



## 颅内动脉瘤术中破裂的处理策略

随着颅内动脉瘤介入治疗技术的进展，许多相对简单的动脉瘤得以处理，使得在需要显微神经外科手术干预的动脉瘤中，复杂动脉瘤日益增多。随着难度的增加，神经血管外科医师的手术技巧和疗效更加受人关注。

而在手术中，最令人印象深刻、随时可能发生的灾难性并发症之一就是术中动脉瘤破裂（Intraoperative rupture, IOR）。正确的控制 IOR 及其后遗症，将对减少术后并发症产生重要的影响。据报道，IOR 的发生率约为 7%-35%，**与之相关的危险因素包括术者的手术经验、动脉瘤的大小，形态以及破裂史。**

需要指出的是，IOR 对患者预后的影响目前尚不清楚。有些系列病例分析认为 IOR 并不会明显降低预后，但也有作者持相反的观点。Batjer 和 Samson 报道称 88% 的颅内动脉瘤手术患者可以获得良好的预后，而 IOR 导致这一比率降至 62%。在一篇关于颅内动脉瘤治疗后再次破裂出血的综述研究（Cerebral Aneurysm Rerupture After Treatment, CARAT）中发现，IOR 将使颅内动脉瘤围手术期致残致死率从 18% 提高到 31%。

血管内介入治疗过程导致的动脉瘤再次破裂与 IOR 有些相似之处，但也有很大的不同。虽然前者的发生率约为 1%-9%，低于 IOR，但一旦出现，通过血管内介入处理将非常困难与复杂。

在 CARAT 研究中，血管内介入治疗过程中的动脉瘤再次破裂将使患者死亡率增至 64%，是显微神经外科手术的 2 倍以上。逻辑上也很容易理解，相比开颅手术，血管内介入难以快速控制再出血和减压。

IOR 可以通过一些手术技巧和原则来减少发生率，但无法彻底消除。一旦发生，必须成功的处理以获得良好的结果。IOR 常在手术过程中几个特定的时间点发生。而控制出血的方法与技巧也取决于手术所处的步骤、动脉瘤的部位和形状。当 IOR 发生时，通常根据时间点，采用以下处置措施。

## 开颅暴露过程中发生的 IOR

尽管在动脉瘤开颅暴露过程中发生的 IOR 很少见，低于所有 IOR 的 10%，但其后果可能是灾难性的。因为在这一阶段，术者还没有充分显露以辨认动脉瘤及其与周边相关血管的解剖结构，甚至某些情况下，还没有开始进行显微分离操作。

从患者进入手术室，到术者开始脑血管显微解剖分离之前的这段时间，属于手术的早期阶段。在这一阶段，有很多潜在的因素将导致动脉瘤再次破裂，

例如气管插管及头钉固定过程中麻醉深度不足，都可引起血压的剧烈波动，从而诱发 IOR。

而在去除骨瓣时，术者需非常小心。过度的使用磨钻，尤其在处理蝶骨小翼时，可能将震动传至动脉瘤顶部，导致 IOR。最后，过度的引流脑脊液会改变动脉瘤的透壁压，导致瘤壁结构不稳定而破裂。

**过早、过度地牵拉跟瘤顶粘连紧密的脑叶必须避免。**比如，发生在后交通和脉络丛前动脉的动脉瘤，过早地牵拉颞叶可能会使瘤顶受到牵拉而引起 IOR。大脑中动脉瘤顶也常指向外侧附着在颞叶表面，所以处理时应先用吸引器轻柔地动态地牵拉额叶而非颞叶，从而在需要牵拉颞叶进行游离前，安全的暴露出瘤颈的近端和大脑中动脉 M2 段分叉处。

**具体细节请观看该章节起始处第一个视频：[Managing Catastrophic Intraop Hemorrhage before Aneurysm Microdissection Techniques.](#)**

在处理伴有大量血肿的患者时，如大脑中动脉瘤引起的额颞部血肿，血肿的清除和减压过程中一定要当心。过度地清除血肿可能会引起动脉瘤囊不稳定导致破裂。但如果血肿清除地太少，术者就可能不得不用力牵拉动脉瘤附着的脑叶增加暴露，这样也会容易导致动脉瘤不稳定。

不幸的是，如果 IOR 发生在充分暴露动脉瘤或控制近端载瘤血管之前，术者的应对方法很有限。一旦发生，术者必须应该快速的吸除出血保持术野清

晰，沿着主要的载瘤动脉快速分离，暴露动脉瘤。有些情况下，需要使用粗吸引器来吸除出血，寻找出血来源。

通过静脉注射腺苷可以暂时地使心率骤停来设法控制出血，尽管时间窗只有 30-60 秒，但效果极为显著。需要注意的是过度的降低血压有导致脑梗的可能。对于大脑前循环动脉瘤，颈动脉压迫可以减少血流，一定程度上有助于控制出血。

无论如何，此时术者的最终目标是通过临时阻断夹来控制动脉瘤近端的血管，这样才能减少汹涌的出血，从而暴露瘤颈并夹闭动脉瘤。利用异丙酚或巴比妥酸盐快速抑制脑代谢进行脑保护，可能有一定益处。不推荐采用快速关颅而不尝试近端血流控制、仅寄希望于填塞压迫的方式止血，这种方式往往预后极差。

如果术者能够顺着血流喷涌的方向找到出血来源，可以在瘤囊出血点上放置一块蓬松的棉球用吸引器控制出血，然后将自动牵开器轻柔地压迫在棉球上，从而解放出术者的双手来处理动脉瘤。

术者必须注意的是，自动牵开器不能太用力下压，以防进一步撕裂破口。

另一种替代的办法，是术者通过用临时阻断夹直接“盲”夹动脉瘤近端的诸条血管，以控制汹涌的出血。

**显微分离时，未近端控制前发生的 IOR**

前述的 IOR 发生在脑血管显微分离之前，往往跟一些术者无法控制的因素有关。但如果在显微分离暴露过程中发生 IOR，则很可能是术者的错误操作引起的。很幸运的是，相较于开颅暴露阶段，我们有更多有效的措施来控制出血。

这一阶段引起的 IOR 最可能的原因，是术者对相关的脑血管解剖结构，即瘤颈、瘤顶的位置和瘤周的重要动脉分支等不熟悉所致。在额颞入路时，锐性充分地解剖暴露侧裂可以安全地暴露大部分的前循环动脉瘤，释放脑池中脑脊液，降低脑压，最小化 IOR 的风险，并减少、甚至避免固定牵开器的应用。

多数情况下，IOR 发生在术者漫无目的、粗暴地钝性分离过程中，而不是锐性分离时。通过锐性分离减少并发症是显微神经外科手术的一个重要特点。通过精良的剥离子进行轻柔的钝性分离只有在分离薄弱的蛛网膜或血管粘连很少时应用才是较为安全的。

