

脊髄血管造影の方法

虎の門病院脳血管内治療科

松丸祐司

1. はじめに

脊髄血管造影は件数も少なく自信が持てないという人は多いのではないだろうか。また病変は微小で、血管構築をよく理解できぬまま終わってしまうことがあるのではないだろうか。連続撮影、DSA、回転撮影などがまだ無い1970年代にRene Djindjianらは鮮明な脊髄血管造影を成し遂げ、その詳細な分析を行っている[1]。偉大な神経放射線科医の先人達の技術と知識にただただ驚くばかりである。

現在はCTやMRでほとんどの疾患は診断できるようになり、血管造影装置は診断機器と言うよりは治療装置となりつつある。しかし脊髄血管疾患の確定診断や治療方針の決定には未だ必用な検査であり、アカデミックセンターでは必ず施行する機会がある。本稿ではその方法についてなるべく臨床で役立つように概説する。

2. 適応

介入治療の可能性がある脊髄脊椎血管疾患、および血管が豊富な腫瘍性病変が適応となる。

原因不明のT2強調画像による広範な脊髄高信号病変は、脊髄硬膜動静脈瘻(SDAVF)、硬膜外動静脈瘻、傍髄動静脈瘻(Perimedullary AVF)の可能性があり、確定診断には脊髄血管造影が必須である。また通常根治が困難な髄内動静脈奇形(Intramedullary AVM)でも、症候の原因となるmacro-fistulaや出血の原因となるナイガス内または流入動脈の動脈瘤を治療する標的部分治療(Targeted partial embolization)の適応を検討できる[2]。また血管が豊富な血管芽細胞腫、腎細胞癌や肝細胞癌の椎体転移でも術前塞栓術は有効である。希な疾患であるが椎体のAneurysmal bone cystは疼痛で発症することがあり、塞栓術による再石灰化により疼痛を軽減させることができる[3]。

3. 準備と麻酔

あらかじめ造影CTとMRIで、異常血管と流入動脈のレベル、Adamkiewicz動脈のレベルを予測する。全身麻酔での検査を予定している場合、麻酔前に両上肢を外転挙上させしばらくその状態を維持し、上肢のしびれや冷感がないかを確認する。

初回の脊髄血管造影は全身麻酔が望ましい。脊髄血管病変はきわめて微細であり、鮮明な画像を得るためには、無動化と十分な造影剤注入が必用である。無動化は体動のみならず呼吸や腸蠕動も停止する必用があり、細い肋間動脈や腰動脈への持続的な造影剤注入には苦痛を伴う。そのため気管内挿管下に呼吸管理をした全身麻酔はきわめて有効であり、海外では一般的である。全身麻酔ではいわゆるprovocation testが施行できないが、それにはfalse negativeやfalse positiveの可能性があり、当院では施行していない。また全身麻酔下に電気生理学的モニターを使用したprovocation testの報告もある[2]。

上位頸髄の造影が必用な場合、スパイラルチューブおよび通常のバイトブロックは透視・撮影の邪魔になるため使用しない。バイトブロックの代わりには、ディスポザブルのシリンジを使用する。麻酔器は患者の左足側（血管造影装置のモニターの後ろ）に待避し、呼吸器のチューブは体に沿わせ、回転する管球のアームに触れない位置に固定する。

患者の背中に椎体のレベルが簡単にわかるようにマークする。また撮影シリーズがどのレベルかを記録する用紙を用意する。まずは側面管球を待避させ正面管球のみを使用する。（ほとんどの情報は正面像から得られ、側面像は補助的なものである。）

4. カテーテルの選択と誘導

診断には4Fの診断カテーテルを、治療には5Fのガイディングカテーテルをロングワイヤーによる交換で使うことが多い。カテーテルの先端形状は、U字型の引いて挿入するタイプ（シェファードフック、ミカエルソン、シモンズなど）と単純な形状の押して挿入するタイプ（コブラ、JB1、ヘッドハンター）を利用する（図1）。引いて挿入するタイプは分節動脈が尾側に向いて分岐しているものに有利で、押して挿入するタイプは頭側に分岐しているものに有利である。一般的に引いて挿入するタイプは、分節動脈への引っかかりはよいが起始部に止まり遠位への挿入は困難で（図2）、押して挿入するタイプは引っかかれば奥まで進めることができるが（図3）、中年以降では困難ことが多い。虎の門病院では、肋間動脈・腰動脈の診断には4Fのシェファードフックを、内腸骨動脈・正中仙骨動脈にはシモンズを用い、治療時にはこれをロングワイヤーで5FのJB1に交換し遠位まで挿入し安定させている。

