



额叶动静脉畸形

手术解剖

大脑中动脉的分支滋养额叶的外侧面，大脑前动脉的分支滋养额叶的内侧面及底面。取决于畸形血管团的位置及其与血管树分支的距离，这两大动脉系统比例不等地为额叶动静脉畸形血管供血。术前应充分了解大脑中动脉及大脑前动脉与额叶动静脉畸形的供血关系。

大脑中动脉的主干有三种不同类型的分支：1) 分出为上干及下干，3) 分出上干、中干及下干，或 3) 分出多条血管分支。M2、M3 段越过岛叶后，发出皮质终末分支，这些分支包括：

1. 眶额动脉：滋养额叶下回、额中回（前部）及眶部。
2. 额前动脉：滋养眶部、三角部、岛盖部及大部分的额中回。
3. 中央前动脉：滋养岛盖部、额中回（后部）及大部分的中央前回。
4. 中央动脉：滋养中央前回及中央后回（下部）。

额叶外表面上部，包括额上回及中央前回上部常由大脑前动脉的分支供血。

每一侧的大脑前动脉发出 8 条分支，沿着大脑间纵裂及胼胝体走行为额叶供血。从大脑前交通动脉远端开始，这些分支依次为：眶额动脉、额极动脉、胼缘动脉、额前内侧动脉、额中内侧动脉、额后内侧动脉、旁中央动脉及胼周动脉。

额叶外侧及内侧的血管丛回流至上矢状窦，额叶底面血管经前眶额静脉和额极静脉回流至上矢状窦的前部。因此，术者应知道额叶动静脉畸形可有多支矢状窦旁引流静脉。

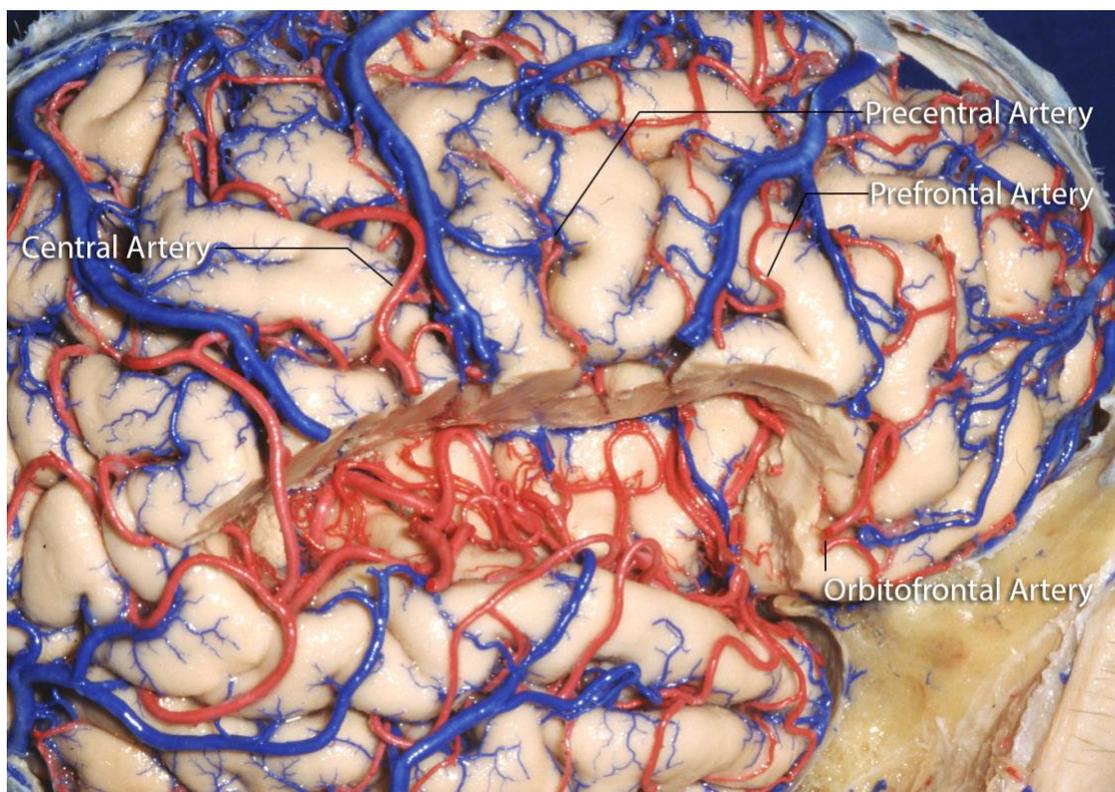


图 1：大脑中动脉的分支为额叶外侧 AVMs 的主要供血动脉。在术中要控制住滋养额叶皮层下 AVM 的增粗的豆纹动脉是非常有挑战性的，这些脆弱的白质血管是术中出现并发症的原因之一（图片由 AL Rhoton, Jr 提供）。



图 2：大脑前动脉的分支供应大部分的额叶内侧的 AVMs。一开始便由纵裂分离可以及时控制住 AVM 的主要供血动脉。（图片由 AL Rhoton, Jr 提供）。

额叶动静脉畸形的分型

额叶外侧动静脉畸形

位于额叶凸面的锥形的动静脉血管畸形病变，朝侧脑室延展。它们与侧脑室的关系取决于病灶的大小。这一类是额叶动静脉血管畸形最常见的亚型。

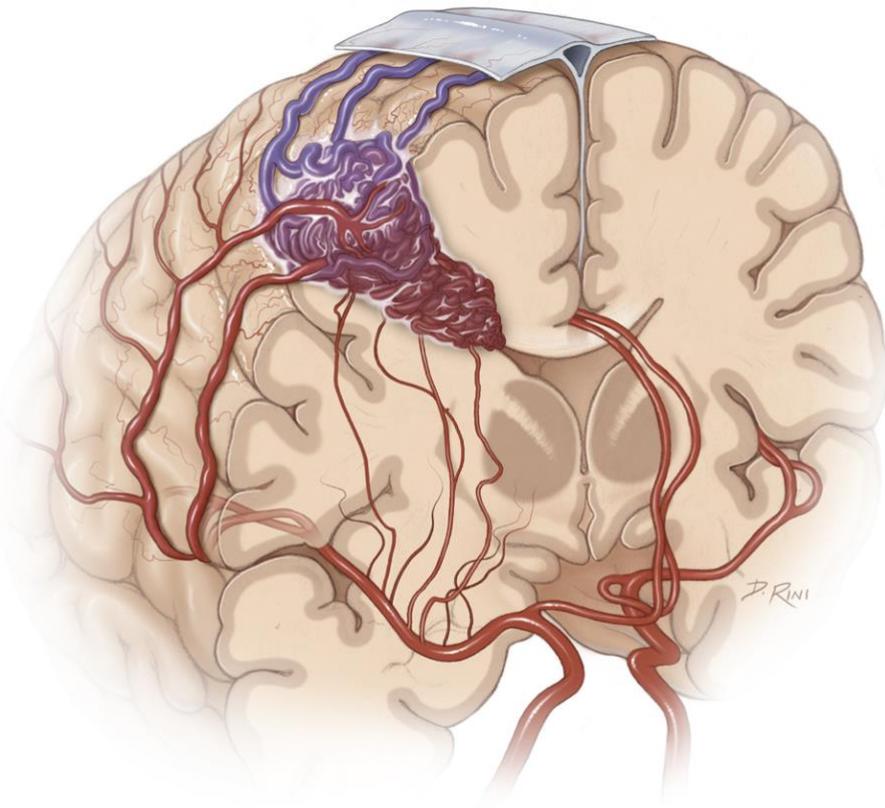
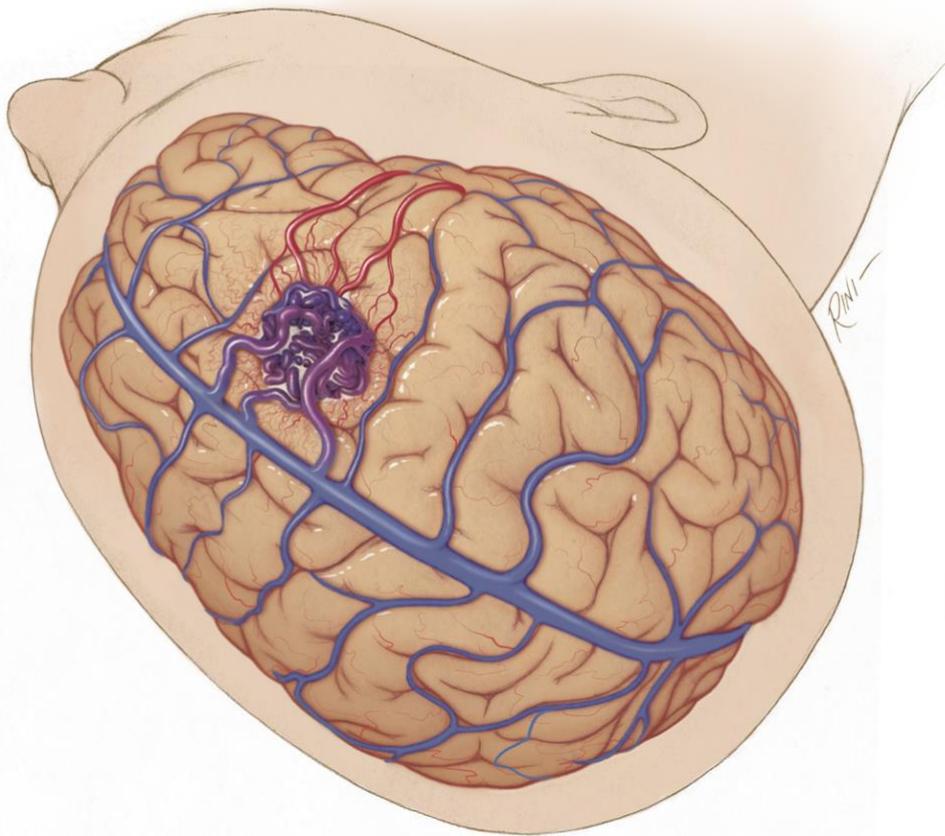