处理这一阶段的 IOR，既需要术者的技巧，也需要果断的手术操作。如果术者保持冷静和理性，采用有计划的、精准的手术操作使患者获得良好的预后是可能的。笔者认为，术者有条不紊的专业反应和处理，而非 IOR，才是决定预后最重要的条件。

控制出血的第一步是采用两个粗吸引器来清晰地暴露视野以确定出血部位。如果相关血管结构还未充分暴露，笔者会用吸引器一直顺着血喷出的方向找到动脉瘤。然后，笔者会将一小片脑棉置于出血点、并用吸引器头部轻柔的吸住并给予适当压力按压来控制汹涌的出血。

当利用吸引器在出血点控制住出血后，笔者会继续分离血管以增加暴露，然后通常设法利用临时阻断载瘤动脉、或者偶尔也会直接尝试夹闭动脉瘤或出血处。如果术者需要双手操作来完成血管游离，可以使用自动牵开器的叶片轻压之前出血处放置的脑棉以起到压迫止血的作用。在一些病例中，术者可以先尝试夹闭动脉瘤顶部出血点，然后进一步游离充分后再调整动脉瘤夹位置以夹闭瘤颈。

**非常重要的一点是，术者一定要避免着急的盲目夹闭动脉瘤，因为这一操作可能会导致破口增大或者撕裂瘤周的穿支血管。**因此，笔者建议采用在动脉瘤近端和远端临时夹闭的方法停止局部血流，从而游离确认动脉瘤、载瘤动脉、和重要的临近穿支血管。

如果临时阻断可行，术中一定要严格避免低血压并应用依托咪酯等镇静麻醉药物降低氧耗和颅内压以达到脑保护作用。如果无法临时阻断，强烈推荐通过静脉注射腺苷使心脏暂时停跳。**如果术者惊慌失措，就可能会做出令人失望的决定和导致不良预后。**

## 近端阻断后发生的 IOR

控制 IOR 出血的方法取决于这一阶段引起出血的原因。

### 夹闭动脉瘤前发生 IOR

在已充分暴露瘤周解剖结构后，但在实施夹闭前发生的 IOR 一般是由钝性分离造成的。如果术者没有在夹闭前进行必须的临时阻断，而直接处理张力较高的动脉瘤，就可能导致 IOR。在进行高风险的复杂操作时，笔者更倾向于通过较短时间（<5 分钟）的临时阻断，提高夹闭过程的安全性。在两次临时阻断之间，可以采用 2 分钟的再灌注以减少脑缺血事件。

动脉瘤的张力可以通过吸引器头轻轻推挤瘤体来确认。如果动脉瘤没有变软塌陷，术者要重新检查临时阻断夹是否夹闭完全、以及是否由于动脉粥样硬化导致相关动脉无法阻断完全。针对后者，可以增加临时阻断夹以确保血管壁完全闭塞；然而，临时阻断动脉粥样硬化的颈内动脉有时是不可能的或不安全的。

在这一阶段，IOR 也可能归结于术者对分支血管、穿支以及动脉瘤本身的血管结构了解不充分。另外，过度地在动脉瘤顶操作游离穿支血管，也容易导致 IOR。临时阻断不仅可以有效的降低上述操作时的 IOR 风险，而且无需切除或过度牵拉脑组织，就能显著地实现动脉瘤颈的充分显露。

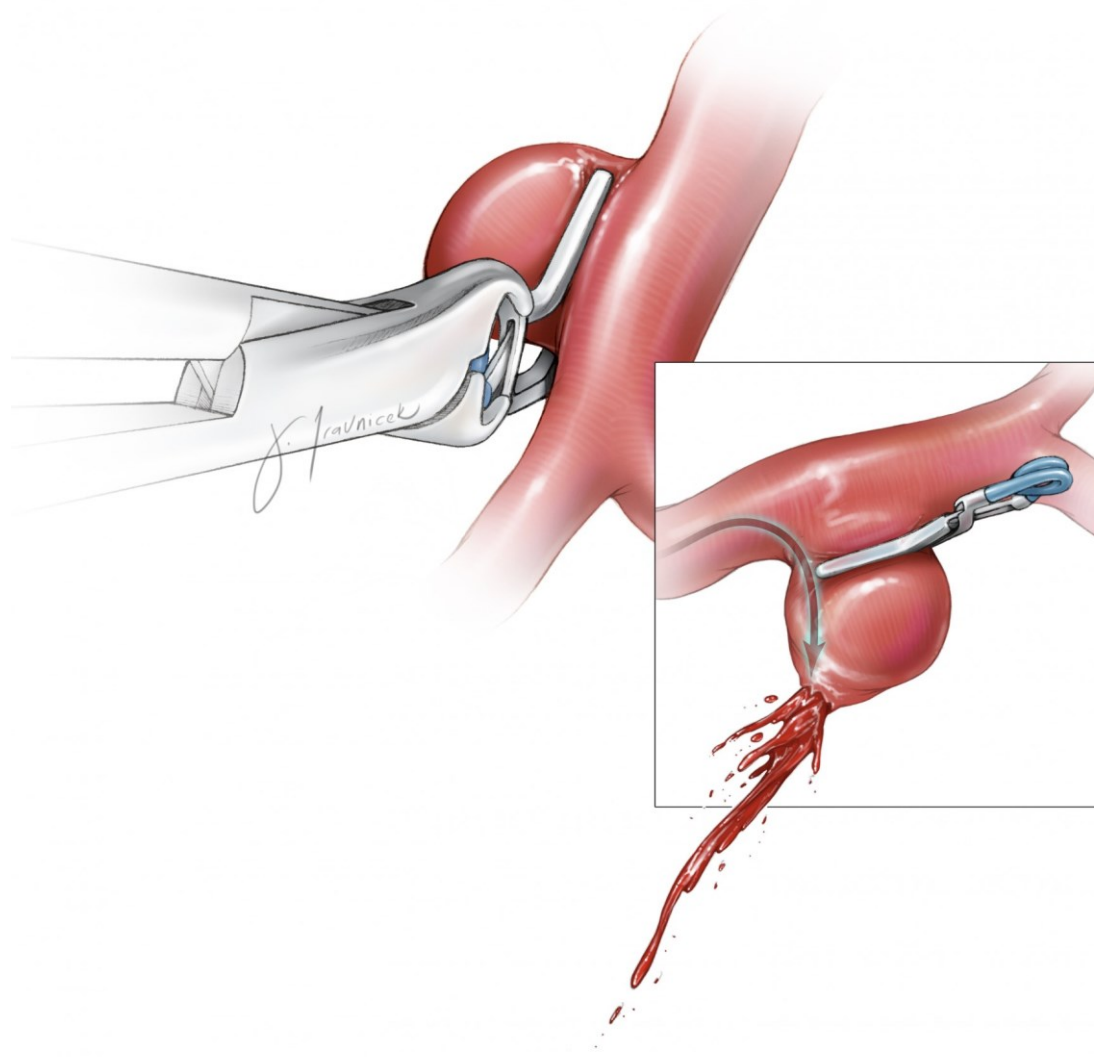
这一阶段的 IOR 处理依赖于对相关解剖结构的清晰了解和对瘤周血管结构的充分游离。理想情况下，应从动脉瘤供血动脉的近端向远端暴露动脉瘤颈、及其瘤周穿支和分支动脉。这样，动脉瘤即可获得永久夹闭。

