

## ·非血管介入 Non-vascular intervention·

## C 臂 CT 在经皮三叉神经痛球囊压迫术中的应用价值

尹 姬, 刘 铮, 师昕翌, 马 菁, 朱 力

**【摘要】 目的** 探讨 C 臂 CT 引导下经皮三叉神经半月节球囊压迫术治疗三叉神经痛的应用价值。**方法** 回顾性分析采用 C 臂 CT(Xper-CT)引导下经皮三叉神经半月节球囊压迫术治疗三叉神经痛患者 40 例,所有患者均进行 C 臂 CT 程序扫描,并通过 X-travision 工作站进行颅骨后处理重建,引导穿刺针进入卵圆孔及球囊到位,确定球囊头端位于 Meckel's 腔,充盈球囊。术后记录手术剂量面积乘积(dose area product,DAP)、空气比释动能(cumulative air kerma,CAK)、曝光时间(fluo time,FT),分析辐射剂量。**结果** 40 例患者均通过 C 臂 CT 后处理重建技术引导卵圆孔穿刺成功(其中小卵圆孔 2 例);40 例患者中通过 C 臂 CT 后处理重建技术确定球囊一次性到位并获得满意梨形 21 例(52%),通过 C 臂 CT 后处理重建技术分析后多次调整球囊位置及方向,使球囊头端位于岩骨切迹,并获得满意梨形 12 例(30%),7 例(18%)患者未获得满意梨形。术后 40 例患者疼痛完全消失 17 例(42%),疼痛满意缓解 21 例(53%);疼痛缓解不满意 2 例(5%);总有效率 95%。术后伴面部麻木 26 例(65%),咀嚼肌无力 9 例(23%)。40 例患者 DAP、CAK、FT 分别为 (79.39±23.15) Gy·cm<sup>2</sup>、(245.07±84.04) mGy、(5.20±1.30) min。**结论** C 臂 CT 引导下经皮三叉神经半月节球囊压迫术直观准确显示穿刺针、卵圆孔、球囊、岩骨脊的三维结构及其相互位置关系,尤其对解剖变异或异常增生的显示更具优势。

**【关键词】** 三叉神经痛;经皮微球囊压迫术;C 臂 CT;后处理重建

中图分类号:R745.11 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2023)-08-0755-05

**Application of C-arm CT in percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia** YIN Ji, LIU Zheng, SHI Xinyi, MA Jing, ZHU Li. Catheter Room, Department of Radiology, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan, Ningxia Hui Autonomous Region 750004, China

Corresponding author: ZHU Li, E-mail: zhuli72@163.com

**【Abstract】 Objective** To discuss the application of C-arm CT-guided percutaneous balloon compression(PBC) in treating trigeminal neuralgia. **Methods** The clinical data of 40 patients with trigeminal neuralgia, who received C-arm CT(Xper-CT scanner)-guided PBC, were retrospectively analyzed. C-arm CT programmed scan was performed in all patients, and post-processing reconstruction of the skull was carried out by using an X-travision workstation. Under the guidance of the reconstructed images, the puncture needle was inserted into the foramen ovale and the balloon was placed to the exact site. After determining that the balloon tip was located in the Meckel's cavity, the balloon was filled up. After PBC, the dose area product(DAP), the cumulative air kerma(CAK), and the fluoroscopic time(FT) were recorded, which were used for analyzing radiation dose. **Results** In all the 40 patients(including 2 patients having tiny foramen ovale), foramen ovale was successfully punctured under the guidance of the reconstructed images. Among the 40 patients, in 21 patients(52%) the balloon was inserted into accurate site with single procedure and it presented as a satisfactory pear shape, in 12 patients(30%) the balloon was placed at the petrous notch after several times of adjusting the balloon position and it presented as a satisfactory pear shape, and in 7 patients(18%) the balloon

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2023.08.006

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划项目(2022BEG03157),宁夏教育厅科研项目(NGY2020036)

