

脊髄血管の解剖

Vascular anatomy of the spinal cord

松丸祐司

Yuji Matsumaru

虎の門病院脳神経血管内治療科

Department of Endovascular Neurosurgery, Toranomon Hospital

key words

spinal cord, embryology, anatomy, embolization

1. はじめに

脊髄血管の血管解剖は、脳血管のそれにくらべ単純である。その理解を困難にしている理由は、疾患の希少性と不明瞭な脊髄血管造影像であり、全身麻酔による無呼吸と腸ぜん動の抑制は大変有用である。また腹側正中の1本の縦走神経動脈とそこからの左右への穿通枝および周囲への回旋枝からなる構造は、延髄から中脳までと同様であり、脊髄から脳幹までの相同性が認められる。これらの理解には全身麻酔による血管造影に加え、3D回転撮影やcone beam CT像はきわめて有用であり、今回はこれらを用いそれを概説する。

2. 脊髄血管の発生

脊髄血管は分節動脈に由来する。一つの分節は脊髄を中心に、背側大動脈からの神経根動脈、神経根、椎間板およびそれに接する上下半分の椎体から成る(図1)。あくまでも椎間板と椎間孔が中心であり、完成された椎体が一つのユニットでは無い。はじめ脊髄は各々のレベルの分節動脈からの前神経根動脈と後神経根動脈から栄養されている。前神経根動脈は脊髄腹側で同側の脊髄灰白質を栄養する後の中心溝動脈を分枝し、さらに頭尾側の前神経根動脈は吻合し1対の腹側縦走神経動脈を形成する(図2)。後にこの腹側縦走神経動脈は正中で融合し、1本の前脊髄動脈となり、左右へ交互に中心溝動脈を分枝する(図3)。また前脊髄動脈の融合が起きない部分はduplicationとして遺残する。前脊髄動脈が完成すれば、すべてのレベルの前神経根動脈が存在する必要は無く、そのほとんどは退縮し数本の神経根髄質動脈が遺残する。

一方後神経根動脈は、脊髄の側面また背側に到達し、頭尾方向の同血管と吻合し1対の後脊髄動脈を形成する。前脊髄動脈との違いは、灰白質を栄養する中心溝動脈を分枝しないことと、頭尾方向の連続性が前脊髄動脈ほど発達しないことである。またこの後神経根動脈も退縮し、数本の神経根軟膜動脈が遺残するが、前脊髄動脈ほど上下方向の吻合がないため、その数は神経根髄質動脈より多い。

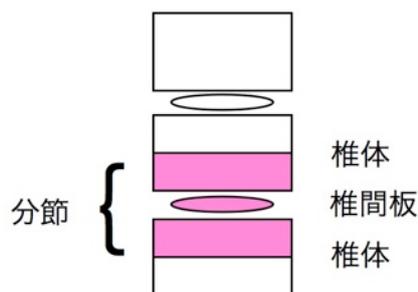
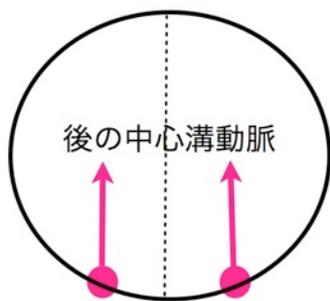


図1 分節

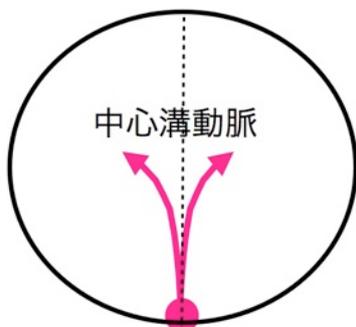
一つの分節は脊髄を中心に、背側大動脈からの神経根動脈、神経根、椎間板およびそれに接する上下半分の椎体から成る



1対の縦走神経動脈

図2 縦走神経動脈

前神経根動脈は同側の脊髓灰白質を栄養する後の中心溝動脈を分枝する。



前脊髄動脈

図3 前脊髄動脈

前脊髄動脈は左右へ交互に中心溝動脈を分枝する。

3. 血管解剖

3.1. 硬膜外の分節動脈

1本の分節動脈は、片側の椎間板を中心とした上下の半分の椎体と、片側の神経および神経根を栄養する(図1)。分節動脈は、頸髄では椎骨動脈、上行頸動脈、深頸動脈から、胸髄では下行大動脈からの肋間動脈と鎖骨下動脈からの最上肋間動脈から、腰髄では腹部大動脈、正中仙骨動脈、腸腰動脈からの腰動脈から造影される。脊髄動静脈シャントの否定のための完全な脊髄血管造影のためには、これらすべてを造影する必要がある。

