

## 心脑血管疾病

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.001760

## 脉络膜前动脉动脉瘤夹闭术后缺血并发症的相关研究进展

向 祥,何朝晖

(重庆医科大学附属第一医院神经外科,重庆 400016)

**【摘要】**脉络膜前动脉动脉瘤临床上较少见,发生率占颅内动脉瘤的 2%~5%,破裂率为 26.7%。由于脉络膜前动脉管径相对狭小、解剖结构复杂、手术夹闭治疗难度大、风险高,且术后并发症较常见。其中,最常见的并发症为脉络膜前动脉狭窄或闭塞造成的脉络膜前动脉综合征,严重影响患者神经功能的恢复。本文拟通过文献回顾,对脉络膜前动脉动脉瘤夹闭术后缺血并发症的诱因及预防保护措施进行综述。

**【关键词】**脉络膜前动脉动脉瘤;脉络膜前动脉综合征;术后缺血;预防

**【中图分类号】**R743.3

**【文献标志码】**A

**【收稿日期】**2018-03-11

Research progress of clip-induced ischemic complication  
of anterior choroidal artery aneurysms

Xiang Xiang, He Zhaohui

(Department of Neurosurgery, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

**【Abstract】**Anterior choroidal artery aneurysms (AChAAs) are rare in clinic, accounting for 2% to 5% of all intracranial aneurysms, and the rupture rate is 26.7%. Because of the complex anatomical structure and the relatively smaller diameter of the anterior choroidal artery (AChA), the surgical operation is difficult and high-risked. Often the postoperative complications are present, among which, the most common one is the AChA syndrome caused by the stenosis or obstruction of the AChA. The syndrome can severely affect the post-

operative recovery of patients' neurological functions. Through

reviewing the previous literature, this study aimed at making a

clue for the inducing factors of clip-induced ischemic compli-

cations of AChAAs and their prevention approaches.

**【Key words】**anterior choroidal artery aneurysms; anterior cho-

roidal artery syndrome; postoperative ischemia; prevention

Physiol, 2013, 304(7):H1010-1022.

[33] Hoffman NE, Miller BA, Wang J, et al.  $Ca^{2+}$  entry via Trpm2 is essential for cardiac myocyte bioenergetics maintenance[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2015, 308(6):H637-650.

[34] Shan D, Marchase RB, Chatham JC. Overexpression of TRPC3 increases apoptosis but not necrosis in response to ischemia-reperfusion in adult mouse cardiomyocytes[J]. Am J Physiol Cell Physiol, 2008, 294(3):C833-841.

[35] He X, Li S, Liu B, et al. Major contribution of the 3/6/7 class of TRPC channels to myocardial ischemia/reperfusion and cellular hypoxia/reoxygenation injuries[J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2017, 114(23):E4582-4591.

[36] Rath G, Saliez J, Behets G, et al. Vascular hypoxic preconditioning relies on TRPV4-dependent calcium influx and proper intercellular gap junctions communication[J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2012, 32(9):2241-2249.

[37] Ding H, Lin YX, Shen QW, et al. Research progress of TRPV4 and cerebral ischemic reperfusion injury[J]. Acta Physiologica Sinica,

2015, 67(5):527-532.

[38] Ryskamp DA, Witkovsky P, Barabas P, et al. The polymodal ion channel transient receptor potential vanilloid 4 modulates calcium flux, spiking rate, and apoptosis of mouse retinal ganglion cells[J]. J Neurosci, 2011, 31(19):7089-7101.

[39] Karwi QG, Bornbaum J, Boengler K, et al. AP39, a mitochondria-targeting hydrogen sulfide ( $H_2S$ ) donor, protects against myocardial reperfusion injury independently of salvage kinase signalling[J]. Br J Pharmacol, 2017, 174(4):287-301.

[40] Bazargan M, Faghihi M, Chitsaz M. Importance of timing of magnesium administration in the isolated ischemic-reperfused rat heart: role of KATP channels[J]. Physiol Res, 2008, 57(6):839-846.

