

# 吲哚菁绿荧光造影在颅内动脉瘤夹闭术中的应用体会

翁挠南 张建王 陈圳清 苏志民 陈建才

(福建省泉州市安溪县医院 福建泉州 362400)

**【摘要】**目的 探讨颅内动脉瘤夹闭术中吲哚菁绿荧光造影的使用效应。方法 回顾2019年08月至2022年12月我科收治的破裂颅内动脉瘤病例40例,随机分为两组,每组20例,治疗组在开颅夹闭过程中采取吲哚菁绿荧光造影检查,对照组单纯采取夹闭手术治疗,两组病例术后均复查头部CTA,治疗组评价术中最后一次吲哚菁绿荧光造影(ICGA)与术后CTA结果的吻合程度,分析比较两组病例的动脉瘤颈残留率、载瘤动脉狭窄率、术后脑梗死发生率。结果 治疗组术中最后一次吲哚菁绿荧光造影(ICGA)与术后CTA影像结果高度吻合;治疗组与观察组的载瘤动脉狭窄率、瘤颈残留率没有统计学意义,术后脑梗死发生率有统计学意义。结论 吲哚菁绿荧光造影能动态显示颅内动脉瘤形态及其与周围血管的关系,可靠性与CTA相近,能有效保护穿支小动脉,且可短时间内反复操作,即时,安全便捷,费用低。

**【关键词】**吲哚菁绿; 荧光造影; 颅内动脉瘤

## Application of fluorescent graphy in intracranial aneurysms

Weng naonan, Zhang Jianwang, Chen Zhenqing, Su Zhimin, Chen Jiancai

(Anxi County Hospital, Quanzhou City, Fujian Province, Quanzhou City, Fujian Province 362400)

**[Abstract]** Objective To investigate the effect of indocyanine green fluorescence contrast in intracranial aneurysm clipping. Methods A total of 40 cases of ruptured intracranial aneurysm admitted to our department from August 2019 to December 2022 were randomly divided into two groups with 20 cases in each group. The treatment group received indocyanine green fluoroscopy during craniotomy, while the control group received only clipping surgery. In the treatment group, the degree of anastomosis between the last intraoperative indocyanine green fluorescence angiography (ICGA) and postoperative CTA results was evaluated, and the residual rate of aneurysm neck, the rate of carrier artery stenosis and the incidence of postoperative cerebral infarction were analyzed and compared between the two groups. Results The last indocyanine green fluorescence angiography (ICGA) in the treatment group was highly consistent with the results of postoperative CTA imaging. The incidence of postoperative cerebral infarction was statistically significant between the treatment group and the observation group. Conclusions indocyanine green fluorescence angiography can dynamically display the cerebral aneurysm morphology and its relationship with the surrounding vessels. The reliability of indocyanine green fluorescence angiography is similar to that of CTA. It can effectively protect the perforating arterioles and can be performed repeatedly in a short time, safe and convenient, low cost.

**[keywords]** indocyanine green; fluoroscopy; cerebral aneurysm

自发性蛛网膜下腔出血的出血原因有多种,明确出血原因需行脑血管造影检查,其中70%~80%为颅内动脉瘤破裂出血,病情严重程度目前常按 Hunt-Hess 标准分级,1~2级主张尽早明确诊断,尽早手术治疗,开颅夹闭术或介入栓塞术可供患者及家属选择,两种手术方式各有优缺点,遵循个体化治疗原则,一般认为后循环动脉瘤首选介入手术。在颅内动脉瘤夹闭术中,尤其在处理复杂动脉瘤时,常出现瘤颈夹闭不全、载瘤动脉狭窄、周围穿支动脉闭塞等并发症,并发症发生率与术者息息相关,但也可以通过引入一些辅助技术来减少这些并发症。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾2019年08月至2022年12月我科收治的破裂颅内动脉瘤病例40例,随机分为两组,每组20例,治疗组在开颅夹闭手术过程中采取吲哚菁绿荧光造影检查,对照组单纯采取夹闭手术治疗。

