

脊髓血管の解剖とそこからの塞栓術

虎の門病院脳神経血管内治療科
松丸祐司

1. はじめに

脊髓血管は脳血管にくらべはるかに単純で理解しやすい。理解すべき血管は前脊髓動脈(ASA)、後脊髓動脈(PSA)、中心溝動脈(Sulcal artery)、Vasa coronaであり、それが基本的に頸髄から仙髄まで同じ構造を繰り返す(図1)。また延髄から中脳までの脳幹部も基本的に同じ血管構築をしており、脊髓から脳幹までは相同性が認められる。脊髓血管疾患の理解を困難にしているのは、疾患の希少性と不明瞭な脊髓血管造影像であるが、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3D回転撮影はあまり有用ではなく、最新DSAに機能されるcone beam CTの断層像の観察がきわめて有用である。今回はこれらを用い、脊髓血管の解剖と脊髓動静脈シャント疾患の治療に関し概説する。

2. 脊髓血管の発生

脊髓血管は純粋な体節血管であり、椎体、椎間板、神経および神経根、硬膜とともに発生し、この頭尾方向にこのユニットを繰り返す。一つのユニットは、一つの椎体から成るのではなく、椎間板を中心に、上下の椎体半分ずつから構成される。一つのユニットは、左右の背側大動脈から一対の分節動脈が栄養し、これが後の神経根動脈(Radicular artery)であり。神経根動脈はすべての髄節に存在する。この前根枝は脊髓腹側に至り、同側の脊髓灰白質を栄養する中心溝動脈を分枝するとともに、頭尾側の同血管と吻合し1対の腹側縦走神経動脈を形成し、仙髄から脳幹腹側まで連続する。後に腹側縦走神経動脈は正中で融合し、1本のASAと脳底動脈となるが、P1およびASAと椎骨動脈の移行部は融合しない。またその他でもASAの融合が起きない部分はASAのduplicationとして遺残する。ASAが完成すれば、すべての前根枝が存在する必要は無くそのほとんどは退縮し、数本のASAに連続する神経根動脈(Radiculomedullary artery; RMA)が遺残する。また分節動脈の後根枝は、脊髓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PSAを形成する。ASA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ASAほどはっきりしないことである。またこの後根枝も退縮し、数本のPSAを栄養する神経根軟膜動脈(Radiculopial artery; RPA)が遺残する。

3. 血管解剖

脊髓血管解剖は非常に単純であり、ASAとRMAおよび中心溝動脈、PSAとRPA、vasa corona、arterial basketを理解すればよい(図1)。ASAは前正中裂の軟膜下で前脊髓静脈より表面に存在する(図2)。そのためここからの出血はhematomyeliaとなることが多い(図4)。またおそらく生体内でもっとも直線的な血管であり、頭側では椎骨動脈に連続し、尾側ではarterial basketを形成し2本のPSAに連続する(図3)。脊髓前根と併走するRMAは、脊椎と脊髓の成長伸展が異なるため斜走する。頸髄ではより水平に近く、腰仙髄ではより垂直に近い。硬膜貫通部で方向を変え、わずかに径を細め(生理的狭搾)、正面像ではゆるやかなヘアピンカーブを作り、側面像では前向きになり、ASAと連続する。ASAは脊髓深部に向かう中心溝動脈(図4)と脊髓表面のvasa coronaに向かう回旋枝を分枝する。中心溝動脈は左右の腹側縦走神経動脈に由来するため、一側の脊髓灰白質を栄養する。

PSAは脊髓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。ASAのように連続する直線的な走向をとることは少なく、断続的な脊髓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5)。脊髓後根と伴走するRPAはRMAと同様斜走するが、正面像ではよりシャープなヘアピンカーブを形成し、正中をはずれたところでPSAと連続し、側面像では後方に向くことが多い。Vasa coronaは脊髓表面の動脈叢でASAと2本のPSAを連絡する血管である。

脊髓には腹側に前脊髓静脈が、背側に後脊髓静脈があり、神経根脊髓静脈を介し導出される(図2)。こ

の導出静脈は、動脈のように必ずしも脊髄神経根と併走せず、斜走しないで最短コースを走向し、神経根とは別に硬膜を貫通することもある。

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ASAの連続性を保つことである。そのためASA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RMAが存在するため1本のRMAの閉塞ではASAの連続性がたたれる可能性は低い、最も安全と考えられるASA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。PSAやRMA、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無く、安全に閉塞できる。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PSAからの塞栓でも、vasa coronaやarterial basketを介するASAへの迷入や、中心溝動脈からの塞栓でもASAへの逆流によるASAの閉塞が容易に生じるため、注意が必要である。