图 3：绝大部分的额叶外侧 AVM 由大脑中动脉上干的皮层支供血，沿病变周围分离时可见这些分支位于 AVM 下缘，它们会首先被处理掉。偶尔可能有大脑前动脉来源的供血，取决于病灶的复杂性及病灶与中线的距离。大脑中动脉分支豆纹动脉发出的分支从内侧及下方为巨大 AVM 供血。这些分支是术中最难控制的部分，探查至深部白质较为安全。静脉回流系统较为表浅，汇入上矢状窦（绝大部分）或侧裂浅静脉。

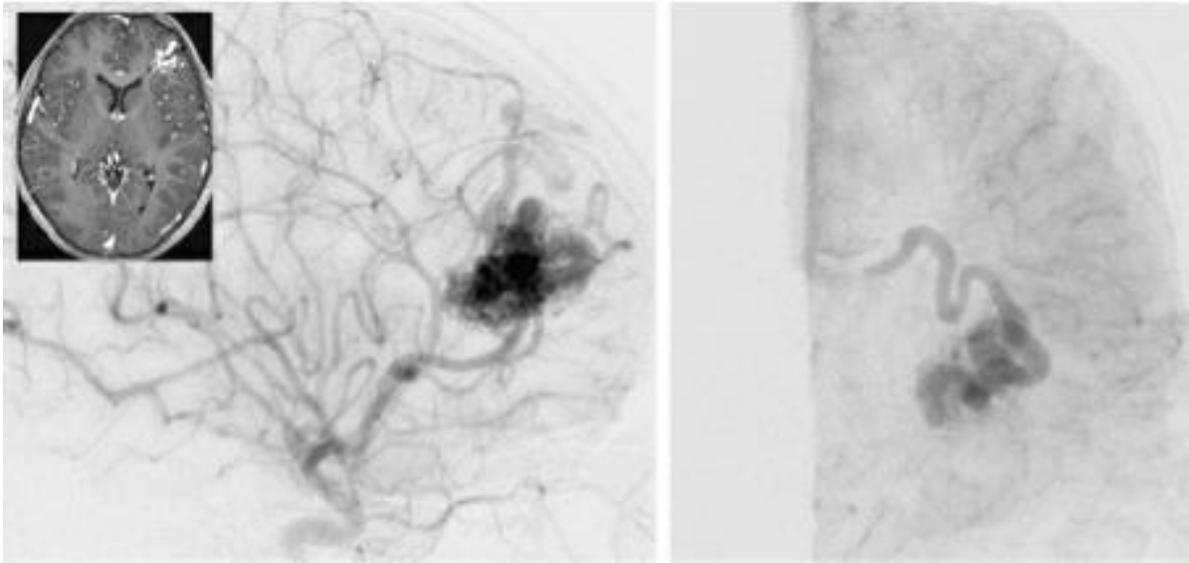


图 4：图示一例简单的额叶外侧 AVM，主要由大脑中动脉分支供血（侧视图，左侧颈内动脉造影图）。主要引流静脉汇入上矢状窦（前后位，左侧颈内动脉造影图）。

患者取仰卧位，头部扭转使得 AVM 轴线与术者的视角平行，即 AVM 的外侧面或皮层面位于术野的最高点。

注意轻柔地开颅和切开硬脑膜，小的硬膜滋养动脉可能也为 AVM 供血，应仔细电凝和离断。引流静脉可能与硬膜紧密粘连，被包裹在硬膜中或嵌入颅骨内面。这种情况下，应小心抬起颅骨，根据静脉走形调整硬脑膜的打开位置。

在沟回平面开始切开蛛网膜，沿着血管走行进行环形分离，确认供血动脉及引流静脉。由大脑中动脉上干发出的供血动脉自外侧裂向 AVM 下缘走行，包绕血管巢表面，此时无需分离外侧裂。

不应为了获取更大的手术空间而切除覆盖在畸形血管团表面的正常脑组织。当分离至大而深的 AVM 血管巢尖端，需要警惕大脑中动脉的外侧豆纹动脉分支可能会引起无法控制的出血。

这些白质供血动脉缺乏正常的血管壁，易回缩入深部白质中，在病灶平面的节段，可能无法使用双极电凝或夹闭结扎。应持续向近端追溯出血的来源，离开畸形血管团一段距离（2-3mm）处的血管通常更“正常”和容易电凝。术者应坚持在白质中进行分离，追踪出血的来源，填塞术野会不可避免地引起颅内出血扩大及脑肿胀。

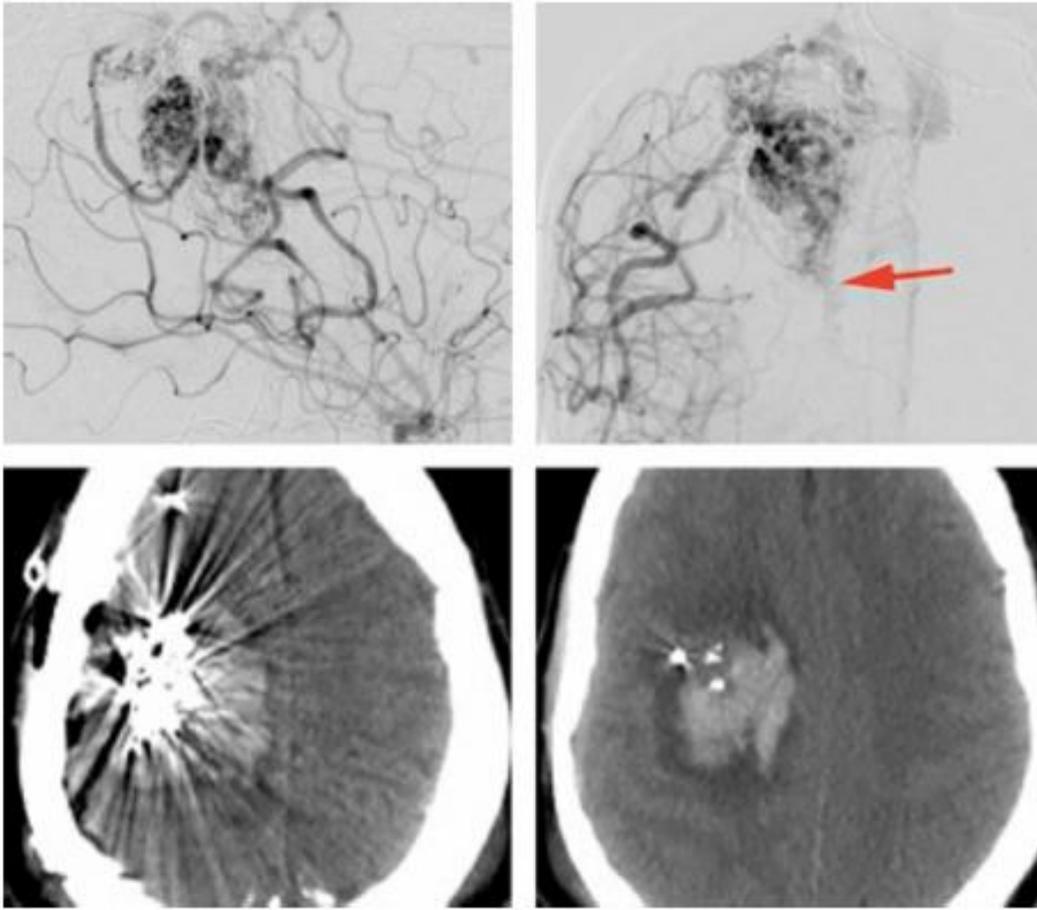


图 5：这一例外侧额叶后部 AVM 已被积极地介入栓塞掉，这可能会引起其深部白质供血动脉扩张增生（上一行，前后位及侧位颈内动脉造影，红色箭头）。在笔者职业生涯早期为患者进行了切除手术。不幸的是，笔者没有处理好深部的主要供血动脉。在术中，一条大的白质供血动脉回缩入脑中，引起脑内出血（下一行，术后 CT），并引起无法控制的脑肿胀，我们不得不提前结束手术仓促关颅。部分阻断供血后，AVM 明显缩小，后续接受了放疗。该患者最终恢复得不错，但遗留永久的轻偏瘫。

如果 AVM 接近脑室，手术治疗要求打开脑室并切除室管膜表面残余的 AVM。这对存在不成熟 AVM 的患儿尤为重要。当进入脑室时，开口应覆盖一小块脑棉，以防止出血进入脑室，预防脑积水。

