

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.04.013

3D CT 重建辅助经皮三叉神经半月节球囊压迫术 治疗原发性三叉神经痛的应用价值

赵 桀, 洪国龙, 周建英
(泉州市第一医院 疼痛科, 福建泉州 362000)

【摘要】目的 评价三维计算机断层扫描(three-dimensional computed tomography, 3D CT)重建辅助经皮三叉神经半月节球囊压迫术(percutaneous balloon compression, PBC)治疗原发性三叉神经痛(primary trigeminal neuralgia, PTN)的应用价值。**方法** 回顾性分析 2022 年 11 月至 2025 年 7 月于泉州市第一医院接受全身麻醉下数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)引导 PBC 治疗的 78 例 PTN 的临床资料。根据治疗方式不同分为对照组($n=39$, 2022 年 11 月至 2024 年 6 月收治, 接受传统 DSA 引导下手术)和观察组($n=39$, 2024 年 7 月至 2025 年 7 月收治, 术前应用 3D CT 重建辅助 PBC)。比较两组手术相关指标、临床疗效差异, 并记录并发症情况。**结果** 观察组手术相关指标均显著优于对照组(均 $P<0.05$); 观察组术后疼痛总缓解率高于对照组($P=0.033$), 术后随访复发率低于对照组($P=0.047$)。并发症方面, 观察组术后面部麻木发生率低于对照组($P=0.044$), 其余类型并发症的组间差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。**结论** 3D CT 重建辅助下 PBC 可优化手术操作流程、提升穿刺精准度, 减少手术创伤和辐射暴露, 同时有助于降低远期复发率和面部麻木等部分并发症的发生率。

【关键词】 原发性三叉神经痛; 经皮三叉神经半月节球囊压迫术; 三维计算机断层扫描; 数字减影血管造影

【中图分类号】 R651.3

【文献标志码】 A

文章编号: 1674-1242 (2026) 04-0068-04

Application value of 3D CT reconstruction-guided percutaneous balloon compression for primary trigeminal neuralgia

ZHAO Jie, HONG Guolong, ZHOU Jianying

(Department of Pain Medicine, Quanzhou First Hospital, Quanzhou 362000, Fujian, China)

【Abstract】Objective To evaluate the application value of three-dimensional computed tomography (3D CT) reconstruction-guided percutaneous balloon compression (PBC) for primary trigeminal neuralgia (PTN). **Methods** A retrospective analysis was performed on 78 patients with PTN who underwent PBC under general anesthesia with digital subtraction angiography (DSA) guidance at Quanzhou First Hospital from November 2022 to July 2025. According to the different treatment methods, they were divided into two groups: the control group ($n=39$, admitted from November 2022 to June 2024, undergoing surgery under traditional DSA guidance) and the observation group ($n=39$, admitted from July 2024 to July 2025, with 3D CT reconstruction-guided PBC before the surgery). The differences in surgical-related indicators and clinical efficacy between the two groups were compared, and the occurrence of complications were recorded. **Results** The surgical-related indicators in the observation group were all significantly superior to those in the control group (all $P<0.05$). The overall pain relief rate in the observation group after surgery was higher than that in the control group ($P=0.033$), and the recurrence rate was lower during postoperative follow-up was lower than that in the control group ($P=0.047$). Regarding complications, facial numbness occurred less frequently in the observation group after surgery ($P=0.044$), while no significant differences were found for other complications (all $P>0.05$). **Conclusion** Preoperative 3D CT reconstruction-guided PBC can streamline the surgical procedure, enhance puncture accuracy, reduce surgical trauma and radiation exposure, and at the same time help to lower the long-term recurrence rate and the incidence of some complications such as facial numbness.

