



## 动静脉畸形切除手术的操作技巧

动静脉畸形（Arteriovenous malformations, AVMs）常可导致破裂出血，或出现难治性癫痫和局灶性神经功能障碍，是神经外科患者致死致残的一个重要原因。

AVMs的治疗选择包括单纯显微外科切除或配合辅助性的栓塞和/或放射外科。替代治疗方案是单纯放射外科治疗。大型病变或复杂的病变也许保守观察是最好的选择。

在随后的章节中将讨论切除每种AVM亚型的特定技术细节。本章主要综述所有AVMs的普适原则，在阅读后面章节之前请首先参阅本章。

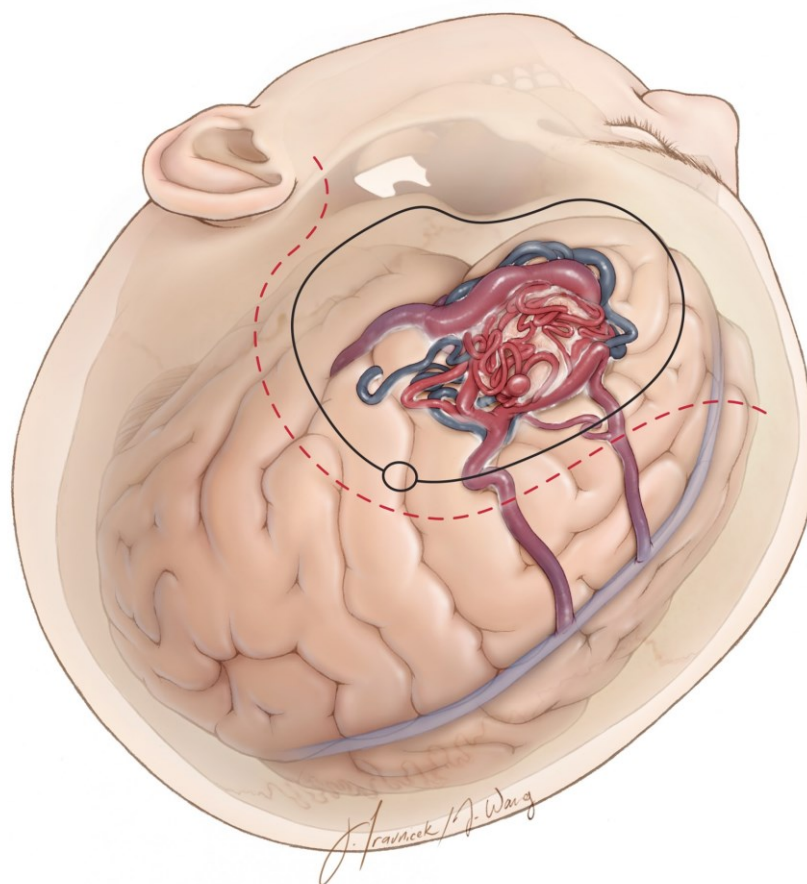
### 体位摆放

正如之前[颅脑入路章节](#)所讨论的一样，经过认真计划的患者体位手术过程中可以充分利用重力牵开的方法进行切除病变。

头位摆放设计需时刻注意颅内静脉回流，使患者头高于心脏水平，颈部轻度过伸，避免头部过度向一侧扭转。这些措施可预防颅内静脉高压，否则会使颅脑手术特别是AVM手术中困难重重。

摆放体位常见的错误包括无法利用颅内的间隙接近病变或者未能最大化利用重力使脑组织下垂减少牵拉。因此只能使用固定牵开器，使皮层损伤风险增大，潜在增加了致残率。

由于AVM手术存在术中出血风险及技术挑战，手术视野必须宽阔以提供多种工作角度，适应及时处理皮层下出血情况。最后，病人体位还应充分考虑手术路径利于早期接近AVM的供血动脉和尽最大可能减少损伤引流静脉。



**图1. 显示典型的左额AVM手术时头位、切口和骨瓣范围。注意病变周围脑组织的充分暴露。**

笔者使用神经导航或术中影像导航指引下大范围开颅暴露AVM畸形血管团、供血动脉、引流静脉和AVM周边的正常脑组织，导航基于MRI或更佳的CTA数据实现。

开颅时只要有可能都要计划好暴露且早期开放脑池放出脑脊液使脑组织松弛。如果无法放出脑脊液，笔者会放置腰大池引流在开颅时逐渐引流脑脊液使脑组织松弛。开颅时颅骨钻孔要多，铣刀在两个骨孔间经过的距离缩短减少扩张的引流静脉损伤的风险，这些扩张的引流静脉可能穿行于矢状窦旁的两层硬膜之间或沿静脉湖走行。

开颅时铣刀的护板对硬膜的任何一点破坏都可能增加无意损伤AVM引流静脉的风险。这种并发症很难避免，**因为两层硬膜间充盈扩张的引流静脉常常扩大压迫在颅骨内板上产生压迹**。使用腰大池脑脊液引流可以使硬膜张力下降，铣刀通过时，铣刀护板需将硬膜与颅骨内板完全分离开避免损伤硬膜。

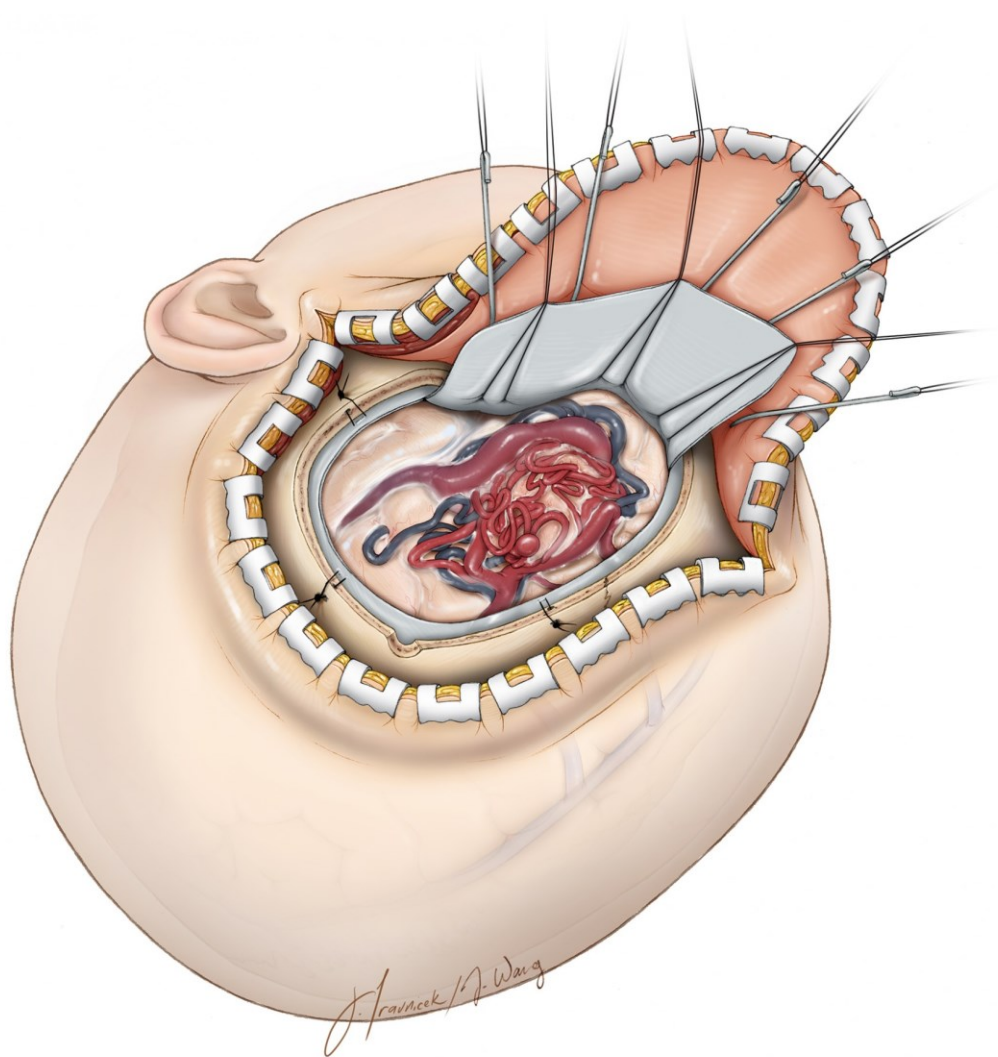


图2. 开颅完成后，广泛硬膜剪开暴露脑表面，同时需保护好其下的血管。硬膜和其下方的AVM及相关血管因既往出血的瘢痕可能发生粘连，因此剪开硬膜时要缓慢而且极度小心。在手术的这个阶段撕破引流静脉是灾难性的，会引起大量出血，试图控制出血时很可能闭塞引流静脉。