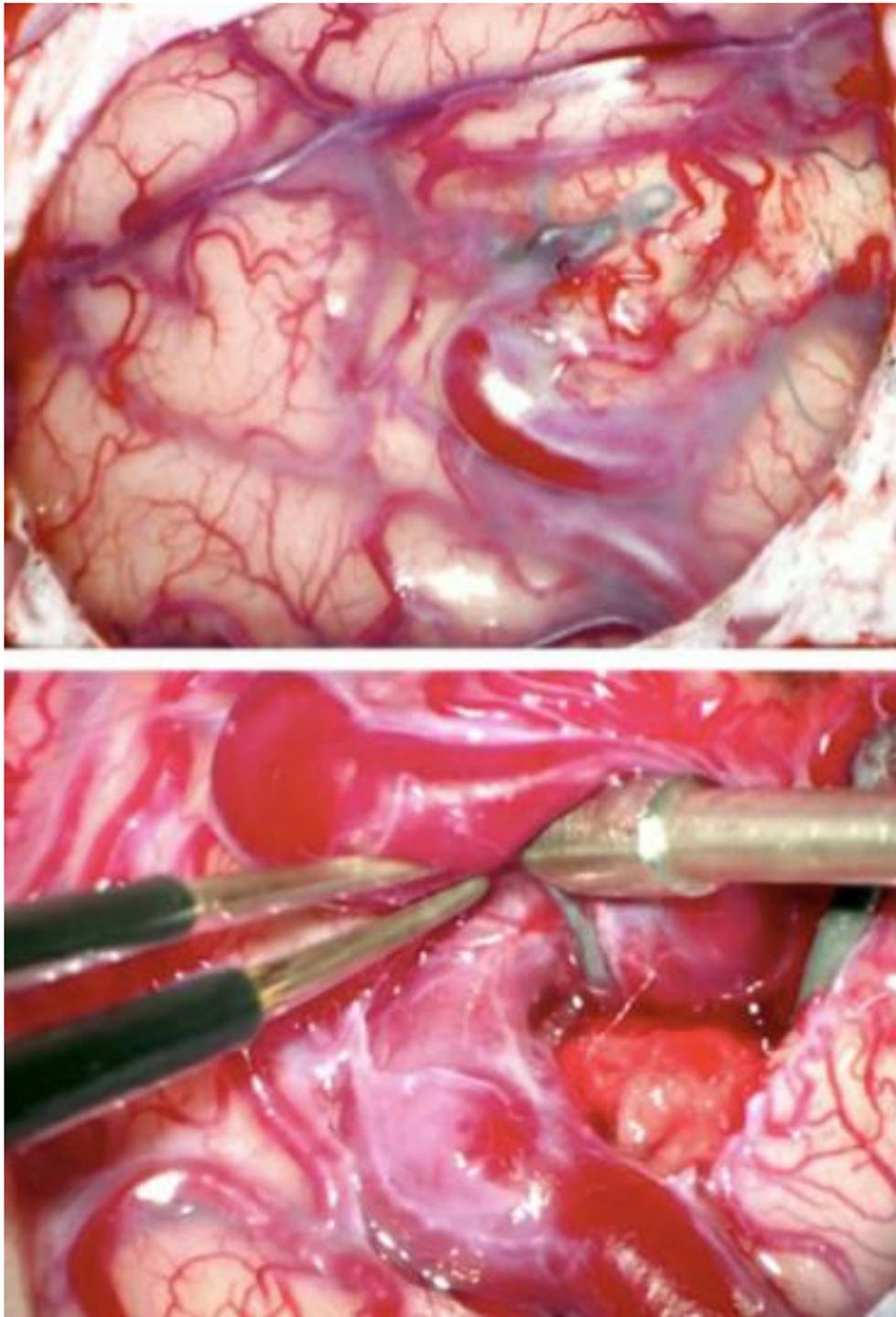


图 6：图 3 中的额叶 AVM 已暴露（上图），可见皮质微小病灶。注意应充分暴露周围正常的皮质。小心分离主要的引流静脉，它作为路图带领术者在尽量少骚扰周围皮层的情况下找到血管巢。（下图）。静脉右边的海绵片用于持续分开解剖平面。

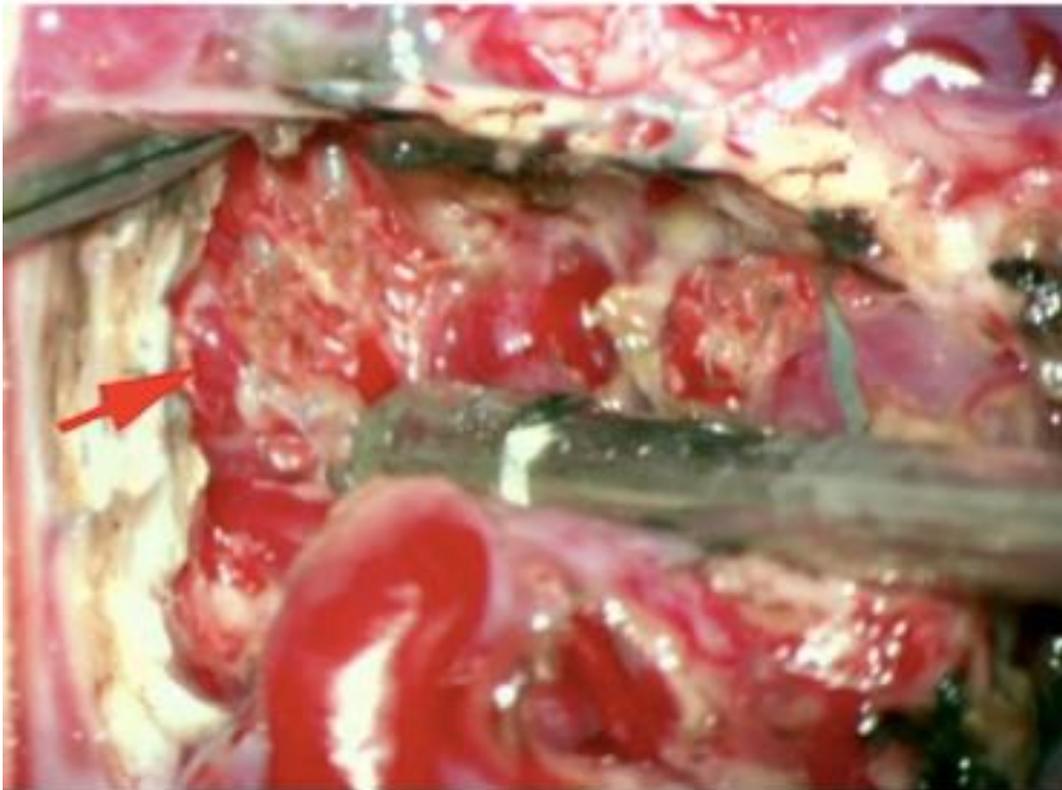


图 7：完整的显露 AVM 血管团让笔者可以在分离时避免引起大出血（上图）。下图展示了在术腔深部的薄壁白质穿通支（底部箭头处）。

额叶内侧动静脉畸形

打开纵裂即可显露出额叶内侧动静脉血管畸形。这些血管巢位于额上回内侧和/或扣带回内。它们的主要供血动脉为大脑前动脉的远端分支，引流静脉上行汇入上矢状窦。

分离的切线夹角是朝着额叶内侧的动静脉畸形表面。切除病灶是一项很有技术难度的操作，分离平面有时会让术者迷失方向。

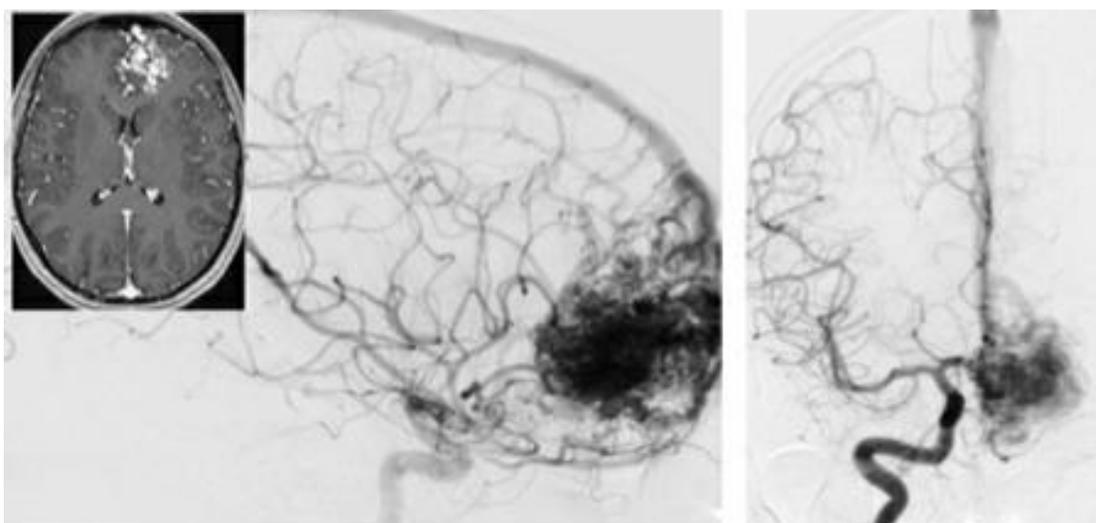


图 8：图示一例额叶前内侧动静脉畸形（侧视图-左侧颈内动脉血管造影），其主要引流静脉汇入上矢状窦（前后位-右侧颈内动脉血管造影）。这里极少/没有皮质的病变。

患者取仰卧位、头部偏转 90°，或取侧卧位使头部中轴与地板平行。这个体位使 AVM 所在一侧朝向下方，利用重力作用让受累的半球远离中线，这是术者满意的显露效果。

额部开颅骨窗应暴露出上矢状窦。广泛分离纵裂（详见《[大脑半球间](#)

[开颅](#)》章节)，延伸至胼胝体水平，这是打开半球间操作通路必须的一步。在 AVM 的边界上方广泛切开半球间的蛛网膜，使半球在重力作用下打开操作空间。

最重要的解剖障碍是 AVM 的矢状窦旁引流静脉，它把大脑半球牵拉在中线，使纵裂内的手术空间变得狭窄。这些静脉易于破裂，在打开硬膜时不应损伤到它们，必须保留它们直到手术结束。可把它们轻柔地从矢状窦旁硬膜下蛛网膜分离出来，使静脉及大脑半球得到部分松解。

开颅骨窗范围应足够大，当遇到阻挡操作的引流静脉时，术者仍有足够的空间在沿着静脉的前后位调整视角。一旦保证了 AVM 宽阔的正切视角，即可环形切开蛛网膜及脑沟以明确供血动脉，把它们从过路动脉中区分出来。找到大脑前动脉远端分支，追踪 AVM 主要供血动脉至血管巢区并将其切断。

在环形分离足够的空间后，即可移动血管团，术者可以开始处理 AVM 下外侧及其对应的供血动脉。接下来，AVM 被移至半球间的空间，再沿着其外侧界继续分离。因为沿途的血管很容易被误认为供血动脉，在牺牲任何一条血管前都应该仔细检查。