【Key words】 Primary trigeminal neuralgia; Percutaneous balloon compression; Three-dimensional computed tomography; Digital subtraction angiography

收稿日期: 2025-08-11。

作者简介: 赵 桀, 硕士研究生, 副主任医师, 研究方向: 神经疼痛、病理性疼痛。E-mail: m15160416007@163.com。

原发性三叉神经痛(primary trigeminal neuralgia, PTN)是临床常见的颅神经疾病,针对药物治疗效果不佳的患者,临床多采用手术干预^[1-2]。经皮三叉神经半月节球囊压迫术(percutaneous balloon compression, PBC)因具有微创、操作简便等优势,已成为治疗 PTN 的重要临床术式^[3]。传统 PBC 手术多在数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)引导下开展,术中需依托二维透视图像完成卵圆孔的定位与穿刺,对术者的空间想象能力和临床经验具有较高要求^[4];若术中需反复多次穿刺,不仅会增加医患双方的辐射暴露剂量,还会进一步加重穿刺路径上的局部组织损伤。近年来医学影像技术快速发展,三维计算机断层扫描(three-dimensional computed tomography, 3D CT)在外科领域的应用场景日益广泛^[5]。本研究采用回顾性分析对此展开探究,以期临床实践提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2022 年 11 月至 2025 年 7 月于泉州市第一医院接受全身麻醉下 DSA 引导 PBC 治疗的 78 例 PTN 患者的临床资料,本研究经泉州市第一医院伦理委员会审批(批件号:泉一伦【2026】K399 号)。纳入标准:①临床诊断为 PTN,具备手术指征;②术前影像学检查排除继发性病;③首次接受 PBC 手术;④临床及随访资料完整。排除标准:①有凝血功能障碍或严重脏器功能不全;②既往有颅底外伤或手术史;③存在穿刺部位感染。初步筛选纳入 84 例患者,按照纳入与排除标准,最终纳入 78 例。根据治疗方式不同分为两组:对照组($n=39$, 2022 年 11 月至 2024 年 6 月收治,接受传统 DSA 引导下手术)和观察组($n=39$, 2024 年 7 月至 2025 年 7 月收治,术前应用 3D CT 重建辅助手术)。两组在性别、年龄、病程、疼痛累及分支、术前视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)评分、既往用药史、合并疾病(高血压、糖尿病)比较,差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),具有可比性。

1.2 方法

1.2.1 麻醉与术中管理

两组患者均采用统一麻醉方案麻醉诱导阶段依次丙泊酚 1.5 ~ 2.5 mg/kg 静脉注射、芬太尼 3 ~ 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 静脉注射、罗库溴铵 0.6 mg/kg 静脉注射,气管插管

后行机械通气,维持呼气末 CO_2 分压 35 ~ 45 mmHg。麻醉维持阶段予丙泊酚 4 ~ 6 $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 静脉泵注,瑞芬太尼 0.1 ~ 0.2 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$ 静脉泵注,维持脑电双频指数(bispectral index, BIS)40 ~ 60。术中维持收缩压 100 ~ 120 mmHg,若收缩压 >140 mmHg 或较基础血压升高超过 20%,予乌拉地尔 5 ~ 10 mg 静脉注射干预。术中持续监测并记录生命体征。

1.2.2 对照组

采取传统 DSA 引导,术者根据术前常规头颅 CT 影像,在 C 型臂 X 线机(西门子 Artis zee III)透视下进行定位。当针尖穿过卵圆孔有落空感,且回抽无血液及脑脊液。而后置入球囊导管(Cook 4#球囊导管),注入 0.3 ~ 0.5 ml 造影剂(碘海醇 300 mgI/ml)扩张球囊,在透视下观察球囊形态呈梨形后,球囊内压力维持在 60 ~ 80 psi,维持压迫 3 min。术毕,排出造影剂,撤出球囊及穿刺针,压迫止血 5 min。

