

三芯穿刺法在三叉神经节球囊压迫术中的临床研究 *

乔保光¹ 王海峰¹ 乔保华¹ 吴方方¹ 张 雁¹ 苗韶华¹ 何睿林^{2△}

(¹ 山东省菏泽市立医院疼痛科, 菏泽 274031; ² 广西医科大学第二附属医院疼痛科, 南宁 530007)

摘要 目的: 探讨三芯穿刺法球囊压迫术治疗原发性三叉神经痛的有效性和安全性。**方法:** 选择2021年1月至2021年10月菏泽市立医院和广西医科大学第二附属医院就诊的原发性三叉神经痛病人80例,按随机数字表法随机分为单芯法组(D组)和三芯法组(S组),每组40例。两组均在Dyna-CT引导下三叉神经节球囊压迫术。比较两组充盈“梨”形的穿刺次数、手术时间、球囊容量、球囊破裂次数和相关并发症(面部疱疹、麻木、复视、角膜炎)等指标,并比较术前和术后1天、1个月、6个月的疼痛数字评分法(numerical rating scale, NRS)评分以及术后6个月的有效率和不良反应发生率。**结果:** D组穿刺次数多于S组($P < 0.05$),D组手术时间长于S组($P < 0.05$),两组球囊容量、球囊破裂次数比较差异无统计学意义。两组术后各时间点NRS评分均低于术前($P < 0.05$),两组术后1个月、6个月NRS评分均小于术后1天($P < 0.05$)。两组术后6个月有效率比较差异无统计学意义。两组病人面部疱疹、麻木、复视、角膜炎发生率比较差异无统计学意义。**结论:** 三芯穿刺法球囊压迫术和单芯穿刺法疗效及安全性并无差异,但三芯穿刺法可明显减少穿刺次数和缩短手术时间,值得推广应用。

关键词 三叉神经痛; 三叉神经节; 球囊压迫术; 三芯穿刺法

Clinical study of three core puncture method in percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia *

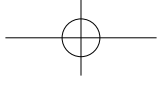
QIAO Baoguang¹, WANG Haifeng¹, QIAO Baohua¹, WU Fangfang¹, ZHANG Yan¹, MIAO Shaohua¹, HE Ruilin^{2△}

(¹ Department of Pain Medicine, Heze Municipal Hospital, Heze 274031, China; ² Department of Pain Medicine, the Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530007, China)

Abstract Objective: To investigate the efficacy and safety of three core puncture in percutaneous balloon compression (PBC) for primary trigeminal neuralgia (PTN). **Methods:** A total of 80 patients with PTN were recruited for the study at Heze Municipal Hospital and the Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, from January 2021 to October 2021. They were randomly divided into single core puncture group (group D, 40 cases) and three core puncture group (group S, 40 cases) with random number table. Both groups were treated with dyna-CT guided PBC. The data of puncture frequency, operation time, balloon expanded volume and some complications of balloon rupture, facial herpes, numbness, diplopia and keratitis were collected and compared between the two groups. The NRS scores of patients at the various time points of preoperative, postoperative 1 day, 1 month and 6 months and efficacy and complications of 6 months follow-up were compared between the two groups. **Results:** The puncture frequency of group D was more than that in group S ($P < 0.05$), and the operation time of group D was longer than that in group S ($P < 0.05$). There was no statistical difference in balloon expanded volume and balloon rupture times between the two groups. The NRS scores of both groups at various time points postoperatively were lower than those of preoperation ($P < 0.05$), and the NRS scores at 1 month and 6 months postoperatively of both groups were lower than that on 1 day after operation ($P < 0.05$). There was no significant difference in efficacy between the two groups at six months after operation. There was

* 基金项目: 山东省医药卫生科技发展计划项目(202004130342); 广西卫健委自筹经费项目(Z20200369)

△ 通信作者 何睿林 synf061@126.com



no significant difference in the incidence of facial herpes, numbness, diplopia and keratitis between the two groups. **Conclusion:** There is no difference in efficacy and safety between three needle core puncture method and the single core puncture method, but the three core puncture method can significantly reduce the puncture frequency and shorten the operation time, which is worthy of promotion in PBC.