如果动脉瘤远端瘤颈无法完全看清且夹闭后没有控制住出血，很可能是由于动脉瘤夹叶片太短无法完全夹闭、瘤颈无法完全塌陷闭塞（硬化或有钙化）、甚至瘤颈撕裂而造成。这时应该再次临时阻断以进一步探查。在阻断近端血管后，通常通过使用上述脑棉和吸引器的技巧很容易地控制住出血点。

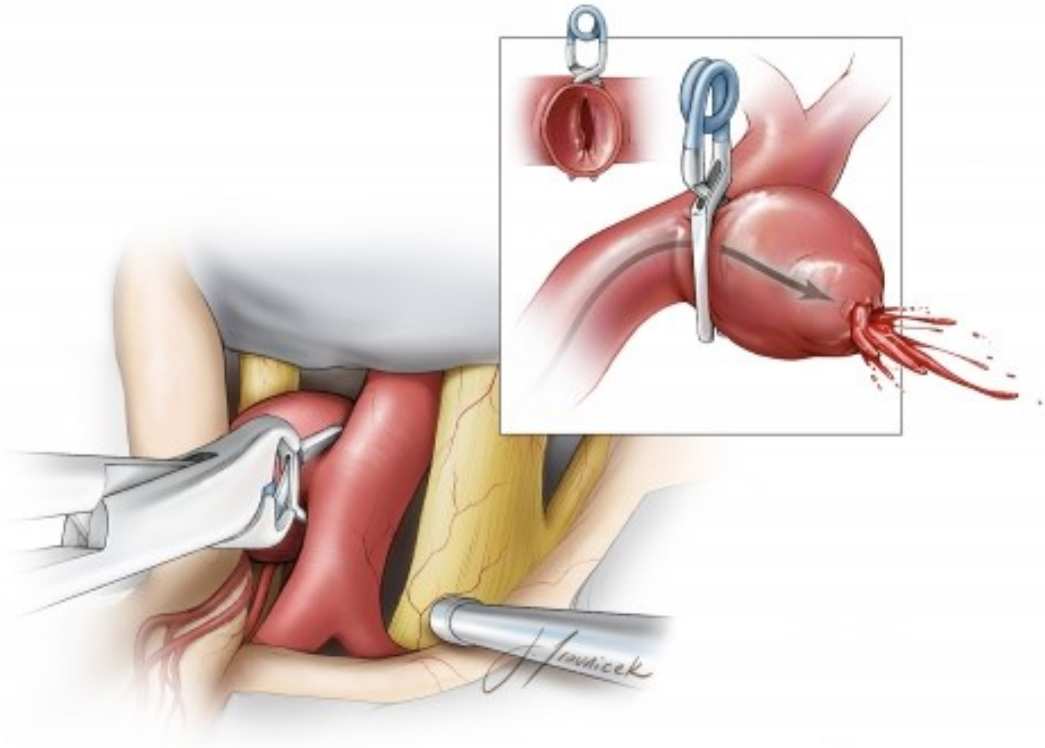
### **夹闭动脉瘤时发生 IOR**

在用动脉瘤夹夹闭瘤颈的过程中，多种原因可以导致 IOR 的发生。如果术者没有充分的解剖分离瘤颈并试图“盲”夹，瘤夹的叶片就可能会引起瘤颈或瘤体部撕裂。IOR 也可能会发生在术者试图利用瘤夹叶片尖端来进行瘤颈游离的情况下。