继续逐步环切直至断离 AVM 的全部供血来源，然后断离引流静脉，移除 AVM。如果大部分 AVM 被断离后，存在次级静脉妨碍了深部的 AVM

的手术视角，笔者在保留主要静脉开放的同时，横断 1-2 条次级静脉。在损害任一静脉前应行临时闭塞试验，以确保不会引起 AVM 肿胀。

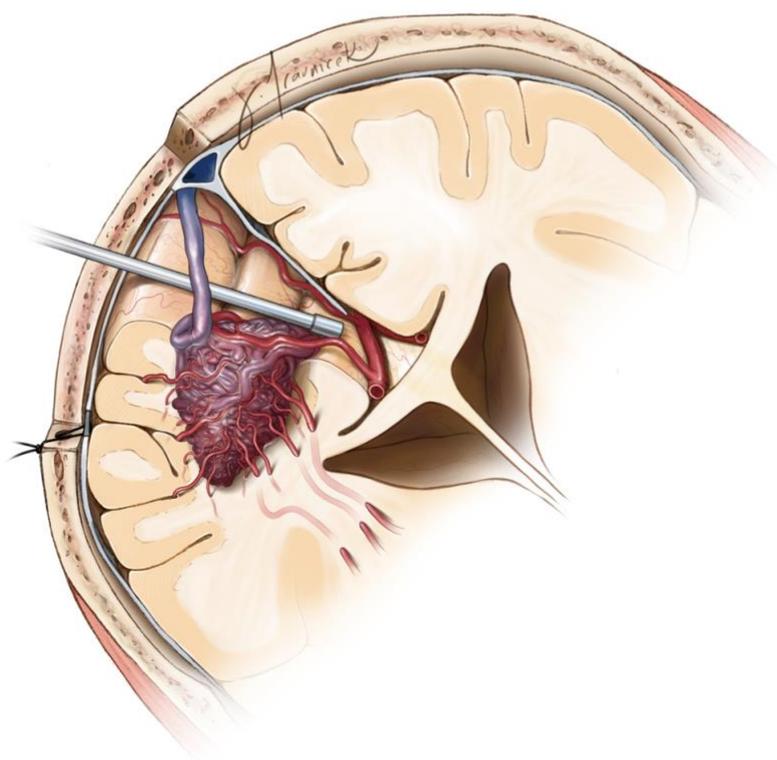
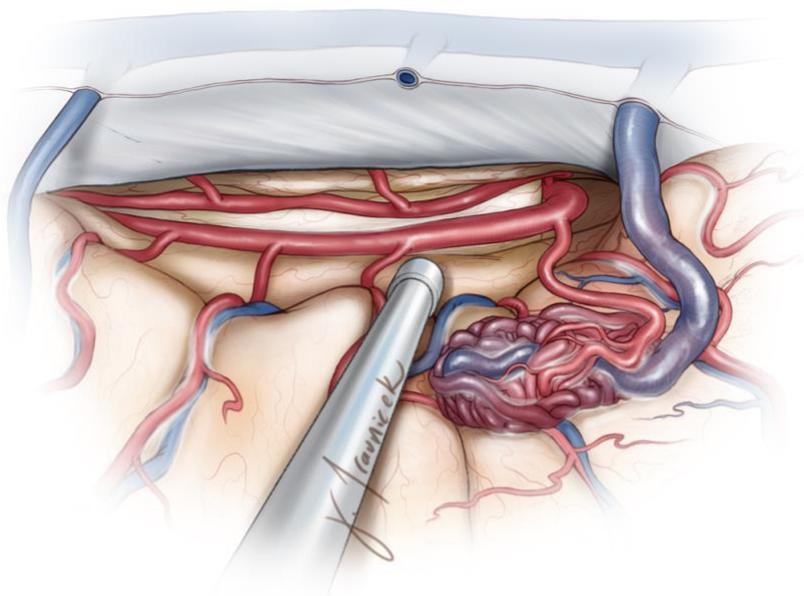


图 9：额叶内侧 AVM 的血管示意图。注意正切的手术角度，朝着 AVM 的表面（术者视角，上图），显露出来自胼缘动脉及胼周动脉的供血动脉。下图着重展示了血管巢下方来自于豆纹动脉的深部白质供血动脉。在巨大 AVM 手术中，这些白质供血动脉是一个非常棘手的问题，因为它们藏在术野盲区里。

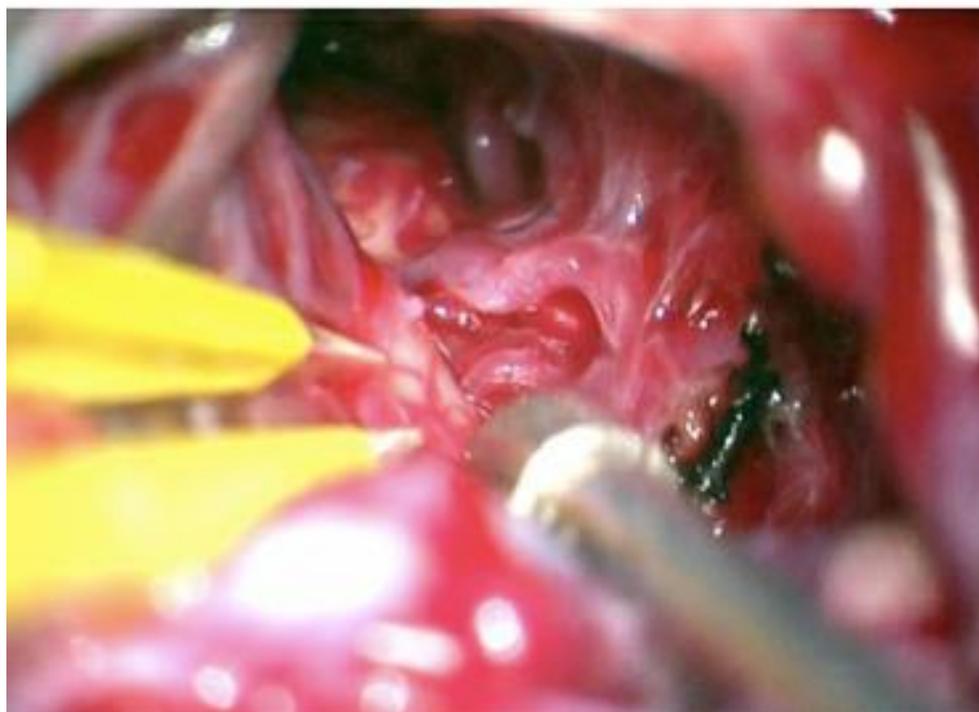


图 10：图 8 中的内侧额叶 AVM 已暴露。沿着主要引流静脉在硬膜下的走形将其解离出来（上图）。纵裂入路分离出从 A2 发出的大供血动脉。

旁正中额叶动静脉畸形

旁正中额叶 AVM 是额叶外侧和内侧 AVM 的组合。相应地，AVM 外侧的供血来源于 MCA 上干，AVM 内侧及底面的供血动脉来源于 ACA 远端分支。

取决于血管巢的大小及复杂性，引流静脉可上行汇入上矢状窦，下行汇入下矢状窦或汇入侧裂浅静脉。

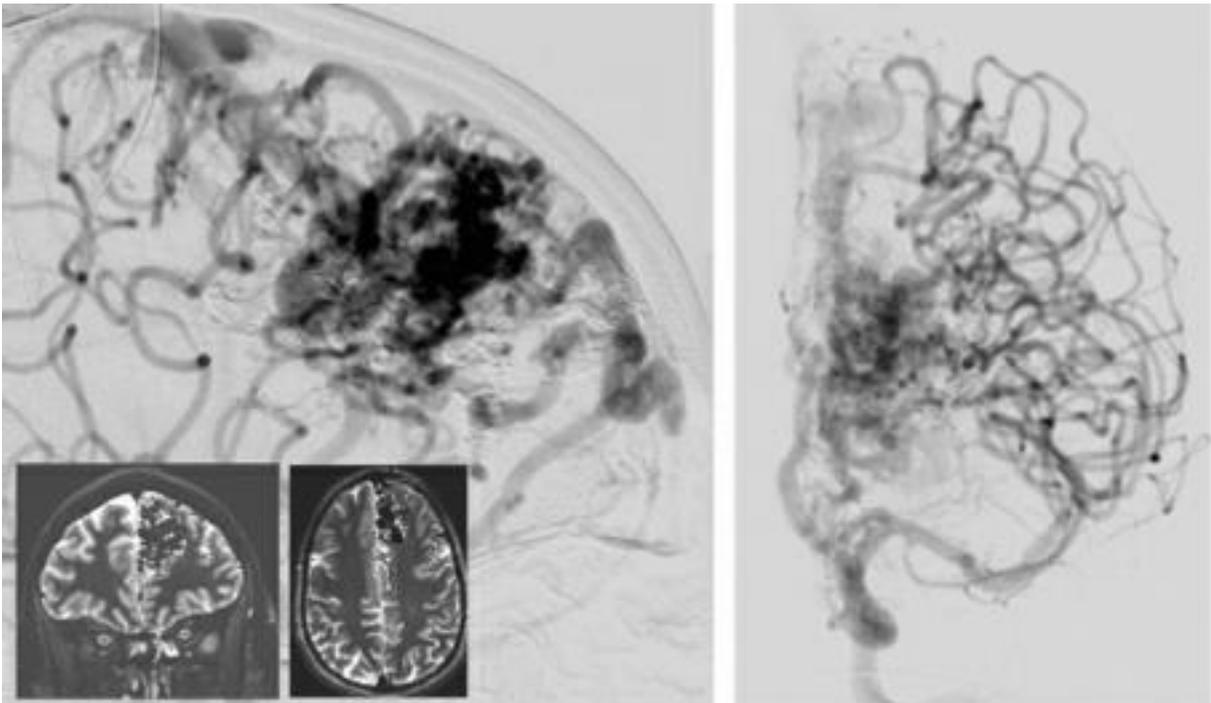


图 11：本图展示了一例旁正中前额叶 AVM，供血动脉来源于 MCA 及 ACA。请注意，血管巢后方有许多动脉-动脉的连通。这些连通不属于病灶，应该完好保留。

笔者倾向让患者取仰卧位或取侧卧位，使头部垂直向上或使矢状窦与地面平行。额部开颅骨窗应暴露出相应节段的上矢状窦，然后利用大脑镰上的风险牵开固定（详细手术细节请见[《大脑半球间开颅》](#)章节）。

弧形切开硬脑膜，保护好复杂的矢状窦旁引流静脉，沿着纵裂进行分离，小心松解引流静脉及扩大半球间间隙。随后可见供血动脉，常为额前及胼缘动脉供血，精确地在靠近血管巢的入口末端处将其断离。

然后切开大脑凸面血管巢外侧缘的脑沟，切断 MCA 远端的供血动脉，注意保护病变后缘的运动皮质。环形分离病变，然后将 AVM 向上移，断离深部的来自豆纹动脉及近侧脑室的室管膜血管的供血动脉。