Keywords trigeminal neuralgia; trigeminal ganglion; percutaneous balloon compression; three core puncture method

三叉神经节球囊压迫术 (percutaneous balloon compression, PBC) 是外科治疗原发性三叉神经痛 (primary trigeminal neuralgia, PTN) 的有效方法, 具有疗效确切、创伤小、面部麻木时间短、术后角膜炎发生率低等特点^[1]。又因其能明显改善显微血管减压和射频热凝术后复发三叉神经痛病人的焦虑、抑郁症状及睡眠质量, 故可以作为显微血管减压和射频热凝术后复发三叉神经痛的首选手术治疗方法^[2]。PBC 术成功的金标准是经卵圆孔穿刺将球囊导管置入 Meckel 囊内并充盈成“梨”形^[3], 术中球囊呈典型“梨”形者术后复发率也明显低于其他形状^[4], 因此, 确保球囊导管经卵圆孔置入 Meckel 囊是 PBC 术者一直以来追求的目标。

PBC 术经 Hartel 入路进行卵圆孔穿刺, 目前常用单芯刺探针穿刺, 刺探针进入卵圆孔后, 拔出针芯, 直接置入球囊导管, 受 Meckel 囊及岩骨嵴、球囊导管本身特性等多种因素影响, 往往很难一次穿刺置入成形, 甚至需要数次穿刺才能置入并充盈成标准的“梨”形, 不仅增加手术时间, 还引发穿刺损伤和球囊爆破的风险。三芯穿刺法是刺探针穿刺到卵圆孔内口后, 改用细、粗两种钝头针芯先后穿刺开通隧道, 再置入球囊导管的方法, 理论上更容易使球囊导管准确置入 Meckel 囊, 从而提高 PBC 术成功率并克服单芯穿刺法的不足, 该方法目前国内外报道较少。本研究通过对单芯法和三芯法穿刺实施 PBC 术进行比较, 探索三芯穿刺法球囊压迫术的治疗优势, 为临床治疗提供理论依据。

方 法

1. 一般资料

本研究通过山东省菏泽市立医院医学伦理管理委员会审核 (2021-KY022), 病人自愿参与并签署知情同意书。选取 2021 年 1 月至 2021 年 10 月菏泽市立医院和广西医科大学第二附属医院择期行三叉神经节 PBC 病人共 80 例, 采用随机数字表法将入选病人分为单芯法组 (D 组) 和三芯法组 (S 组), 每组 40 例。

纳入标准: ①符合《三叉神经痛诊疗中国专家

共识》中诊断标准^[5]的 PTN 病人, 年龄 40~90 岁; ②性别、侧别、受累神经分支不限; ③非手术治疗 3 月后疼痛数字评分法 (numerical rating scale, NRS) 评分 > 3; ④药物能控制, 但不能耐受其不良反应的病人。

排除标准: ①既往其他三叉神经节治疗者; ②穿刺部位感染、炎症或凝血功能异常者; ③重要器官功能障碍者。

2. 手术仪器、设备、药物

数字化血管造影 X 光机 (Artis Q Ceiling C, 德国西门子); 一次性脑科手术用球囊导管套件 (QKS-0050005, 深圳擎源医疗器械有限公司); 刺探针 (CTZ-15L, 深圳擎源医疗器械有限公司); 碘海醇注射液 (50 ml:15 g, 扬子江药业集团有限公司)。

3. 方法

术前扫描颅底 CT 并行三维重建。发现重大解剖变异, 剔除该病例。入室后病人采用仰卧位, 行有创动脉血压、心率、脉搏血氧饱和度、心电图监测。气管插管全身麻醉, 肩下垫薄枕, 头部自然正中位后仰 10°, 用头圈固定。常规皮肤消毒、铺手术巾。两组参考 Jain 等^[6]方法, 均先进行 Dyna-CT 三维扫描, 选取最佳的卵圆孔成像角度和穿刺路径, 并引导穿刺。使用刺探针经 Hartel 入路行卵圆孔穿刺, 刺探针点对点穿刺置入卵圆孔, 刺探针外套管前端不深入卵圆孔内口 (见图 1)。