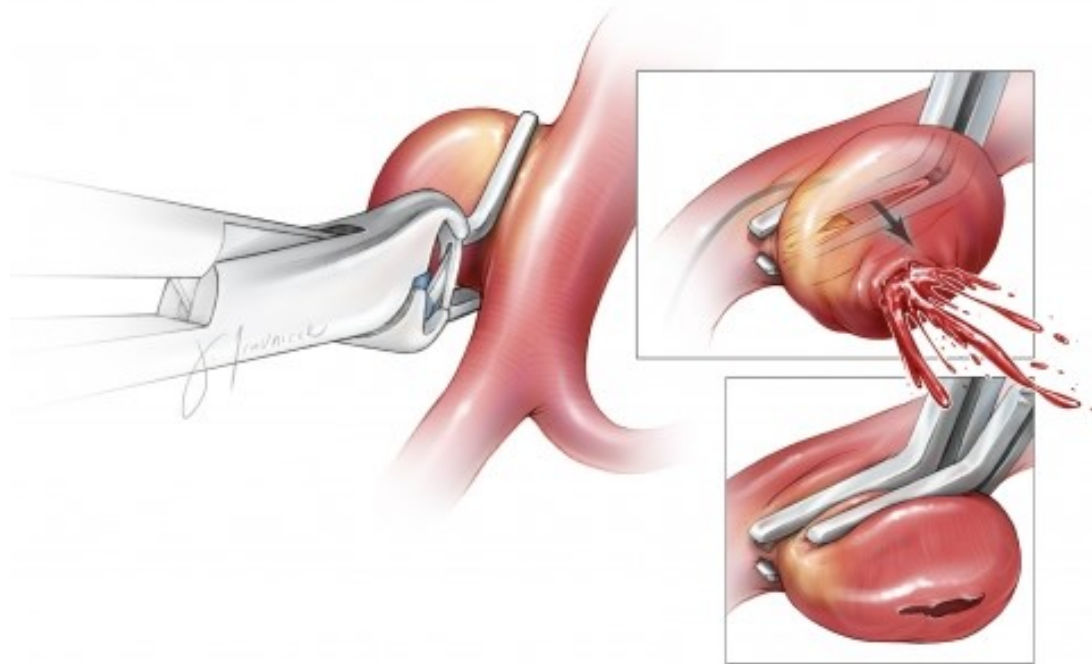




**图 1：如果动脉瘤夹叶片大小不合适，夹闭瘤颈会使血流以更高的压力进入动脉瘤内从而引起瘤内湍流导致 IOR 的发生。通常来说，夹闭的过程中由于瘤颈变成扁圆形，会导致其相对变宽，因此术中发现所选择的瘤夹叶片太短的情形并不少见。**

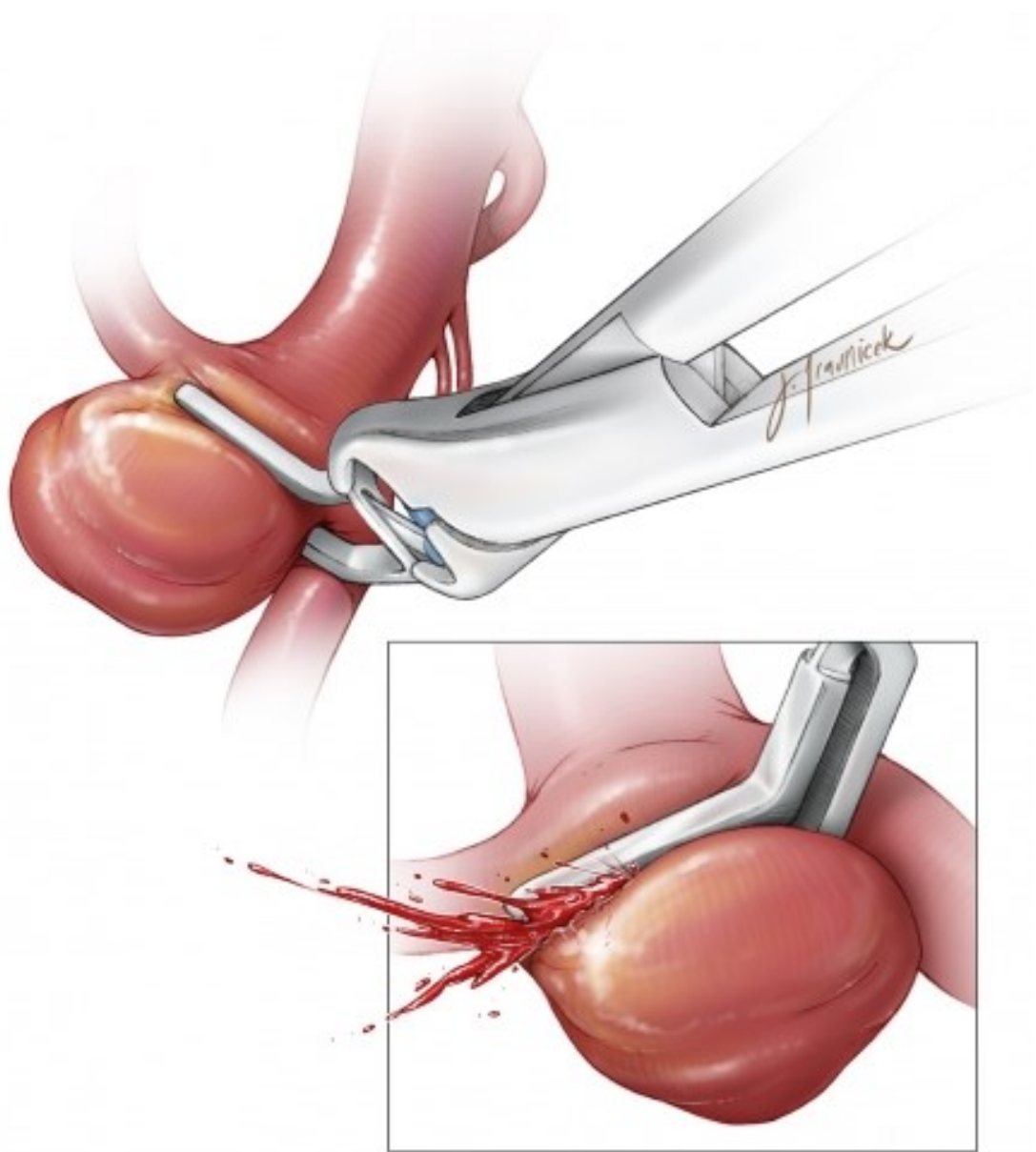


**图 2：除了叶片长度不足或放置位置不佳，瘤颈动脉粥样硬化和/或瘤夹叶片垂直于供血动脉施放也是导致瘤颈部分闭合常见的原因。这一技术失误常发生于后交通动脉瘤的夹闭过程中。**



**图 3：动脉粥样硬化的瘤颈可导致夹闭不全，从而引起 IOR。在这张示意图中，可见瘤颈远端的硬化斑块导致近端无法完全闭合，这就需要利用另一枚较短的瘤夹串联夹闭（Tandem Clip）于斑块近端将动脉瘤彻底闭陷。如果硬化斑块在瘤颈近端，就需要使用一枚开窗夹来进行远端瘤颈的夹闭。**

如果瘤夹闭合后，仍存在少量出血，术者应该进行探查，确保叶片完全覆盖整个瘤颈。如果叶片已经跨过整个瘤颈，仍需考虑瘤夹叶片闭合是否完全。需要注意的是，成角、枪刺状及 L 型的动脉瘤夹闭合力低于直夹。



**图 4：大部分 IOR 发生在动脉瘤顶。但最危险的出血是瘤颈撕裂。这种情况主要是由于瘤颈处硬化斑块破碎撕裂，或在尝试盲夹时瘤夹叶片尖端会刺入瘤颈而引起。**

在这些情况中，试图将瘤夹更加靠近载瘤血管处进行夹闭，可能会导致载瘤血管狭窄甚至闭塞。试图通过缝合瘤颈裂口进行修补是不可能的，而且会导致裂口进一步增大。一个可行的选择是 Sundt-Kees 环形血管夹重建技术。该装置可以用来重建血管管腔。不幸的是，这种瘤夹很难操作，如