分節動脈は椎体枝、脊椎管枝、筋肉枝に分かれる(図4)。椎体枝は椎体を栄養する前椎体枝と椎弓を栄養する後椎体枝に分かれる。脊椎管枝は、椎対後面を栄養する前脊椎枝と椎弓前面を栄養する後脊椎枝と神経根脊髄枝に分かれる。

上下または左右に隣接する分節動脈は吻合する。実際椎骨動脈、上行頸動脈、神経動脈はこれらが上下方向に吻合し形成された血管である。脊柱管内または硬膜上での吻合も豊富で、椎対後面の上下左右の吻合(retrocorporeal anastomosis)は特徴的な六角形を呈し、全脊椎にわたり連続している。

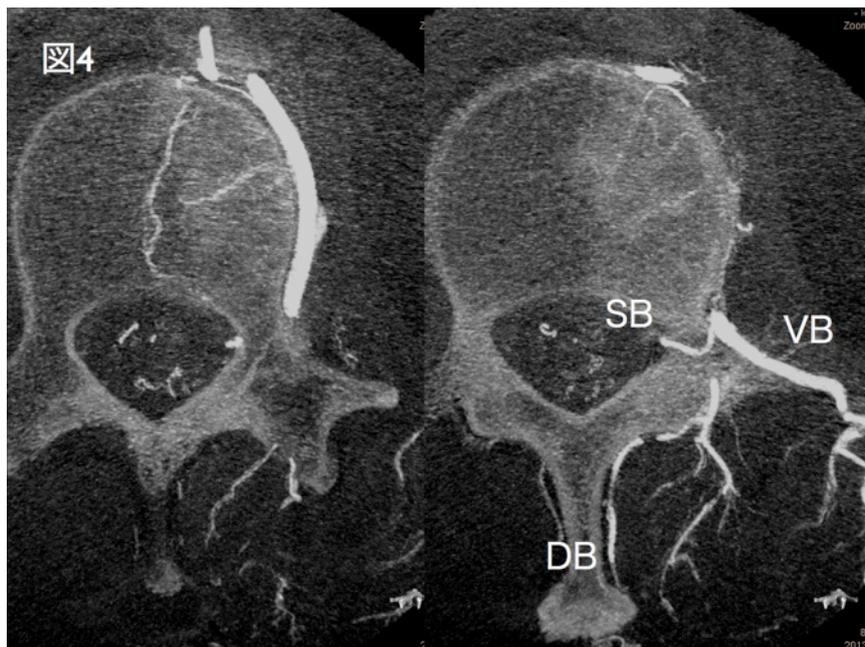


図4 分節動脈
左側腰動脈から左半分の椎体が造影されている。
前椎体枝: VB
後椎体枝: DB
脊柱管枝: SB

3.2. 神経根髄質動脈と神経根軟膜動脈

すべての分節には神経根動脈があるが、これは脊髄の栄養には関与しない。神経根動脈のうち、前根に沿って前脊髄動脈にいたり脊髄を広範囲に栄養する血管を神経根髄質動脈(図5)といい、後根に沿って後脊髄動脈にいたり脊髄の表面を限局的に栄養する血管を神経根軟膜動脈(図6)という。神経根髄質動脈は頸髄では複数みられることが多いが、胸腰髄では通常1本でartery of Adamkiewiczとよばれる。分節動脈から分枝後は、硬膜貫通部でわずかに狭窄し(生理的狭窄: 図)、前根に沿って方向を腹側頭側に変え、正中でヘアピンカーブをつくり前脊髄動脈に至る。神経根軟膜動脈は神経根髄質動脈より数多く、同様に硬膜貫通部でわずかに狭窄し、後根に沿って方向を背側頭側に変え、正面像では正中をはずれたところでヘアピンカーブをつくり後脊髄動脈に至る。

神経根髄質動脈と神経根軟膜動脈が硬膜内で斜走する理由は、発生における脊髄と脊椎の伸張の差異であり、その差が少ない頸髄ではより水平に近く、その差が大きい腰髄では垂直に近くなる。