[41] Chanoit G, Lee S, Xi J, et al. Exogenous zinc protects cardiac cells from reperfusion injury by targeting mitochondrial permeability transition pore through inactivation of glycogen synthase kinase-3 $\beta$  [J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2008, 295(3):H1227-1233.

(责任编辑:方 济)

## 1 脉络膜前动脉的解剖特征

脉络膜前动脉动脉瘤(anterior choroidal artery aneurysms, AChAAs)是指起源于脉络膜前动脉(anterior choroidal artery, AChA)起始处至颈内动脉(internal carotid artery, ICA)终末段的动脉瘤,其载瘤动脉 AChA 是 ICA 的重要分支血管之一。通常情况下, AChA 发自 ICA 的后外侧,距后交通动脉约 3.2 mm,距颈动脉分叉处 5.2~5.6 mm;该动脉发出后沿脚间池和视交叉向后走行,经环池进入脉络膜裂,终于同侧侧脑室下角脉络丛组织。尽管 AChA 管径狭小,平均直径仅 0.7 mm 左右,但其在维持大脑重要功能区血供中具有不可替代的作用。血管造影分析发现,排除个体差异及血管变异等情况, AChA 终支主要供给内囊后肢后 2/3、苍白球、视辐射区的起始部、外侧膝状体和大脑脚中 1/3<sup>[1-4]</sup>。

由于 AChA 行程长而弯曲、穿支动脉缺乏有效侧支循环,在动脉瘤显露或夹闭过程中造成的机械性牵拉或穿支血管损伤或误夹,都将导致 AChA 发生痉挛、狭窄,甚至闭塞,从而引起相应的供血区脑梗死,临床上主要表现为对侧肢体偏瘫、偏身感觉障碍及对侧同向性偏盲的三偏综合征,即脉络膜前动脉综合征(AChA syndrome),其发生率在 5.3%~15.7%<sup>[5]</sup>,严重影响患者神经功能恢复和生存质量。

## 2 脉络膜前动脉动脉瘤夹闭术后缺血事件的相关影响因素

1968 年,Drake 等<sup>[2]</sup>率先对 AChAAs 术后缺血并发症进行了报道,6 例手术治疗的破裂的 AChAAs 患者中,1 例发生了手术相关缺血事件。本文拟综合回顾既往文献,从动脉瘤相关因素、手术及术后因素三方面,对 AChAAs 夹闭术后缺血并发症的诱发因素进行阐述。

### 2.1 动脉瘤相关因素

2.1.1 动脉瘤分型 AChAAs 的分型方式主要包括以下 2 种:①Cho 等<sup>[6]</sup>将 AChAAs 分为 A、J 和 I 型, A 型指完全起自 AChA 的动脉瘤, J 型指动脉瘤位于 AChA 和 ICA 的交界处, I 型指动脉瘤完全位于 ICA, 临近 AChA 却不与之相连。他们的研究发现, 3 种类型的 AChAAs 中, A、J 型 AChAAs 术后缺血事件的发生率更高。②Li 等<sup>[7]</sup>采取较简易的分类方法, 将其分为瘤颈完全位于 ICA 的 I 类, 以及瘤颈部分或者完全位于 AChA 的 II 类(即 Cho 等<sup>[6]</sup>报道的 A 型和 J 型); 结果同样发现, 当动脉瘤瘤颈完全或部分位于 AChA 时, 术后更容易发生缺血事件。这可能与术中显露及夹闭动脉瘤过程中更容易损伤 AChA 及其穿支血管有关。