果瘤夹不合适的话可能会夹闭穿支血管和临近的分支动脉。此外，棉片辅助瘤夹塑性夹闭技术（cotton-clipping technique）相对易操作，且效果良好。

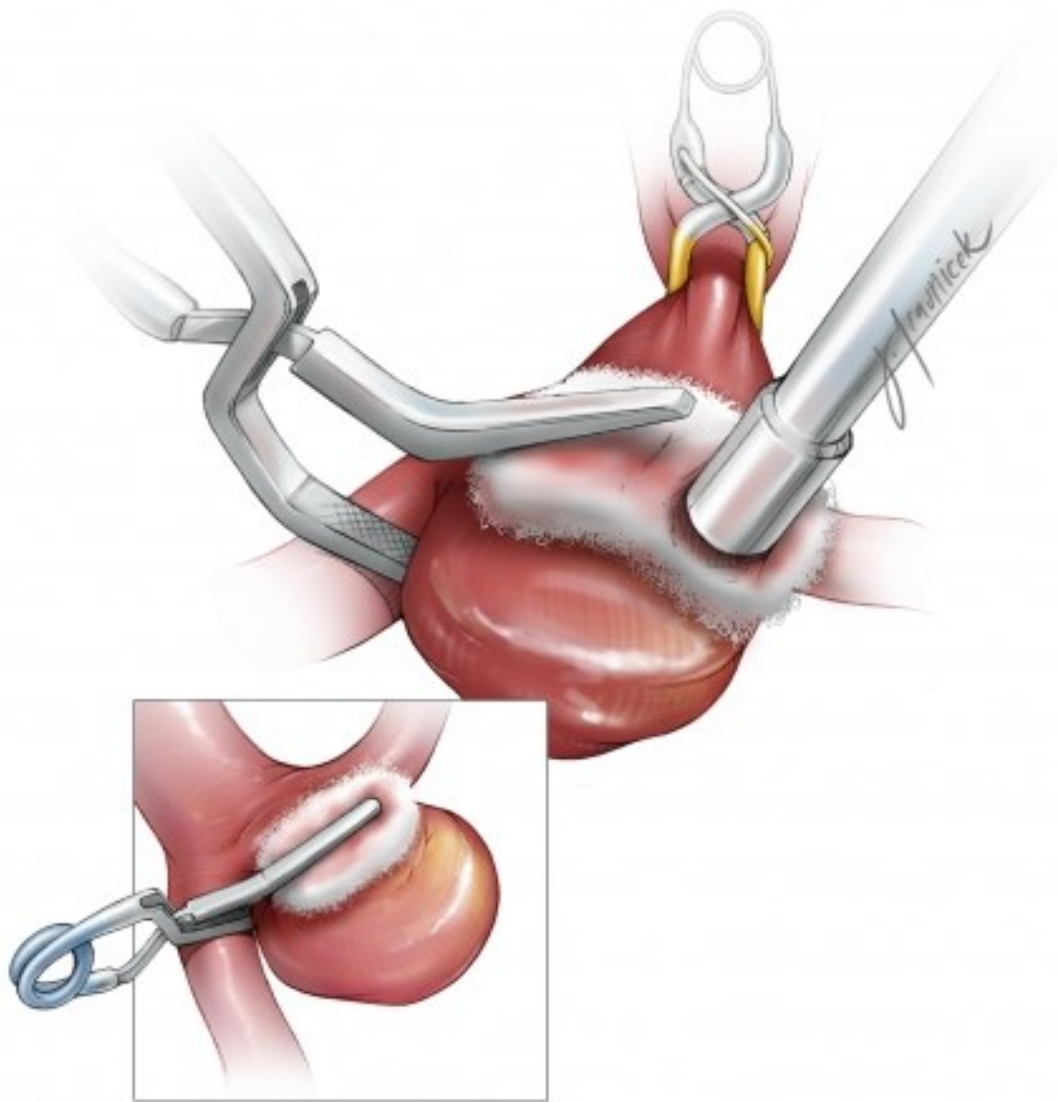
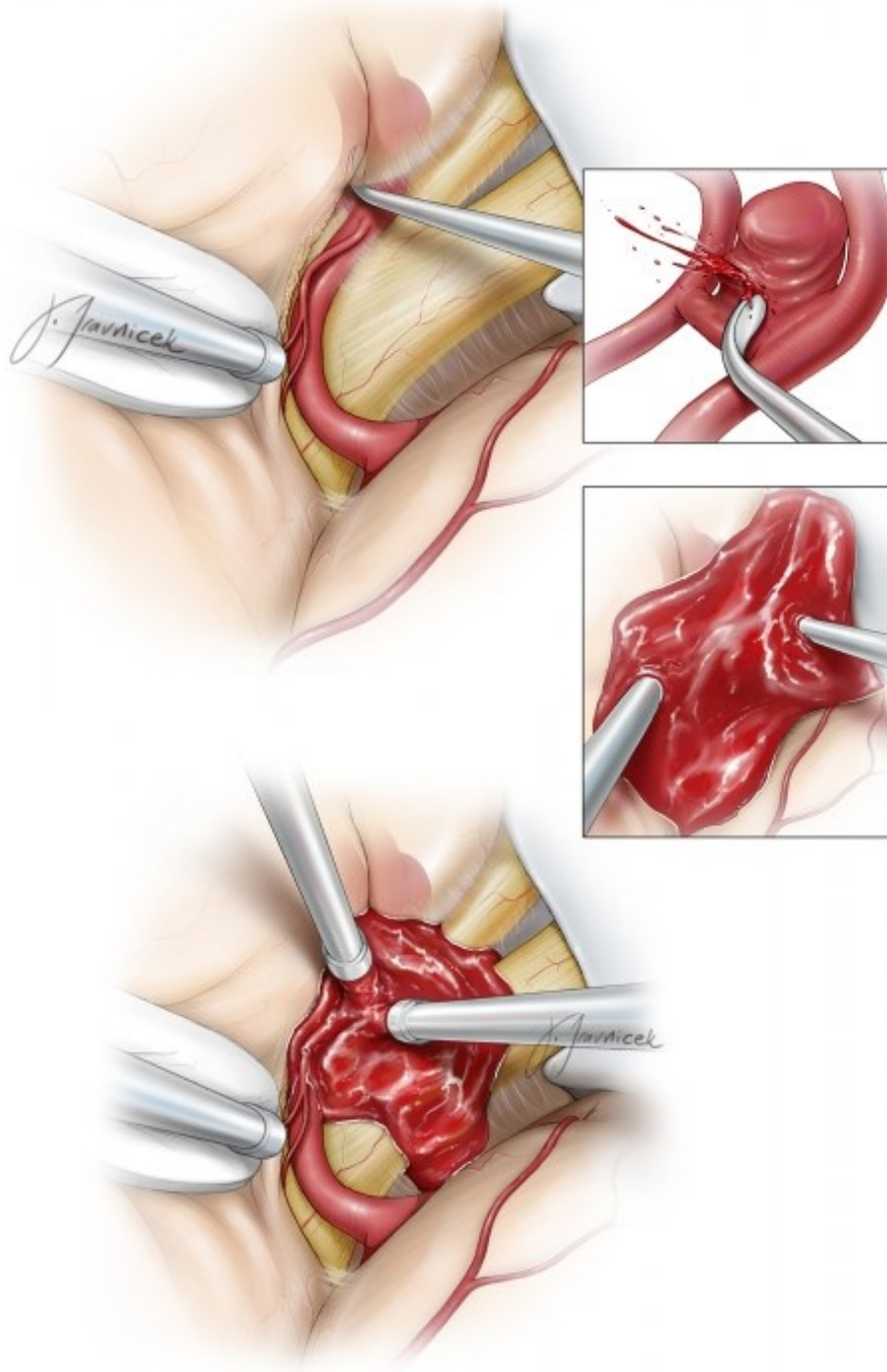


图 5：采用棉片辅助瘤夹塑性夹闭技术处理瘤颈撕裂。术者用一小块脑棉覆盖出血点，然后用瘤夹同时夹住脑棉和瘤颈撕裂处。该技术利用脑棉充当瘤夹叶片的衬垫，堵住裂口的同时不会影响管腔直径。