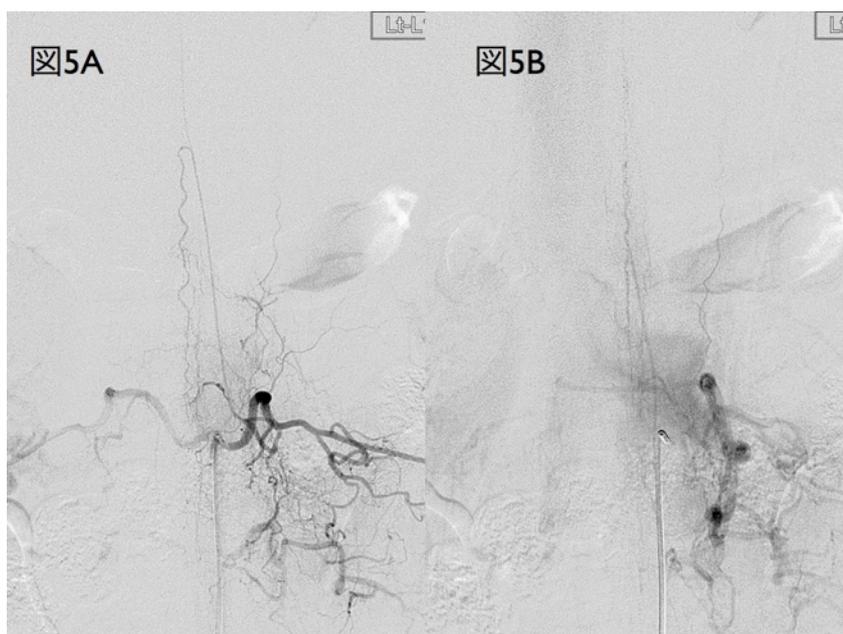
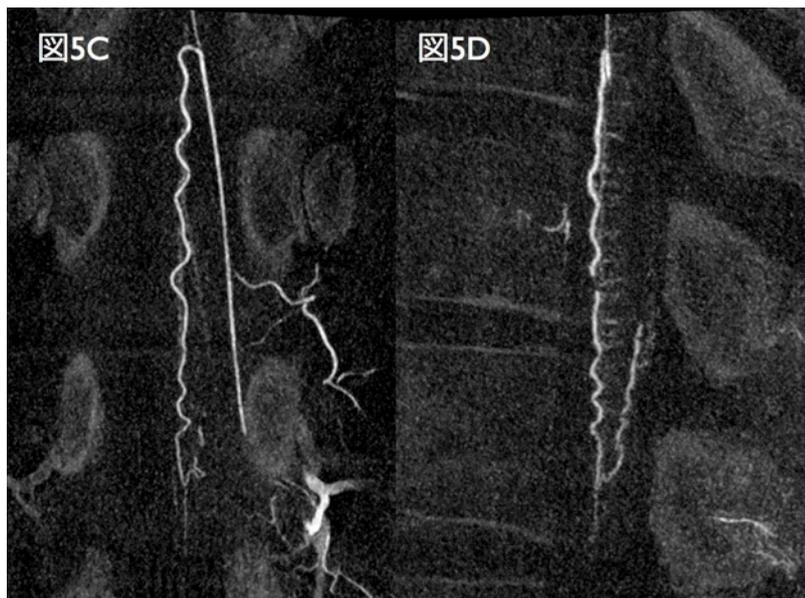


図5 神経根髄質動脈および前脊髄動脈 (artery of Adamkiewicz)
A 動脈相にて下降する前脊髄動脈とarterial basketを介し後脊髄動脈が描出されている。
B 静脈相では前脊髄静脈と神経根静脈より流出している。



C cone beam CT正面像にて前脊髄動脈と前脊髄静脈を認める。
D cone beam CT側面像にて中心溝動脈とarterial basketが描出されている。