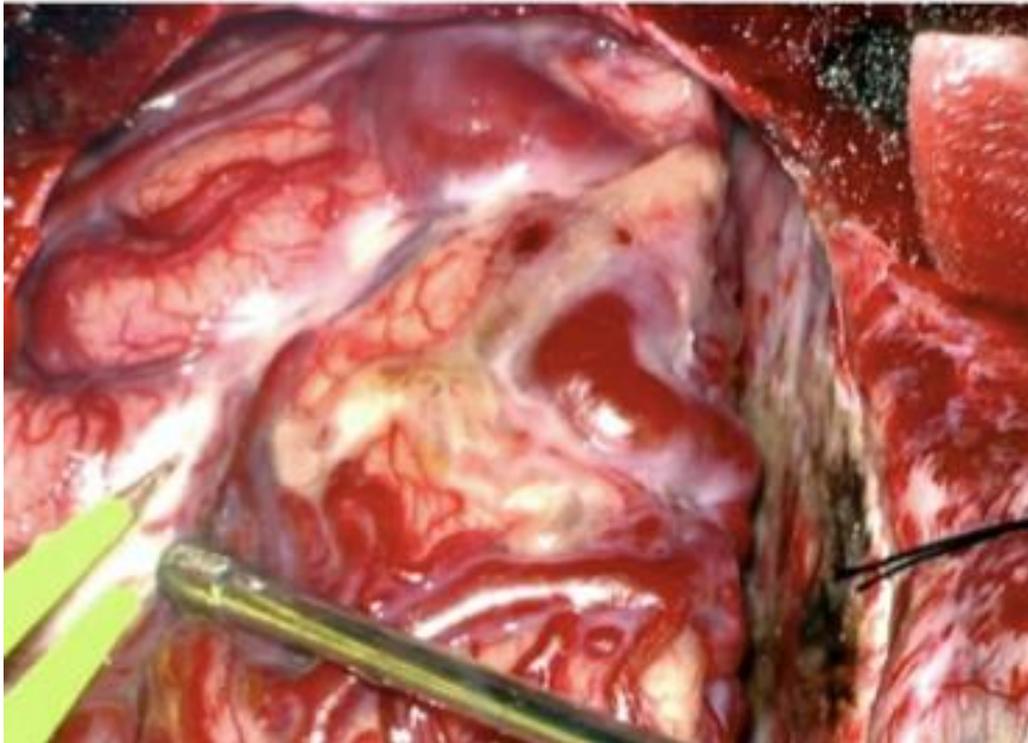
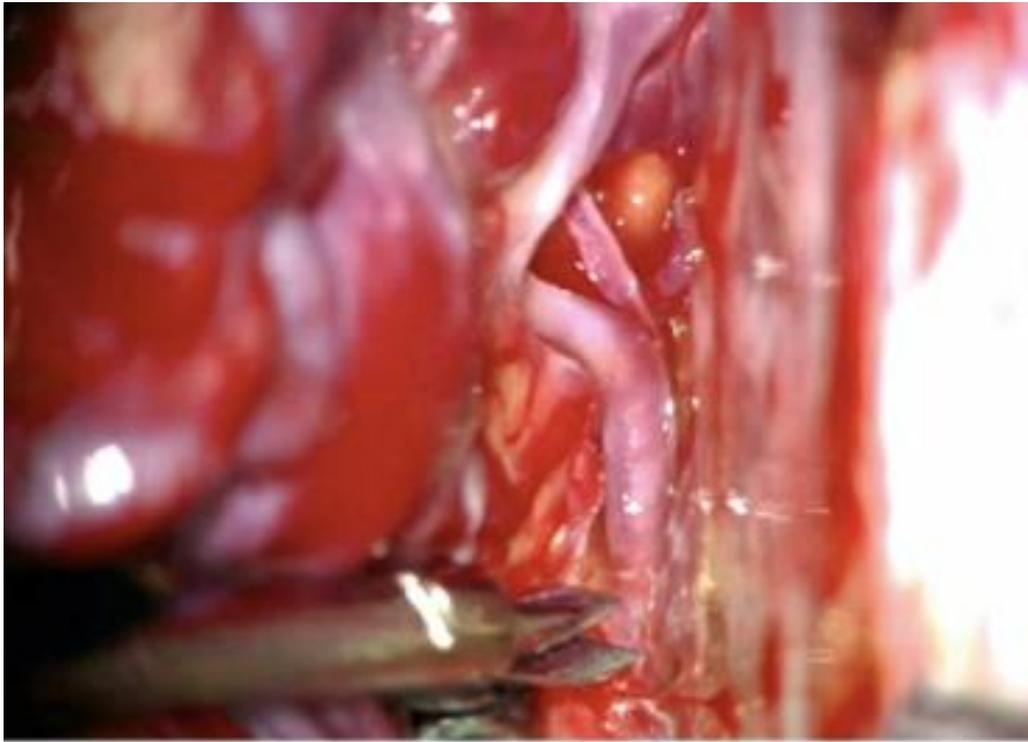


图 12 : 图 10 中的 AVM。首先沿着纵裂边缘断离来自 ACA 的供血动脉（上图），然后在术中 CTA 引导下在外侧切开凸面皮层的软脑膜，断离来自 MCA 的供血动脉（下图）。头位为解剖中立位。

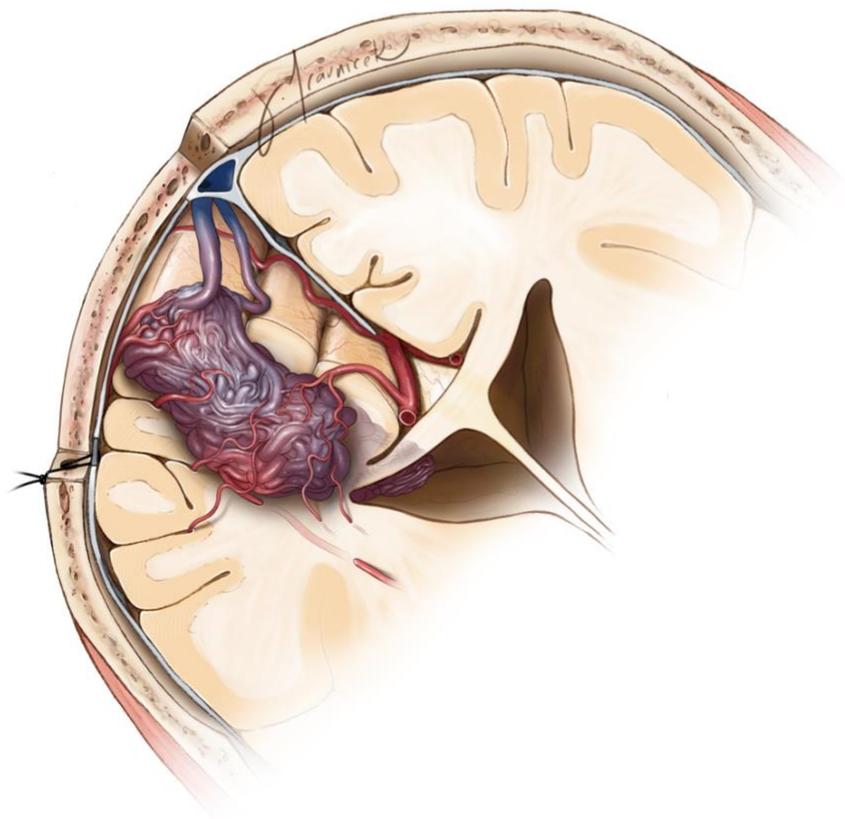
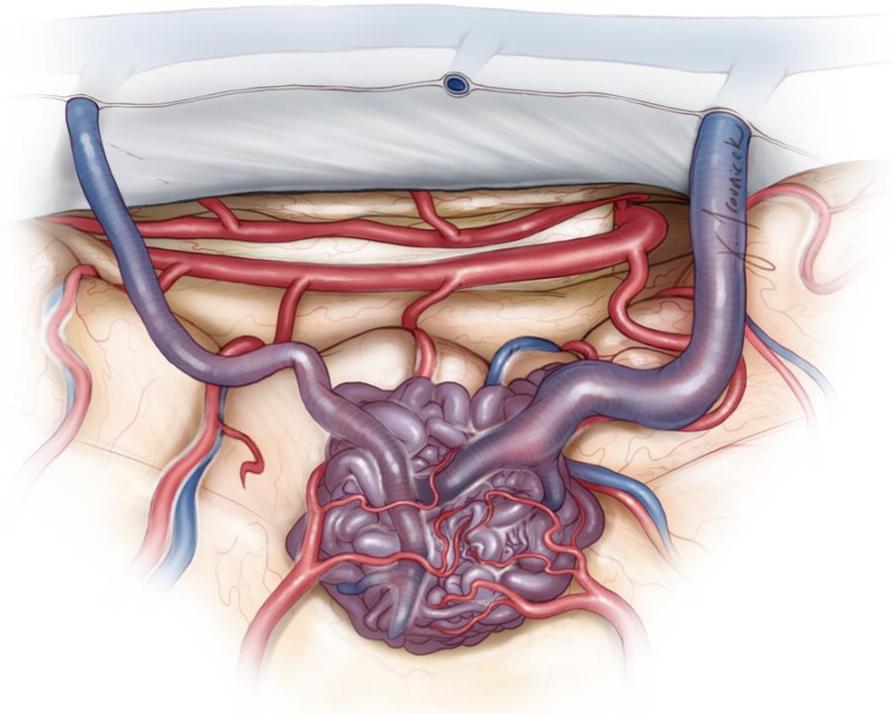


图 13：注意典型的旁正中的病灶在术者视野中的解剖（上图）及冠状位解剖（下图）。

处于血管巢尖端来自深部白质及室管膜的供血动脉是手术中最难处理的部分。在处理 AVM 深部部分之前，应小心翼翼地充分移动病灶表浅部分，从而得到灵活的工作空间以处理术腔深部的出血。