**图 6：**图中展示的是棉片辅助瘤夹塑性夹闭技术处理前交通动脉瘤的具体细节。利用剥离子/瘤夹在瘤颈进行盲目分离，或在瘤颈处存在钙化或硬化斑块会导致瘤颈撕裂或碎裂。在扩大暴露后，利用两个大口径吸引器来控制汹涌的出血。下一步请看下图。

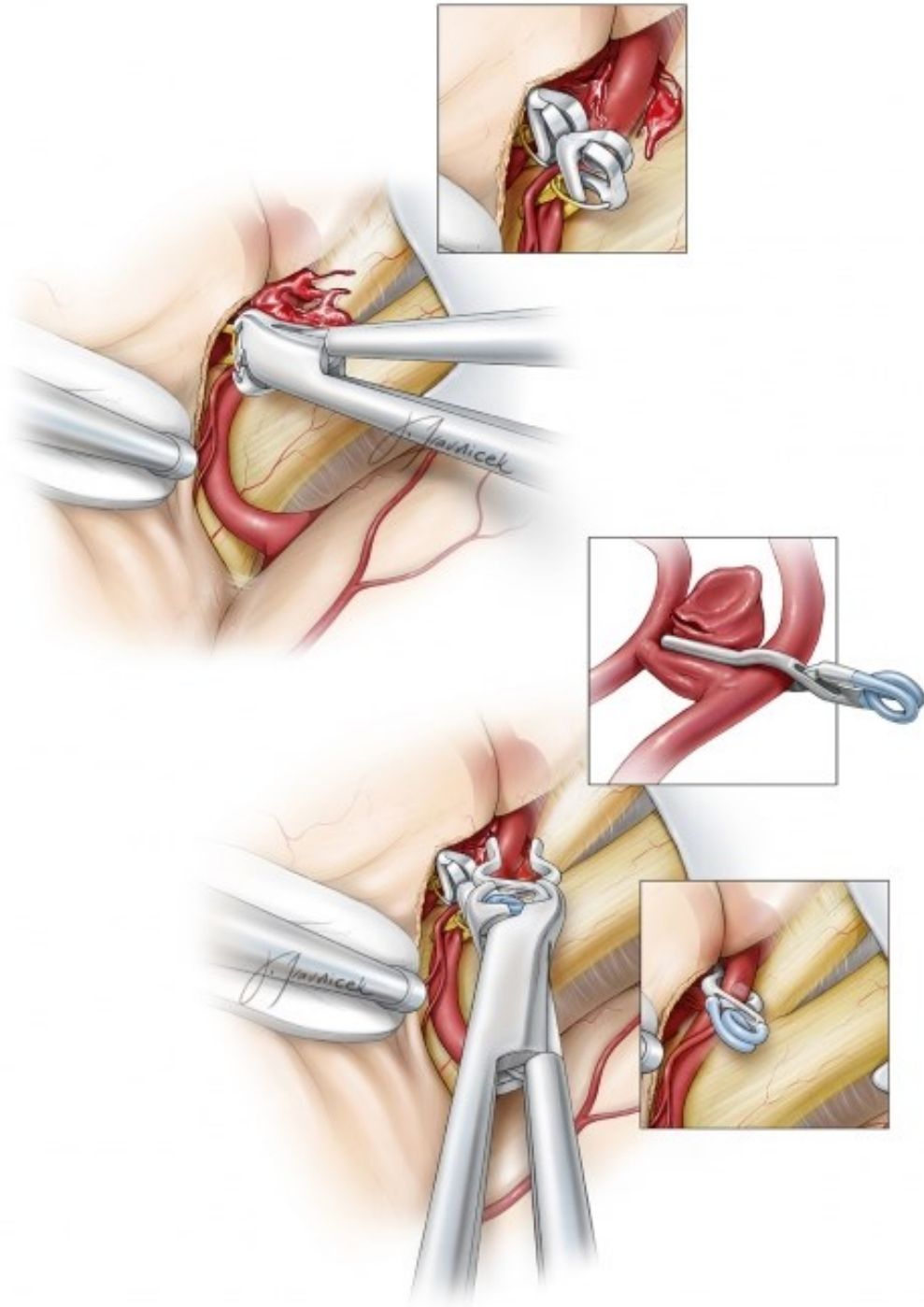


图 7：临时阻断供血动脉后，可以更加容易地用动脉瘤夹夹闭出血处。

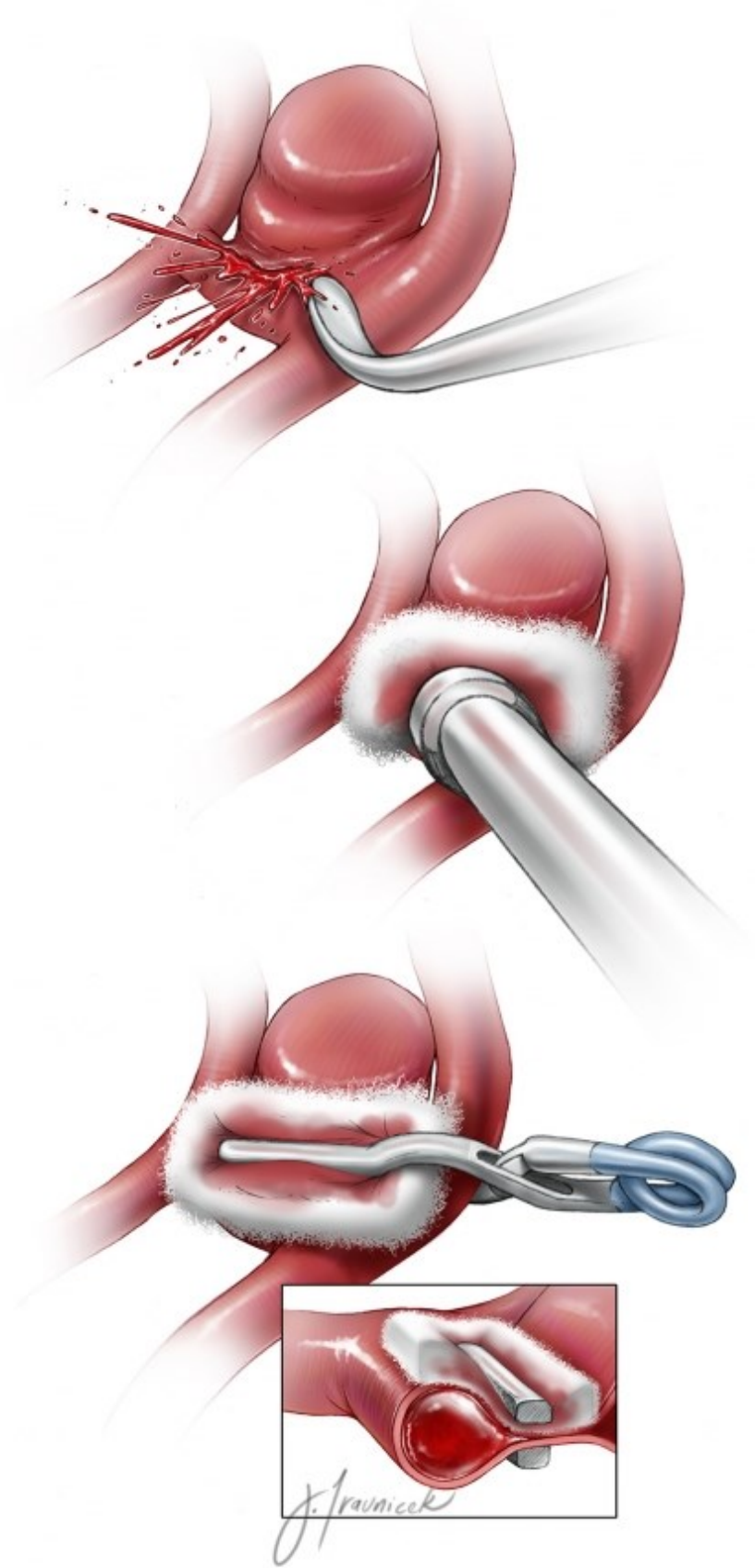




图 8：如果撕裂口太靠近瘤颈处，而无法通过基本的瘤夹技术处理出血点，笔者会用一小片脑棉覆盖堵住出血点，然后吸引器控制出血并保持术野清晰。再用一枚瘤夹于撕裂的瘤颈处夹住脑棉，使得脑棉起到衬垫的作用，来封堵裂口而不会影响血管管腔直径。