作者单位:750004 宁夏银川 宁夏医科大学总医院放射导管室

通信作者:朱 力 E-mail: zhuli72@163.com

couldn't get a satisfactory pear shape. After treatment, the pain completely disappeared in 17 patients (42%), satisfactory relief of pain was seen in 21 patients (53%), and unsatisfactory relief of pain was observed in 2 patients (5%). The overall effective rate was 95%. The postoperative complications included facial numbness ( $n=26, 65\%$ ) and chewing muscle weakness ( $n=9, 23\%$ ). Postoperative radiation dose analysis indicated that the mean DAP, CAK and FT in the 40 patients were  $(79.39 \pm 23.15)$  Gycm<sup>2</sup>,  $(245.07 \pm 84.04)$  mGy and  $(5.20 \pm 1.30)$  min, respectively. **Conclusion** In treating trigeminal neuralgia, C-arm CT-guided PBC can stereoscopically and accurately display the 3D structures of the puncture needle, foramen ovale, balloon, the petrous notch, and the mutual positional relationship between these structures, which are particularly important surgical information for the patients who have anatomical variations or abnormal hyperplasia of these structures. (J Intervent Radiol, 2023, 32: 755-759)

**[Key words]** trigeminal neuralgia; percutaneous microballoon compression; C-arm CT scanner; post-processing reconstruction

三叉神经痛多见于中老年人,其疼痛性质及程度严重干扰患者的正常工作和生活<sup>[1]</sup>。1983 年开始应用经皮球囊压迫技术(percutaneous balloon compression, PBC)治疗三叉神经痛,目前已成为治疗三叉神经痛的重要手段<sup>[2]</sup>。该技术的关键步骤为:①识别并成功有效穿刺卵圆孔;②输送球囊至 Meckel's 囊内,影像学标志为球囊头端位于岩骨切迹;③充盈球囊呈现梨形,以适当压力及时间压迫半月节,在球囊压迫半月节时,确保球囊呈现梨形外观<sup>[3-4]</sup>。由于传统 DSA 二维影像的重叠局限性,PBC 技术关键步骤只能依赖术者的经验,往往出现失误,尤其在卵圆孔和中颅底骨质出现变异或异常增生时,容易引起穿刺并发症或球囊难以到位。运用飞利浦 DSA 机 C 臂 CT(Xper-CT)技术,使二维动态与类 CT 三维可视化影像实现一站式采集,直观、准确显示结构的形态及位置关系,并在术中快速给操作医生最佳工作角度,使得手术安全、精准、有效,减少并发症的发生,提高了手术成效。

## 1 材料与方法

### 1.1 临床资料

2021 年 9 月至 2022 年 7 月宁夏医科大学总医院收治的三叉神经痛患者 40 例,男性 20 例,女性 20 例,年龄为  $(63.8 \pm 9.7)$  岁。右侧疼痛 32 例,其中 1 例为继发性三叉神经痛,但拒绝开颅手术,1 例后颅窝肿瘤侵犯岩骨脊;左侧疼痛 8 例。

### 1.2 方法

患者仰卧位,全麻后 Hartel 前入路进行卵圆孔穿刺。穿刺针常规方向进针 7 cm 接近卵圆孔骨质结构时,选择飞利浦 FD20 DSA 机 C 臂 CT(Xper-CT Cerebral HD)程序进行第 1 次 Xper-CT 扫

描。扫描参数:120 kv 250 mA(s),扫描角度 240°,扫描时间 21.7 s,采集图像 622 帧,辐射剂量值 DAP 为 22.5 Gycm<sup>2</sup>。采集数据传输至 X-travision 工作站,进行 VR 重建后,获得颅骨三维立体图像,多方位识别卵圆孔及其与穿刺针位置关系,调整穿刺针方向,精准进入卵圆孔。拔出针芯将球囊导管送入 Meckel's 囊,即进行第 2 次 Xper-CT 扫描,扫描参数同上,在工作站进行 VR 重建及多平面(MIP)重组后处理,获得颅底岩骨脊及球囊头端形态与位置关系,调整球囊方向和深浅,引导球囊头端正好卡在岩骨切迹上方。在 DSA 透视下注入球囊碘佛醇对比剂 0.4~1 mL,DSA 二维标准头侧位显示球囊呈梨形,推断球囊位于 Meckel's 囊内,此时,行第 3 次 Xper-CT 扫描,扫描参数同上,在工作站通过 VR、MIP、Segmentation 后处理技术显示梨形三维形态及位置,确认球囊在 Meckel's 囊内,压迫 2~3 min,撤出球囊导管和穿刺针,按压穿刺点 5 min。同时,记录手术剂量面积乘积(DAP)、空气比释动能(CAK)、曝光时间(FT)。