4. 脊髄動静脈シャント疾患

4.1. 脊髄硬膜動静脈瘻 (spinal dural arteriovenous fistula; SDAVF)

root sleeve近傍の硬膜上の小さなシャントで、脊髄静脈に逆流し、脊髄静脈滯留障害を生じる。中年以降の男性に多く発症し、進行性対麻痺、感覚障害、膀胱直腸障害を呈するが、脊髄出血を生じることは無い。根治には脳硬膜動静脈瘻と同様に流入動脈を閉塞する必要はなく、シャント直後の流出静脈を閉塞しなければならない。

血管内治療での根治のために最も重要なことは、動脈から静脈への移行部(シャント部)がどこかを認識することである。一般的に動脈から静脈へ移行する部分では血管径が急に拡張する。これを同定し、ここまでNBCAをpushする必要がある。そのためにはシャント以外の血管が造影されないところまでカテーテルを進め、かつwedgeさせる必要がある。カテーテルをwedgeさせるとNBCAを持続的にpushできるが、予期せぬ血管への迷入の可能性もある。そのため同じ髄節動脈にRMAまたはRPAが認められる場合、塞栓術は禁忌であり、同じレベルで反対側か、隣接したレベルにある場合は十分注意する必要がある。流出静脈閉塞後は、広範な静脈の血栓化を予防するため、長期にわたる抗凝固療法が必要である。

4.2. 脊髄傍髄動静脈瘻 (spinal peri-medullary arteriovenous fistula)

脊髄傍髄動静脈瘻は脊髄表面の動静脈シャントである。流入動脈はPSAまたはそれに連続するvasa coronaか、ASAの外側枝であり、中心溝動脈が関与することは基本的に無い。一見非常に複雑に見えても、シャントは1カ所に集中していることもあり、シャントが1カ所であれば根治可能である。

SDAVFと異なり脊髄血管の閉塞にはwedgeによるNBCAの注入は危険である。予期せぬ正常脊髄血管へのNBCAの迷入を予防するため、血流にのせシャント部に進めるようにすべきである。また静脈滯留障害がある例では、SDAVFと同様に術後の抗凝固療法が必要である。

4.3. 脊髄髄内動静脈奇形(または瘻) (spinal intramedullary arteriovenous malformation)

脊髄実質内の動静脈奇形であり、通常ASAの中心溝動脈が関与する。根治は不可能で、出血源と思われる仮性動脈瘤が認められれば、その部分の閉塞を考慮する。またhigh flow fistula やそれによるvarixによる症候があれば部分閉塞を考慮する。

4.4. 終糸動静脈瘻(または奇形)

varixによる馬尾の圧迫やくも膜下出血で発症するが、SDAVFと同様の静脈滯留障害による対麻痺で発症する場合もある。先述したようにASAとPSAは脊髄円錐端でarterial basketを形成し、それより尾側に脊髄は無く、安全に塞栓術を施行することができる。

4.5. 頭蓋頸椎移行部(上部頸髄)傍髄動静脈瘻

同部のperimedullary arteriovenous fistulaはSAHで発症することが多く、通常椎骨動脈からの複数の流入動脈を認める。Lateral spinal arteryからの塞栓術は可能であるが、逆流や他の流入動脈からの逆流