## 切除AVM的大体步骤与技巧

显微手术切除每一个AVM过程中都有一些必要的通用步骤。**最好尽可能的遵循这些原则。**手术中违背任何一项原则或颠倒特定的顺序会让笔者颇为担心。

以下是手术需遵循的一般原则，这些原则在每一个AVM亚型的独立章节中有详细阐述。

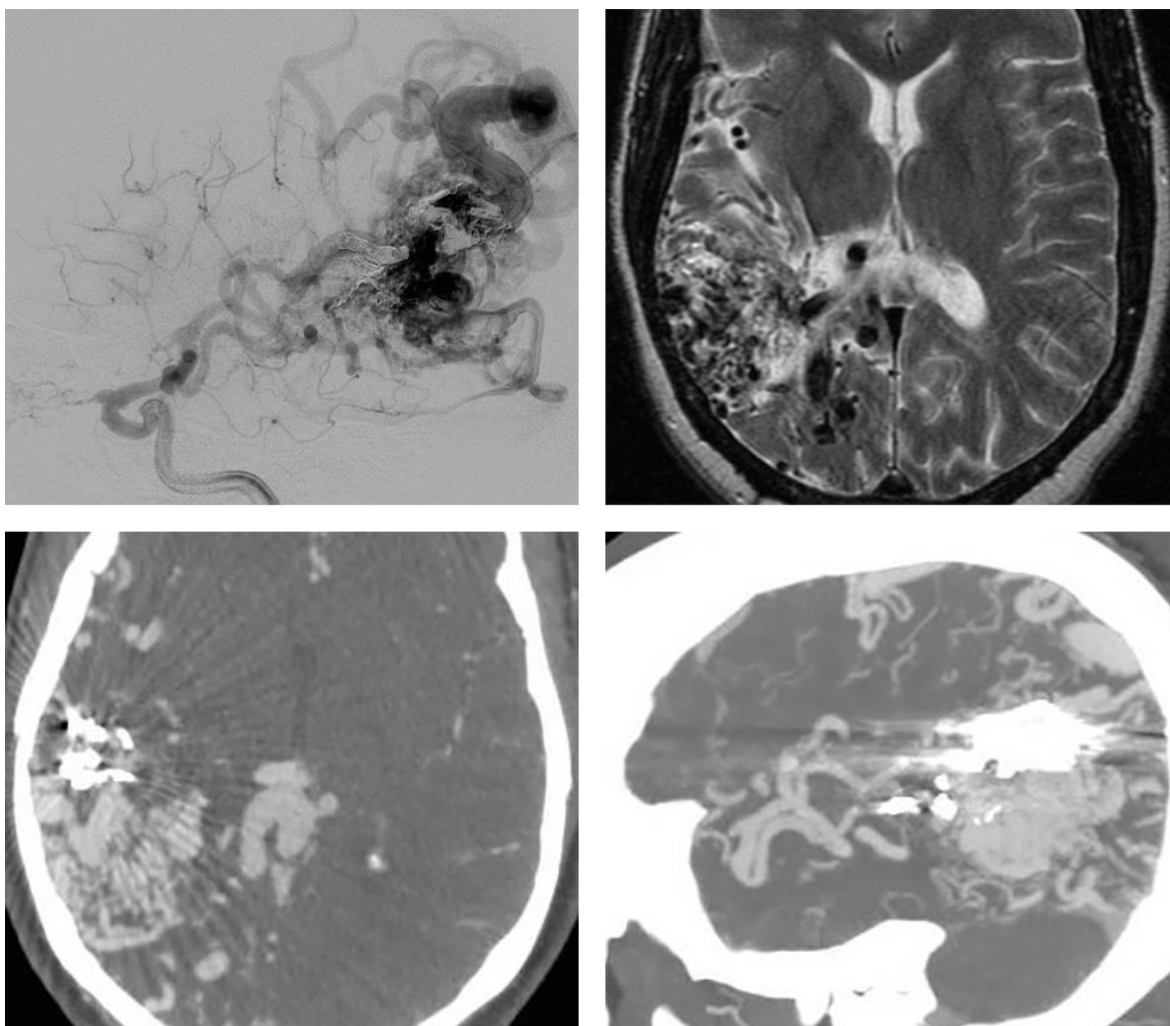
### 第1步：理解畸形血管的三维空间立体结构

笔者在术前要研究造影和MR图像的每一个序列，形成一个经过深思熟虑的手术策略。熟记供血动脉的每一根血管以及它们的形态、部位和蜿蜒迂回的路径。脑表面的标志、大的引流静脉、既往的栓塞物质都可以用来作为术中定位供血动脉的标记。笔者会描记出包含主要供血动脉那部分AVM特定的边界作为畸形血管团分离和切断的起始点。

CTA和MR扫描图像可以用来作为设计与血肿腔有关的分离策略。确定功能区皮层与畸形血管团和血肿的解剖定位关系。深部脑白质中的供血动脉位置也需要注意到。笔者更喜欢术中利用CTA图像进行导航，因为CTA中血管与脑表面标志点的解剖关系分辨率更高。

AVM破裂出血的部分应最先接近清除血肿后减压使脑张力下降脑组织松

弛。而邻近功能区皮层的AVM边界应在AVM分离的最后阶段进行。



**图3. 显示一例巨大的右侧颞顶皮层AVM病例。沿着病变前极的大脑中动脉分支是主要的供血动脉，应该被最先离断。AVM内既往的栓塞物质标记出了AVM的上缘和前缘（颈内动脉动脉期造影侧位像—上排左侧图像）。主要的引流静脉向上后方走行。MR图像（上排右侧图像）可以明确邻近病变的功能区皮层和脑室区域，并且可定位深部脑白质中的供血动脉于侧脑室三角区。CTA图像（下排图像）为术中计划提供了与脑实质和颅骨血管相关的血管（包括深部引流静脉）解剖结构。**



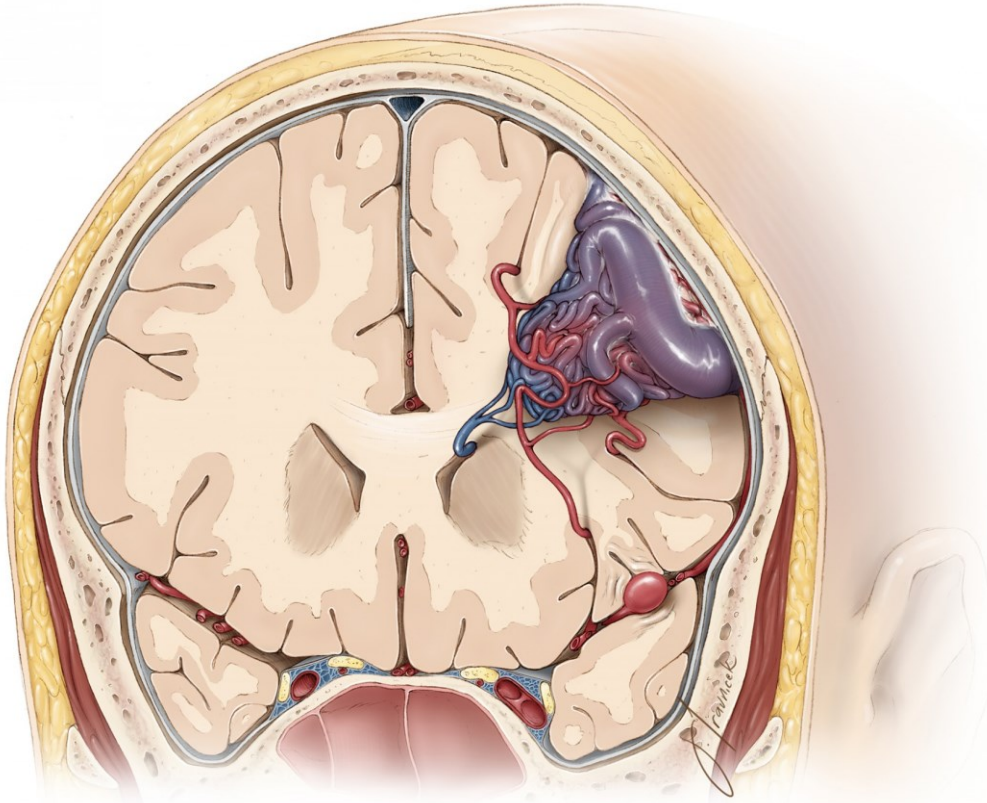


图4. 示意图显示的是皮层AVM的一般血管构筑。供血血管上的动脉瘤应与畸形血管团内的动脉瘤相区别。大的供血动脉埋藏在AVM旁的脑沟中，需要分离蛛网膜后才能显露。主要的引流静脉可以包裹遮挡AVM的深部脑实质内的部分，应该在分离AVM的过程中细心加以保护。不加区分就电凝畸形血管团和引流静脉要严加禁止。脑白质内部的供血动脉由于控制困难且血管缺乏肌层处理起来非常挑战。

## 第2步：全面暴露，准备“战斗”

术前笔者会通过摆放适当的患者体位来设计灵活的工作角度。术中则使用吸引器动态牵拉而非固定牵开器来保护重要的正常解剖结构，利用重力使脑组织下垂并且大范围蛛网膜松解使动态牵拉成为可能。

开颅不应该遵循微创，而是大骨瓣开颅以暴露每一根供血动脉和所有的引流静脉。硬膜广泛剪开以便辨认AVM周边的正常结构。笔者不会根据脑血管造影上显示的AVM畸形血管团大小来决定开颅范围。

在分离脑白质深部的供血动脉（如豆纹动脉）时笔者会特别注意解剖平面，因为这些血管可以引起无法控制的快速大量出血。在准备切断脑白质深部的供血动脉时笔者会确保有足够的空间和舒适的工作角度来处理可能出现的困难时刻。

### **第3步：处理供血动脉**

笔者会开放脑表面的沟裂来辨认供血动脉，但不会触碰静脉。

手术开始初期清楚的理解静脉或动脉的特点对于手术计划和切除非常重要，笔者会尝试用镊子轻轻夹住血管或用动脉瘤临时阻断夹夹闭血管（临时阻断试验），这个简短的阻断试验可以来区别供血动脉和引流静脉。如果AVM出现膨胀，那么阻断的血管一定是一根重要的引流静脉，这根血管必须在AVM分离完成前保持完整。术中荧光造影对于显示血管充盈时间和特征也很有效。

脑深部病变在脑表面可以没有任何表现，不过脑皮层的一根引流静脉可能指引着通往深部病变的途径，而其他皮层下的AVM需要寻找更为细微的皮层表面的线索，比如细小的动脉化静脉或者轻度扩张的供血动脉，追踪这



