すると治療しやすくなる。Type IIIbの場合、動脈側から静脈側にかけて拡張しており、シャント部の識別は困難であることが多い。経動脈的塞栓術に直接穿刺塞栓術あるいは硬化療法を併用することが多く、穿刺

は超音波ガイド下に行う。Type IIIaの場合、超音波で血管腔を認識できても細かいシャント部を穿刺するのは困難であり、穿刺できても硬化剤や塞栓物質の血管外漏出をきたす危険性があり、注意を要する。

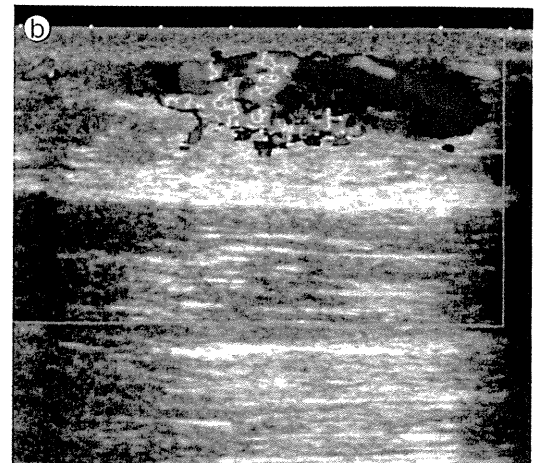
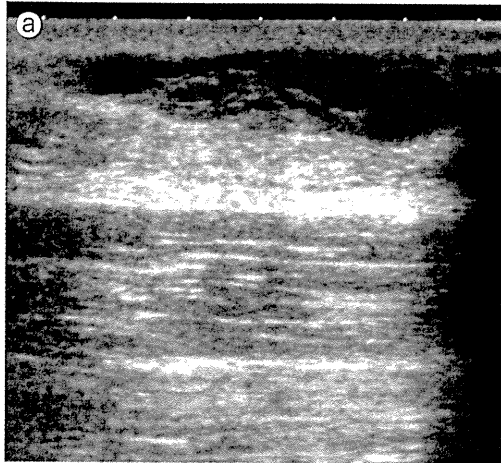
静脈奇形と同様に拡張している血管腔の静脈側は圧迫すると虚脱する(図7)。塞栓術直後は病変の血栓化を確認する。フォームを使用した場合はフォームによる高エコーの停滞を確認する。塞栓術後にシャントの消失あるいは残存を確認する。塞栓術直後にシャントが残存していても血栓化は数日かけて徐々に進み、拍動流が減少することがある(図8)。これは直接穿刺の塞栓術でシャントより下流側を塞栓した場合に見られる変化かもしれない。

■塞栓術後フォローアップ

フォローアップは1~3カ月後に行う。塞栓術・硬化療法後は客観的な病変のサイズを観察するため、MRIを施行する。超音波検査を施行する場合、サイズの変化、病変の血栓化、残存

図7 大腿動静脈奇形：経動脈的マイクロスフィア塞栓術後に直接穿刺フォーム硬化療法施行例

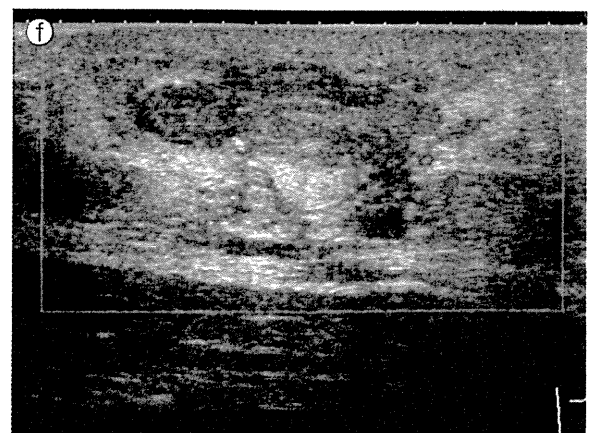
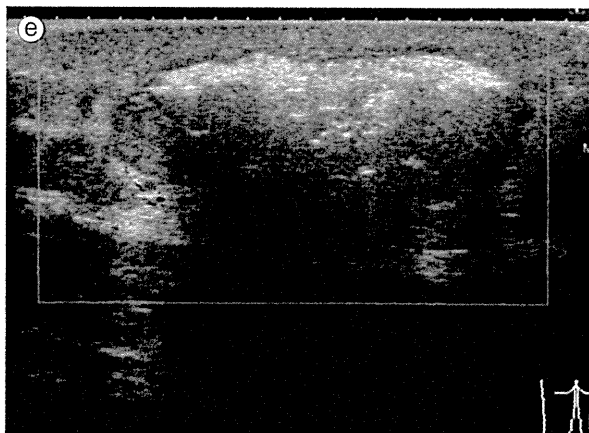
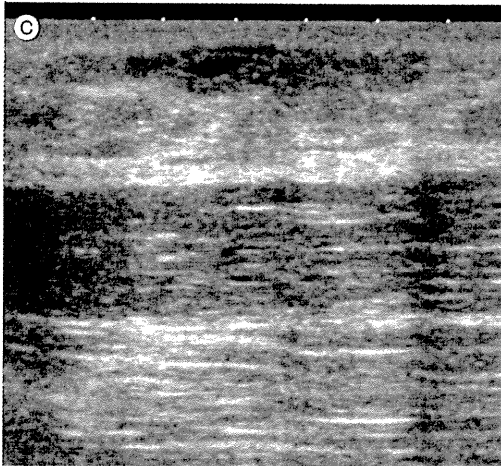
a：超音波検査(Bモード)
b：超音波検査(カラードプラモード)
病変内に拍動流が見られる。