選択的造影に先立ちピッグテール型カテーテルからの大動脈造影や両側大腿動脈に留置しているシースから逆行性大動脈造影を推奨するものもあるが、現在は造影CTやMRIがその役割をはたしているので不要と考える。

シェファードフックをガイドワイヤーでループを開き、シースから挿入後、腎動脈または大動脈弓部ループを作る。そのまま分節動脈に入らないように透視で確認しながら目的のレベルに誘導し、先端を後壁に向け肋間動脈または腰動脈を探す。手元の動きと先端の挙動より正面像のみでカテーテル先端の向きを予測する。カテーテルを反時計方向にまわした時（人差し指を親指に対し手前に動かした場合）、カテーテルの先端が右から左に動けば先端は後壁を向いている。先端が分節動脈に入れば、呼吸を停止し手動的に造影を注入しながらDSAを施行する。病変が認められたり脊髄血管が認められた場合、必用に応じて再度インジェクターで上肢を挙上し側面撮影も施行する（図4）。腸蠕動がある場合、麻酔の深度を深め、ブスコパンを投与する（20mg/回、筋注または静注）。さらに別の分節動脈にカニューレを試みるが、同レベルの対側を探すより単純にカテーテルを頭尾方向に移動し、同側の上または下の血管を探す方が容易である。またほとんどの場合、診断にはマイクロカテーテルによる超選択的造影は不要である。

5. 撮影のプロトコール

脊髄脊椎に関係する血管は、椎骨動脈、肋間動脈、腰動脈以外にも表1のごとく多く存在する。またこれらの血管より硬膜を栄養する根髄膜動脈(Radiculomeningeal artery)と脊髄動脈が分枝する。脊髄動脈には、前脊髄動脈(ASA)に連続する根髄質動脈(Radiculomedullary artery)と後脊髄動脈(PSA)に連続する根軟膜動脈(Radiculopial artery)がある。根髄膜動脈はすべての分節に認められるが、脊髄動脈は限定的である。治療を前提とした場合、造影した分節動脈から、①異常血管が認められるか、②脊髄血管が認められるか、を認識することが最重要である。どの疾患でもCT/MRIで異常が予想されるレベルの分節血管から造影をはじめめるが、どの範囲まで造影するかは疾患によって異なる。

SDAVFではシャントとT2高信号域の部位はかならずしも一致せず、広範囲を検索する必要がある。また静脈圧亢進が高まると流出静脈が遅れて描出されるため、疑わしい分節動脈では20秒以上撮影を続ける必要がある。用手の造影でシャントまたは脊髄動脈の存在が疑われた場合、インジェクターを用いてパイプレンで造影する。毎秒1-2ml総量3-5mlを注入するが、通常毎秒3フレーム以上の撮影は不要であり、静脈相ではフレームレートはおとしてもよい。続いて3D回転撮影(3DRA)を施行し、シャント直前までの分岐が明瞭となるワーキングプロジェクションを撮影する。SDAVFの診断において最も重要なことは、同じ分節血管より脊髄動脈が分岐していないか確認することであるが、逆流静脈と重なりわかりにくいことがあり注意が必要である（図5）。もしそれを認めた場合塞栓術の危険性は高い。また追加の造影として、流入動脈を認めたレベルの上下1つの合計3レベルの左右6本、できれば上下2つの合計5レベルの左右10本の分節動脈は造影し、脊髄動脈の有無を確認すべきである。

SDAVFを否定するには、すべての根髄膜動脈を確認せねばならず、表を参考に選択的造影を施行する。終糸の小さなAVFや傍脊髄AVFがSDAVFと同様の症候を呈することがあり注意が必要である。

正常のAdamkiewicz arteryからの全身麻酔下の造影では、胸髄・腰髄の動脈-毛細血管-静脈が明瞭に描出される。毎秒1mlトータル10mlを注入すると正常では、造影剤の注入が終了するとただちにASAの造影剤は洗い流され、静脈相で硬膜外への流出が確認できる(図6)。静脈灌流障害があると、ASAに長く造影剤が停滞し、硬膜外への流出が確認できない(図7)。この所見を認めた場合、SDAVFまたは類縁疾患が存在することが示唆される[4]。