些线索可以深入脑沟中最终发现AVM的畸形血管团。

放疗可以使血管壁薄弱的脑白质深部供血动脉转变成容易电凝的血管。放射线诱导的脑白质胶质增生变化也可以为白质内细小血管的变厚的血管壁提供线索。

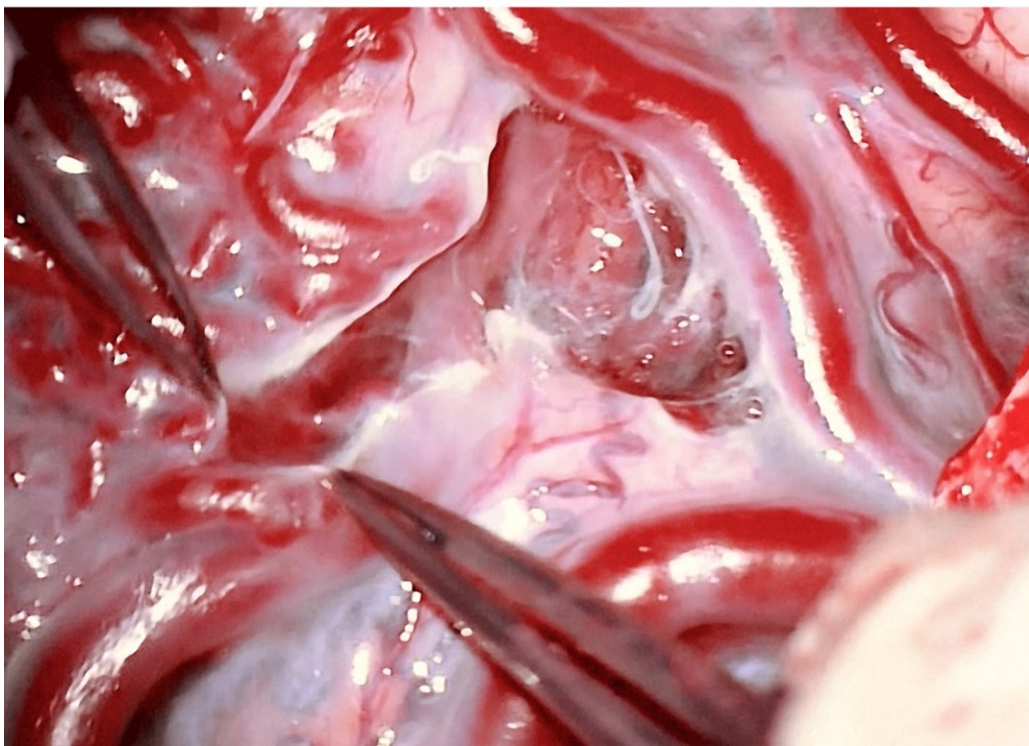
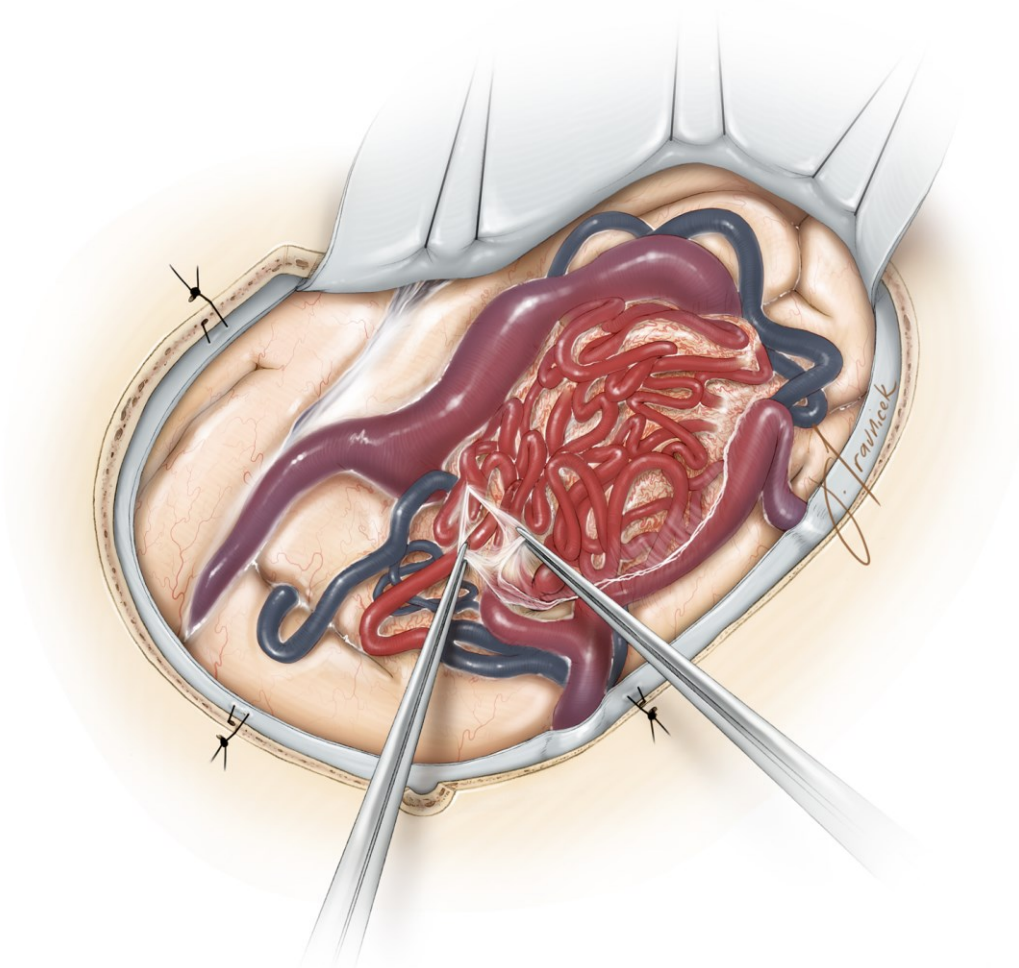


图5. 在暴露供血动脉和松解蛛网膜的时候术者一定要耐心（上部示意图）。AVM表面的蛛网膜系带常常增厚。笔者喜欢使用尖镊子夹住蛛网膜系带边缘，轻轻的撕开增厚的表层蛛网膜显露皮层供血血管（下部术中照片）。偶尔由于动脉化静脉的流量很高，不可能清楚的鉴别动脉和静脉，在AVM分离切除的最后阶段时动脉化的静脉颜色转蓝时动脉和静脉才可能变得容易区分。