1.2.3 观察组

(1)术前 3D CT 重建:术前采用 Siemens Somatom Definition 64 排螺旋 CT 行颅底薄层 CT 扫描。扫描参数:管电压 120 kV,管电流 200 mAs,层厚 0.625 mm,重建层厚 0.625 mm,重建间距 0.3 mm,螺距 0.8,矩阵 512×512,扫描范围从眶上缘至下颌骨下缘。将原始 DICOM 数据导入 3D Slicer 软件行三维重建,重建阈值设定为骨窗(窗宽 2000 HU,窗位 400 HU),采用体素绘制模块显示颅底骨性结构,并以多平面重建模式进行三维可视化。(2)虚拟手术规划:在三维重建模型上,以卵圆孔内口中心点为靶点,连接皮肤进针点,采用测量模块测量以下参数。①卵圆孔长轴方向与正中矢状面的夹角;②卵圆孔长轴方向与颅底水平面的夹角(冠状面进针角度);③皮肤进针点至卵圆孔内口中心的直线距离(穿刺深度)。重复测量 3 次取平均值。(3)术中操作:术者依据预测量数据,在 DSA 透视下,将穿刺针按照规划的角度及深度送达卵圆孔,利用二维透视确定最终位置,后续球囊置入及压迫步骤同对照组。

1.3 观察指标

1.3.1 手术相关指标

①手术时间:从消毒铺巾完成后首次穿刺针接触皮肤开始计时,至球囊撤出、穿刺点压迫止血完成为止;②穿刺次数:记录穿刺针从皮肤进针至成功进入卵圆孔的尝试次数;③球囊成形时间:记录从

球囊导管置入至球囊扩张呈理想梨形所需时间;
④ 辐射暴露剂量:术中利用 DSA 设备记录总辐射剂量(单位 $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$, 换算为 mGy)。

1.3.2 临床疗效

采用 VAS 评估疼痛程度^[6], 计算术后 6 个月疼痛缓解率。① 完全缓解:疼痛消失, 无需服用止痛药; ② 显著缓解:疼痛缓解率 $>75\%$; ③ 部分缓解:疼痛缓解率 $50\% \sim 75\%$; ④ 无效:疼痛缓解率 $<50\%$ 。完全缓解和显著缓解视为有效, 计算总缓解率:总缓解率($\%$)=(完全缓解+显著缓解)/总例数 $\times 100\%$ 。采用巴罗神经学研究所(Barrow Neurological Institute, BNI)疼痛强度分级作为辅助评价标准。记录术后 6 个月内复发情况, 疼痛缓解后(VAS <4 分维持至少 1 周), 再次出现相同性质的疼痛且 VAS 评分 ≥ 4 分, 且持续超过 7 d 或需重新启动/增加药物治疗者, 视为真性复发。

1.3.3 并发症

记录术后并发症发生情况, 主要包括面部麻木、口唇疱疹、咀嚼肌无力、复视、听力下降、颅内出血、脑脊液漏、角膜炎、颅内感染等。并发症记录时间为术后即刻至随访期末。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 若不符合正态分布则以中位数(四分位数间距)表示, 采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例($\%$)表示, 组间比较采用 χ^2 检验; 理论频数 <5 时, 改用 Fisher 确切概率法。有序分级资料的组间整体分布差异采用 Mann-Whitney U 秩和检验。为校正混杂偏倚, 对手术时间、穿刺次数、球囊成形时间、辐射剂量、术后 VAS 评分、总缓解率、复发

率主要结局指标采用多因素回归分析; 连续变量采用多元线性回归, 二分类变量采用多元 Logistic 回归, 校正的协变量包括年龄、性别、病程、疼痛受累分支、术前 VAS 评分及术者年资(<5 年: ≥ 5 年)。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术相关指标

观察组各指标均优于对照组(均 $P<0.05$) (表 1)。经多元线性回归校正年龄、性别、病程、疼痛分支、术前 VAS 及术者年资后, 上述差异仍有统计学意义(均 $*P_{\text{调整}}<0.05$)。