对照组:本组病例20个,共有21枚动脉瘤,其中大脑前或前交通动脉瘤8例,后交通动脉瘤7例,大脑中动脉瘤6例,多发动脉瘤1例(右后交通及右大脑前动脉各有1枚动脉瘤);入院时根据 Hunt-hess 分级:1级2例、2级10例、

3级2例、4级5例、5级1例;男性7例,女性13例;平均年龄52岁。

治疗组:本组病例20个,共有21枚动脉瘤,其中大脑前或前交通动脉瘤7例,后交通动脉瘤6例,大脑中动脉瘤8例,多发动脉瘤1例(前交通及左大脑中动脉各有1枚动脉瘤);入院时根据 Hunt-hess 分级:1级1例、2级10例、3级2例、4级3例、5级4例;男性8例,女性12例;平均年龄55岁。

两组病例在动脉瘤类型、Hunt-hess 分级、性别、年龄等方面比较差异均无统计学意义。

### 1.2 手术方式及术中 ICGA

所选病例手术均使用 ZEISS OPMI PENTERO 800 显微镜完成,患者气静复合麻醉成功后,摆好体位,术区常规消毒铺巾,分离暴露动脉瘤、载瘤动脉及动脉瘤周围血管。对照组:选择相应的手术入路,常规开颅动脉瘤夹闭术,术中未进行吲哚菁绿荧光造影(ICGA)。治疗组:分别在动脉瘤夹闭前、夹闭后或调整后进行 ICGA,具体操作如下:将25 mg 吲哚菁绿(ICG)溶解于灭菌生理盐水稀释成5 mg/ml,按每公斤体重相当于0.5 mg 的 ICG 溶液静脉缓慢推注(5~10s),将显微镜调至荧光造影模式(Fluorescence),静注后2~3 min 即可明显显影,观看显示屏上的荧光造影视频,判断动脉瘤夹闭情况,并可以保存视频及重复播放,间

隔时间>20 min 再进行下一次 ICGA。

### 1.3 术后治疗

术后 24 小时内常规行头颅 CT 复查, 48 小时内复查头部 CTA, 给予降颅压、营养神经、补液扩容、预防脑血管痉挛、预防癫痫及支持对症等治疗, 注意神志瞳孔及生命征变化, 注意尿量变化, 并根据病情变化动态复查头颅 CT、CTA。

### 1.4 评价标准

比较两组病例的瘤颈残留率、载瘤动脉狭窄率及术后脑梗死发生率; 比较治疗组术中最后一次荧光造影与术后 CTA 影像结果的吻合程度。

### 1.5 统计学分析

采用 SPSS17.0 软件分析, 两组计数资料[n(%)]使用  $\chi^2$  检验, 以  $P < 0.05$  为差异显著。

## 2 结果

对照组: 术后头颅 CTA 复查结果提示, 瘤颈残留 2 例, 载瘤动脉狭窄 3 例, 出现脑梗死 8 例, 其中尾状核头梗死 5 例, 直回梗死 4 例, 内囊前肢梗死 2 例, 丘脑梗死 1 例。

治疗组: 术后头颅 CTA 复查结果提示, 瘤颈残留 1 例, 载瘤动脉狭窄 1 例, 出现脑梗死 2 例, 其中尾状核头梗死 1 例, 内囊后肢梗死 1 例; 本组病例术中动脉瘤首次夹闭后荧光造影, 共发现有 2 例载瘤动脉狭窄、3 例瘤颈残留, 给予调整瘤夹后再次荧光造影, 造影结果提示达到理想夹闭状态。

两组病例的瘤颈残留率、载瘤动脉狭窄率等两方面比较, 差异均无统计学意义 (见表 1); 两组病例的术后脑梗死发生率比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ) (见表 1); 比较治疗组术中最后一次荧光造影结果与术后 CTA 影像结果的瘤颈残留率及载瘤动脉狭窄率, 差异均无统计学意义 (见表 2)。

表 1 治疗组与观察组两组病例的各因素比较

Tab.1 Comparison of various factors between the treatment group and the observation group