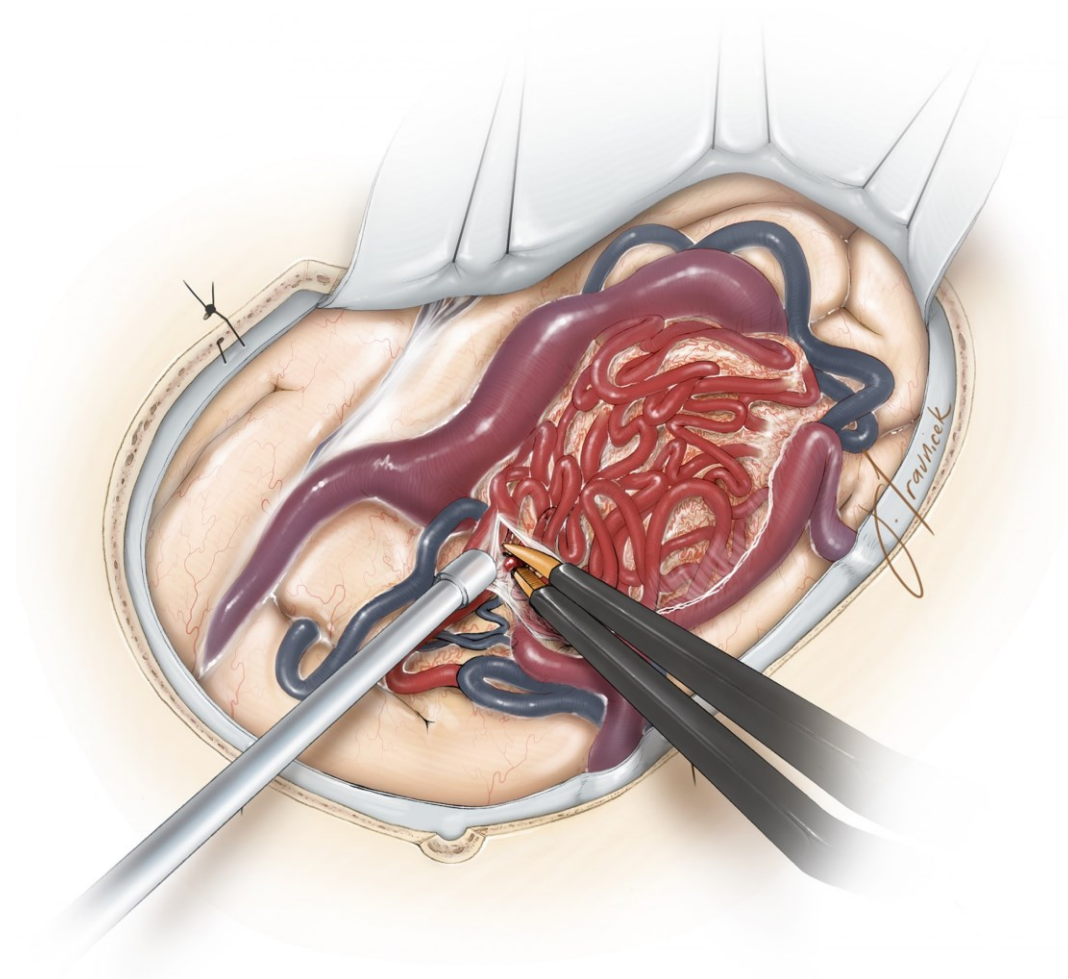
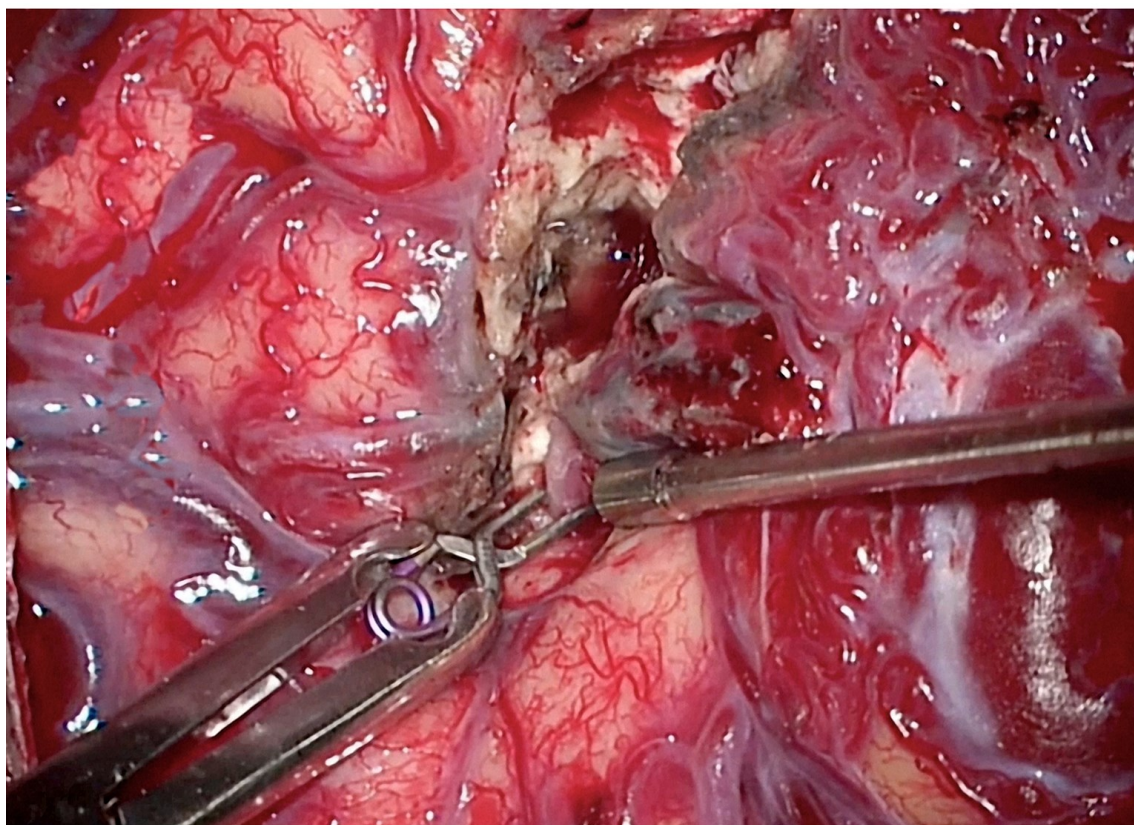
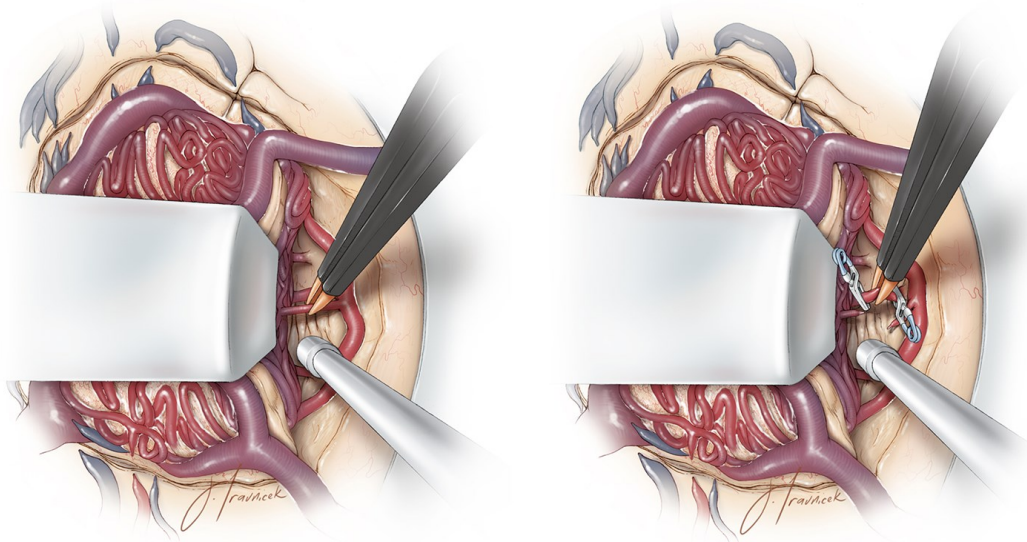
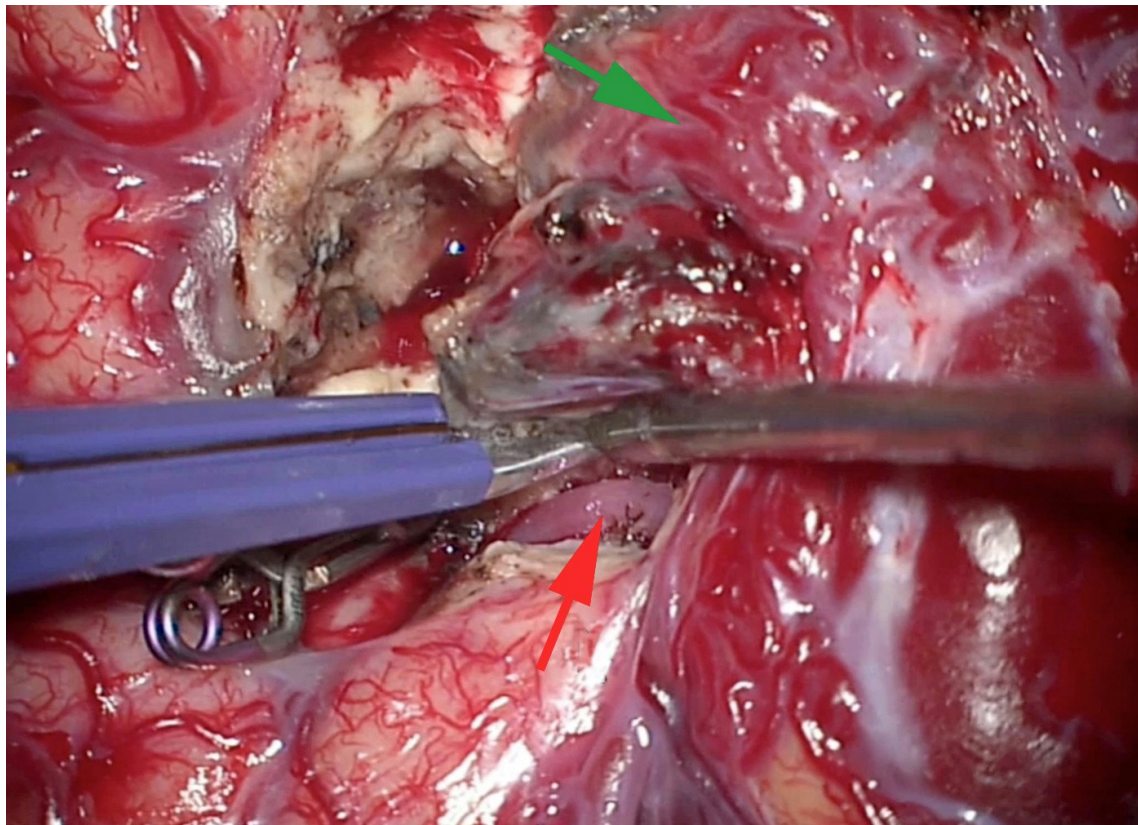


图6. 中等粗细以下的皮层和软膜供血动脉（小动脉）可以迅速有效的电凝住然后剪断，不必有太多顾虑电凝不足或出现像脑白质深部供血血管一样无法控制的出血，在处理这些有比较厚实血管壁的小动脉的时候不需减慢分离速度。





**图7. 术者不应该过度担心牺牲掉皮层和软膜表面的过路血管。显微血管夹夹闭进入畸形血管团部位的大的终末供血动脉使其塌陷，有利于电凝闭塞这些血管。这些粗大动脉的血管壁较厚有时单纯双极电凝很难将其闭塞。**



**图8. 供应畸形血管团的大、小动脉呈螺旋状、形态异常并且膨胀（绿色箭头），与邻近脑组织的正常供血血管有明显差别。这些形态差异可以帮助术者鉴别AVM供血动脉和过路血管分支（红色箭头）。**



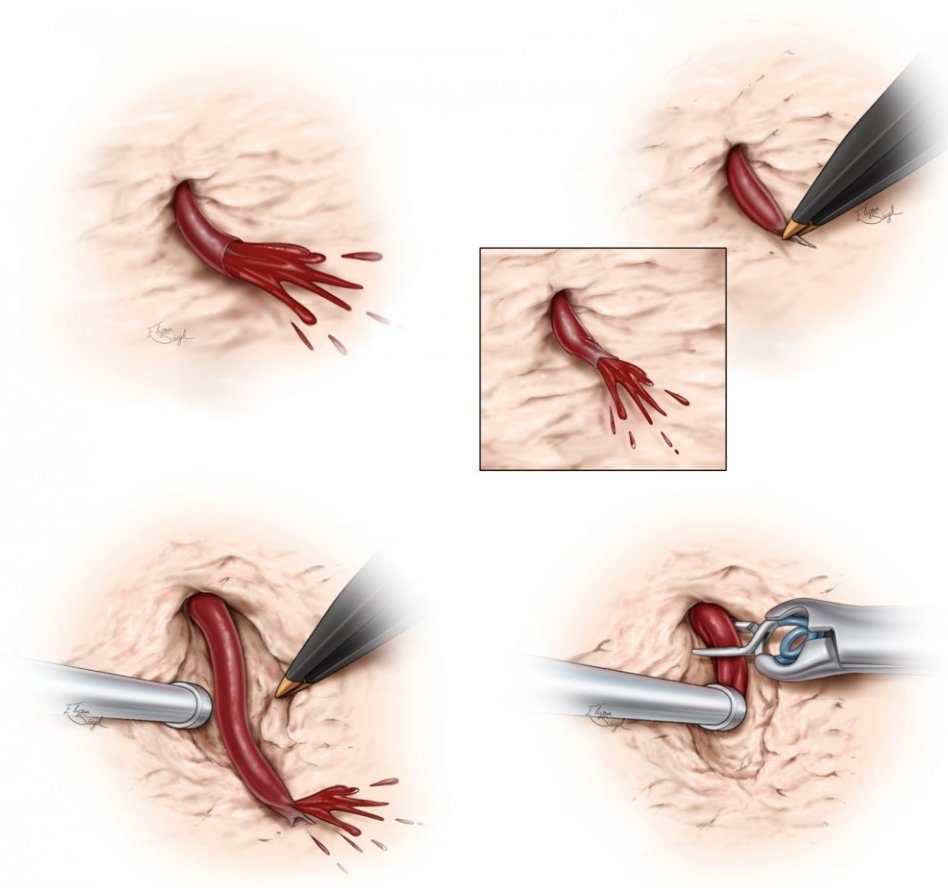


图9. 与皮层小动脉相比，细小的脑白质深部的供血动脉缺乏弹力组织和平滑肌层，因此电凝后不能有效收缩闭塞（上排图片），这些血管可能缩回到脑白质内持续活动性出血，可能引起AVM周围远隔区域的脑内血肿。脑白质深部的供血动脉必须通过快速清除血管周围少量脑组织追踪游离出来（下排左侧图片），在这些血管远离畸形血管团一侧的近心端相对正常的血管壁上电凝或用血管夹夹闭（下排右侧图片）。这种操作对于避免AVM手术中不必要的并发症非常重要。在出血部位填塞止血材料不会达到止血目的，只会给术者安全的假象，会由于远隔部位脑内血肿出现脑肿胀。