c：超音波検査
圧迫にて虚脱する。

d：血管造影像

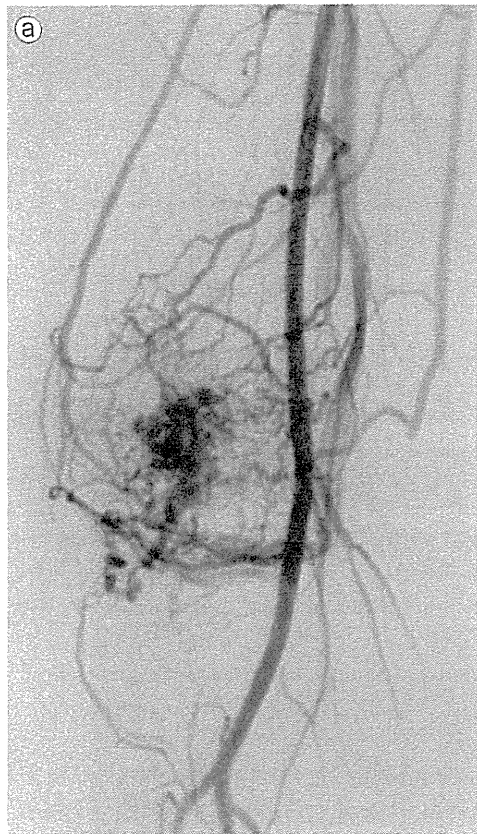
Type II病変が描出される。まず流入動脈をマイクロスフィア(エンボスフィア500～700 μ m)で塞栓し、静脈側の血流をコントロールした後、静脈側を直接穿刺し、ポリドカノールフォームを用いて硬化療法を施行した。



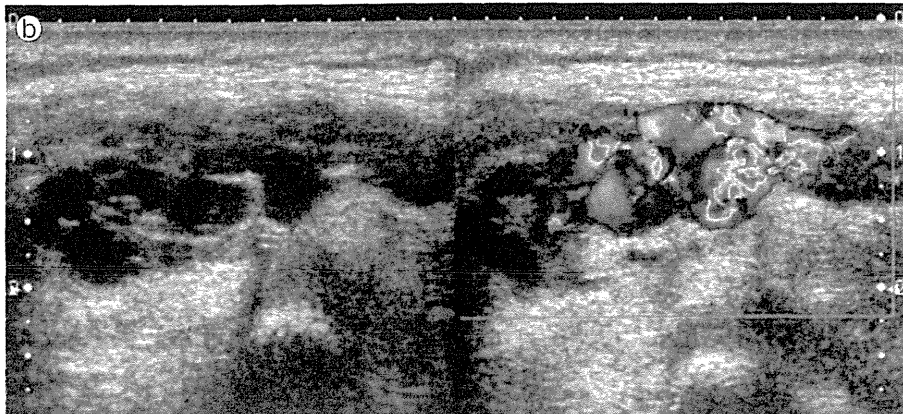
e：硬化療法後超音波検査①
直接穿刺で注入したフォームが高エコーとして見られる。