比较因素		观察组	治疗组	P
载瘤动脉	狭窄	3	1	$P > 0.2$
	无狭窄	17	19	
瘤颈	残留	2	1	$P > 0.5$
	无残留	18	19	
穿支动脉	有脑梗死	8	2	$P < 0.05$
	无脑梗死	12	18	

表 2 治疗组术中最后一次荧光造影与术后 CTA 影像的各因素比较

Tab.2 In the treatment group, the factors of the last intraoperative fluorescein angiography and postoperative CTA were compared

比较因素		术中荧光造影	术后 CTA	P
载瘤动脉	狭窄	0	2	$P > 0.2$
	无狭窄	20	18	
瘤颈	残留	0	1	$P > 0.2$
	无残留	20	19	

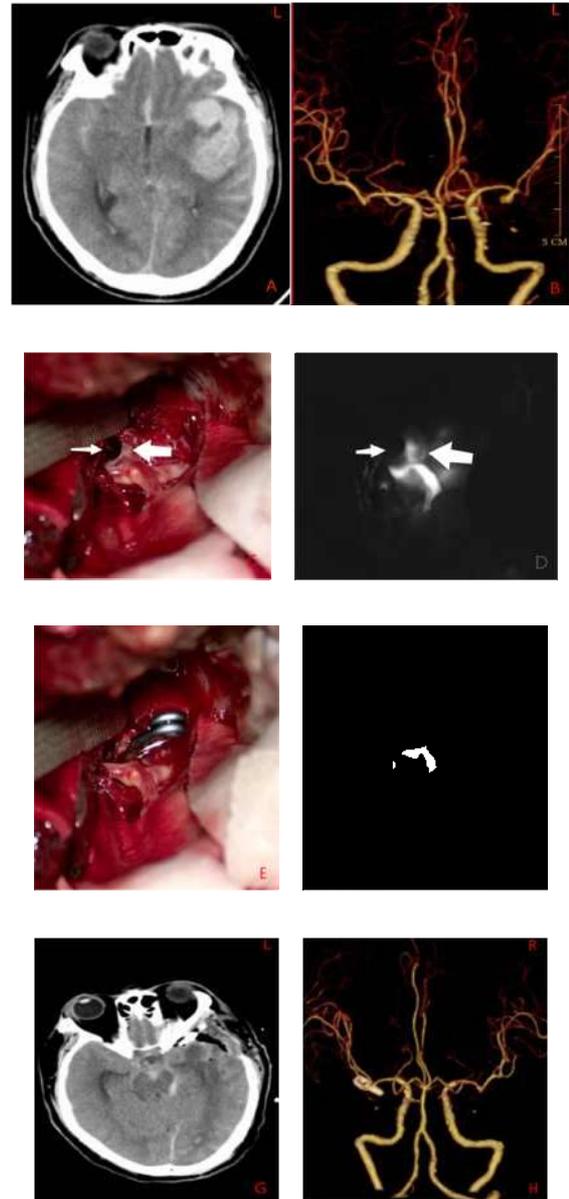


图 1 病例 1 围术期影像及术中表现

Fig.1 Perioperative imaging and intraoperative manifestations of case 1

A.术前头颅 CT 平扫示, 大量蛛网膜下腔出血及左侧裂区血肿; B.术前头部 CTA 示, 左大脑中动脉 M1 近分叉处有一枚动脉瘤; C.术中暴露动脉瘤 (粗箭头)、载瘤动脉及 M1 分叉处上下干, 动脉瘤体部分被血块 (细箭头) 覆盖; D.动脉瘤夹闭前 ICGA, 动脉瘤 (粗箭头) 清晰可见, 被血块 (细箭头) 覆盖的部分瘤体荧光不显影; E.术中动脉瘤夹闭后; F.夹闭后 ICGA, 动脉瘤无显影, 载瘤动脉 M1 及分叉处上下干未见狭窄; G.术后头颅 CT 平扫复查; H.术后复查头部 CTA 影像与术中最后一次荧光造影一致。