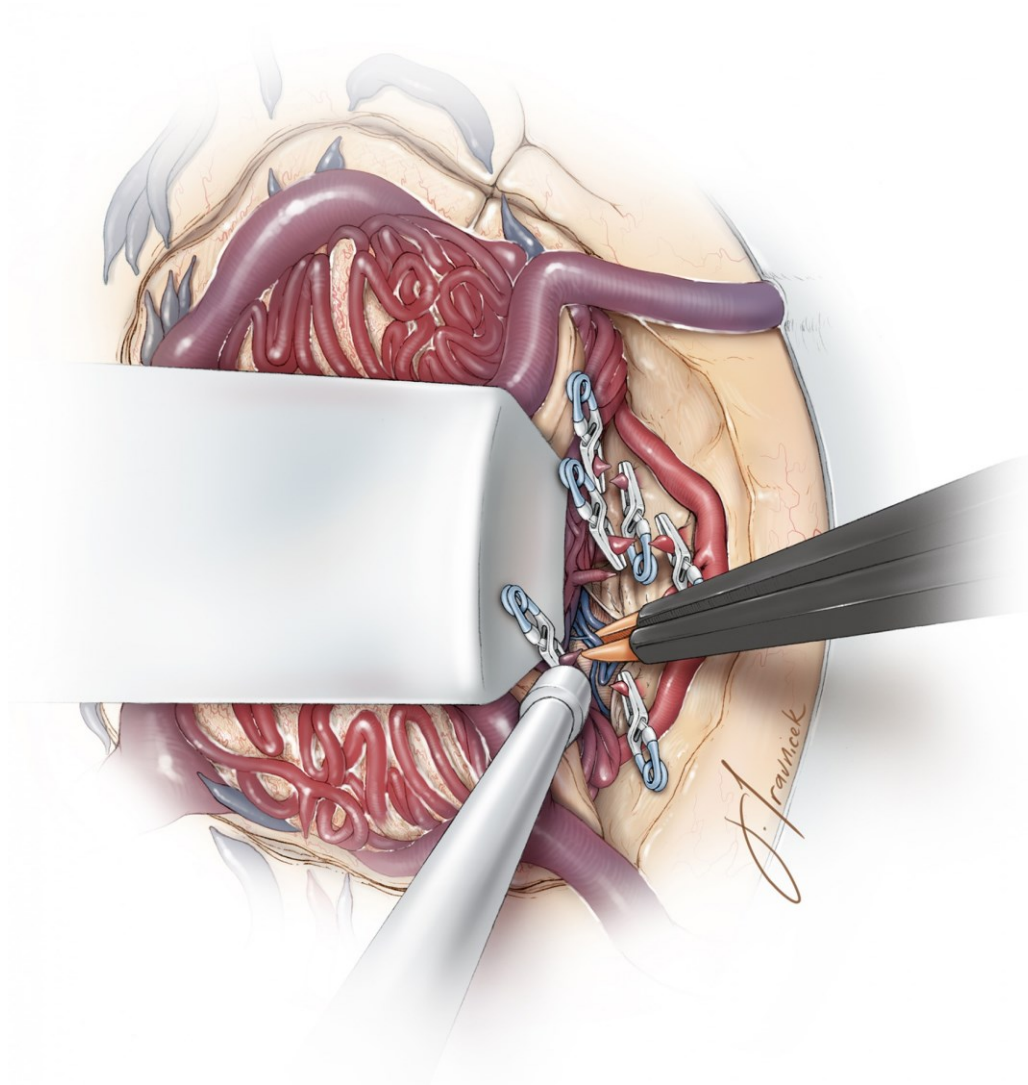


图10.尽可能少利用显微夹来处理大的皮层供血动脉和小的白质供血动脉，因为他们可能在不经意之间脱落（造成大量出血）。如图所示，显微夹也阻挡了进一步分离的视野。用双极电凝处理大脑白质的供血动脉是最实用的方法，实在无法控制出血时，再考虑用显微夹。

#### 第4步：畸形血管团周边策略性分离

术中应该沿着血管团的周边以环形或螺旋形方式进行分离以暴露AVM的每一面直到其尖端，AVM的尖端通常位于靠近脑室室管膜的部位。笔者在术

中采用基于CTA的导航系统来指引切开表浅的软脑膜、引导分离脑白质深部不清晰的畸形血管团边界。

每一个AVM都有其独特的血管构筑和边界。显微解剖分离的策略包括：①蛛网膜下/软脑膜解剖；②脑实质解剖；③室管膜处解剖；④检查确保完全离断畸形血管团，最后阻断主要的引流静脉；⑤取出AVM。

笔者不会在完整离断畸形血管团之前对其进行任何电凝，如果笔者不经意间过于靠近突向脑内的畸形血管团的结节状突起部位，使畸形血管团血管壁有破损出血，笔者会用一块非常小的沾了凝血酶的棉片塞入破损处止血，耐心的轻轻压迫会将破损出血处封闭。大范围电凝畸形血管团会使其内部的血流动力学和管腔内的流动模式发生急剧改变，引起破裂出血和脑肿胀。

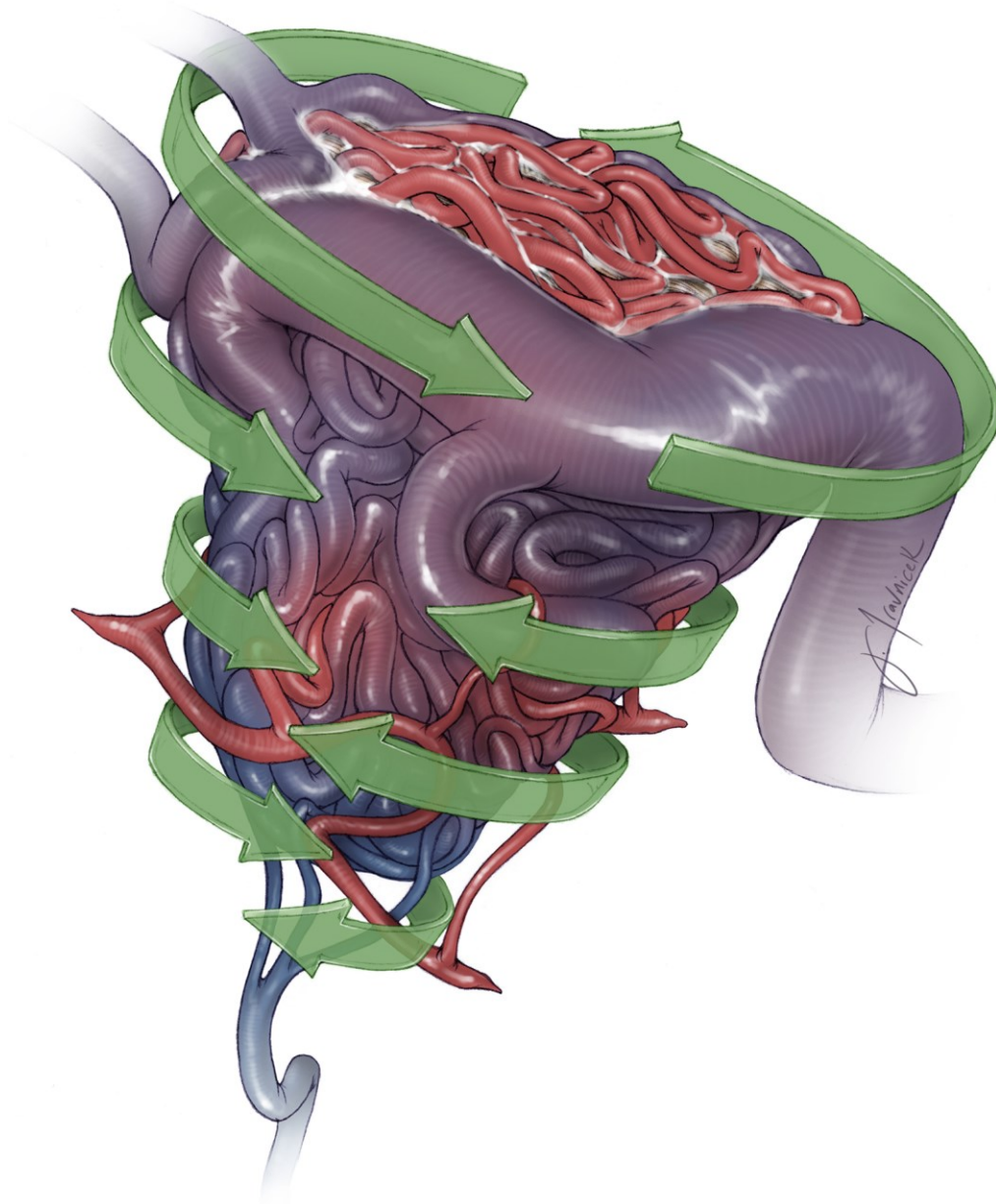


图11. 笔者利用脑的自然沟裂，通过这些平面加快环形分离。术者在分离过程中不应深浅不一，否则会出现难以控制的出血。有时供血动脉离开脑沟走形，这时就需要通过软膜下平面或进入临近脑回中进行解剖分离。一定要绝对避免进入畸形血管团内部。