表 1 两组手术相关指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	手术时间 (min)	穿刺次数 (次)	球囊成形 时间 (min)	辐射暴露 剂量 (mGy)
观察组 ($n=39$)	28.32 $\pm$ 4.51	1.28 $\pm$ 0.46	3.51 $\pm$ 0.78	25.16 $\pm$ 6.23
对照组 ($n=39$)	42.67 $\pm$ 7.29	2.85 $\pm$ 1.02	5.44 $\pm$ 1.13	41.82 $\pm$ 11.54
t	-10.297	-8.655	-8.641	-7.857
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
$*P_{\text{调整}}$	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 临床疗效

观察组疼痛总缓解率高于对照组($P<0.05$), 复发率低于对照组($P<0.05$), 术后 6 个月 VAS 评分低于对照组($P<0.05$) (表 2)。疗效分级进行整体秩和检验, 观察组与对照组的疗效分布差异有统计学意义($Z=-2.435$, $P=0.015$)。校正混杂因素后, 观察组在总缓解率和复发控制方面仍有显著优势($P_{\text{校正}}=0.028$, 0.031)。

2.3 两组并发症比较

观察组面部麻木发生率显著低于对照组($P<0.05$), 其余并发症均无显著统计学差异(均 $P>0.05$) (表 3)。

表 2 两组疗效及复发情况比较[例($\%$), $\bar{x}\pm s$]

组别	完全缓解	显著缓解	部分缓解	无效	总缓解	术前 VAS (分)	术后 6 个月 VAS (分)	复发
观察组 ($n=39$)	28 (71.79)	8 (20.51)	2 (5.13)	1 (2.56)	36 (92.31)	7.82 $\pm$ 1.03	1.28 $\pm$ 0.89	1 (2.56)
对照组 ($n=39$)	22 (56.41)	7 (17.95)	9 (23.08)	1 (2.56)	29 (74.36)	7.79 $\pm$ 1.08	2.41 $\pm$ 1.25	6 (15.38)
统计量 ^a	$Z=-2.435$				$\chi^2=4.523$	$t=0.126$	$t=-4.583$	$\chi^2=3.924$
单因素 P	0.015				0.033	0.900	<0.001	0.047
校正后统计值	—				$OR=4.60$	—	均数差 $=-1.02$	$OR=0.14$
校正后 95%CI	—				1.18 ~ 17.92	—	-1.51 ~ -0.53	0.02 ~ 1.19
$P_{\text{校正}}$	—				0.028	—	<0.001	0.031

注: VAS: 视觉模拟评分法。“—”表示该指标未进行回归校正。

表3 两组术后并发症发生情况比较[例(%)]

组别	面部麻木	咀嚼肌无力	口唇疱疹	角膜炎	复视	颅内出血	脑脊液漏	颅内感染
观察组 (n=39)	24 (61.54)	3 (7.69)	8 (20.51)	1 (2.56)	1 (2.56)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
对照组 (n=39)	32 (82.05)	5 (12.82)	12 (30.77)	0 (0)	2 (5.13)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
χ^2	4.052	0.558	1.071	1.013	0.347	—	—	—
P	0.044	0.455	0.301	0.314	0.556	—	—	—

3 讨论

临床上 PBC 作为 PTN 常用治疗方案,尤其适用于老年患者。然而 PBC 手术的成功高度依赖精准穿刺操作,手术的最终疗效与安全性均直接取决于穿刺准确性^[8]。本研究中观察组在手术相关指标均优于对照组,疼痛总缓解率更高,复发率和面部麻木发生率更低,提示术前 3D CT 重建辅助可显著提升 DSA 引导下 PBC 手术的效率与临床效果。