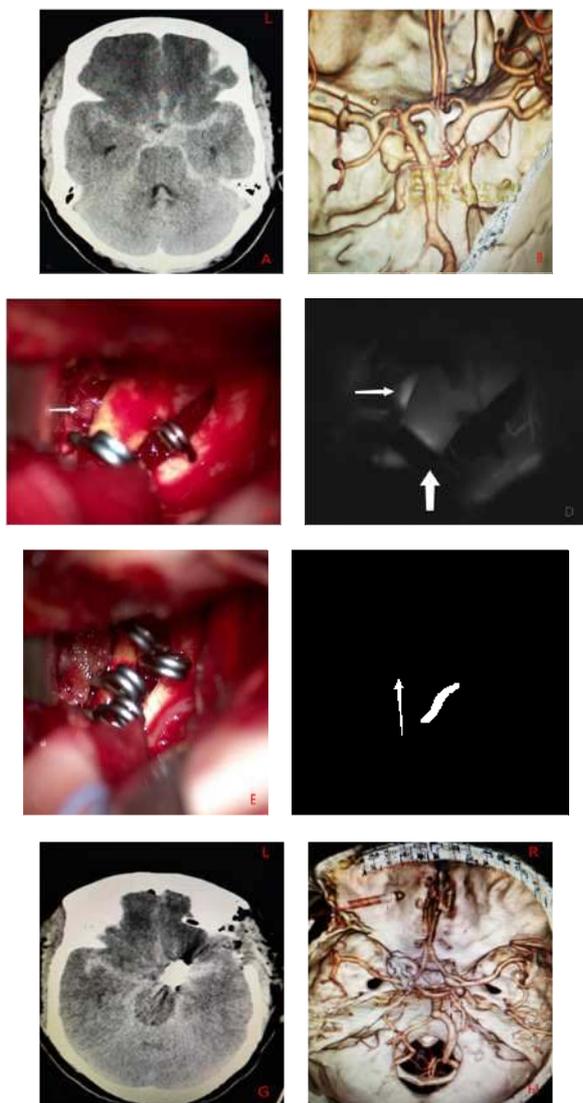


图 2 病例 2 围术期影像及术中表现

Fig.1 Perioperative imaging and intraoperative manifestations of case 2

A.术前头颅 CT 平扫示,鞍上池大量蛛网膜下腔出血; B.术前头部 CTA 示,左后交通不规则动脉瘤; C.术中首次单个直角开窗夹单纯夹闭动脉瘤(细箭头); D.动脉瘤首次夹闭后 ICGA,动脉瘤(细箭头)部分显影,颈内动脉荧光造影被动脉瘤夹(粗箭头)遮挡; E.术中第二次夹闭动脉瘤,共使用 3 枚直角开窗夹串联夹闭; F.动脉瘤第二次夹闭后 ICGA,动脉瘤不再显影,颈内动脉无狭窄,颈内动脉荧光造影被多个动脉瘤夹(细箭头)遮挡; G.术后头颅 CT 平扫复查; H.术后复查头部 CTA 影像与术中最后一次荧光造影相仿。