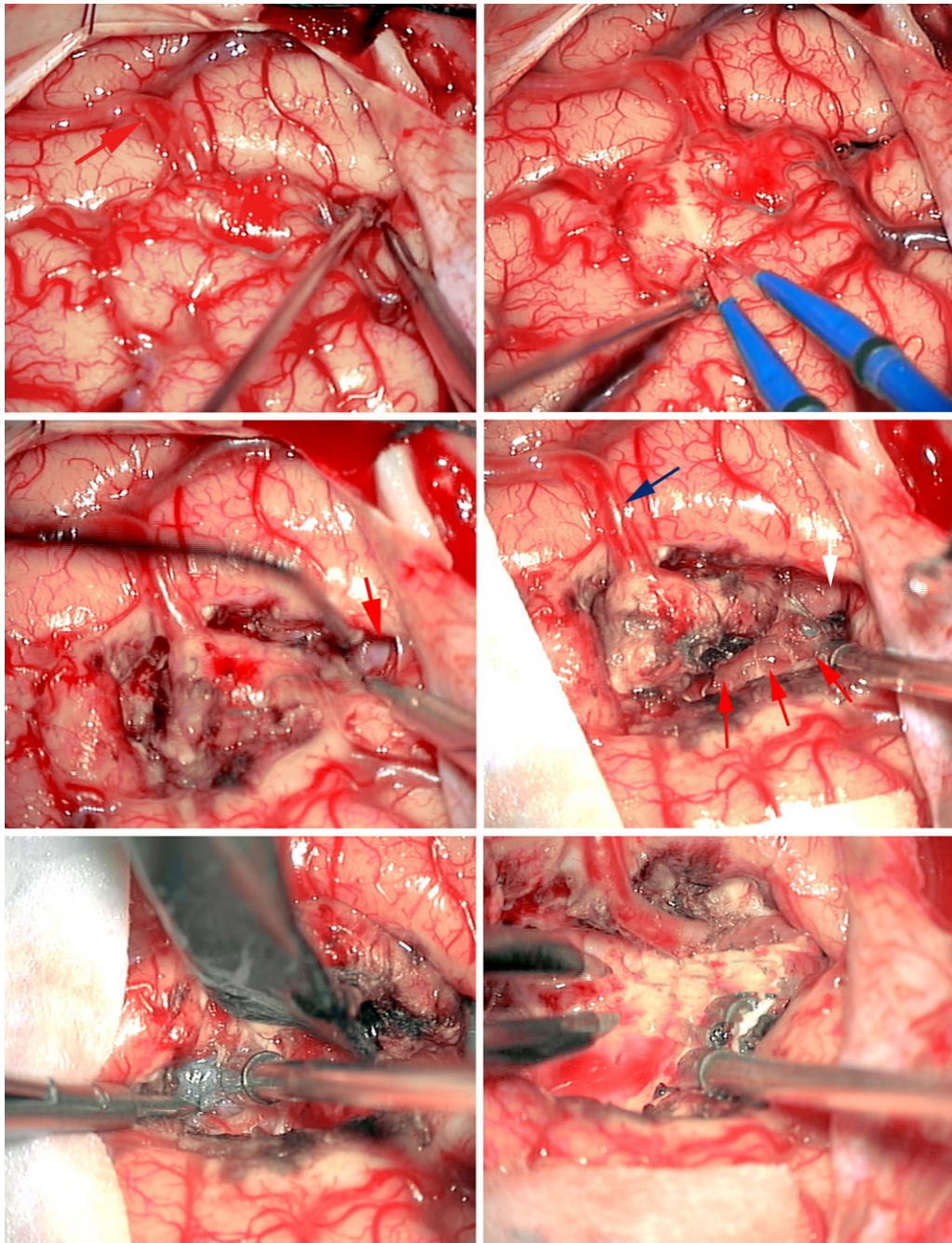


图12. AVM切除的基本步骤。脑表面看不到AVM，只有一根无法明确是供血动脉还是引流静脉可疑血管（左上图，箭头）；软膜切开（右上图）；蛛网膜下分离发现一根过路动脉（左中图，箭头）；脑实质切断暴露畸形血管团边界（右中图，箭头）；皮层血管的性质仍未确定（蓝色箭头），但被仔细保护好；既往栓塞过的血管被找到可以帮助确定脑白质的解剖分离（左下图）；AVM被完整的离断后切断细小的引流静脉。最初的皮层血管（左上图，红色箭头）最后确认为一根过路动脉而被保留（右下图）。

## 第5步：保护主要的静脉

表浅静脉是非常好的标志物，可以将术前脑血管造影转化到术野中来。主要的引流静脉（有时有多根主要引流静脉）应该保留至手术的最后再处理。切断了畸形血管团所有的供血动脉之前要保护好这些静脉。在AVM的供血动脉都切断后，静脉颜色变为暗红。如果颜色没有变化或者临时阻断静脉后出现畸形血管团肿胀，术者应继续寻找隐藏的残余动脉，通常位于静脉附近或静脉下方。

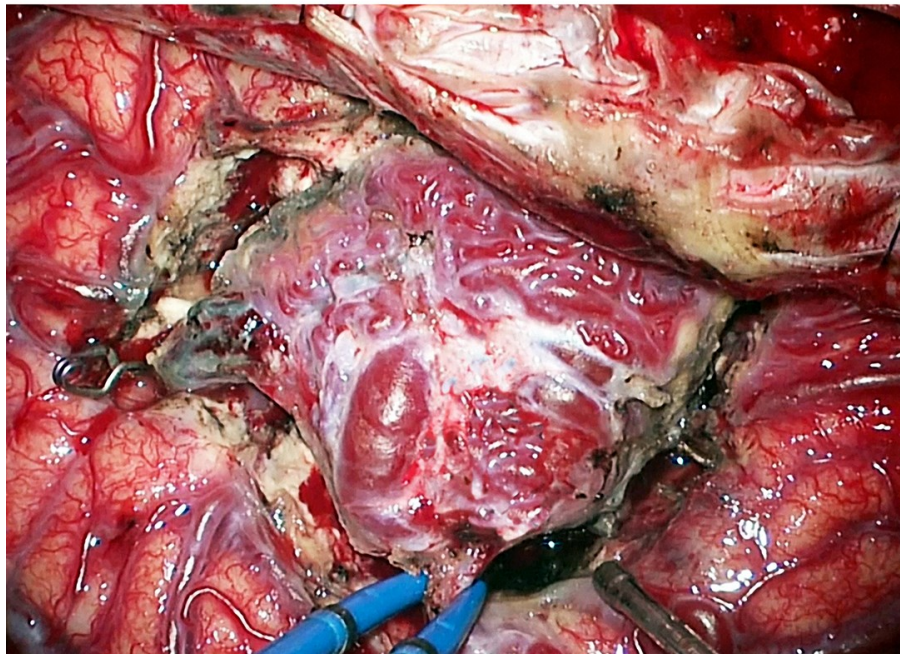
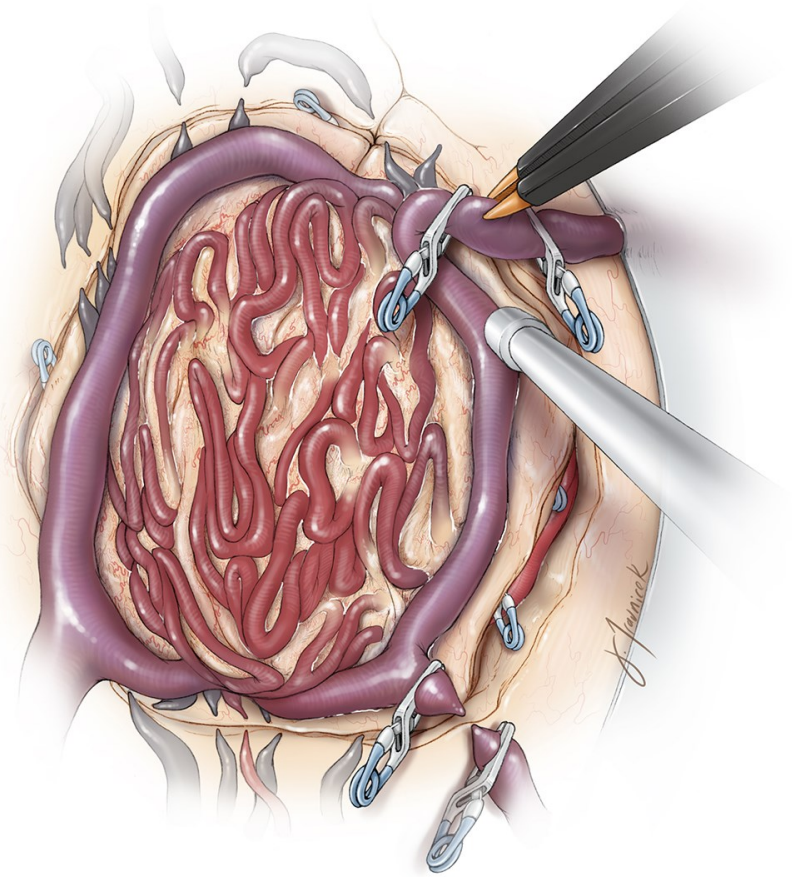
如果在大的供血动脉切断之前不慎撕破了主要的引流静脉，笔者不会闭掉静脉，因为这么做会引起AVM突然破裂，脑组织随即肿胀。笔者暂时不处理静脉，任其出血，同时快速找到畸形血管团的供血动脉并切断。这时的手术类似突击作战，术者必须保持冷静、决断和自制。术中成功化解这种危及生命的危机是每一位AVM术者成熟的必经之路。

静脉有主次之分，笔者会根据术前的造影图像标记出主要的引流静脉，其特点是血管直径最大，引流最多的血流。术中只要按照环形分离程序有效的减少畸形血管团的供血，次要静脉在完整离断AVM供血之前可以牺牲掉。切断一些次要静脉对于牵拉AVM和离断深部隐藏的供血动脉常常是必须的。

主要的引流静脉可能在向皮层走行时缠绕在畸形血管团的深部，术者在分

离脑实质提供空间的阶段一定不要尝试电凝静脉，理想情况是，深部静脉部分的任何出血使用棉片轻轻压迫控制出血，不加分辨的大量电凝只会引起更多出血和破裂风险。





**图13. 在主要或次要静脉切断前必须进行临时阻断试验。如果临时阻断静脉后AVM肿胀，在切断静脉之前必须再去寻找并切断供血动脉。**

## 第6步：有效切除AVM

笔者把AVM切除的最后步骤比作在恶劣天气条件下降落一架飞机，不能因惧怕风暴而不敢降落。大型AVM分离的最后阶段在畸形血管团及其周围的脑组织断面上有出血，术者必须保持理智，时刻铭记及时切除AVM是控制出血的最好办法。

虽然在靠近脑室旁的区域造影检查没有明确的异常血管，但靠近室管膜的AVM会有室管膜和脉络丛的血管参与供血，因此为了避免脑室旁的AVM部分术后复发，尤其在儿童患者中，笔者会扩大切除范围直至侧脑室边，离断室管膜/脉络丛的供血血管。