による椎骨動脈へのNBCAの迷入の可能性がありリスクが高く、脊髓前面にシャントがなければ外科治療の方が安全である。

図の説明

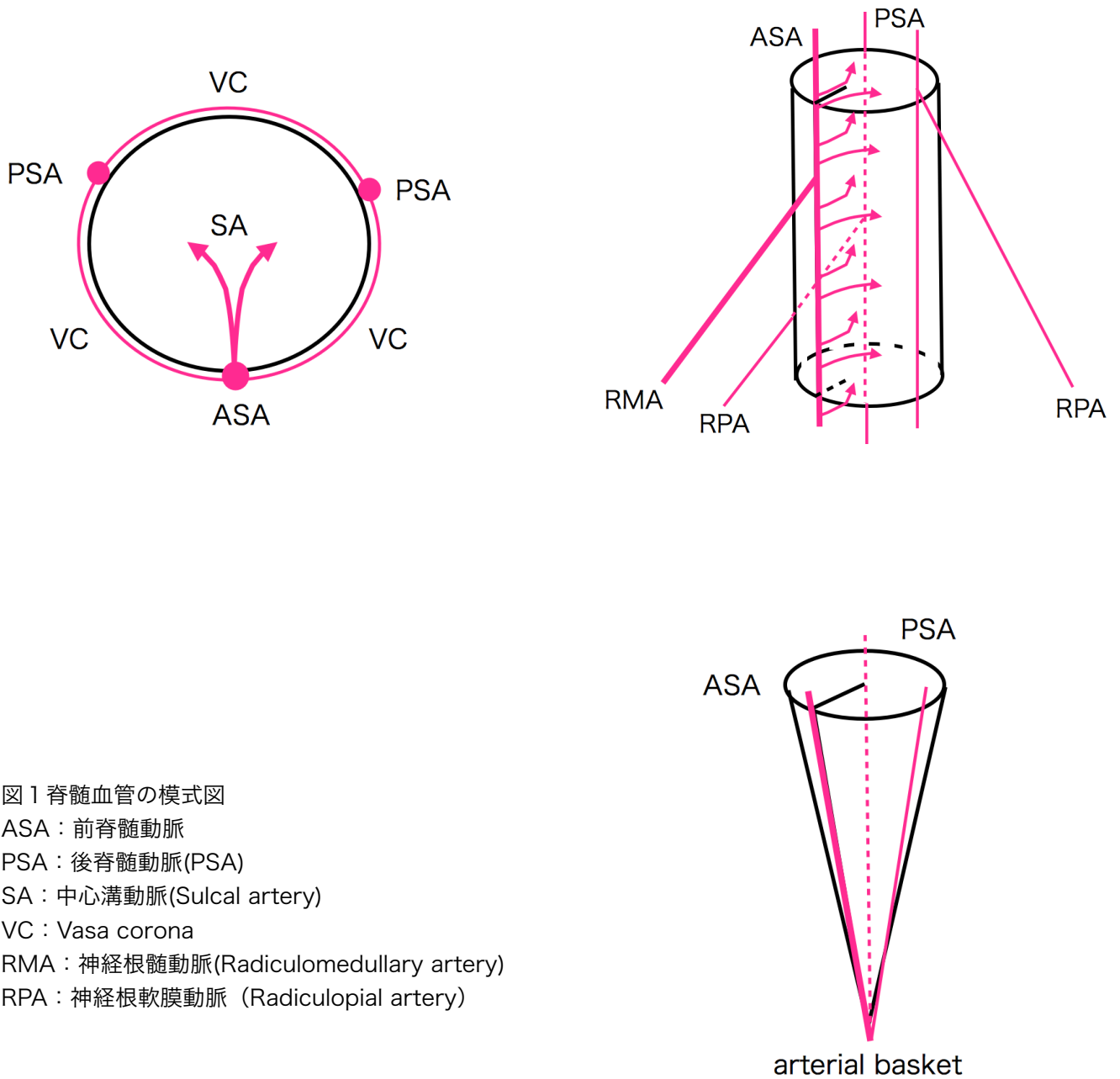


図1 脊髓血管の模式図

ASA : 前脊髓動脈

PSA : 後脊髓動脈(PSA)

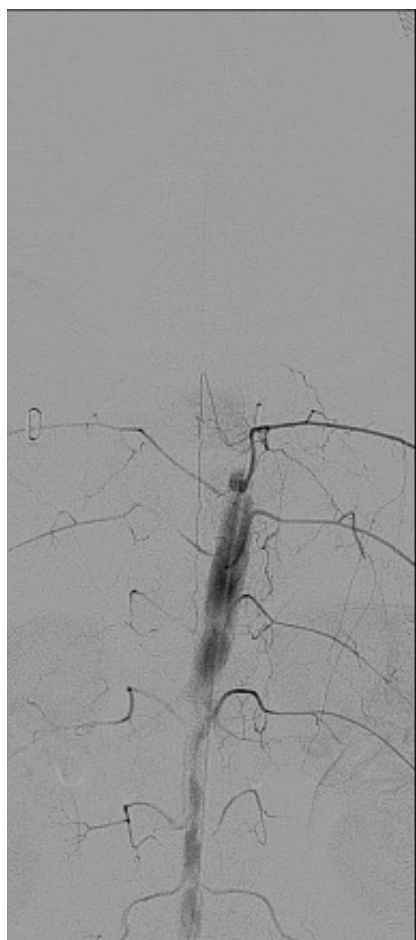
SA : 中心溝動脈(Sulcal artery)