D 组: 将刺探针针芯拔出后即置入球囊导管; S 组: 将刺探针针芯拔出后, 先后应用细针芯 (见图 2) 和粗针芯穿刺 (见图 3) 开通隧道, 最后置入球囊导管 (见图 4)。如果两针芯置入过程中遇到较大阻力, 则重新行卵圆孔穿刺。两组卵圆孔穿刺到位后, 调整球管投照方向为标准侧位, 置入球囊导管到达过斜坡线 0.5 cm 处, 随后撤出导丝, 连续透视下向球囊导管缓慢注射碘海醇造影剂 (生理盐水和碘海醇 1:1 配制), 动态观察球囊形态和位置, 直到球囊充盈成“梨”形 (见图 5), 保持此形态压迫 3 min。否则, 应重新调整穿刺, 直至充盈成“梨”形并压迫。压迫结束, 将排空的球囊和刺探针一并拔出, 压迫穿刺点 5 min, 无菌敷贴覆盖。所有病人操作由两个医院分别固定一位术者

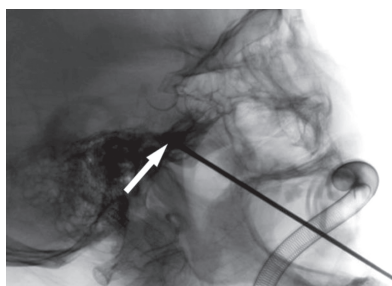


图 1 箭头处为刺探针穿刺到卵圆孔
Fig. 1 The white arrow refers to the trocar needle inserted to the foramen ovale

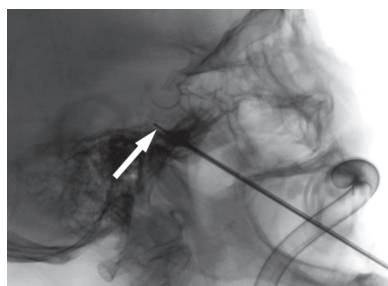


图 2 箭头处为细针芯
Fig. 2 The white arrow refers to the thin needle core

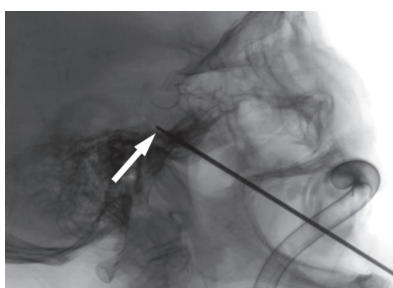


图 3 箭头处为粗针芯
Fig. 3 The white arrow refers to the thick needle core

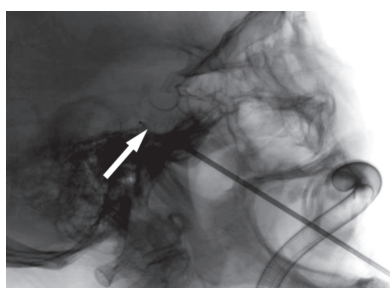


图 4 箭头处为球囊导管
Fig. 4 The white arrow refers to the balloon catheter

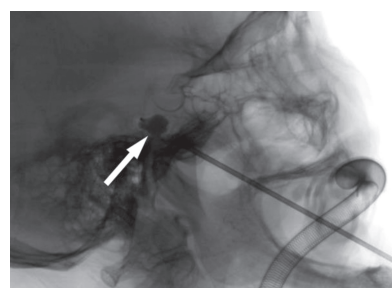


图 5 箭头处为球囊充盈至“梨”形
Fig. 5 The white arrow refers to a pear-shaped balloon

完成操作。

4. 观察指标和疗效评估

(1) 观察指标：记录两组病人形成“梨”形的穿刺次数、手术时间、球囊容量、球囊破裂次数和术后相关并发症（面部疱疹、麻木、复视、角膜炎）等指标，并记录术前 (T_0)、术后 1 天 (T_1)、1 个月 (T_2) 和 6 个月 (T_3) 的 NRS 评分和术后 6 个月的有效率和不良反应发生率。