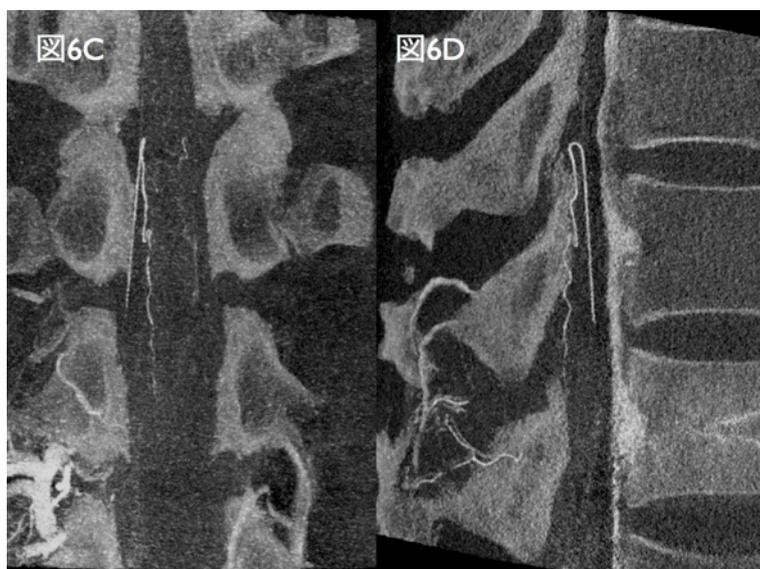


図6 神経根軟膜動脈および後脊髄動脈
AおよびCは正面像、BおよびDは側面像。
Cone beam CTにてvasa coronaを介し反対側後脊髄動脈が描出されている。

3.3. 硬膜内の動脈

前脊髄動脈は前正中裂の軟膜下で、前脊髄静脈より表面に存在する(図7)。そのためここからの出血はhematomyeliaとなることが多い。頭側では椎骨動脈に連続し、尾側ではw型のarterial basketを形成し、2本の後脊髄動脈に連続する(図5D、図8)。前脊髄動脈は脊髄深部に向かう中心溝動脈と脊髄表面のvasa coronaに向かう回旋枝を分枝する(図9)。中心溝動脈は左右の腹側縦走神経動脈に由来するため、1本は一侧の脊髄灰白質を栄養する(図10)。この中心溝動脈も神経根髄質動脈同様に斜走し、矢状断では前方から後方へ向け、わずかに上行する。

後脊髄動脈は脊髄の側面または背側のくも膜下腔に存在し、ここからの出血はくも膜下出血となることが多い。前脊髄動脈のように連続する直線的な走向をとることは少なく、断続的な脊髄表面の頭尾方向の血管であり、後述するvasa coronaと区別できない場合がある。また頸髄ではlateral spinal arteryともよばれ、後下小脳動脈と吻合する(図11)。Vasa coronaは脊髄表面の動脈叢で前および後脊髄動脈を連絡する血管である。

塞栓術を行ううえで最も重要なことは、疾患とその周囲の血管構築を理解することと、その上で前脊髄動脈の連続性を保つことである。そのため前脊髄動脈自身の閉塞やAdamkiewicz arteryの閉塞はきわめて危険であり、回避すべきである。頸髄では複数の神経根髄質動脈が存在するため1本の閉塞では前脊髄動脈の

連続性がたたれる可能性は低いが、最も安全と考えられる前脊髄動脈の分岐部を含む椎骨動脈の閉塞でも脊髄梗塞を生じた報告もあり、危険性はある。後脊髄動脈やvasa coronaは脊髄表面への栄養であり、限られた範囲の閉塞による虚血症状の出現の可能性は低い。特に動静脈シャント(AVS)の流入動脈であれば、正常脊髄への血流供給は乏しく安全に閉塞できると思われる。同様に流入動脈である1本の中心溝動脈の閉塞も安全と考えている。しかし後脊髄動脈からの塞栓でも、vasa coronaやarterial basketを介する脊髄動脈への迷入や、中心溝動脈からの塞栓でも逆流による前脊髄動脈の閉塞が容易に生じるため、十分な注意が必要である。