额叶底部动静脉畸形

额叶底部 AVM 位于额叶底面，内侧毗邻直回和嗅器，外侧毗邻眶回。与旁正中 AVM 相似，额叶底部 AVM 供血动脉可来源于大脑中动脉或大脑前动脉。

供血动脉来源于：1) 半球间的眶额动脉和额极动脉 A2 分支供应额叶 AVM 的前内侧，2) A1 段供应后部，3) 大脑中动脉的眶额及额前部分支供应后外侧。

理论上，引流静脉一般汇入上矢状窦，偶尔会向后汇入基底静脉。

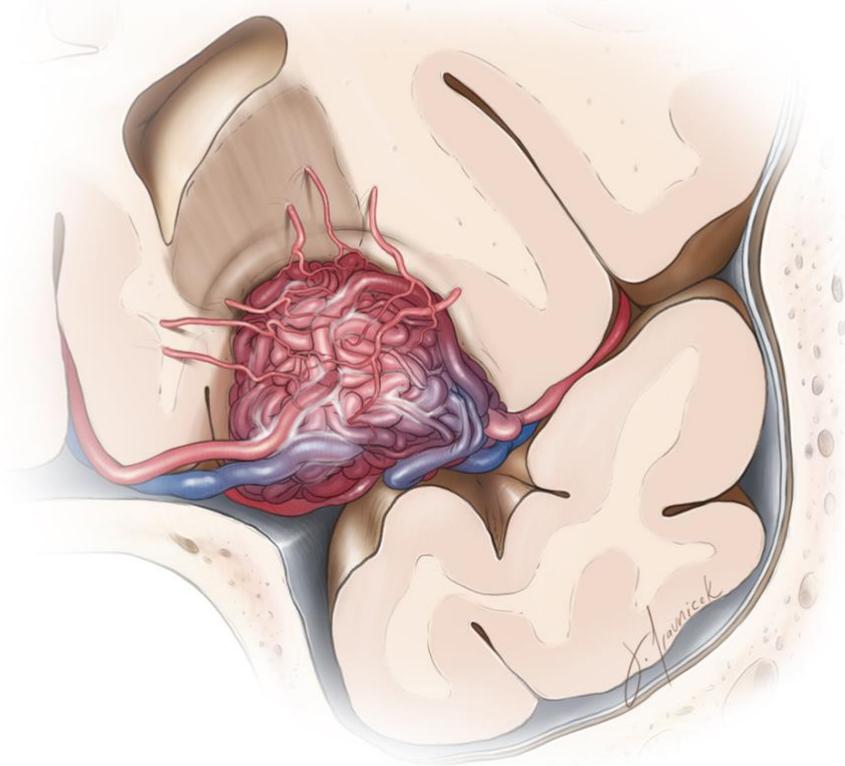
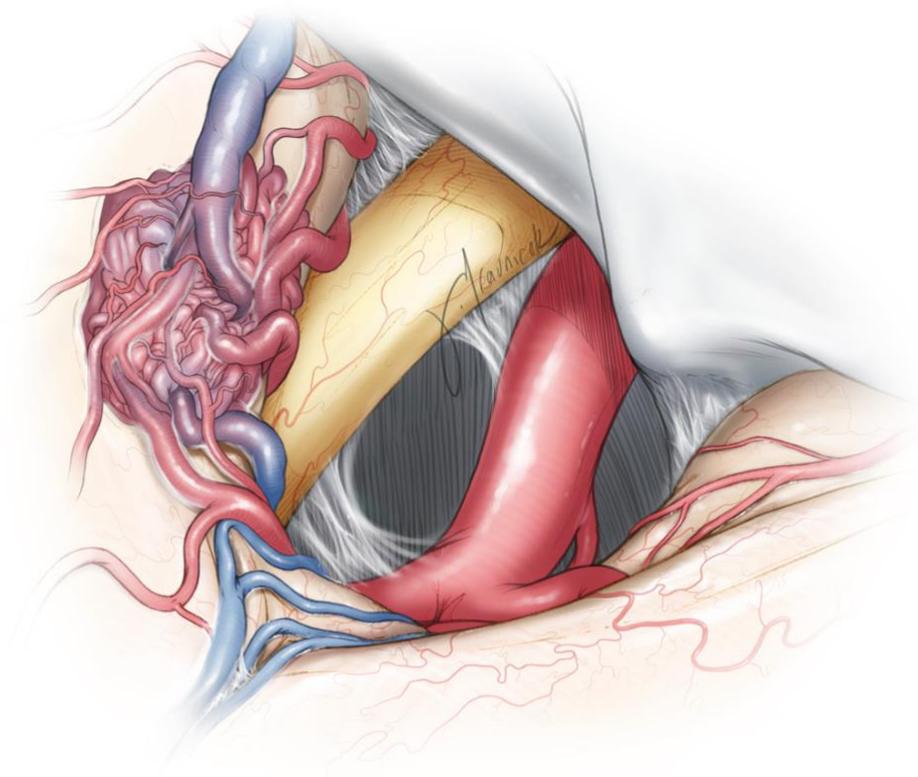


图 14：一例内侧额叶底部 AVM 的血管解剖示意图。内侧大脑前动脉发出的供血动脉可为主要的供血来源，且在手术早期可能处理起来有困难（术者视角，右侧翼点入路，上图）。引流静脉可限制术者的手术角度，限制血管巢在环形分离后的移动度。主要引流静脉应被保留，次要引流静脉在大部分病灶分离出来后被断离。深部白质的供血动脉处于术者的视野盲区中（冠状位，下图）。

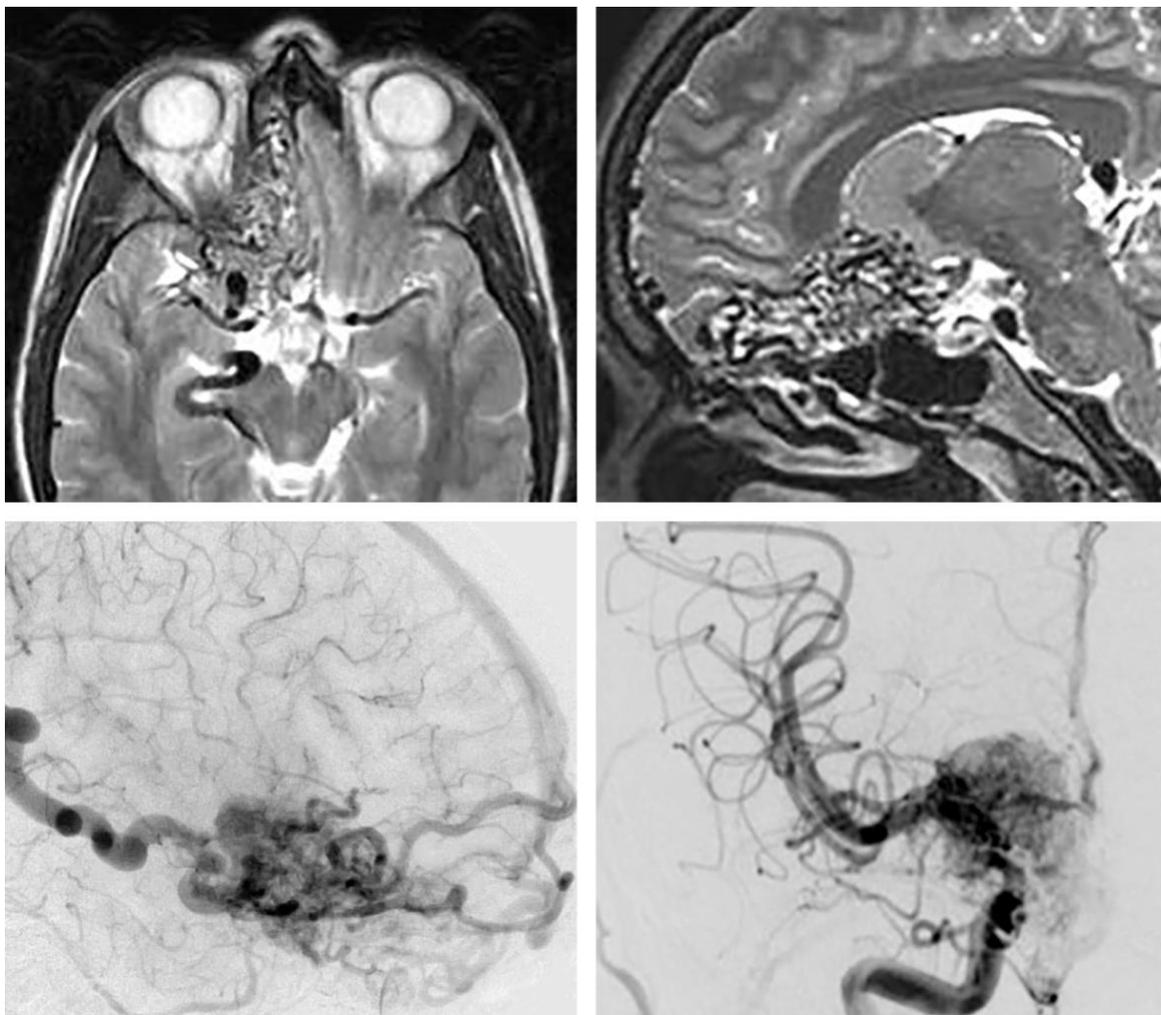


图 15：图示一例额叶底部 AVM 及其主要引流静脉系统。注意有两条前部的次要引流静脉。颈内动脉床突上段可能参与供应额叶 AVMs 的内侧。

患者取仰卧位，头部转向对侧 30°，将颧突置于术野的最高点。利用

重力作用使额叶底部离开前颅底，这对最大限度地减少不必要的额叶牵拉至关重要，也为朝着 AVM 壁的手术入路提供了合理的角度。

AVM 的复杂性决定了是否需要[翼点](#)或[改良的眶颧开颅术](#)（眶上截骨术）。[扩大的翼点开颅术](#)有助于从额下提供灵活的视野角度和操作空间。磨平眼眶顶部及外侧蝶骨嵴。如果血管巢延伸至额角，需行改良的眶颧开颅术，以快速提供必要的由下至上的手术角度。

在硬膜内的操作，首先打开额下和外侧裂前部的蛛网膜，以引流脑脊液并牵开额叶。分离脑沟和软脑膜，确认 AVM 内侧和外侧边界的引流静脉和供血动脉。然后，环形阻断供血血管和分离脑白质，将病灶向下移，为处理和断离 AVM 后部的供血动脉提供一个斜行入路。

如果一个巨大 AVM 累及到了额角的室管膜，尽管已经进行眶颧开颅，仍可能必须切除额叶部，为达到侧脑室额角提供通路。通过手持吸引设备动态牵开脑组织，为环形分离提供灵活向上和向下的工作角度。位于血管巢后部的深部白质供血动脉可能会是个棘手的问题，因此，在病灶后方进行更大范围的分离是很必要的做法。