(2) 疗效评估：疗效判断采用巴罗神经学研究所 (Barrow neurological institute, BNI) 分级标准进行评估^[7]。I 级：没有疼痛，无需服药。II 级：偶尔疼痛，无需服药。III 级：服药后疼痛可控制。IV 级：服药后疼痛较，术前稍缓解，但不能控制。V 级：疼痛无缓解。I-III 为有效，IV-V 为无效，有效率 = 有效数/总例数 $\times 100\%$ 。疗效随访时间为 6 个月，术后 6 个月与术前相比较。

5. 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学处理分析。计量资料以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示，组间比较采用完全随机设计方差分析，不符合正态性，采用非参数秩和检验，组内不同时间点比较采用重复测量方差分析。计数资料用百分比表示，采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组病人一般资料比较

本研究共纳入 80 例病人，全部完成随访。两组病人年龄、性别、病程、侧别等比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$ ，见表 1)。

2. 两组病人术中指标比较

D 组穿刺次数多于 S 组 ($P < 0.05$)，D 组手术时间长于 S 组 ($P < 0.05$)，两组间球囊容量、球囊破裂次数比较差异无统计学意义 (见表 2)。结果表明三芯穿刺法在操作次数和手术速率较单芯法具有优势，且术中并发症的发生率并无显著性差异。

3. 两组病人 NRS 评分比较

两组术后不同时间点 NRS 评分均低于术前 ($P < 0.05$)，不同时间点 NRS 评分组间比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。两组术后 1 个月 (T_2)、6 个月 (T_3) NRS 评分均小于术后 1 天 (T_1) ($P < 0.05$ ，见表 3)。结果表明两组术后疼痛程度均得到显著缓解，且术后近中期疗效均优于术后 1 天。

4. 两组病人有效率比较

两组间有效率比较，差异无统计学意义 ($P > 0.05$ ，见表 4)，结果表明两组疗效无显著性差异。



5. 两组病人并发症比较

两组间面部疱疹、麻木、复视、角膜炎等并发症发生率比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 见表 5)。结果表明两组术后多个并发症发生率无显著性差异。

讨 论

三叉神经节 (trigeminal ganglion, TG) 是初级传入神经元细胞体的聚集区, 是 PTN 多种经皮微创治疗技术的靶点^[8]。PBC 当球囊充盈后可以机械压迫 Meckel 囊内的整个 TG, 实现对三个分支的覆盖。研究发现^[9] PBC 可以选择性地破坏三叉神经

中的大型有髓鞘神经纤维, 此类神经纤维可能是发生三叉神经痛的关键因素, 并可以在术后观察到明显的局灶性轴突损伤和脱髓鞘, 而参与角膜反射的小型有髓鞘或无髓鞘的纤维较少出现这种改变, 术后数月轴突和髓鞘的自我修复功能可诱导形成功能正常的神经纤维。和其他三叉神经节治疗 (无水乙醇、酚甘油注射、射频热凝术) 相比, PBC 不仅疗效佳, 还有并发症恢复快、可治疗第一支三叉神经痛等优势。本研究两组病人术后 6 个月有效率分别为 92.5% 和 95.0%, 与 Wang 等^[10] PBC 术总有效率 92.3% 相似。术后不同时间点 NRS 评分均小于术前, 表明两组术后疼痛程度均得到显著缓解。两组术后

表 1 两组病人一般资料的比较
Table 1 Comparison of general data between two groups of patients

组别 Group	性别 (男/女) Gender (Male/Female)	年龄 (岁) Age (Years)	病程 (年) Course of disease (Years)	侧别 (左/右) Side affected (Left/Right)
D 组 Group D	10/30	68.5±11.7	6.2±7.1	16/24
S 组 Group S	12/28	65.7±11.0	4.6±5.7	17/23

表 2 两组病人术中情况比较
Table 2 Comparison of intraoperative conditions between two groups of patients

组别 Group	例数 <i>n</i>	穿刺次数 Number of puncture	手术时间 (min) Operation time (min)	球囊容量 (ml) Balloon capacity (ml)	球囊破裂次数 Number of balloon ruptures
D 组 Group D	40	1.6±1.0	26.3±19.3	0.4±0.1	2
S 组 Group S	40	1.2±0.5*	17.2±10.8*	0.5±0.1	1

* $P < 0.05$, 与 D 组相比; * $P < 0.05$, compared with group D.