2.1.2 动脉瘤大小及形状 当动脉瘤体积较小时, 术中发生

动脉瘤破裂或损伤载瘤动脉的概率更大, 该观点被广大手术医生普遍接受。与其他位置的动脉瘤相比, AChAAs 体积较小, 直径小于 10 mm 的该类动脉瘤占有 AChAAs 的 81.6%~92%<sup>[6,8]</sup>。Cho 等<sup>[6]</sup>研究认为, 当 AChAAs 直径小于 5 mm 时, 更容易出现术后缺血事件; 这可能与微小动脉瘤夹闭后, 瘤夹挤压造成的血管管径变窄有关。André 等<sup>[9]</sup>研究发现, 术后发生严重缺血并发症的患者, 其 AChAAs 的体积更小, 进一步证实了 AChAAs 体积与术后缺血事件的发生率密切相关。另外, 该团队还提出多分叶状形态的 AChAAs, 术后发生缺血事件的可能性更大(37% vs. 8%,  $P=0.04$ ), 其原因可能与夹闭过程中瘤颈显露困难有关。

2.1.3 动脉瘤破裂与否 Cho 等<sup>[6]</sup>通过随访 53 名 AChAAs 患者的临床数据, 发现 26 例破裂及 27 例未破裂动脉瘤患者中, 分别有 5 例和 7 例合并术后缺血并发症, 但两者间差异并无统计学意义。Furtado 等<sup>[10]</sup>综合评估了 13 例行 AChAAs 夹闭术患者的术前一般资料, 发现 Fisher 评分(group C score=1 且 group D score > 1,  $P=0.55$ )并不能预测术后缺血事件的发生。Bohnstedt 等<sup>[11]</sup>回顾性分析 127 例 AChAAs 患者术前 Hunt-Hess 评分, 发现缺血组平均评分为 2.00, 而非缺血组为 1.99, 结果也无统计学意义。此外, André 等<sup>[9]</sup>研究发现, 2 例术前存在对侧肢体偏瘫及 1 例合并构音障碍的患者, 经手术治疗后, 上述局灶性神经功能缺失逐渐好转, 提示术前局灶性神经功能障碍与术后缺血事件无明确相关性。综上可知, AChAAs 是否破裂、破裂出血导致的 SAH 的严重程度以及术前的临床表现等与术后缺血事件的发生无显著相关性。

### 2.2 手术相关因素

开颅夹闭 AChAAs 过程中, 术者在显露瘤颈时, 过度牵拉载瘤动脉, 以及在置入瘤夹时, 过度夹闭载瘤动脉或误夹闭穿支血管, 均可诱发术后缺血事件, 引起早期 AChA 综合征。此外, Bohnstedt 等<sup>[11]</sup>通过比较术中临时阻断次数与术后缺血事件的相关性, 发现缺血组平均阻断 2.56 次, 非缺血组仅阻断 1.51 次, 两组间差异具有统计学意义( $P=0.007$ ), 提示术后缺血并发症的发生还与术中临时阻断次数密切相关。

### 2.3 术后因素

对于术后迟发性缺血事件的发生, 可能与以下因素有关: ①术后血压偏低导致的侧支循环灌注不全。当 AChA 突然受损时, 侧支循环的代偿作用足以预防缺血事件立即发生, 当脑灌注压长时间降低, 无法继续维持侧支循环的有效灌注压时, 将诱发亚急性脑缺血缺氧、局部酸中毒、毛细血管灌注不足等, 最终导致细胞毒性脑水肿。Bohnstedt 等<sup>[11]</sup>研究发现, 122 例接受开颅夹闭手术的 AChAAs 患者中, 15 例(12%)发生术后缺血事件, 其中 8 例在复查脑血管造影时, 发现 AChA 存在持续稳定的血流, 提示术后缺血的发生可能与 AChA 不完全闭塞、血管痉挛、血栓形成或一过性灌注不足等密切

相关。此外,血流动力学的改变和血管活性药物的使用,也可能影响临近血管及侧支循环的代偿功能,但目前研究并未发现其与术后缺血事件存在显著相关性。②术区脑水肿致瘤夹移位。Jonathan 案例中 1 名二次手术患者发现动脉瘤夹缠绕 AChA 致其闭塞,术后大脑的回缩或者局部的脑水肿,有很大可能使动脉瘤夹发生移位扭转等与 AChA 缠绕而使其闭塞<sup>[2,12-14]</sup>。