不幸的是在有些病例中笔者会吃惊的发现当笔者试图切断位于深部的“静脉”时，笔者实际上只是离断了AVM畸形血管团的内侧部分，因此切除完毕后仔细检查侧脑室壁可以避免发生类似错误，杜绝迟发出血或远期出血的风险以及避免AVM复发。

脉络膜动脉使用双极可以很容易控制，如果这些血管藏在AVM畸形血管团后面难以直视时，也可以使用血管夹夹闭。如果某根脉络膜供血动脉在电凝时回缩，撕破并脱离视野，可以导致无法辨识的脑室内出血，招致脑疝风险。室管膜动脉可以是AVM的主要供血来源，因此，手术进行到这个步骤时发生意外脑疝术者应该警醒去检查脑室清除血块并细致的处理室管膜

供血动脉的出血。

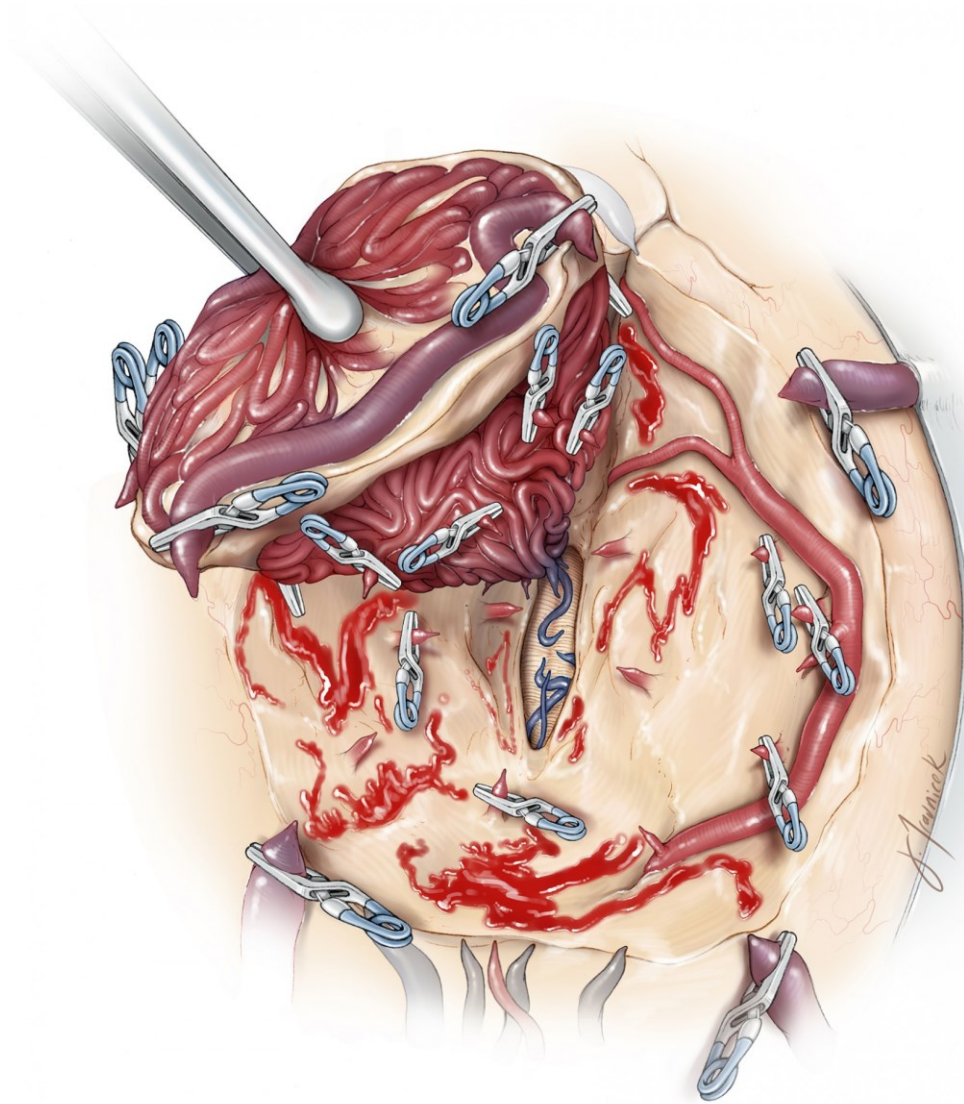
笔者时常惊异于术中发现一些重要的供血动脉藏于主要引流静脉旁，因为笔者会极度小心避免损伤静脉，常常会疏漏这些隐藏的供血动脉，只要仍然有动脉供血，静脉就无法变蓝。因此，如果除了主要引流静脉AVM的其余部分被完整解剖分离后，静脉仍然保持红色，应该在靠近静脉近心端去寻找并切断隐藏的供血动脉。

笔者认为大多数中等到大型AVM术中必须使用造影来确保完整阻断动静脉瘘。流量较小的动静脉分流在远离畸形血管团的部位导致不明显的过度灌注，在儿童患者中尤其多见，这些血管术中不值得过分去追踪，而应该长期随访监测。

术中造影确认AVM完整切除之后，严密止血，升高患者平均动脉压达到基线水平之上15-20mmHg并且维持10-15分钟观察是否有出血。任何怀疑与残余AVM畸形血管团有关的出血都高度预示术后可能出现血肿。彻底止血的唯一方法就是切除残余的AVM。

应尽量减少电凝周围脆弱的脑白质，因为会导致更多的出血，应该耐心地反复多次冲洗创面达到严密止血。

手术后24小时患者的收缩压应维持在稍低于（10-20%）基线的水平，根据术后第一天复查CT的结果决定是否缓慢升高血压水平。



**图14. 最后，夹闭、电凝然后切断静脉，仔细检查畸形血管团切除后的创面是否可能存在畸形血管团残余。注意在畸形血管团切除后创面的右侧保留了完整的过路动脉。**

下面这些图像进一步总结笔者在AVM切除术中的技术。通过该例左侧额底AVM阐述相关的技术细节。



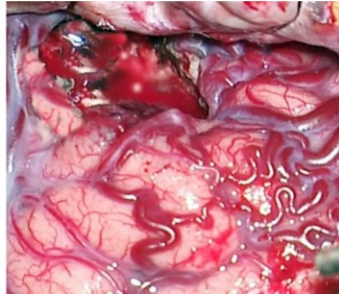
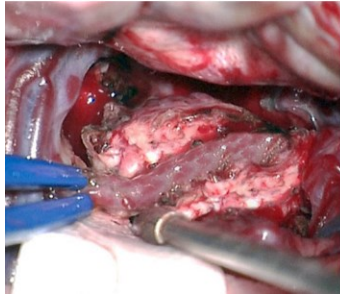
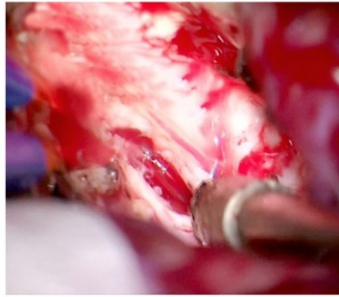
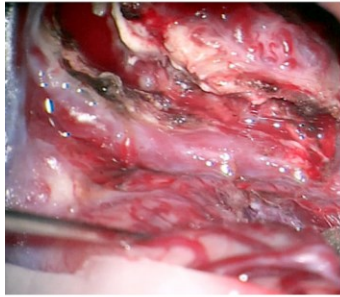
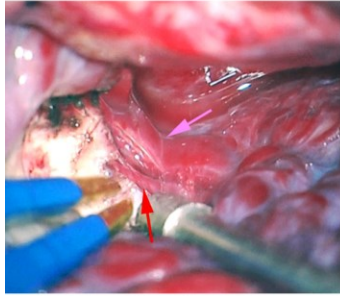
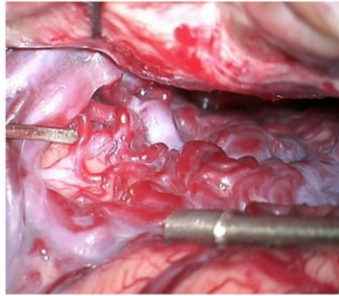
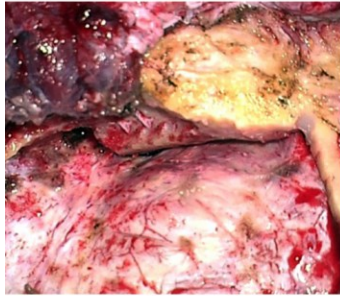
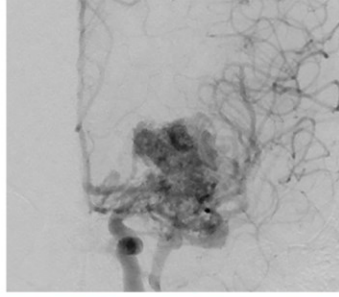
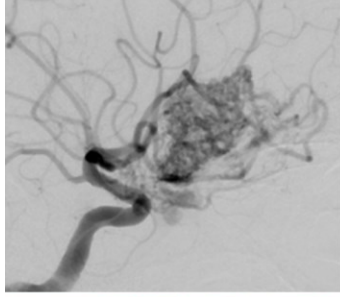
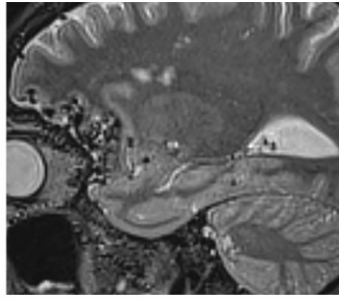
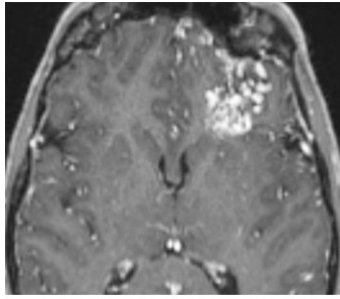