表 3 两组病人不同时间点 NRS 评分比较
Table 3 Comparison of NRS score between two groups of patients at different time points

组别 Group	例数 <i>n</i>	T0	T1	T2	T3
D 组 Group D	40	8.6±1.4	1.0±2.2*	0.4±1.3* [△]	0.6±1.7* [△]
S 组 Group S	40	8.0±1.7	0.9±2.3*	0.5±1.5* [△]	0.5±1.5* [△]

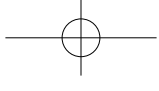
* $P < 0.05$, 与 T0 相比, * $P < 0.05$, compared with T0; [△] $P < 0.05$, 与 T1 相比, [△] $P < 0.05$, compared with T1.

表 4 两组病人有效率比较
Table 4 Comparison of effective rate between two groups of patients

组别 Group	例数 <i>n</i>	I	II	III	IV	V	有效率 Efficacy rate (%)
D 组 Group D	40	33	2	2	2	1	92.5%
S 组 Group S	40	34	2	2	1	1	95.0%

表 5 两组病人并发症比较
Table 5 Comparison of complications between two groups of patients

组别 Group	例数 <i>n</i>	面部麻木 Facial numbness	面部疱疹 Herpes	角膜炎 Keratitis	复视 Diplopia
D 组 Group D	40	39	18	10	0
S 组 Group S	40	40	20	8	0



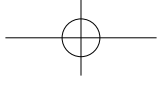
1个月、6个月NRS评分均小于术后1天,可能和术后部分病人延迟治愈有关,一般1~2周内疼痛缓解。Mullan等^[11]在1983年首次报道PBC治疗三叉神经痛,2000年我国学者马逸等^[12]将PBC技术引入国内。到目前,国际上该技术使用已有40余年历史。一致认为PBC疗效和术中多数因素有关,如球囊形状、球囊容量、压迫时间和压力等因素,但相关参数到目前仍没有统一标准。

PBC术经卵圆孔穿刺引导方式很多,其中Dyna-CT引导,不仅在术前可以精准设计穿刺点和路径,在术中还能精确判断球囊位置、容积和充盈后的三维形状,提供比二维“梨”形更丰富的信息^[13]。本研究应用Dyna-CT引导,让手术更加操作简便快捷,降低了手术相关并发症的风险。球囊压迫时间没有统一的标准,早期认为压迫时间越长疗效越佳。Mullan等^[11]最初将PBC压迫时间维持在5~7 min。越来越多的研究认为,压迫时间越长,术后麻木时间也越长,为减少并发症,压迫时间逐渐缩短。目前多数研究倾向于压迫3 min^[14]。本研究根据前期经验和邹建军等研究^[14],选择3 min。本研究两组球囊充盈至“梨”形的容量分别为 0.4 ± 0.1 ml、 0.5 ± 0.1 ml,与Sun等^[3]PBC术平均0.4 ml相似。与Mullan等^[11]的原始报道中球囊充盈0.75 ml相比容量较小,可能与不同人种的Meckel囊体积相关。

决定PBC疗效最重要的因素是球囊充盈的形状,获得一个满意的“梨”形是PBC的主要目标^[15]。球囊“梨”形更多提示的是球囊的压迫位置位于Meckel囊内,反映的是Meckel囊的形状^[16]。三叉神经根越过岩骨嵴进入颅中窝,在岩骨三叉神经压迹上形成粗大的TG,TG又发出眼支、上颌支和下颌支等3个神经干,下颌支经卵圆孔出颅。颅中窝固有硬脑膜层再折返为内层硬脑膜包裹着粗大的TG,形似囊状,称为Meckel囊^[17]。Meckel囊两端和三叉神经根以及三叉神经干相延续。PBC术刺探针穿刺到卵圆孔内口,球囊导管由刺探针套管内置入,置入前端最佳的位置为刚过三叉神经根。注射造影剂首先充盈Meckel囊,当剂量继续增大,过岩骨嵴充、盈至三叉神经根,突入神经根在X线投照时,类似“乳头”状。“乳头”的出现可以确认球囊在Meckel囊内。在Meckel囊和下颌支神经鞘之间有筛板区阻隔^[18],梨腹部的造影剂不会沿球囊导管突向下颌支出现另一个“乳头”。Meckel囊下方为岩骨,骨质阻挡让球囊的造影剂不会突向下方。造影剂继续增加使由于Meckel囊的束缚,“梨”形不会继续增大。解剖上不同个体之间Meckel囊