### 3 讨论

吲哚菁绿是一种近红外线荧光染料,作为一种安全有效的造影剂,很早就在临床中应用,主要由肝脏代谢排泄。随

着荧光造影显微镜的出现,吲哚菁绿荧光造影可在脑血管病、颅脑肿瘤等多种神经外科手术中大量使用。

颅内动脉瘤夹闭术后仍有一定几率出现动脉瘤颈残留、载瘤动脉狭窄、分支血管或穿支血管闭塞而导致出现不良预后,术中 DSA 是判断动脉瘤及其周边血管状态的金标准,但需要使用复合手术室,需要配备神经介入医师,需要股动脉或桡动脉穿刺置管,有操作创伤性,且耗时久、费用多,只存在于一些大型的神经外科中心,很多基层医院难以普及。微血管多普勒超 MDU 通过对目标血管在动脉瘤夹闭前后的血流速度变化情况来判断瘤颈是否夹闭完全、载瘤动脉是否狭窄、穿支动脉是否闭塞,但也存在明显不足,王岩等<sup>[1]</sup>认为 MDU 不能监测直径<1 mm 的穿支血管,测量值受超声探头的大小、声波角度、使用频率等因素的影响,也容易受牵开器、血管周围血液的影响,对载瘤动脉及动脉瘤的后壁的监测敏感性较差。体感诱发电位(SEP)和运动诱发电位(MEP)可监测术中急性脑组织缺血情况,正中神经刺激 SEP 监测常用于大脑中动脉瘤夹闭手术,胫神经刺激 SEP 监测用于大脑前动脉及前交通动脉瘤,但也存在局限性,吴永强等<sup>[2]</sup>认为,麻醉剂较大可能会影响神经电生理监测,导致出现假阳性;并且需要配备脑电图技师。

ICGA 与术中 DSA、微血管多普勒超声 MDU 及神经电生理等相比,具有以下多种优点:①操作非常简便,每位医师都能独立完成,无需专门的介入医师、超声科医师和神经电生理技师;②一次 ICGA 操作耗时很短,通常不超过 5 分钟;③可重复,间隔 20 分钟以上就可以下一次操作;④费用低廉。

Willis 环的穿支动脉包括:大脑前动脉 A1 段、前交通动脉及后交通动脉的穿支动脉,Heubner's 回返动脉、豆纹动脉、脉络膜前动脉、脉络膜后动脉。这些穿支动脉大多供应重要功能区,大脑前动脉 A1 段、前交通动脉的穿支及 Heubner's 回返动脉供应基底节前部和内囊前肢,豆纹动脉供应内囊和基底节较高部位,脉络膜前动脉供应内囊后肢及基底节较低部位,如果这些穿支动脉闭塞,将出现供血功能区缺血甚至梗死,继而导致相应的神经功能损害。李志立等<sup>[3]</sup>认为 ICGA 有较高的空间和时间分辨率,可以清晰显影动脉、毛细血管,管径<1 mm 的细小血管也能显示。程敬民等<sup>[4]</sup>也认为术中 ICGA 能清晰显影直径<1 mm 穿支血管的开放情况,避免这些重要血管损伤。表 1 治疗组继发脑梗死的概率明显小于观察组,两者有统计学意义,治疗组的穿支动脉损伤或闭塞显著减少。表 1 治疗组与观察组比较,载瘤动脉狭窄率、瘤颈残留率没有统计学意义,吲哚菁绿荧光造影不能显著降低载瘤动脉狭窄率和瘤颈残留率,我们认为可能与术者的手术技能、手术经验也有关,这两项比率可能本来已经很低;病例 2 图 2C 左后交通动脉瘤第一次 FT654T 单纯夹闭后显微镜下看似夹闭完全,图 2D 第一次荧光造影动脉瘤部分显影,提示夹闭不完全,有瘤颈残留,图 2E 第二次增加两枚 FT644T 串联组合夹闭及左后交通动脉 FT640T 夹闭,图 2F 第二次荧光造影动脉瘤不再显影,证实荧光造影检查对术中识别动脉瘤颈残留还是有一定的作用。表 2 治疗组术中荧光造影与术后 CTA 影像结果相比较,载瘤动脉狭

窄率、瘤颈残留率两方面无统计学意义,术中荧光造影与术后CTA影像高度吻合。在夹闭动脉瘤、暴露瘤颈前,ICG荧光血管造影可更清楚辨别载瘤动脉近端、远端、动脉瘤周围细小分支,了解动脉瘤的形状、位置、朝向及周围毗邻结构,有利于更好地分离瘤颈,增加了手术安全性,减少了手术时间。在夹闭动脉瘤后,ICG荧光血管造影可以发现瘤颈是否有残存,载瘤动脉是否通畅或者狭窄,周围分支是否通畅或者减少;如果出现瘤颈夹闭不全、载瘤动脉狭窄、周围分支闭塞,能及时调整动脉瘤夹,可间断反复造影,直至达到理想夹闭,避免或减少并发症的发生。