### 3 脉络膜前动脉动脉瘤夹闭术后缺血事件的预防及治疗措施

#### 3.1 脉络膜前动脉动脉瘤瘤颈夹闭术中操作

由于 AChAAs 夹闭手术难度大、风险高、术后缺血并发症发生率较高,手术医生必须从术前准备、术中操作及术后治疗这三方面做好详细规划:①术前仔细阅读影像学资料,明确动脉瘤与载瘤动脉及毗邻血管的关系,及时发现 AChA 是否存在变异,从而制定一套详细缜密的个性化手术方案。②术中经常规翼点入路,从大脑外侧裂进入 ICA 分叉处,仔细解剖路径中的蛛网膜,充分显露动脉瘤、ICA、AChA 和后交通动脉。因 AChA 对局部血流动力学改变极为敏感,轻微的血流动力学改变即可诱发微血栓形成,导致术后出现缺血并发症,故术中显微操作务必轻柔,切勿过度牵拉载瘤动脉及毗邻血管,避免损伤或误夹闭穿支血管。若术中发现 AChA 被动脉瘤遮挡,无法充分显露,为避免动脉瘤未成熟破裂,术者可临时阻断 ICA,在动脉瘤体积逐渐缩小后,适当钝性分离载瘤动脉以完全显露动脉瘤颈。③在放置动脉瘤夹时,术者需最大限度保护载瘤动脉及其穿支血管。若 AChA 起点位于动脉瘤下方,瘤夹应垂直于 ICA 放置,并保持瘤夹近端适当远离 AChA 起始处,远端尽可能靠近 ICA;若 AChA 起始处位于动脉瘤后方,术者可选用直夹垂直于 ICA,并倾斜一定的角度夹闭动脉瘤,以避免 AChA 起始处;若动脉瘤体积巨大时,术者可使用神经内镜辅助夹闭,以便于更加清晰地观察动脉瘤与周围组织的解剖关系,以及分离出瘤夹置入空间。最后,在夹闭动脉瘤时需同时兼顾充分夹闭瘤颈,并最大限度地保持 ICA 和 AChA 的通畅性。如果动脉瘤瘤顶贴附于动眼神经上,术者可在夹闭动脉瘤后,利用显微手术剪将动脉瘤剪破以减轻瘤体对神经的压迫作用,但不能强行将其与动眼神经分离,造成动眼神经损伤。④为减少瘤夹移位造成术后缺血事件的发生,在能够充分夹闭瘤颈的情况下,术者可选用较轻巧和短小的动脉瘤夹。最后,在移除脑叶牵开器时,术者必须观察动脉瘤瘤夹的位置并再次确认 AChA 及其穿支血管的通畅<sup>[15]</sup>。

#### 3.2 脉络膜前动脉动脉瘤瘤颈夹闭术中监测

除了精细的手术操作外,合理应用术中监测技术同样有助于减少术后并发症的发生。微血管多普勒超声、运动诱发

电位及吲哚菁绿等相关术中监测手段已逐渐应用于临床,并已取得良好的效果。Shibata 等<sup>[16]</sup>应用微血管多普勒超声对 AChAAs 夹闭过程进行实时监测,当其观察到多普勒波形不完整时(提示 AChA 出现狭窄或者闭塞),立即对瘤夹位置进行调整,最终使术后 AChA 综合征的发生率由 16%降低至 5%。Suzuki 等<sup>[17]</sup>对 108 名 AChAAs 手术患者行前瞻性研究,发现当皮层诱发电位(MEP)波形消失和(或)MEP 振幅下降超过 50%,且至少连续出现 3 次时,常提示载瘤动脉血流异常。由此,他们对 20 例波形异常改变的患者及时进行瘤夹调整,最终仅 1 例发生术后永久偏瘫,大大降低了术后并发症的发生率。吲哚菁绿荧光造影是近年来用于术中评估载瘤动脉通畅性的新技术,能更直观地显示夹闭前、后载瘤动脉、穿支动脉及毗邻血管的即时血流动力学信息,为术中放置和调整动脉瘤夹提供更直接的证据。吲哚菁绿造影操作简便,经外周静脉即可给药,显影时间只需要 2 min,且整个操作流程可间隔 15 min 重复操作。因此,术者可间断、反复探查夹闭前后载瘤动脉及穿支血管等通畅程度,并不断调整动脉瘤夹位置,以最大限度避免载瘤动脉的过度夹闭和误夹闭,从而避免术后缺血事件的发生<sup>[7]</sup>。然而,部分研究发现,即使通过以上监测技术及时发现术中载瘤动脉狭窄或闭塞,并及时完成动脉瘤夹位置的调整,术后缺血事件仍不能被完全消除,尤其是当动脉瘤完全起自 AChA 时,这提醒术者在处理该类动脉瘤时,需更加谨慎。