图15. 展示左侧额底AVM切除的技术细节（第一行和第二行），注意眶顶上方的骨窗部分可以提供足够的自下向上的手术角度，无需过度牵拉额叶（第三行）。外侧裂前方蛛网膜下的解剖分离可以切断来自大脑中动脉的主要供血动脉，一支主要的供血动脉（红色箭头）紧邻引流静脉（紫色箭头）隐藏。畸形血管团四周游离（第四行），引流静脉需保存完好，但可以推移以提供空间处理AVM的深部部分。之后，搜寻深部白质内的供血动脉并离断（第五行）。临时阻断主要的引流静脉确认AVM已经完全游离，然后取出AVM，所有皮层的静脉应该转为深蓝色（最后一行）。

患者术后转入ICU密切观察是否存在术后出血的证据。对于困难病例、巨大AVM、术中脑肿胀或任何怀疑可能术后出血的病例，患者要保留气管插管、给予镇静过夜以避免拔除气管插管时呛咳伴随的血压剧增。

术后第一天复查CT和CTA，一旦发现AVM残余征象，要立即再次手术或待患者安全时再次手术。儿童AVM以其易复发而知名，复发的部分原因是由于畸形血管团较松散，术后需要多年影像跟踪随访。

AVM无论手术切除还是栓塞均可出现很多并发症，包括因过于激进的扩大切除或缺血性梗塞导致的神经功能障碍、癫痫、脑积水和感染等。但是，术中破裂出血、术后出血和术后水肿是三个需特殊关注的并发症。

术中AVM破裂是早期阻断一支或多支主要引流静脉后引发的一种潜在灾难性后果，这种情况常常发生在损伤引流静脉后试图止血时或固定牵开器牵拉畸形血管团使静脉扭结时，也可见于试图栓塞高流量动静脉瘘时。这些



不幸的时刻最可能发生于大量出血迫于压力需要快速决策的情况下，因此要强调在解剖分离病变的整个过程中保持止血的重要性。更多细节请参考后续章节：[术中破裂和并发症处理（ Intraoperative Rupture and Complication Management ）](#)。

残余的AVM畸形血管团可引起邻近正常脑组织内出血或术中脑肿胀。一旦AVM流出道的主要部分受损，即会出现畸形血管团肿胀，供血动脉充盈怒张，电凝无法止血，畸形血管团区域和脑组织开始自发出血。此时，不能再进行仔细、按部就班的解剖分离，随后的操作笔者称之为 **“突击切除”**（[点击进入相关链接](#)）。

迫在眉睫的AVM破裂迫使术者实施果断、审慎、有目的性的牵开畸形血管团的动作，电凝尚存较大的供血动脉，在移除畸形血管团开始时AVM基底附近小的供血动脉可不予理会，畸形血管团一旦移走，立即快速检查残腔中的活动出血并止血。该技术常常需要深入脑白质暴露出这些细小脆弱的深部穿支血管的一小段以便夹闭。由于“突击切除”增加过度损伤的风险，显然不是理想的策略，但当遇到需预防AVM破裂和可能出现灾难性脑疝和失血的情况时是绝对必要的措施。

严重脑水肿和出血是大型高流量AVM切除或栓塞后最常发生的两个术后并发症。这些并发症确切的原因尚不清楚，很可能源于AVM处理后的血流动

力学变化。

针对这种现象已提出了两种解释，“正常灌注压突破”理论断定AVM周围的小动脉长期处于低灌注压状态，呈最大扩张，AVM切除后这些小动脉无法立即自动调节适应正常灌注压，引起周围脑组织内水肿和出血。第二种解释认为静脉流出道阻断后，畸形血管团残腔周围组织内动脉输入瘀滞导致水肿、低灌注、缺血和出血。

无论原因如何，这些并发症在切除有高流量动静脉分流的较大的AVM后最常出现，因此应该采取有效措施控制术后血压。在手术切除AVM前逐步栓塞部分AVM允许周围脑组织适应突然切除AVM后的血流动力学改变，可以最大程度减少或避免这些不良事件发生。

采取分期处理的方式应对血流动力学改变可减少这些术后并发症的发生率。如果即便细心调控血压，术后仍然发生水肿和出血，可以采用高张药物治疗，必要时可行脑室造瘘引流脑脊液降低颅内压力。少见情况下需手术清除颅内血肿或去骨瓣减压。为了明确是否有残留畸形血管团术中要仔细检查手术残腔或行脑血管造影。

**笔者认为对于破裂出血且神经功能良好的AVM患者手术应该在出血急性期进行，患者可以同时自出血引起的暂时障碍和手术打击中恢复。**

急性期出血提供了一个不错的解剖分离平面，而既往出血引起的慢性胶质

增生则处理起来更具有挑战性。另外，急性期清除血块和AVM通常可以从脑内出血的占位效应中更快恢复。但是，AVM破裂引起的急性脑水肿造成神经功能下降时，则要延迟手术，因为水肿的脑组织很脆弱，手术操作损伤大。

在解剖分离AVM的脑实质内部分时，对脑白质内AVM的供血动脉的出血点进行压迫止血几乎不能奏效，会因为隐藏出血或远隔部位的脑内出血引起脑张力增高。笔者的建议是立即耐心的处理出血点。放任一处出血不管，却因操作造成另一处出血转移注意力是不明智的。

AVM切除后周围血管网络的血流动力学发生改变，这些变化可使供血动脉上的动脉瘤逐渐缩小，因此，术中无法达到的动脉瘤可不处理，而专心切除AVM。但是在显微手术切除外侧裂周围AVM时，笔者会尝试夹闭易于达到的动脉瘤（大脑中动脉分叉处）。

儿童AVM是异于成人AVM的病变。儿童AVM通常不成熟且部分松散，即便在术前造影的影像上也很难辨认确切的边界。即使动脉造影证实全部切除，这些弥散的病灶仍存在潜在复发的风险。笔者曾多次遇到儿童AVM术中造影证实病灶全切，但术后造影提示一小支新出现的早期引流静脉的病例，有时异常血管离病变切除的残腔尚有一段距离。这些细小的动静脉瘘自然变化史尚不清楚，因此过度找寻它们也许并不必要。

AVM的手术把我们中最好的医师定义为显微神经外科医师。术者不能有一丝犹豫、胆怯和优柔寡断，必须有效和流畅的主导手术。手术过程后期术者疲劳是一个极大影响预后的重要因素。

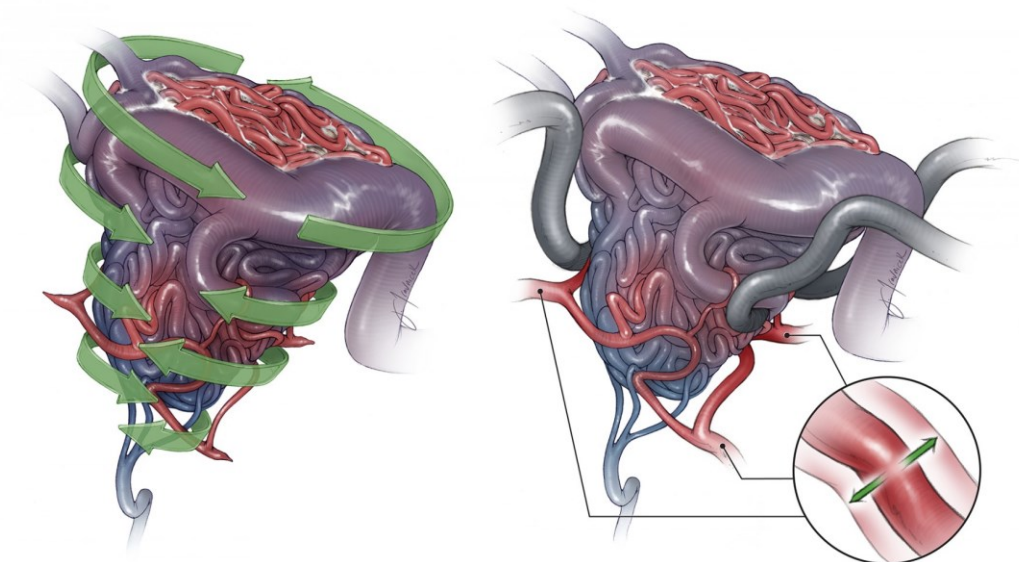


图16. 术前笔者不会常规进行AVM的栓塞（左图）。笔者认为皮层供血动脉（通常术中易于处理）的栓塞会因本已让人发憊的脑白质内的穿支供血动脉的功能增加更加难于处理（右图）。这种现象是因为每个AVM内均存在持续发挥作用的动静脉分流，如果栓塞了AVM较大的供血动脉，血流会设法转入到因导管无法抵达而不能栓塞的脑白质内的供血动脉。

如果在手术中难以早期接近并控制一些供血动脉的病例中（例如供血来自大脑后动脉P2段），建议术前选择性栓塞这些供血动脉。手术易于处理的供血血管应该保留以避免脑白质内供血动脉的增生。因此神经外科医师和介入医师直接沟通设计栓塞计划非常重要。

即使采取完美的技术，AVM的术野无法也不应该保持“绝对无血”，换句话说，术者要对一定程度的微小出血有思想准备并且可以容忍这些小的出血，尤其在手术的最后阶段即将取出AVM时，不要对这种所谓的“取出前风暴”有所恐惧并极力避免。AVM的切除就像驾驶一架飞机，降落时总会有某种程度的“颠簸”，我们应该尽可能避免在巡航高度遇到强烈气流。

笔者对术中可控的出血容忍度很高，且可准确判断可控出血何时可能转成无法控制的洪流。这种洞察能力可有效的切除大型AVM而无需分期手术。

一个伟大的AVM手术医生应该具备的关键元素包括：①将三维解剖瞬间转化为术中所见；②准确的术中决断源自谦逊的态度和“手术直觉”；③手艺精湛；④耐力持久；⑤意志坚定；⑥沉着冷静处理危机；⑦当然最重要的是经验。

激战中途无处筹划，因此AVM手术医生必须相当了解一旦手术开始后接近AVM的路图以及困难区域。切除AVM的过程必须优雅流畅而不拖泥带水。即使遇到较汹涌的出血，术者的处乱不惊无疑可使整个团队确信无论遇到什么困难，术者均可全程掌控。

AVM手术检验的不仅是术者的技术实力，同时也是对术者毅力和效率的考验。这是在我们执业过程中AVM手术与其他所有手术的区别所在。

（编译：郭毅；审校：徐涛）

DOI: <https://doi.org/10.18791/nsatlas.v3.ch02.2>

中文版链接 : <http://www.medtion.com/atlas/2233.jsp>