傍髄AVFや髄内AVMは脊髄血管造影で鑑別する。傍髄AVFは脊髄表面の動静脈シャントで、PSAやASAからのvasa coronaが単純な短絡を形成し、ASAのsulcal arteryからの流入は無い。一方髄内AVMは前述の流入に加えASAのsulcal arteryからも流入し、いわゆるナイダスを伴う。用手の造影で動静脈シャントを認めたらインジェクターによるバイプレーン撮影を施行する。ASAは腹側正中にあるが、拡張した静脈により変位することもある。PSAは背側にあるとは限らないが通常正中には存在しない。そのため正面像のヘアピンカーブはASAでは緩やかであるが、PSAではシャープである。側面像や引き続き施行する回転撮影の結果も参考にして判断する。

フィリップス社の血管造影装置には、3DRAとコーンビームCT(CBCT)モードがあり、各々の特徴を表2に示す。CBCTはきわめて高い解像度があるが(図8)、FOVが狭く、動脈と静脈と一緒に描出されるため読影には注意を要する。3DRAでは毎秒0.9から1.7ml総量10-15mlを5秒程度のdelayをおいて注入し、CBCTでは毎秒0.6から0.8ml総量15-20mlを5秒程度のdelayをおいて注入する。

流入動脈は通常複数あり、疾患の存在する分節を中心に広範囲の分節動脈を造影する必要がある(図9)。少なくともその分節を灌流するASAは造影し、ASAの関与の有無を確認する必要がある。

一通り撮影したらただちに撮影シリーズの画像内に分節レベルを挿入し、見落としや撮影不足がないかを確認してから手技を終了する。

6. 合併症

分節動脈の解離・攣縮

シェファードフックのように引くタイプのカテーテルは、入口部への引っかかりはよいが、さらに強く引くと容易に血管を損傷する。そのため透視を使用しないカテーテルの抜去は禁忌である。多くの場合上下の分節血管からの側副血行があるため虚血には至らないが、マイクロカテーテルを進めることができなくなるため治療を断念しなければならなくなる。ガイドインカテーテルとして安定した留置が必用な場合、他の形状のものと交換する必要がある。

大動脈プラークの破綻

分節動脈の解離と同様に、大動脈にプラークがある場合引くタイプのカテーテルではそれを破綻させる可能性がある。大きなプラークがある場合は、脊髄血管造影は避けるべきであろう。

塞栓症

ASAへの塞栓症は大きな合併症となるため、カテーテルを長時間留置する場合は灌流すべきである。特にカテーテルがウェッジしている場合は要注意である。

胸郭出口症候群

全身麻酔下に長時間にわたり両上肢を挙上すると、胸郭出口に狭窄がある患者では神経損傷の可能性がある。われわれも若年の小柄な女性で、術後に長期にわたり上肢のしびれを呈した例があり、現在は術前に両上肢を外転挙上し、症候の出現がないかを確認している。

7. まとめ

脊髄血管造影の手技は簡単で単純であるが、時間がかかり根気が必要である。よい画像を得るためには、無動化と十分な造影剤注入が重要である。よい画像が得られればその読影は容易である。

参考論文

1. Djindjian, R., Angiography of the spinal cord. Surg Neurol, 1974. 2(3): p. 179-85.
2. Niimi, Y., et al., Symptoms, Vascular anatomy and endovascular treatment of spinal cord arteriovenous malformations. Interv Neuroradiol, 2000. 6 Suppl 1: p. 199-202.
3. Marushima, A., et al., Selective arterial embolization with n-butyl cyanoacrylate in the treatment of aneurysmal bone cyst of the thoracic vertebra: a case report. Spine (Phila Pa 1976), 2009. 34(6): p. E230-4.
4. Willinsky, R., et al., Angiography in the investigation of spinal dural arteriovenous fistula. A protocol with application of the venous phase. Neuroradiology, 1990. 32(2): p. 114-6