近年来,术中神经电生理监测(intraoperative neuromonitoring, IONM)发展迅速<sup>[18]</sup>,其中主要通过结合皮质运动及躯体感觉诱发电位(somatosensory evoked potentials, SSEPs),全面有效地评估动脉瘤夹闭术中载瘤动脉及其穿支血管的通畅性,降低了术后缺血事件的发生。Staarmann 等<sup>[19]</sup>回顾性分析了 123 例运用 SSEPs 和经颅 MEPs 等多重 IONM 手段夹闭动脉瘤的患者,发现当 IONM 指标振幅改变超过 50%,并持续超过 60 min,提示术后可能出现缺血事件。最终 MEPs 和 SSEPs 成功预测了 3 例术后缺血事件的发生(敏感性 100%)。但考虑到 IONM 指标发生上述变化的例数不多,且可能随着 IONM 模式的改变,出现不同的结果。因此,多重 IONM 手段在动脉瘤夹闭中的应用仍需要多中心进一步研究和探索。

#### 3.3 脉络膜前动脉动脉瘤瘤颈夹闭术后治疗措施

患者行 AChAAs 夹闭术后,需根据其病情变化及时复查头颅 CT 甚至全脑血管造影术,进而明确是否有缺血事件发生。针对已发生缺血事件的患者,术后治疗方案的选择,主要与其发生缺血的直接因素有关。若患者术后立即出现 AChA 综合征,且脑血管造影明确提示 AChA 与瘤夹相互缠绕,则需要立即手术调整瘤夹位置,以期恢复 AChA 血供。同时,术后采取“3H”(hypertension, hypervolemia and hemodilution)治疗适当升高血压、补充血容量及血液稀释等措施,有助于维



持有效的脑灌注压及血容量,可降低由脑灌注压不足造成的缺血发生率。另外,若患者出现偏瘫等肢体运动功能障碍,早期运动功能康复锻炼对患者术后的恢复也有一定的帮助。而对于术中动脉瘤破裂、术区出血量大、手术操作刺激等因素引起术后严重脑血管痉挛的患者,还需加强抗血管痉挛治疗,以此预防和减轻迟发性缺血性神经功能障碍<sup>[7,9,12]</sup>。

#### 4 小结

综上所述,影响 AChAAs 夹闭术后缺血并发症发生的因素很多。当动脉瘤完全位于 AChA、直径小于 5 mm 或瘤体呈分叶状,术后并发缺血事件的风险越高。术中临时阻断次数、误夹闭塞载瘤动脉或穿支血管、术中或术后血栓形成、术区脑水肿、血管痉挛和瘤夹移位均是缺血事件发生的因素。因此,在处理该类动脉瘤时,术前详细的影像学评估、娴熟的手术技巧和完善的术中监测,有助于降低术后缺血并发症的发生。此外,术后积极复查影像学资料,采取相应保护性个体化治疗措施,可进一步改善患者的预后。