最后，如果在没有更好的措施的情况下，术者可以直接用永久夹夹闭供血动脉的受损节段。尽管这个方法可以成功的孤立动脉瘤停止出血，但导致脑缺血并发症的风险很高。如果怀疑侧支循环代偿不良，那么必须进行颅外-颅内搭桥或颅内-颅内搭桥增加脑血流量。

以下是在最常见的动脉瘤亚型中避免和处理 IOR 的技巧和原则总结。

## 特定动脉瘤亚型的技术差别

### 前交通动脉瘤

复杂的血管解剖结构和常见的变异（包括前交通动脉复合体的旋转）可能会使术者迷失方向。由于众多的临近血管分支和穿支血管，包括双侧 A2 和下丘脑的穿支血管，细致地分离解剖瘤体和瘤颈通常是必要的。

这些高风险的解剖分离操作会大大增加在处理前交通动脉瘤时发生 IOR 的风险。深入地了解瘤颈的形态及其与 A1 优势侧的关系对于精准地夹闭动脉瘤、避免不完美的夹闭非常重要。

夹闭不全的常见原因是瘤颈显露不充分，尤其常见于瘤顶朝向上方或后方的病例中。瘤顶朝向下方的动脉瘤则有可能会影响对侧 A1 的近端控制。临时

阻断可使得动脉瘤张力降低，有利于术者在众多重要的临近分支血管间更准确地夹闭动脉瘤颈，而不用过度地牵拉脑组织。

在夹闭瘤顶指向前方和上方的动脉瘤时，采用开窗直夹（跨越同侧 A2）往往可以获得最好的效果。在术中最容易导致 IOR 的原因是没有在充分理解瘤颈远端和前交通复合体及对侧 A2 的关系的情况下，进行“盲”夹。

术中试图采用动脉瘤夹叶片“盲”分瘤颈很可能导致较大的瘤颈撕裂出血。而在处理小动脉瘤时，由于需要推移动脉瘤顶来充分暴露瘤颈，也可能引起麻烦的破裂出血。术中需要切除部分直回时，注意要局限于内侧的软膜以内，直至充分的近端显露为止。最重要的是，只有对术前 DSA 仔细分析，明确了解术区脑血管解剖结构才能最大限度地减少 IOR 并发症的发生。

## **大脑中动脉瘤**

侧裂的完全分离将会提供更大空间来处理大脑中动脉血管结构，从而更好地暴露且精准地夹闭大脑中动脉分叉处动脉瘤。然而，这些动脉瘤瘤颈处经常发生的粥样硬化和钙化会导致动脉瘤夹闭合不全。侧裂内的大量积血也会使术者无法分清解剖结构从而操作犹豫不决，或在没有近端控制前就错误地先暴露瘤顶。

由于相对于前交通动脉瘤，大脑中动脉瘤更加表浅，而且可以获得更充分的显露空间，因而大多数发生于此处的 IOR 可以较容易地利用脑棉控制。

常见的 IOR 原因之一是在分离与瘤顶粘连紧密的过路（en passage）血管时，将瘤顶穿孔出血。临时阻断大脑中动脉 M1 段可使过路血管分离时更加从容和安全。即使在游离时出现意外瘤体穿孔导致少量出血，也可采用小片脑棉覆盖出血点，同时完成动脉瘤永久夹闭。

## 后交通动脉瘤

由于颈内动脉血流量相对较高，后交通动脉瘤手术时发生的 IOR 场景往往最令人印象深刻。垂直载瘤血管方向施放动脉瘤夹可能是 IOR 的最常见原因（见图 2）。由于后交通动脉瘤瘤壁厚，垂直的瘤夹施放可能造成瘤夹叶片闭合不全而导致瘤内血流动力学剧变，引起 IOR。

此外，垂直方向的夹闭经常容易低估（尤其是大型动脉瘤）瘤颈的大小，使得瘤夹方向倾斜，导致夹闭不全。而在未临时阻断颈内动脉的情况下，过度的推移瘤体，尝试分离与瘤体粘连的脉络膜前动脉时也会引起 IOR。

因此，利用直型或成角度的开窗夹（跨颈内动脉）**平行于颈内动脉方向**夹闭瘤颈使瘤体闭陷，结果最理想。而且由于开窗夹的跨血管设计，术中往往可以避免过度地分离临近粘连血管，包括脉络膜前动脉。

## 小脑后下动脉动脉瘤

在处理远端与小脑扁桃体粘连的小脑后下动脉瘤时严禁用力牵拉小脑。指向前方、更靠近小脑后下动脉近端的动脉瘤可能与斜坡硬膜粘连，对它们的操作容易导致动脉瘤底部撕裂。

由于小脑后下动脉的血管直径很小，瘤颈撕裂就将显著的影响小脑后下动脉的通畅性。在此情况下，前述的棉片辅助塑性夹闭技术可用于挽救小脑后下动脉。同样地，垂直于小脑后下动脉施放动脉瘤夹也可能导致载瘤动脉狭窄闭塞或动脉瘤夹闭不全。

## 点睛之笔

**施放动脉瘤夹前的 IOR 常见原因包括：**

1. 不加选择地钝性分离，及过度的术中脑牵拉；
2. 利用钝头剥离子在瘤周盲目分离，术者无法准确的识别瘤周血管解剖结构；
3. 在没有足够显露的情况下，“盲”夹动脉瘤。换句话说，寄希望于用瘤夹叶片来分离暴露动脉瘤颈从而完成夹闭。在面对搏动的瘤囊，高度紧张的术者虽然试图避免 IOR，但过早地施放永久夹；
4. 在术中未临时阻段载瘤动脉前过于激进地处理张力较高的动脉瘤；