形状和大小的差异最终使得“梨”形的形态各异^[19],如出现“标准梨形”“乒乓球拍”“保龄球”“腰果”等不同形态。PBC术中要参考斜坡、蝶鞍、岩骨等骨性标志和球囊的形状及位置,及时调整。本研究两组病人都能出现“乳头”,但“梨”形态不完全一致。单芯穿刺法当卵圆孔穿刺贴骨壁进入,刺探针前端很可能不在下颌支神经鞘内,球囊导管置入Meckel囊的概率就小。特别是卵圆孔宽大时,神经鞘和卵圆孔骨壁的间隙大,也不容易穿刺到神经鞘内。理论上三芯穿刺法,当刺探针前端在卵圆孔内,没有进入神经鞘时,先用细针芯继续穿刺,随后再用粗针芯扩大隧道,球囊导管会顺利进入Meckel囊。或者在卵圆孔内穿刺针平行于神经鞘,而不在鞘内时,继续先后用细粗针芯继续前行穿刺,则更容易遇到粗大的Meckel囊。而国际上关于三芯法穿刺的报道较少,Sun等^[3]在PBC术穿刺时,使用三针芯穿刺,但未做单芯和三芯的对比。三芯法所用针芯除原装针芯外,备两支一细一粗的钝头针芯,针芯比原装套管针芯长2 cm。本研究三芯法穿刺次数少于单芯法,说明三芯法更容易置入Meckel囊,也是本方法最大的优势。使用三芯法有以下经验:①粗细针芯穿刺有韧性感时,导管置入容易出现“梨”形。如果粗细针芯穿刺有“空空”的感觉,导管置入不容易出现“梨”形,说明未进入Meckel囊内;②细针芯穿刺可以起到探测的作用,如遇到骨质的感觉,则放弃导管置入;③当不能出现“梨”形,则退出球囊导管,微调改变刺探针尾的方向,再用细针芯穿刺探测,如出现韧性感,继续用粗针芯扩隧道。可能由于以上原因,本研究三芯法手术操作时间较单芯法更短。三芯法也有一定弊端,如果粗细针芯进入过深,突破天幕也可能出现一部分球囊在Meckel囊外,出现葫芦样梨形,需要调整球囊导管位置。不管单芯法还是三芯法,都要调整直至出现梨“乳头”。三针芯应用的位置在颅内,主要是起到探测和扩大隧道的作用。其适应证和禁忌证同单芯穿刺法。

术后面部疱疹、麻木、复视、角膜炎是PBC常见并发症。本研究两组间发生率比较无显著性差异。两组均未发生重大并发症,并发角膜炎者,术后采用重组牛碱性成纤维细胞生长因子滴眼液每日2次滴眼,均在2月内缓解。发生面部单纯疱疹者,采用口服伐昔洛韦0.3 g,每日2次,连用1周,疱疹2周内均可愈合。除1例病人外术后均出现不同程度麻木,均可耐受。无一例出现复视,可能与没有出现太大的“梨”形压迫展神经有关,也可能和