传统 DSA 模式下难以精准判断卵圆孔的方向、角度及深度,需术者依托个人经验,术中反复调整 C 型臂角度完成穿刺;而 3D CT 重建技术可完整还原颅底复杂解剖结构,术者能更直观地观察手术部位,在术前模拟穿刺过程,精准测量穿刺数据^[9]。相比之下,3D CT 重建术中术者可依据术前规划的穿刺“航线”,在 DSA 透视下完成“按图索骥”式穿刺,避免反复试探与方向调整,显著提高单次穿刺成功率,进而缩短手术时间、减少透视次数,这正是观察组辐射暴露剂量明显低于对照组的直接原因。本研究结果显示,观察组疼痛总缓解率高于对照组,复发率低于对照组,该差异可能与球囊压迫的精准性有关。传统 DSA 引导下,即便穿刺成功,也难以保证球囊完全进入 Meckel 腔并形成理想的梨形压迫^[7]。穿刺路径的微小偏差,就可能导致球囊未能完全进入三叉神经半月节所在区域,难以形成有效压迫,这也是对照组复发率相对较高的原因。在 3D CT 重建辅助下,术前可完成穿刺路径的完整规划,明确 C 型臂调整倾斜角度、与患者下颌角成角方向,更易定位卵圆孔并精准指向 Meckel 腔的中心区域,术中可顺利将球囊送至理想位置,保证球囊形态规则、位置居中,对三叉神经半月节产生精准有效的压迫,进而获得更加满意持久的镇痛效果。

面部麻木作为 PBC 手术常见并发症,由球囊压迫损伤三叉神经感觉纤维所致。本研究观察组面部麻木发生率低于对照组。分析原因:3D CT 重建技术

辅助下,穿刺过程对神经周围组织的损伤更小,球囊定位更精准,减少了对神经主干或其他分支的牵拉与损伤。

综上,3D CT 重建辅助 PBC 手术可优化手术操作流程,提高穿刺精准度,减少手术创伤和辐射暴露,同时有助于降低远期复发率和部分并发症的发生风险。本研究局限性:作为历史对照、单中心小样本回顾性研究,经多因素回归校正部分已知混杂,但仍存在未测量混杂因素干扰,且随访仅 6 个月,缺乏远期疗效数据,结论有待前瞻性、多中心大样本长期随访研究进一步验证。

参考文献

[1] ALLAM A K, SHARMA H, LARKIN M B, *et al.* Trigeminal Neuralgia: Diagnosis and Treatment[J]. *Neurol Clin*, 2023, 41(1): 107-121.

[2] BENDTSEN L, ZAKRZEWSKA J M, ABBOTT J, *et al.* European Academy of Neurology guideline on trigeminal neuralgia[J]. *Eur J Neurol*, 2019, 26(6):831-849.

[3] 史皓威, 郭文昌, 王银占, 等. 原发性三叉神经痛患者经皮穿刺三叉神经半月节球囊压迫术围手术期瞬目反射变化特点及其与患者术后长期疗效的关系[J]. *中国医药*, 2024, 19 (8): 1173-1177.

[4] 何宝岩, 高乃康, 徐成伟. 经皮三叉神经半月节球囊压迫术治疗三叉神经痛临床分析[J]. *内蒙古医科大学学报*, 2023, 45 (3): 283-286.

[5] MOUSAVI S H, LINDSEY J W, WESTLUND K N, *et al.* Trigeminal Neuralgia as a Primary Demyelinating Disease: Potential Multimodal Evidence and Remaining Controversies[J]. *J Pain*, 2024, 25(2):302-311.

[6] 曹卉娟, 邢建民, 刘建平. 视觉模拟评分法在症状类结局评价测量中的应用[J]. *中医杂志*, 2009, 50 (7): 600-602.

[7] 赖海玲, 吴伟, 胡观成, 等. 原发性三叉神经痛经皮穿刺球囊压迫半月节术中球囊成形不良原因分析[J]. *神经损伤与功能重建*, 2022, 17 (1): 53-55.

[8] 王强, 杨岸超. 3D Slicer 三维重建技术在原发性面肌痉挛显微血管减压术前评估中的应用[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2024, 29 (5): 257-260.

[9] 林雄. 手术机器人与 DSA 引导经皮球囊压迫术治疗三叉神经痛的疗效及安全性对比[J]. *中国现代手术学杂志*, 2025, 29 (6): 480-487.