VC : Vasa corona

RMA : 神経根髄動脈(Radiculomedullary artery)

RPA : 神経根軟膜動脈 (Radiculopial artery)

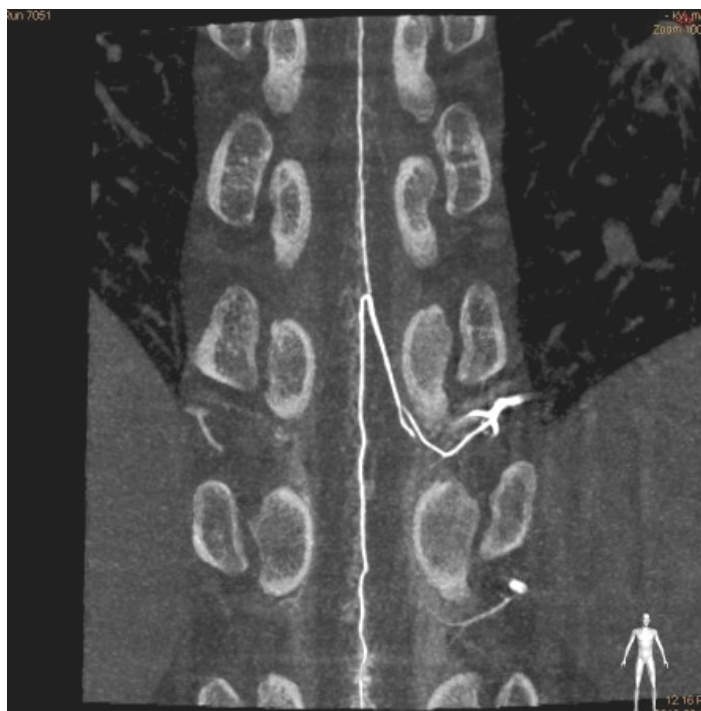
図2：神経根髄動脈と前脊髄動脈



A：通常の血管造影



B：cone beam CTの矢状断にて脊髄腹側にASAとそれに重なる前脊髄静脈が、背側に後脊髄静脈を認める。



C：cone beam CTの冠状断脊髄腹側断面にてASAとそれに重なる前脊髄静脈が認められ、前脊髄静脈はRMAと同様に神経根に伴走し、流出している（矢印）。



D : cone beam CTの冠状断脊髓背側断面にて後脊髓静脈を認める。後脊髓静脈は神経根に伴走せず直接流出している（矢印）。



図3 : arterial basket

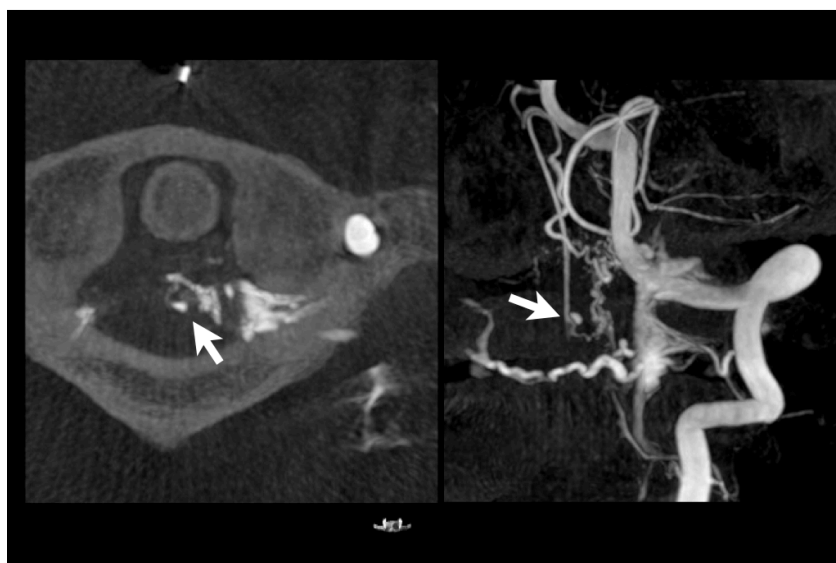
ASAは尾側端でw型のarterial basketを形成し2本のPSAと連続している。ここが脊髓円錐の尾側端であり、これより尾側に脊髓は無い。