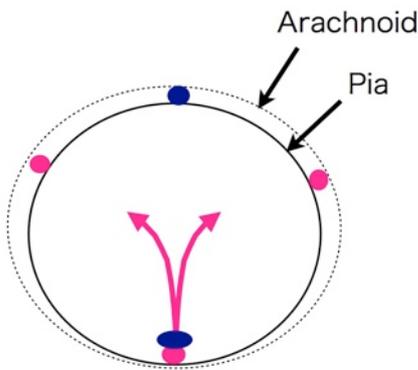


図7 脊髄動静脈の模式図

前脊髄静脈は前脊髄動脈より脊髄側(深部)にあり、ともに軟膜下に存在する。後脊髄動脈および後脊髄静脈はくも膜下に存在する。

図8

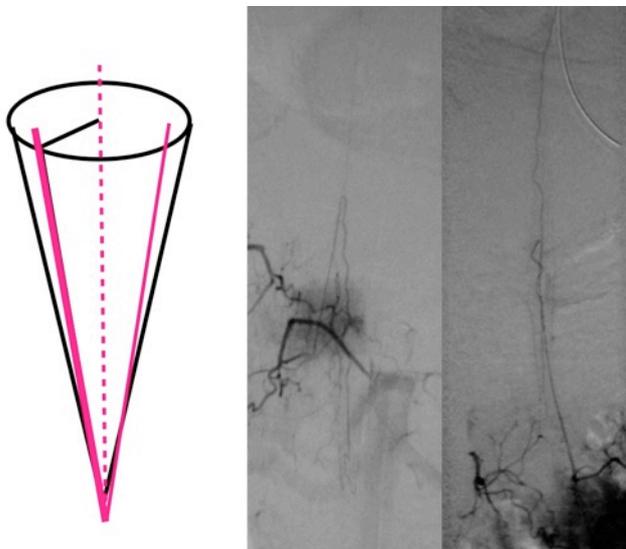


図8 artery of Adamkiewiczとarterial basket

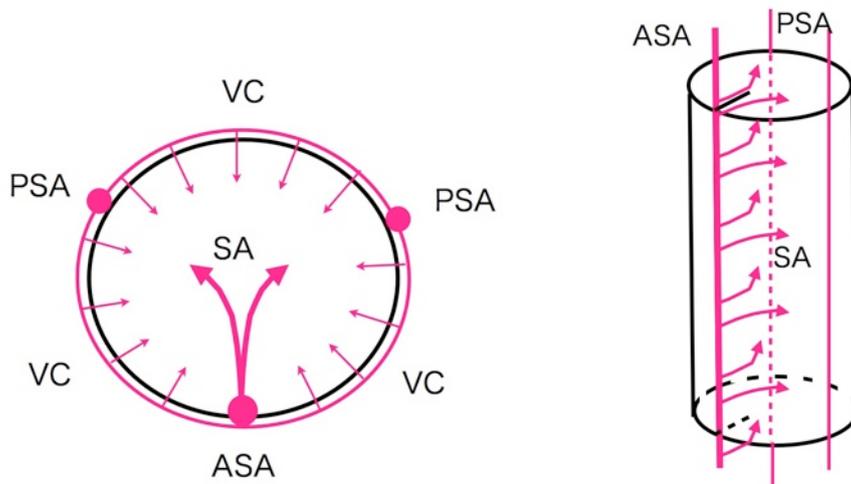


図9 脊髓血管の模式図

ASA : 前脊髄動脈、PSA : 後脊髄動脈 (PSA)、SA : 中心溝動脈 (Sulcal artery)、VC : Vasa corona

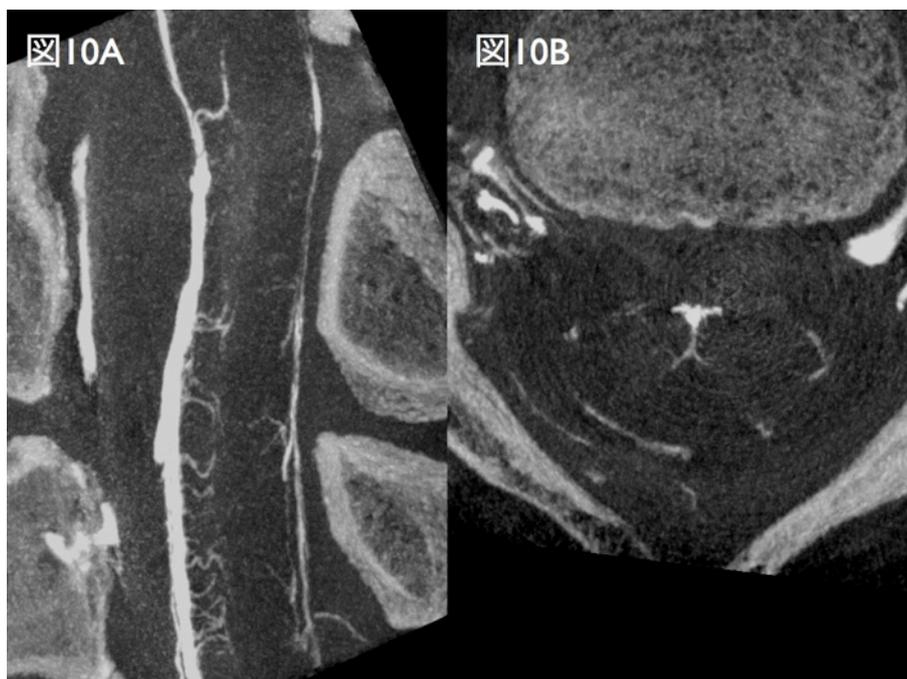


図10 中心溝動脈
cone beam CTにて、前脊髄動脈から後方への中心溝動脈を認める。

3.4. 脊髄の静脈 (図5, 12)