但ICGA也存在一些不足:①主要表现为血管形态学上的改变,没有体现血流动力学变化,陈志明等<sup>[5]</sup>认为即使术中ICGA检查提示血管形态很理想,也不能排除脑缺血的可能;但如果能结合ICGA图像分析软件,也可以客观地观察和了解载瘤动脉的血流动力学改变,李监松等<sup>[6]</sup>利用特定的视频剪辑软件将荧光造影强度定量转化,再由荧光影像定量分析间接反映血流动力学的改变;王浩等<sup>[7]</sup>认为基于吲哚菁绿荧光造影的FLOW800技术也能直观对比动脉瘤夹闭前后载瘤动脉的血流动力学变化;②近红外荧光组织穿透力弱,易受遮挡,术野血块、明胶海绵、脑棉片、动脉瘤夹等都可能会有

影响,廖可立等<sup>[8]</sup>也认同ICGA存在这一缺陷;病例1图1C动脉瘤部分被血块覆盖,图1D可以看到被血块覆盖的部分动脉瘤不能被荧光造影所显示,病例2图2D、2F均看到颈内动脉荧光造影被动脉瘤夹遮挡;并且ICGA影像为黑白色,造影范围局限在显微镜视野,造影角度也很受限,远不及DSA的立体三维视角;如果实现神经内镜下荧光造影,可以充分利用内镜的抵近观察及广视角优势,能有效避开组织遮挡,多角度、较大范围内观察血管,在一定程度上弥补这些缺陷;③极少数患者出现吲哚菁绿过敏反应,李永哲等<sup>[9]</sup>认为ICG荧光血管造影极少会出现不良反应,发生率不多于0.2%,常见有晕厥、低血压、恶心、心律失常等,本研究未发现此类不良反应发生;④动脉瘤内粥样硬化斑块或血栓可能导致出现假阴性,有学者认为可以通过“推挤方法”避免假阴性出现。

综上所述,在颅内动脉瘤夹闭术中,吲哚菁绿荧光造影能显影动脉瘤及周围血管情况,识别动脉瘤颈残留和载瘤动脉狭窄,能保护细小穿支动脉,与术后CTA影像高度吻合,操作简易快速,费用低廉,尽管存在一些缺陷,但仍有广阔的应用前景。

#### 参考文献:

- [1]王岩,谢满意,张世坤,等.微血管多普勒超声和吲哚菁绿血管造影联合监测在复杂颅内动脉瘤中的应用[J].中国实用神经疾病杂志,2021,24(21):1861-1868.
- [2]吴永强,涂汉军.荧光造影及诱发电位联合监测在前交通动脉瘤夹闭术中的应用[J].湖北医药学院学报,2018,37(2):115-118,135.
- [3]李志立,张冠妮,黄光富,等.体感诱发电位、多普勒超声和荧光造影在脑动脉瘤术中的应用[J].实用医院临床杂志,2013,10(5):3-6.
- [4]程敬民,顾建文,匡永勤,等.吲哚菁绿血管造影在动脉瘤术中对穿通支血管保护的应用[J].临床神经外科杂志,2013,10(6):344-346.
- [5]陈志明,雷军荣,秦军,等.吲哚菁绿荧光造影在颅内动脉瘤夹闭术中的应用体会[J].中国临床神经外科杂志,2019,24(10):629-630.
- [6]李监松,骆成,罗江兵,等.颅内动脉瘤夹闭术中载瘤动脉临时阻断后脑血流动力学变化:术中荧光造影定量分析[J].中国临床神经外科杂志,2021,26(6):410-413.
- [7]王浩,章剑剑,陈劲草.基于吲哚菁绿荧光造影的FLOW800技术在神经外科手术中的应用[J].中国临床神经外科杂志,2021,26(1):46-49.
- [8]廖可立,童瑜,陈贵军,等.吲哚菁绿荧光血管造影在颅内动脉瘤手术中的应用[J].新乡医学院学报,2019,36(3):234-237.
- [9]李永哲,胡韶山,丛大恣.吲哚菁绿荧光血管造影技术对神经外科手术效果的影响[J].中国激光医学杂志,2018,27(2):64-65.