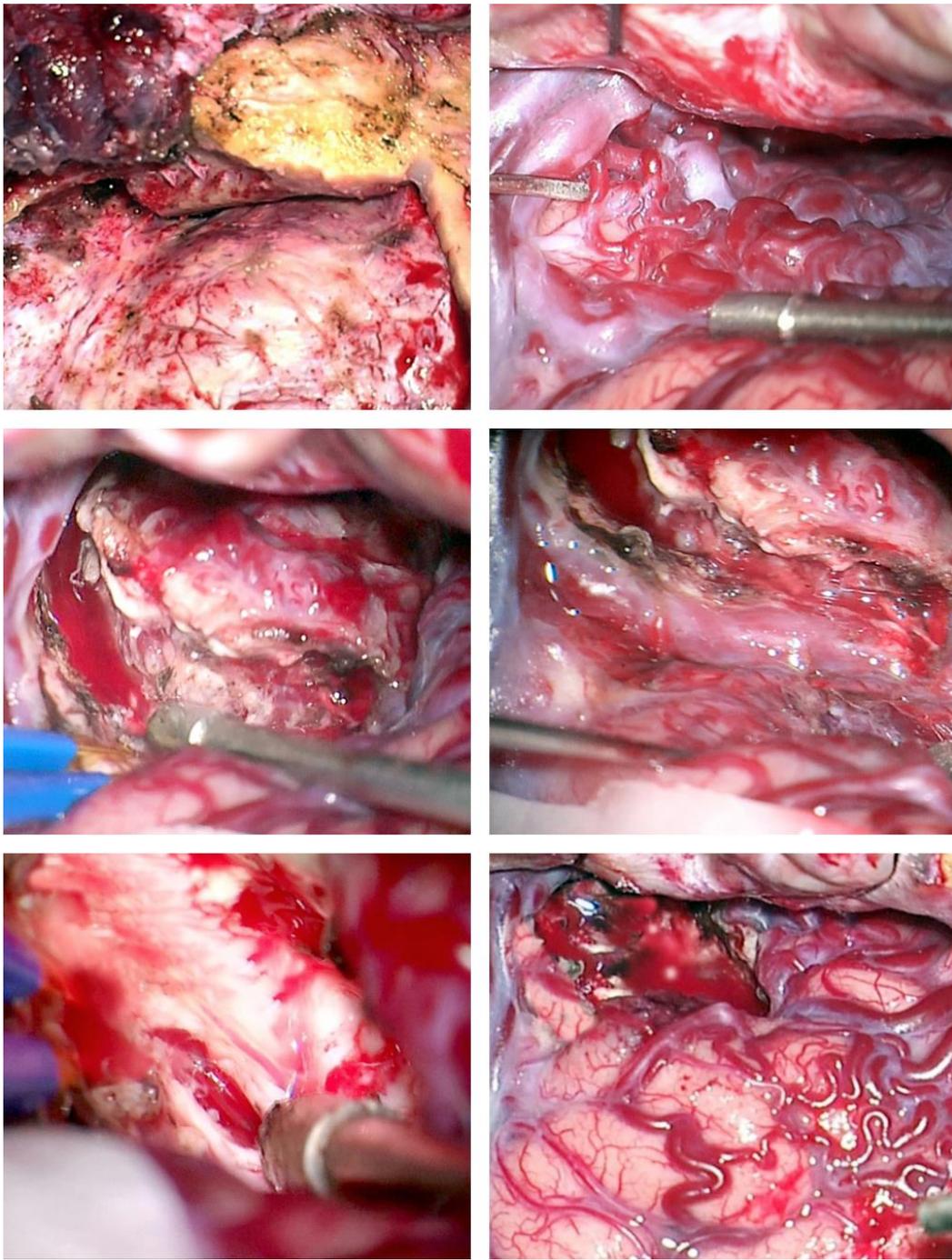


图 16：图示一例前额叶基底 AVM 的术中发现。注意卸除眶顶可提供恰当的下至上手术入路，减少过度的额叶牵拉。需要行眶颧开颅术的情况很少见。在侧裂前部切开蛛网膜，断离来自大脑中动脉的 AVM 主要供血动脉（上图）。将血管巢骨骼化，保留并牵开引流静脉，以进入 AVM 深部（中图）。然后，找到深部白质供血动脉，并将其断离。全部皮质静脉转变为深蓝色后，移除 AVM（下图）。

外侧裂动静脉畸形

外侧裂 AVM 位于额下回的侧裂面，越过颞叶。这一亚型可累及或不累及优势半球的 Broca 语言运动区。如果这些功能区皮质受累，手术切除是有风险的，但仍可能可将血管巢完整切除。

这一亚型的 AVM 主要供血来源于 MCA。供血动脉来源于 M3 及 M4 段，尤其是沿着血管畸形的上外侧缘走行。引流静脉包括表浅及深部的侧裂静脉。

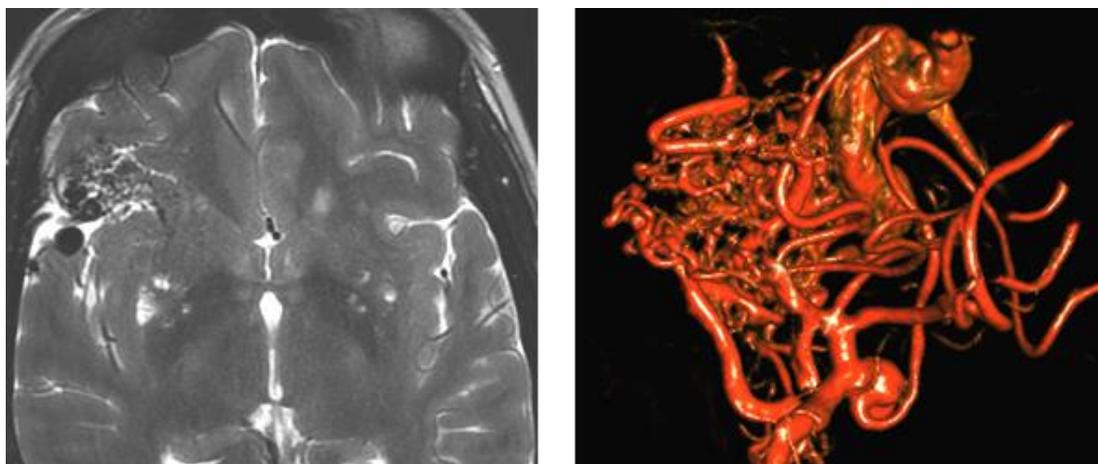


图 17：图示一例右侧侧裂-额叶 AVM，主要供血动脉来源于 MCA 分支（左图）。同时发现颞前供血动脉存在一个动脉瘤（右图）。

患者取仰卧位，体位与大脑中动脉动脉瘤手术相同。行翼点-外侧裂入路开颅。

应从远端到近端广泛分离外侧裂，深达岛叶水平。浅表侧裂静脉留在颞叶岛盖。粗大的动脉化静脉在分裂侧裂时不易破裂。

如果患者存在侧裂-额叶 AVM，由于 MCA 分支增粗及其他动脉化静脉的存在，外侧裂区会非常拥挤。细致地分离外侧裂，辨认出 MCA 主干及其邻近分支。打开累及血管的蛛网膜下腔，清楚辨认出末端动脉、路过动脉及无关动脉，分离出病灶是至关重要的一步。

在纵裂前部仔细分离、追踪、明确末端供血动脉，然后在近病灶处分离。切开脑沟及脑实质以移动 AVM 上部。

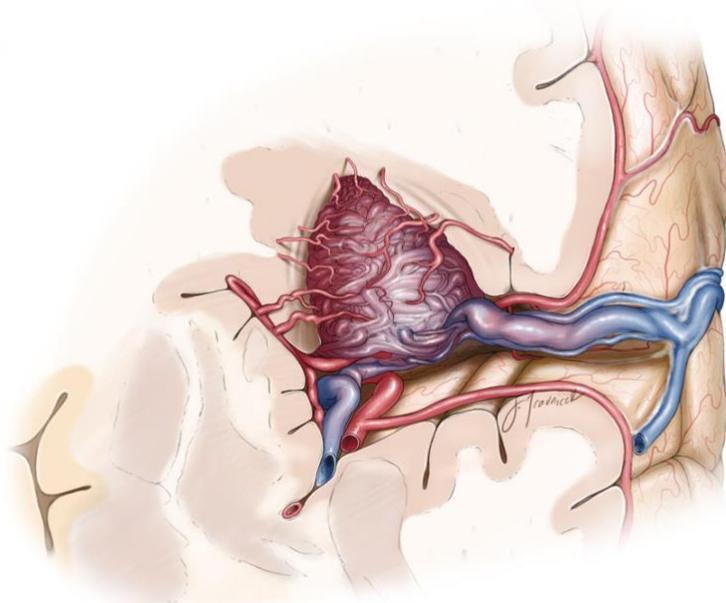
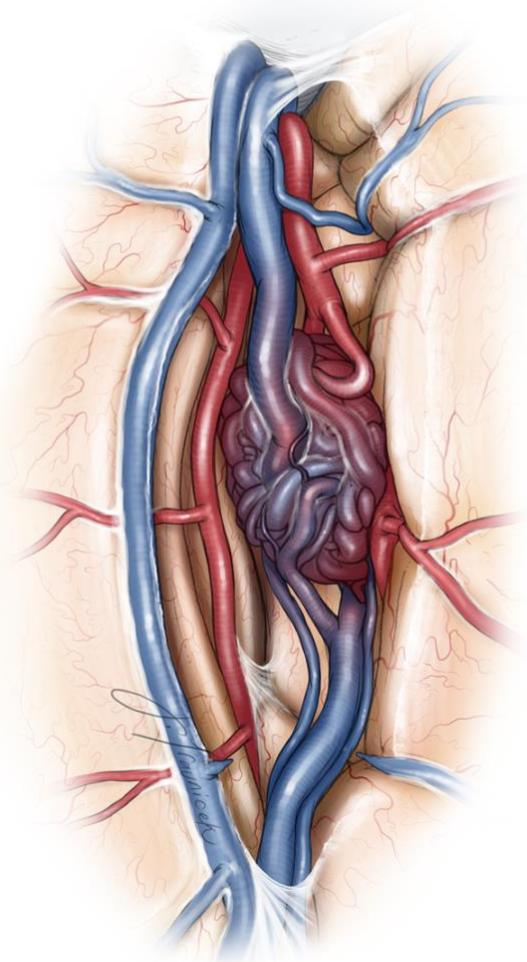