f：硬化療法後超音波検査②
さらに下流側静脈の血栓化が見られる。

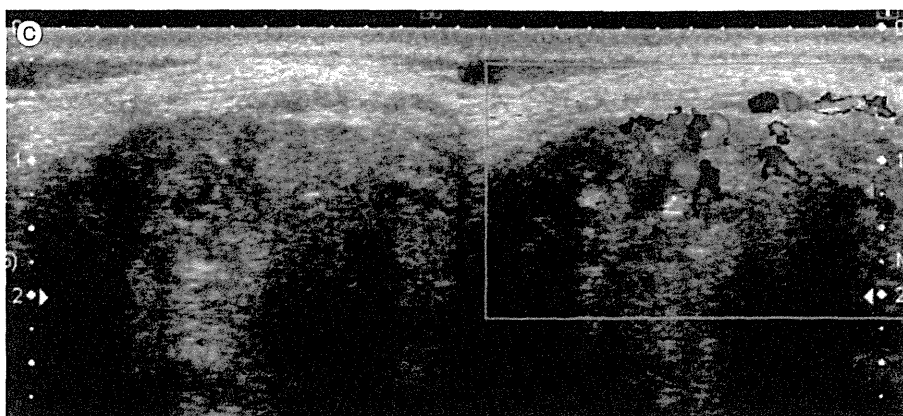
図8 膝動静脈奇形：直接穿刺NBCA塞栓術施行例



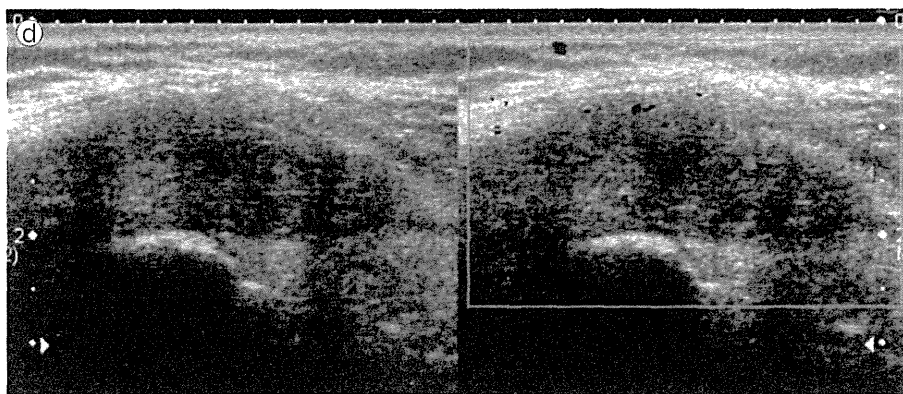
a：血管造影像
Type II病変と考えられる。



b：超音波検査
病変内に拍動流が見られる。



c：NBCAによる塞栓術後3日の超音波検査
血管腔は縮小し、拍動流は減少しているが残存している。



d：塞栓術後3カ月の超音波検査
血管腔がほぼ消失し、拍動流もほぼ消失している。

病変，再開通の検索を行う。カラードプラモードによるシャントの残存とその部位の同定が重要である。シャントが消失していても，拡張した静脈腔が残存し，同部に疼痛があれば追加の硬化療法を施行することがある。

おわりに： 若い放射線科医に向けて

静脈奇形は日常的に遭遇する疾患だが，その硬化療法は保険適用ではない。保険収載にはさ

まざまなハードルがあり、手技と硬化剤の両者が保険適用ではないこと、特に硬化剤の適応拡大の治験が行われないことが最大の問題であるが、手技の標準化がなされていないことも大き

な問題である。安全に手技を行うためには超音波ガイド下の穿刺に慣れることが重要で、ぜひフリーハンドの穿刺にも慣れていただきたいと思う。

文献

- 1) 難治性血管腫・血管奇形・リンパ管腫および関連疾患についての調査研究(佐々木 了ほか)：血管腫・血管奇形診療ガイドライン2013. <http://www.dicomcast.com/va/guideline.html>
- 2) Wassef M, et al : Vascular Anomalies Classification : Recommendations from the International Society for the Study of Vascular Anomalies. *Pediatrics*, 136 : e203-214, 2015.
- 3) Trop I, et al : Soft-tissue venous malformations in pediatric and young adult patients : diagnosis with Doppler US. *Radiology*, 212 : 841-845, 1999.
- 4) Dubois J, et al : Vascular anomalies : what a radiologist needs to know. *Pediatr Radiol*, 40 : 895-905, 2010.
- 5) Burrows PE, et al : Percutaneous treatment of low flow vascular malformations. *J Vasc Interv Radiol*, 15 : 431-445, 2004.
- 6) Mimura H, et al : Polidocanol sclerotherapy for painful venous malformations : evaluation of safety and efficacy in pain relief. *Eur Radiol*, 19 : 2474-2480, 2009.
- 7) 三村秀文ほか : Interventional Radiology - 最近の話題 - 静脈奇形の硬化療法. *臨床放射線*, 59 : 524-532, 2014.
- 8) Hyodoh H, et al : Peripheral vascular malformations : imaging, treatment approaches, and therapeutic issues. *RadioGraphics*, 25 : S159-171, 2005.
- 9) Cho SK, et al : Arteriovenous malformations of the body and extremities : analysis of therapeutic outcomes and approaches according to a modified angiographic classification. *J Endovasc Ther*, 13 : 527-538, 2006.
- 10) 三村秀文ほか : 血管腫・血管奇形IVR 2014 : 診断から治療まで IVR各論 軟部動静脈奇形の塞栓術. *臨床放射線*, 30 : 516-523, 2014.