腹側に前脊髄静脈が、背側に後脊髄静脈がある。ともに動脈より脊髄側（深部）にあるが、前脊髄静脈は前脊髄動脈と同様に軟膜下にある、後脊髄静脈は後脊髄動脈と同様にくも膜下にある。神経根脊髄静脈を介し導出されるが、動脈のように必ずしも脊髄神経根とともに硬膜を貫通せず、神経根とは別に硬膜を貫通することもある。硬膜動静脈瘻での流出静脈離断では、注意が必要である。

脊髄内では前後にventral/dorsal sulcal veinが灰白質からの血流を集め、前および後脊髄静脈に連続する。またtransmedully anastomosisが髄内を前後に走行し、前後の脊髄静脈を吻合している。



図11 Lateral spinal artery

上部頸髄の後脊髄動脈はLateral spinal arteryとよばれ、頭蓋内で後下小脳動脈と吻合している。

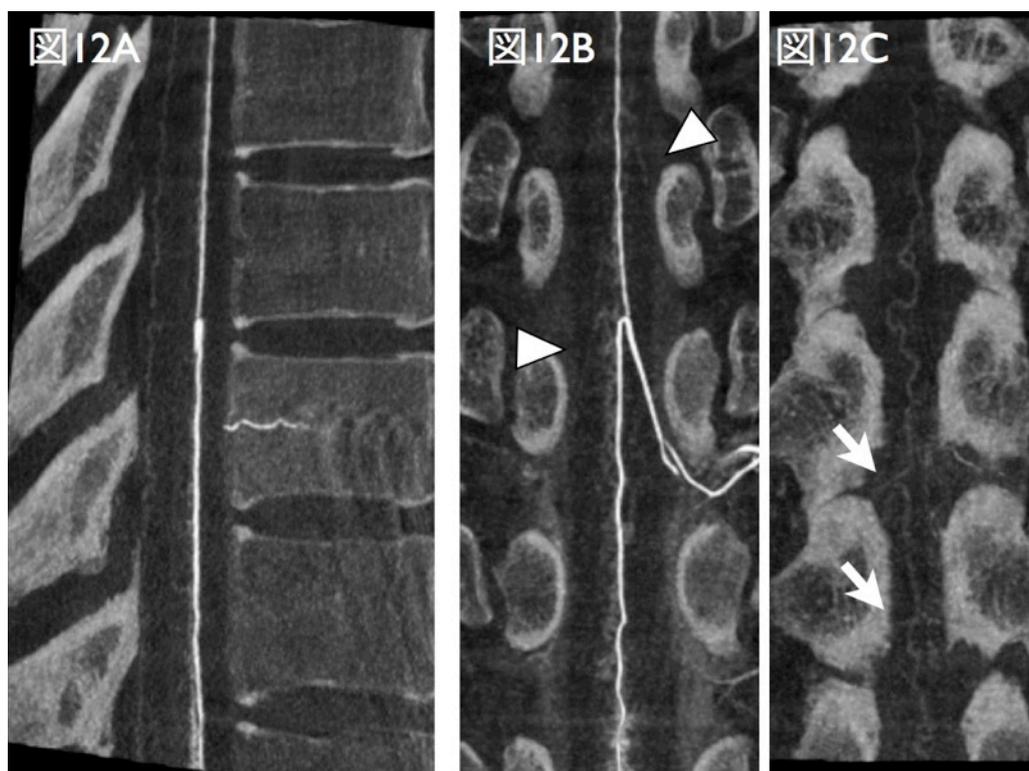


図12 脊髄静脈

A 前脊髄動脈の脊髄側(深部)に前脊髄静脈を、脊髄背側に後脊髄静脈を認める。

B 前脊髄静脈は前脊髄動脈と同様、神経根に沿っている(矢頭)。

C 後脊髄静脈は神経根にそわず流出している(矢印)