5.载瘤动脉临时阻断不完全，通常由于临时阻断夹未能完全跨过载瘤动脉，或粥样硬化斑块而引起临时阻断夹无法完全闭合导致。

### **处理：**

1. 术中仔细辨认局部血管解剖结构，可以使术者在有所准备的情况下，自动脉瘤近端向远端游离，逐步暴露动脉瘤。
2. 临时阻断载瘤动脉可使得瘤颈获得充分的游离和显露，从而更加从容精准的施放永久夹。
3. 在临时阻断后，必须先确认瘤内压下降（例如通过轻柔的推挤瘤壁观察其塌陷程度），才能对动脉瘤进行进一步操作。
4. 如果在 IOR 发生时，无法看清瘤颈远端且夹闭瘤颈无法彻底止血，需怀疑是否存在瘤颈撕裂，此时进行临时阻断和彻底探查很有必要。

### **动脉瘤夹闭过程中发生 IOR 的常见原因包括：**

- 1.部分夹闭会导致动脉瘤瘤内压骤然增高引起破裂出血.
2. 动脉瘤顶有可能与周围的脑组织粘连。在施放瘤夹过程中，对瘤顶的牵拉可能导致 IOR，或使瘤夹叶片难以完全闭合。
3. 瘤颈处的粥样硬化斑块可能会导致夹闭不全或 IOR。

4. 在夹闭动脉瘤时，夹闭方向尽可能平行于载瘤动脉长轴，尤其是直接起源于颈内动脉的动脉瘤。垂直方向的夹闭可能会导致瘤夹叶片闭合不充分或迟发的瘤夹移位。

## 处理：

1. 在施放瘤夹前彻底地检查动脉瘤及瘤周的解剖结构至关重要。
2. 在处理大的动脉瘤的过程中，仔细地解剖及暴露瘤体和瘤顶，对减少夹闭时过度的瘤顶牵拉非常重要。
3. 对于伴有粥样硬化的宽颈动脉瘤，需事先考虑和准备利用串联夹闭技术以避免夹闭不全。

## 总结

在 IOR 发生时，术者应该同时使用两把吸引器来吸净视野的血液以便于清楚地暴露出血部位，而后就可改用一把吸引器置于出血点保持术野清晰。

在保持正常血压的状态下，临时对载瘤动脉近端和远端进行阻断和使用脑保护药物，可使得术者能够继续进行锐性分离。这样，就能够更精准地探查出血究竟来自瘤颈、载瘤动脉还是重要的毗邻穿支血管。

如果夹闭后仍然有少量出血，此时应先检查瘤夹叶片是否已完全跨过动脉瘤颈。如果是，需考虑存在瘤颈处粥样硬化或钙化导致夹闭合不全的可能。

串联夹闭技术，即利用一枚开窗夹和直夹进行串联夹闭，可用于保证动脉瘤夹闭完全。在靠近瘤夹叶片近端的斑块可能导致瘤颈远端闭合不全，在此情况下，可采用一枚开窗夹跨过斑块，夹闭远端瘤颈。

如果首枚动脉瘤夹叶片过短，可先用一枚更长的瘤夹串联重叠夹闭，再将第一枚瘤夹去除并将第二枚瘤夹调整至瘤颈近端以完全覆盖瘤颈。如瘤夹完全闭合后出现大量出血需怀疑颈部撕裂的可能，需考虑采用局部临时阻断和棉片辅助塑性夹闭技术进行处理。

## 个人体会

IOR 是可以预防的并发症，但是如果术者不能充分理解发生原因及处理措施，结局也可能是灾难性的。对动脉瘤本身及瘤周动脉解剖结构的正确认识是预防和治疗 IOR 的关键因素。

最重要的是，在遇到 IOR 时术者切忌盲目地去夹闭动脉瘤来止血。通常引起患者死亡和其它并发症的原因不是 IOR 本身，而是术者接下来的处理方式，其决定了患者的预后的好坏。最后需要指出的是，IOR 相关的主要并发症通常是术者在出血汹涌、且未能获得充分显露的情况下，过早的尝试永久夹闭，导致周边血管神经的损伤而引起的。

感谢：Albert J. Schuette, MD, and Daniel L. Barrow, MD

注意：这篇文章已经被修改后发表：S Schuette AJ , Barrow DL, Cohen-Gadol AA. strategies to minimize complications during intraoperative aneurysmal hemorrhage: A personal experience. World Neurosurg 2015; 83(4):620-626.

( 编译：窦宁宁；审校：宋剑平 )

DOI : <https://doi.org/10.18791/nsatlas.v3.ch01.19>

中文版链接：<http://www.medtion.com/atlas/2225.jsp>

## 参考文献

Batjer H, Samson D. Intraoperative aneurysmal rupture: Incidence, outcome, and suggestions for surgical management. Neurosurgery. 1986;18(6):701-707.

Fridriksson S, Saveland H, Jakobsson KE, et al. Intraoperative complications in aneurysm surgery: A prospective national study. J Neurosurg. 2002;96(3):515-522.

Giannotta SL, Oppenheimer JH, Levy ML, Zelman V. Management of intraoperative rupture of aneurysm without hypotension. Neurosurgery. 1991;28(4):531-535; discussion 535-536.



Leipzig TJ, Morgan J, Horner TG, Payner T, Redelman K, Johnson CS. Analysis of intraoperative rupture in the surgical treatment of 1694 saccular aneurysms. *Neurosurgery*. 2005;56(3):455-468; discussion 455-468.

Wong JM, Ziewacz JE, Ho AL, et al. Patterns in neurosurgical adverse events: Open cerebrovascular neurosurgery. *Neurosurg Focus*. 2012;33(5):E15.

Lawton MT, Du R. Effect of the neurosurgeon's surgical experience on outcomes from intraoperative aneurysmal rupture. *Neurosurgery*. 2005;57(1):9-15; discussion 19-15.

Sandalcioglu IE, Schoch B, Regel JP, et al. Does intraoperative aneurysm rupture influence outcome? Analysis of 169 patients. *Clin Neurol Neurosurg*. 2004;106(2):88-92.

Schramm J, Cedzich C. Outcome and management of intraoperative aneurysm rupture. *Surg Neurol*. 1993;40(1):26-30.

Elijovich L, Higashida RT, Lawton MT, Duckwiler G, Giannotta S, Johnston SC. Predictors and outcomes of intraprocedural rupture in

patients treated for ruptured intracranial aneurysms: The CARAT study. *Stroke*. 2008;39(5):1501-1506.

Wong JM, Ziewacz JE, Panchmatia JR, et al. Patterns in neurosurgical adverse events: Endovascular neurosurgery. *Neurosurg Focus*. 2012;33(5):E14.

Ogawa A, Sato H, Sakurai Y, Yoshimoto T. Limitation of temporary vascular occlusion during aneurysm surgery. Study by intraoperative monitoring of cortical blood flow. *Surg Neurol*. 1991;36(6):453-457.

Horiuchi T, Rahmah NN, Yanagawa T, Hongo K. Revisit of aneurysm clip closing forces: Comparison of titanium versus cobalt alloy clip. *Neurosurg Rev*. 2013;36(1):133-138.

Barrow DL, Spetzler RF. Cotton-clipping technique to repair intraoperative aneurysm neck tear: A technical note. *Neurosurgery*. 2011;68(2 Suppl Operative):294-299; discussion 299.