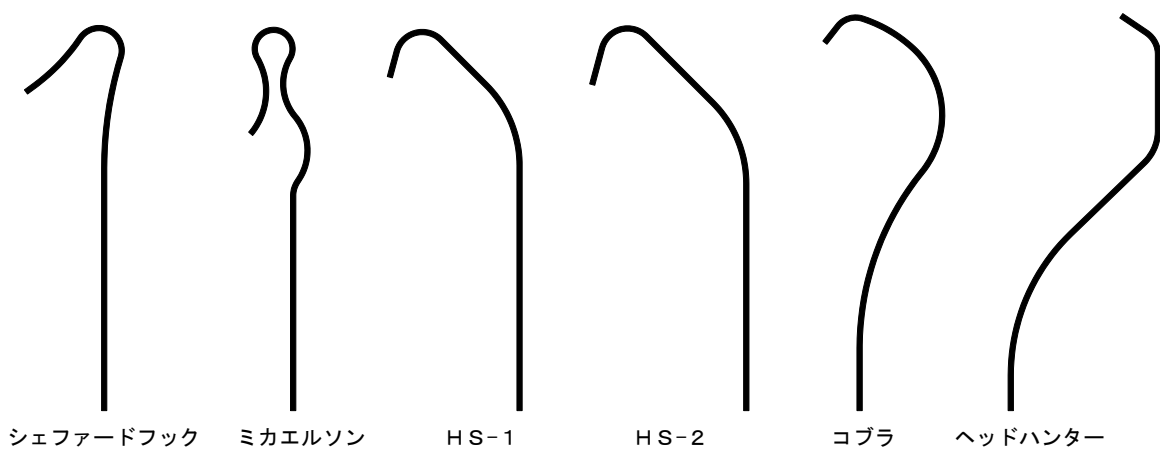


図1 脊髄血管造影に使用するカテーテル形状

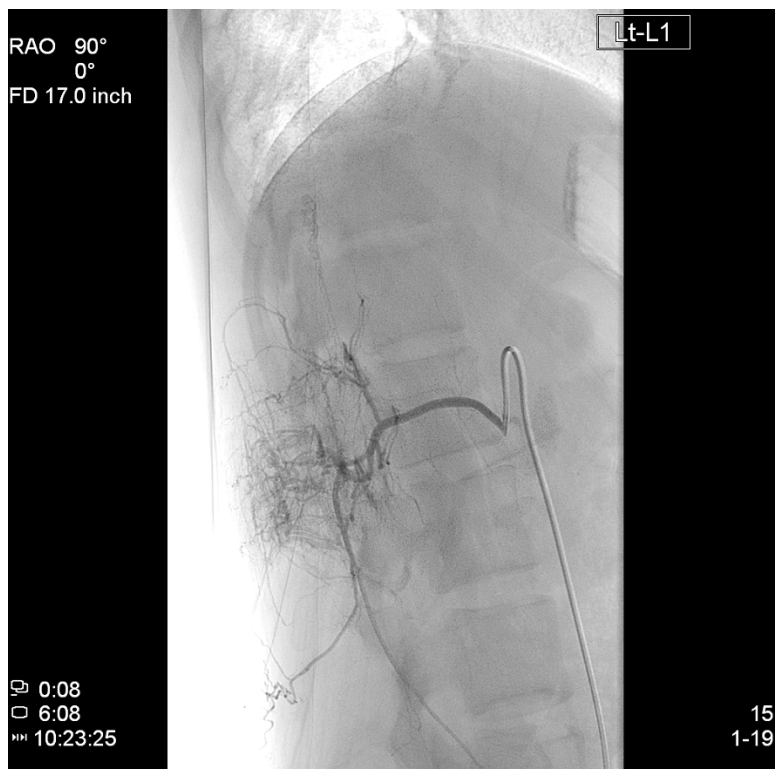


図2 シェファードフック型診断カテーテルによる肋間動脈造影側面像
カテーテルの先端部のみが肋間動脈の入口部にある状態。

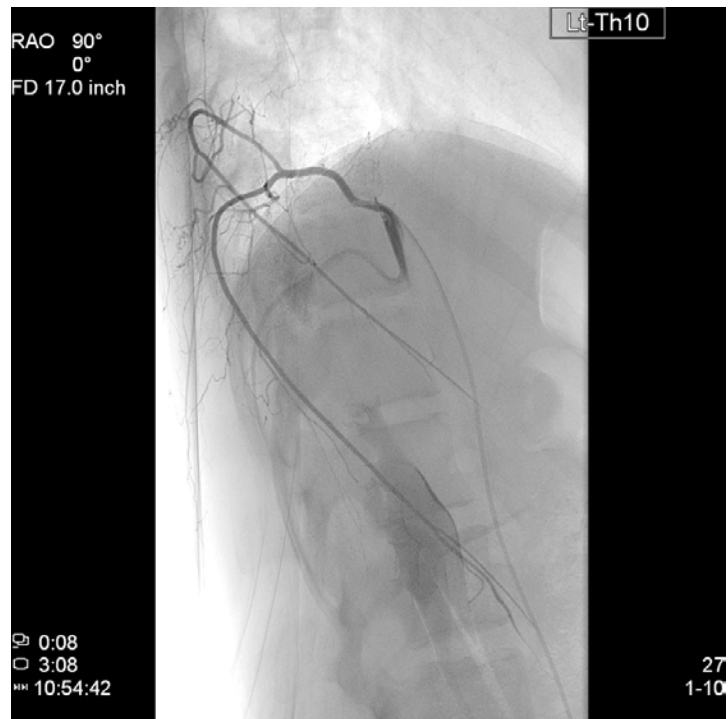