采用 VAS<sup>[5]</sup>、NRS 评估量表,评价术后疼痛缓解情况。疼痛完全缓解:VAS<10 或 NRS=0 分;疼痛满意缓解:VAS 为 10~40 或 NRS≤3 分;疼痛缓解不满意:VAS≥40 或 NRS≥4 分。

### 1.3 统计学方法

使用 SPSS 20.0 统计软件,正态分布的计量资料以均数±标准差表示,计数资料用例数(%)表示。

## 2 结果

### 2.1 术中效果

40 例患者均在 Xper-CT 引导下成功识别并穿刺卵圆孔,其中 2 例小卵圆孔,调整球囊深度和位

置使得球囊导管精准到位并确定其在 Meckel's 腔,充盈球囊呈梨形(图 1),无穿刺并发症发生。经 Xper-CT 引导球囊一次到位 21 例,12 例多次调整到位,7 例多次调整未到位。33 例头颅标准侧位球囊充盈呈现梨形,其中 1 例岩骨上方异常骨质结构,1 例发生球囊术中破裂,更换球囊后充盈呈现梨形;7 例呈现椭圆形,其中 1 例岩骨上方异常骨质结构,Xper-CT 后处理容积图像可见异常骨脊,放弃成梨形预期,避免过多无效操作引起不必要的并发症,最终以椭圆形压迫半月节(图 2)。术中球囊破裂 1 例。术中充盈容积 $<0.7$  mL 22 例,0.7 mL 8 例, $>0.7$  mL 10 例。Xper-CT 采集次数:2 次 7 例,

3 次 26 例,4 次 4 例,5 次 3 例。

## 2.2 术后疗效与并发症

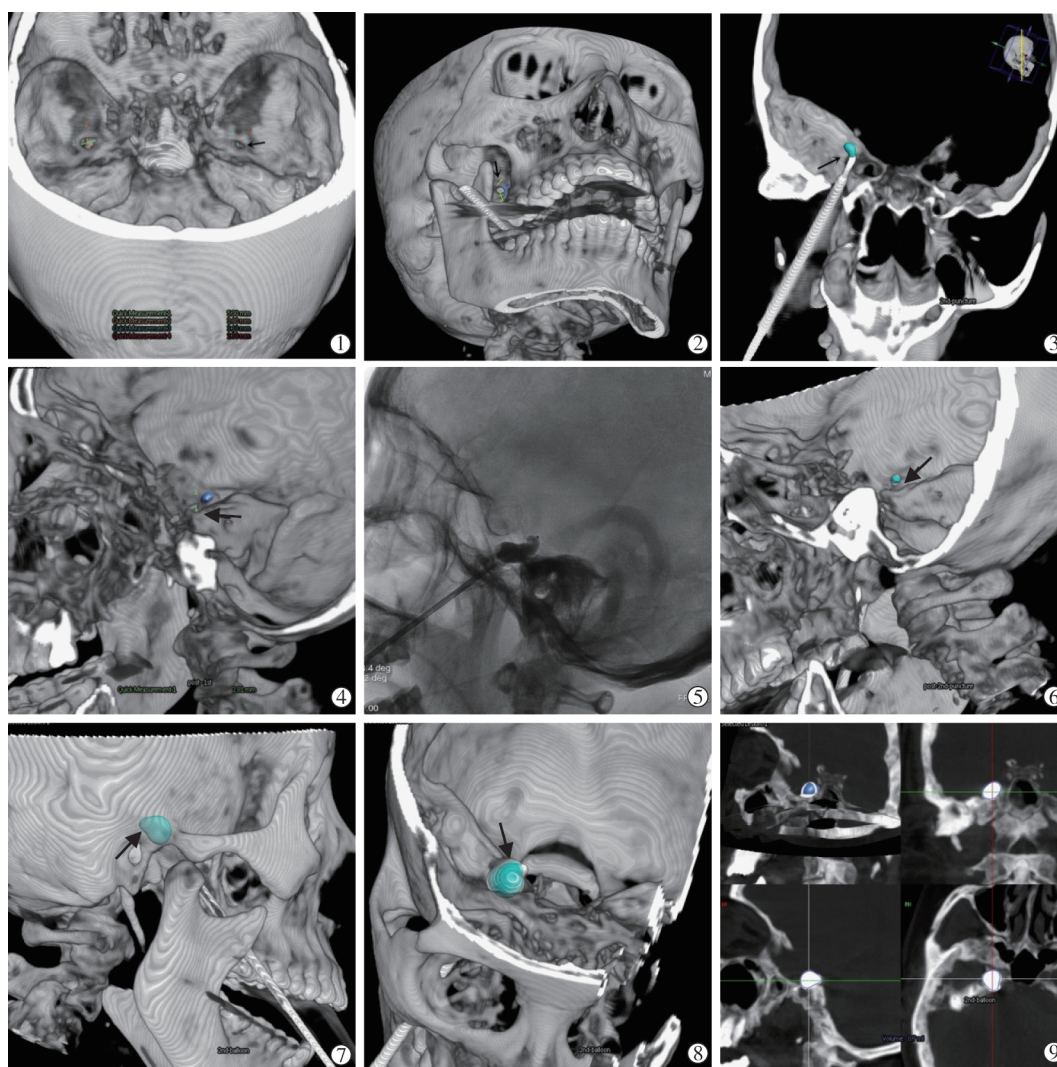
术后 17 例患者疼痛完全消失,21 例疼痛满意缓解,2 例患者疼痛缓解不满意,总有效率 95%。术后伴面部麻木 26 例,咀嚼肌无力 9 例。