样本量小有关。以上常见并发症经处理后恢复可,说明 PBC 术安全性高。

综上所述,三芯穿刺法球囊压迫术治疗原发性三叉神经痛疗效确切,安全性高,在穿刺充盈成“梨”形上有一定优势,可作为未来球囊压迫术穿刺操作的新方法。但本研究存在随访时间短、样本量小等不足。因此,相关结论仍需要后续大样本的临床随机对照研究去进一步探索验证。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] Lv W, Hu W, Chi L, *et al.* Factors that may affect recurrence of trigeminal neuralgia after percutaneous balloon compression[J]. *J Clin Neurosci*, 2022, 99:248-252.
- [2] Fan X, Xu F, Ren H, *et al.* The analysis of percutaneous balloon compression on efficacy and negative emotion in the treatment of recurrent trigeminal neuralgia after surgical procedures[J]. *Pain Physician*, 2021, 24(8): E1255-E1262.
- [3] Sun C, Zheng W, Zhu Q, *et al.* The transformation of the balloon shape in percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia[J]. *J Pain Res*, 2021, 14:3805-3814.
- [4] Chen JF, Tu PH, Lee ST. Long-term follow-up of patients treated with percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia in Taiwan[J]. *World Neurosurg*, 2011, 76:586-591.
- [5] 中华医学会神经外科学分会功能神经外科学组,中国医师协会神经外科医师,分会功能神经外科专家委员会,等.三叉神经痛诊疗中国专家共识[J].*中华外科杂志*, 2015, 53(9):657-664.
- [6] Jain A, Ibrahim B, Ali A, *et al.* Percutaneous balloon compression technique using intraoperative contrasted DynaCT for the treatment of refractory?trigeminal neuralgia: initial experience[J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45(2):1393-1399.
- [7] Grewal SS, Kerezoudis P, Garcia O, *et al.* Results of percutaneous balloon compression in trigeminal pain syndromes[J]. *World Neurosurg*, 2018, 114:e892-e899.
- [8] Chen Y, Liu X, Xu S, *et al.* Anatomy of the trigeminal nerve and its clinical significance via fusion of computed tomography and magnetic resonance imagery[J]. *Pain Physician*, 2022, 25(2):E293-E298.
- [9] Unal TC, Unal OF, Barlas O, *et al.* Factors determining the outcome in trigeminal neuralgia treated with percutaneous balloon compression[J]. *World Neurosurg*, 2017, 107:69-74.
- [10] Wang H, Chen C, Chen D, *et al.* Clinical analysis of the treatment of primary trigeminal neuralgia by percutaneous balloon compression[J]. *Front Surg*, 2022, 9:843982.
- [11] Mullan S, Lichtor T. Percutaneous microcompression of the trigeminal ganglion for trigeminal neuralgia[J]. *J Neurosurg*, 1983, 59(6):1007-1012.
- [12] 马逸,李岩峰,史万超.经皮穿刺微球囊压迫治疗三叉神经痛[J].*中国微侵袭神经外科杂志*, 2002, 7(4):208-209.
- [13] Cheng Z, Chao Q, Pan DD. Dyna-CT-based image fusion technique real-time-assisted percutaneous micro-balloon compression in the treatment of trigeminal neuralgia[J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2022, 32(4): 544-547.
- [14] 邹建军,马逸,王斌,等.对老年原发性三叉神经痛微球囊压迫治疗时三叉神经抑制反应的再认识[J].*中国疼痛医学杂志*, 2009, 15(1):3-5.
- [15] Asplund P, Linderöth B, Lind G, *et al.* One hundred eleven percutaneous balloon compressions for trigeminal neuralgia in a cohort of 66 patients with multiple sclerosis[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2019, 17(5):452-459.
- [16] Sandwell S, Montoya S, Towner JE, *et al.* Anatomical study of percutaneous trigeminal compressive balloon positioning on Merged 3-D rotational X-Ray and preprocedural magnetic resonance imaging[J]. *Stereotact Funct Neurosurg*, 2018, 96(3):182-189.
- [17] Bernard F, Mercier P, Sindou M. Morphological and functional anatomy of the trigeminal triangular plexus as an anatomical entity: a systematic review[J]. *Surg Radiol Anat*, 2019, 41(6):625-637.
- [18] Li Y, Zhang XA, Qi S. Anatomic characteristics of the dural sheath of the trigeminal nerve[J]. *Head Neck*, 2016, 38(Suppl 1):E185-188.
- [19] Sabanci PA, Batay F, Civelek E, *et al.* Meckel's cave[J]. *World Neurosurg*, 2011, 76(3-4):335-341.