図3 コブラ型診断カテーテルによる肋間動脈造影側面像
カテーテルは肋間動脈に挿入できている。



図4 側面撮影時の上肢の挙上と固定

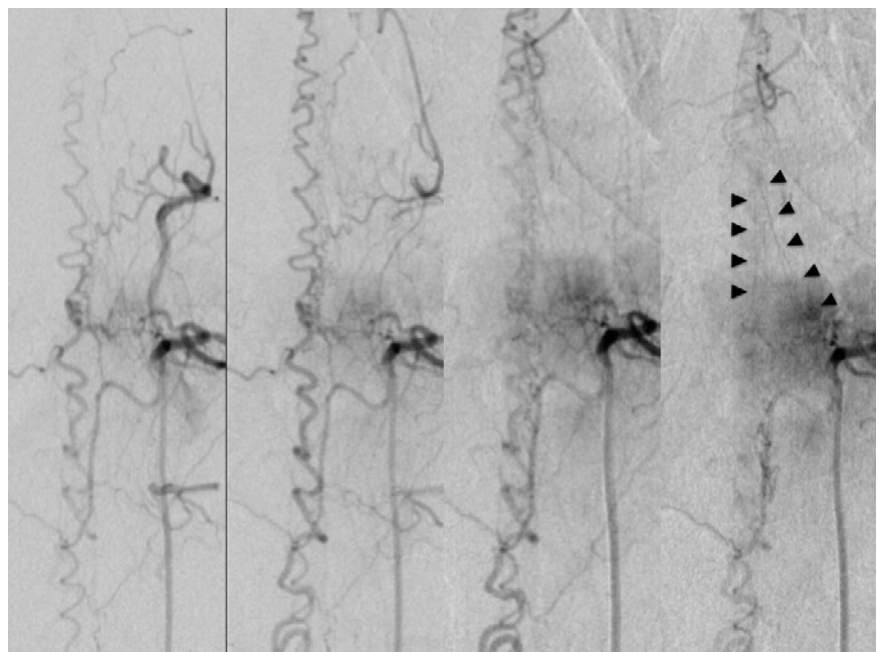


図5 脊髄硬膜動静脈瘻の肋間動脈造影
流入動脈である根髄膜動脈と前脊髄動脈を灌流する根髄動脈(▲)が同レベルから分枝している。

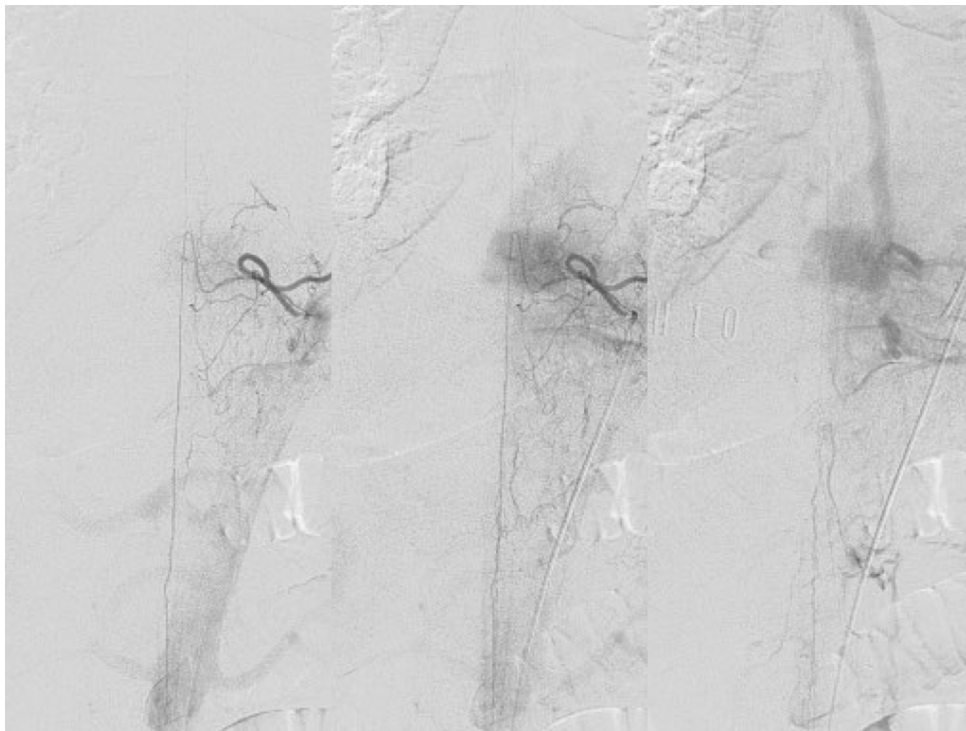