图 18：一例侧裂-额部 AVM 的血管解剖图。请注意畸形血管团与大脑中动脉（M2 及 M3）分支的关系。过路血管或无关血管必须与供血动脉区分开来（术者视角，上图）。侧裂浅静脉参与 AVM 的引流，在分离外侧裂时应保护完好。这些静脉将额叶与颞叶牵扯在一起，给手术通道的灵活性带来限制。进一步分离后的畸形血管冠状位解剖图（下图）。

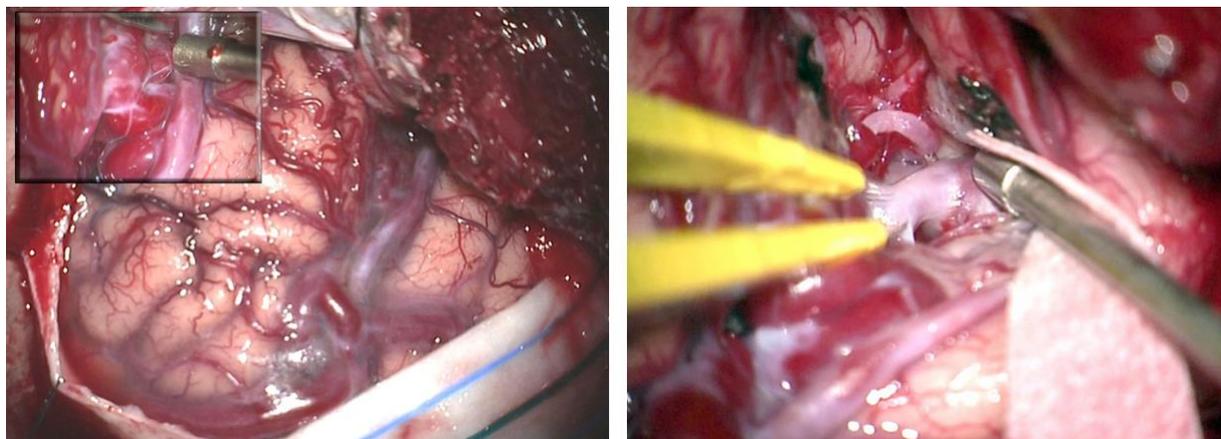


图 19：图 15 中的 AVM 已被显露。请注意动脉化的表浅外侧裂静脉。在拥挤的外侧裂区找到另一条动脉化静脉（上角插图）。外侧裂中扩大的 MCV 供血动脉清晰可见。

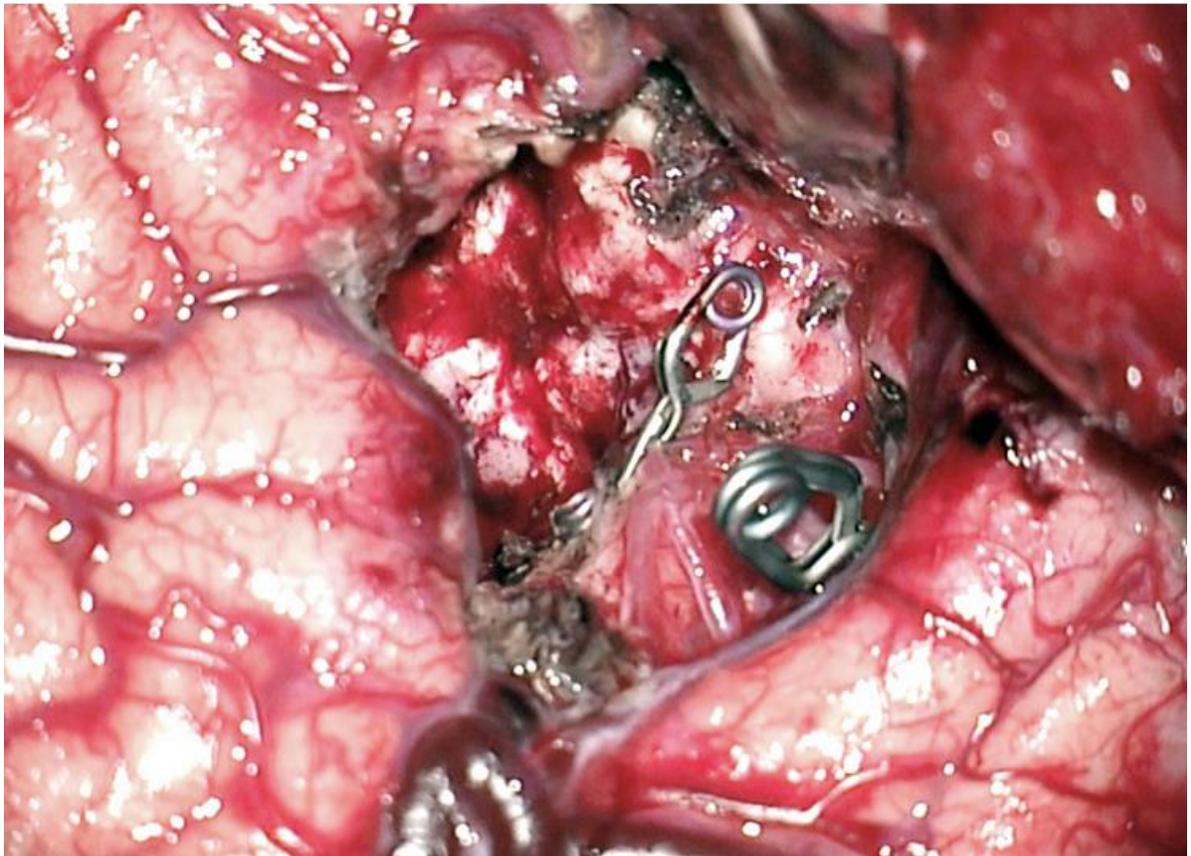
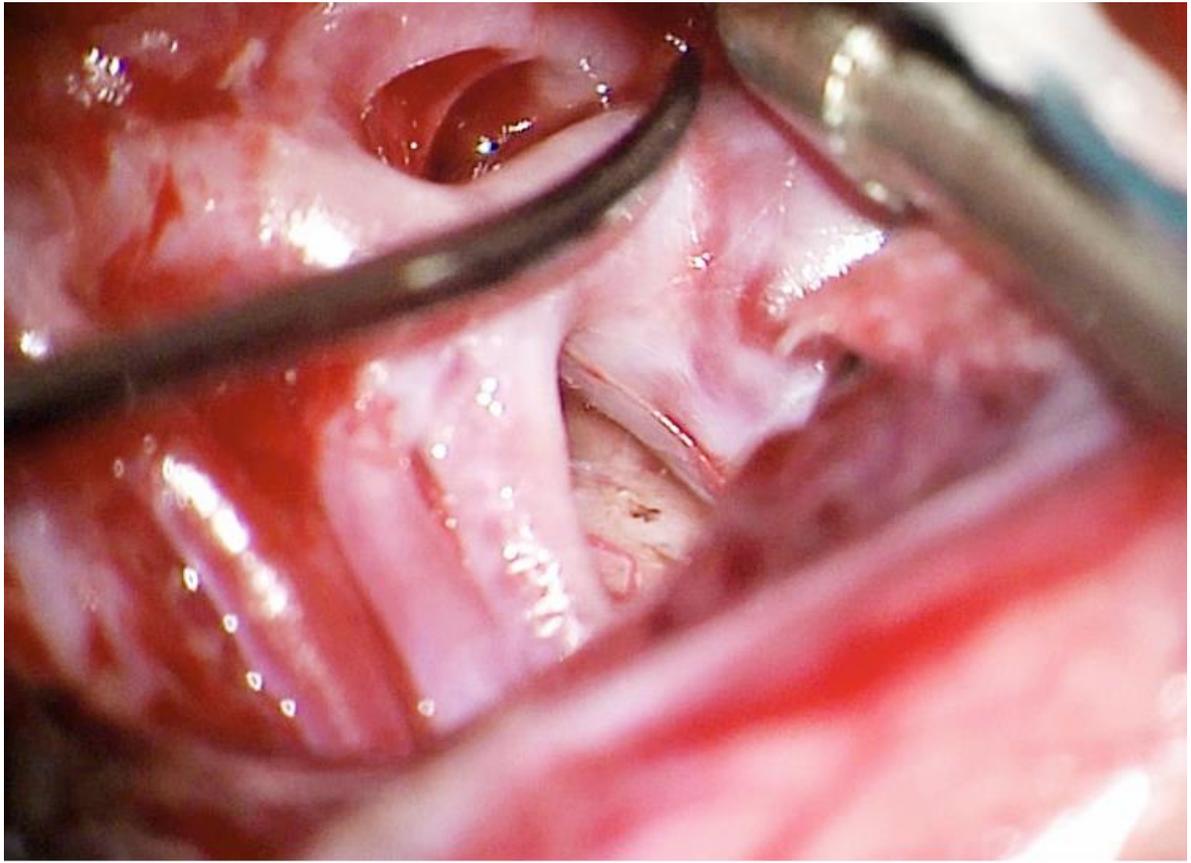


图 20：MCA 分叉处供血动脉动脉瘤已被夹闭（上图）。然后，使用临时夹子夹闭 MCA 末端分支供血动脉，仔细分离至病灶再次明确末端供血动脉后，使用永久夹子断开供血动脉，取出 AVM（下图）。

在优势半球，环形分离范围应尽可能地靠近病灶，以降低损伤运动性语言中枢皮质的风险。充分的环形分离后，笔者把病灶移动至外侧裂，完成最后一步操作，将它在岛叶前部分离出来。

（编译：郭思华；审校：徐涛）

Contributors: Rouzbeh Shams-Amiri, MD and Mohsen Noori, MD

DOI: <https://doi.org/10.18791/nsatlas.v3.ch02.3>

中文版链接：<http://www.medtion.com/atlas/2234.jsp>

参考文献

Lawton MT. Seven AVMs: Tenets and Techniques for Resection. New York: Thieme Medical Publishers, Stuttgart, 2014.