図4 : 髄内出血にて発症した脊髓動静脈奇形
A : 発症時MRにて髄内出血を認める。





B : 血管造影では脊髄動静脈奇形と同じ髄節の脊髄根近傍に動静脈奇形と認める。



C : cone beam CTでは出血源と考えられる、中心溝動脈の仮性動脈瘤を認める (矢印)。

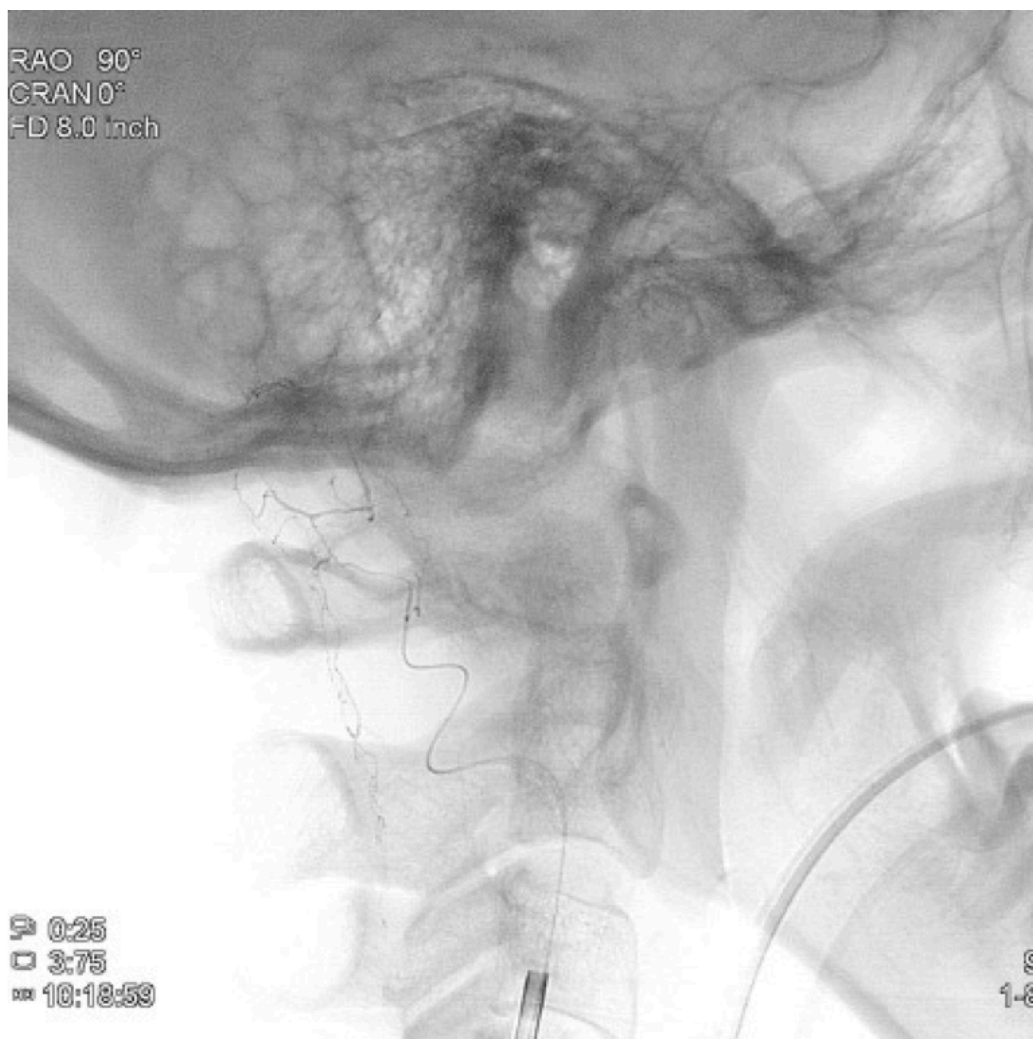


図5：Lateral spinal arteryの選択的造影

上位頸髄のPSAであるLateral spinal arteryは、脊髄側面と背側を走向し、頭蓋内で後下小脳動脈と吻合する。