図6 正常な脊髄循環
根髄動脈の造影で前脊髄動脈が描出され（左）、毛細血管の描出後（中央）、硬膜外へ流出する（右）。

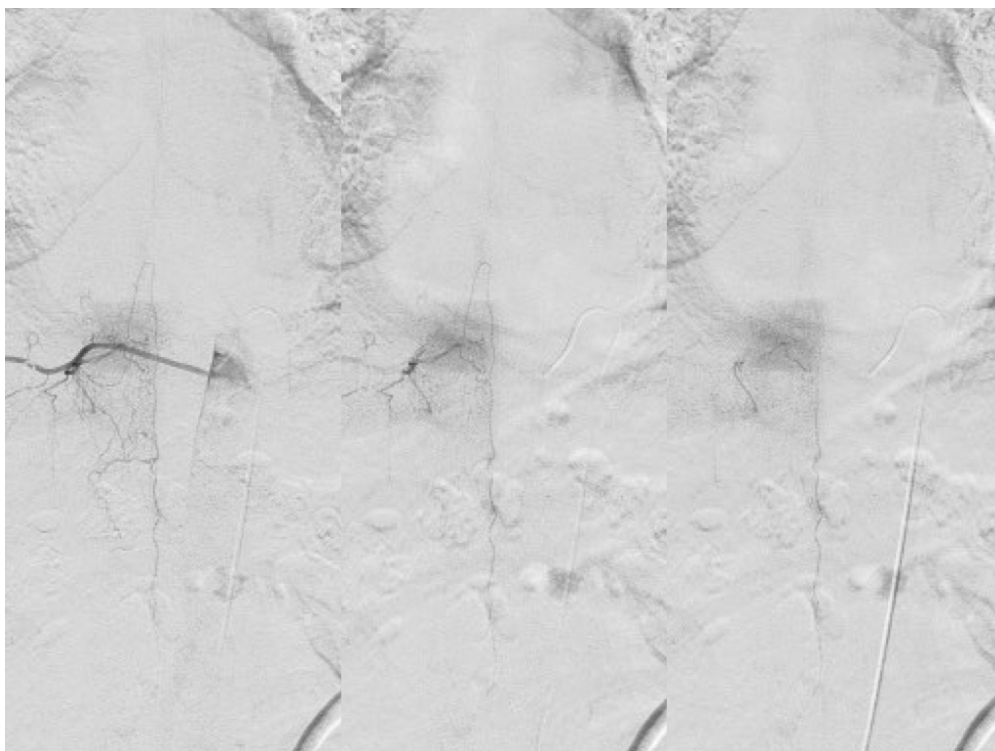


図7 静脈灌流障害を認める脊髄循環
根髄動脈の造影で前脊髄動脈が描出されるが（左）、造影剤の注入が終了後も前脊髄動脈にそれが停滞し（中央）、流出静脈が認められない（右）。