#### 参 考 文 献

- [1] Imizu S, Kato Y, Sangli A, et al. Assessment of incomplete clipping of aneurysms intraoperatively by a near-infrared indocyanine green-video angiography (Niicg-Va) integrated microscope[J]. Minim Invasive Neurosurg, 2008, 51(4): 199-203.
- [2] Drake CG, Vanderlinden RG, Amacher AL. Carotid-choroidal aneurysms[J]. J Neurosurg, 1968, 29(1): 32-36.
- [3] Yasargil MG, Yonas H, Gasser JC. Anterior choroidal artery aneurysms: their anatomy and surgical significance[J]. Surg Neurol, 1978, 9(2): 129-138.
- [4] Senturk C, Bandeira A, Bruneau M, et al. Endovascular treatment of anterior choroidal artery aneurysms[J]. J Neuroradiol, 2009, 36(4): 228-232.
- [5] Furtado SV, Venkatesh PK, Hegde AS. Neurological complications and surgical outcome in patients with anterior choroidal segment aneurysms[J]. Int J Neurosci, 2010, 120(4): 291-297.
- [6] Cho MS, Kim MS, Chang CH, et al. Analysis of clip-induced ischemic complication of anterior choroidal artery aneurysms[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2008, 43(3): 131-134.
- [7] Li J, Mukherjee R, Lan Z, et al. Microneurosurgical management of anterior choroidal artery aneurysms: a 16-year institutional experience of 102 patients[J]. Neurol Res, 2012, 34(3): 272-280.
- [8] Kim BM, Kim DI, Chung EC, et al. Endovascular coil embolization for anterior choroidal artery aneurysms[J]. Neuroradiology, 2008, 50(3): 251-257.
- [9] André A, Boch AL, Maria FD, et al. Complication risk factors in anterior choroidal artery aneurysm treatment[J]. Clin Neuroradiol, 2017 [Epub ahead of print].
- [10] Furtado SV, Venkatesh PK, Hegde AS. Neurological complications and surgical outcome in patients with anterior choroidal segment aneurysms[J]. Int J Neurosci, 2010, 120(4): 291-297.
- [11] Bohnstedt BN, Kemp WJ 3rd, Li Y, et al. Surgical treatment of 127 anterior choroidal artery aneurysms: a cohort study of resultant ischemic complications[J]. Neurosurgery, 2013, 73(6): 933-940.
- [12] Friedman JA, Pichelmann MA, Piepgras DG, et al. Ischemic complications of surgery for anterior choroidal artery aneurysms[J]. J Neurosurgery, 2001, 94(4): 565-572.
- [13] Vergouwen MD, Vermeulen M, van Gijn J, et al. Definition of delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage as an outcome event in clinical trials and observational studies: proposal of a multidisciplinary research group[J]. Stroke, 2010, 41(10): 2391-2395.
- [14] Vergouwen MD, Ilodigwe D, Macdonald RL. Cerebral infarction after subarachnoid hemorrhage contributes to poor outcome by vasospasm-dependent and -independent effects[J]. Stroke, 2011, 42(4): 924-929.
- [15] Lee YS, Park J. Anterior choroidal artery aneurysm surgery: ischemic complications and clinical outcomes revisited[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2013, 54(2): 86-92.
- [16] Shibata Y, Fujita S, Kawaguchi T, et al. Use of microvascular Doppler sonography in aneurysm surgery on the anterior choroidal artery[J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2000, 40(1): 30-35.
- [17] Suzuki K, Kodama N, Sasaki T, et al. Intraoperative monitoring of blood flow insufficiency in the anterior choroidal artery during aneurysm surgery[J]. J Neurosurg, 2003, 98(3): 507-514.
- [18] Grasso G, Landi A, Alafaci C. Multimodal intraoperative neuromonitoring in aneurysm surgery[J]. World neurosurg, 2017(101): 763-765.
- [19] Staarmann B, O'Neal K, Magner M, et al. Sensitivity and specificity of intraoperative neuromonitoring for identifying safety and duration of temporary aneurysm clipping based on vascular territory, a multimodal strategy[J]. World Neurosurg, 2017(100): 522-530.

(责任编辑:冉明会)