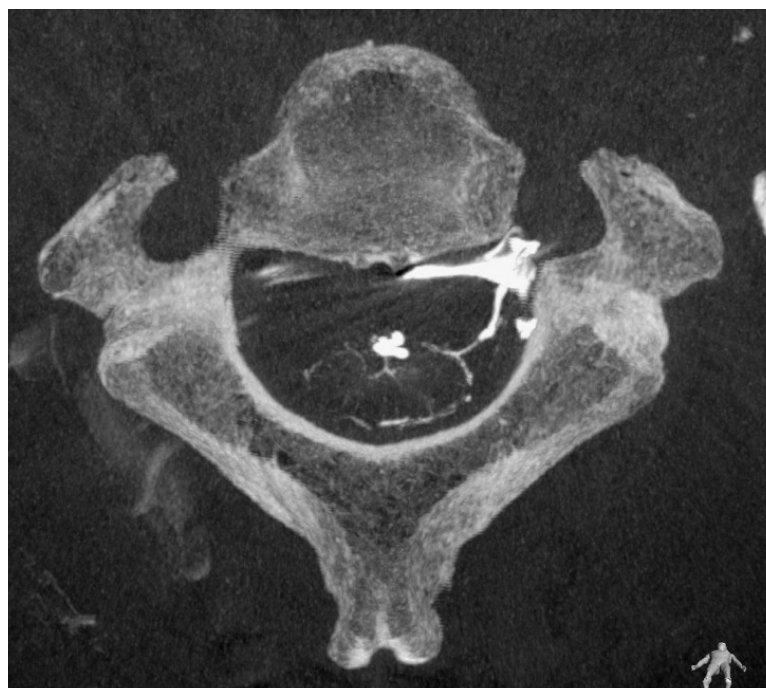


図8 Cone-bean CTによるaxial像
根髄動脈から連続する前脊髄動脈からのsulcal arteryが左右に分かれ脊髄灰白質を灌流し、脊髄周囲のvasa coronaから脊髄白質が灌流されていることがわかる。

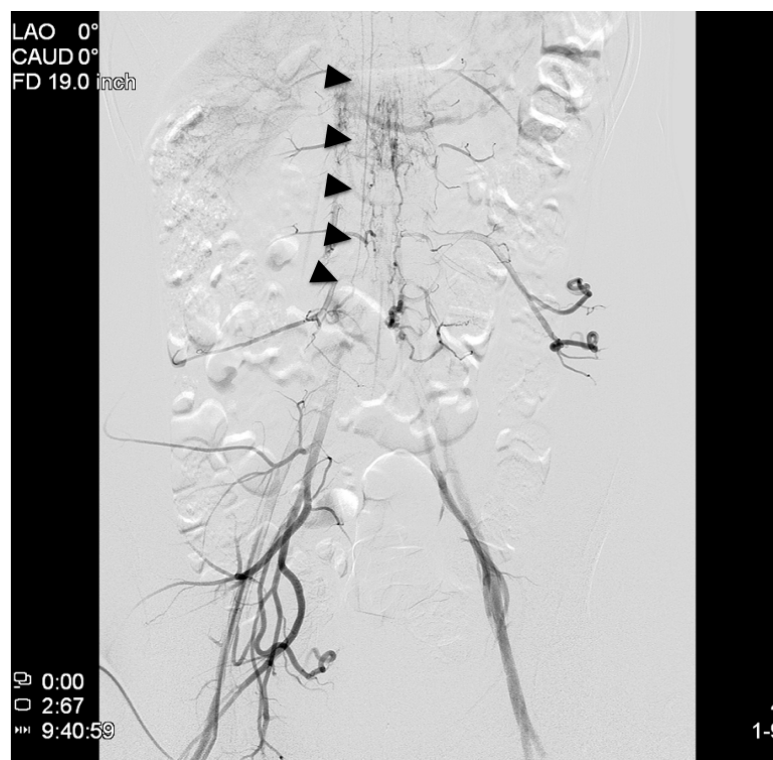


図9 シース挿入時の造影
検査終了後にシース挿入時の造影で、仙髄レベルからの根軟膜動脈から流入があることに気がついた(▲)。