## 2.3 辐射剂量分析结果

40 例患者的 CAK 值( $245.07 \pm 84.04$ ) mGy, FT 值( $5.20 \pm 1.30$ ) min, DAP 值( $79.39 \pm 23.15$ ) Gy $\text{cm}^2$ , 低于国际确定性效应(2Gy)的阈值水平(220~330 Gy $\text{cm}^2$ )。

## 3 讨论

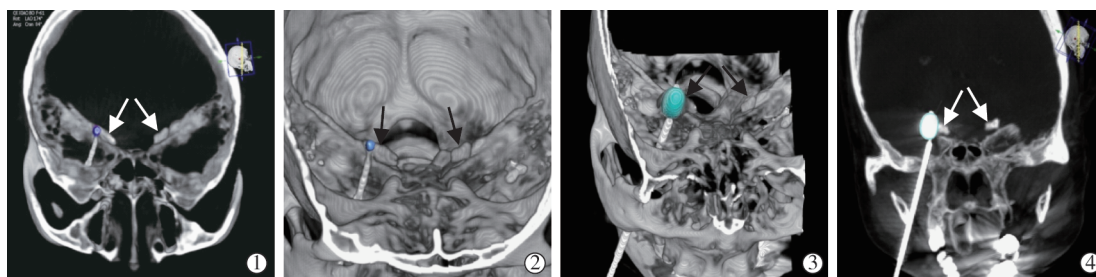
PBC 是治疗三叉神经痛简单而有效的手术方



①②Xper-CT 后处理 VR 图像显示双侧卵圆孔大小不对称,右侧偏小,颅底位对其进行标识后,快速获得卵圆孔穿刺位;③ Xper-CT 后处理 MIP 斜冠状位图像显示第 1 次球囊头端打折抵在岩骨上,位置偏低;④ Xper-CT 后处理 VR 图像显示第 2 次球囊位置偏高偏外;⑤ DSA 透视可见球囊充盈形态不佳;⑥Xper-CT 后处理 VR 图像显示第 3 次球囊恰好贴于岩骨切迹上方;⑦⑧ Xper-CT 后处理 VR 图像显示满意梨形的侧位及头足斜位三维形态;⑨ Xper-CT 后处理 MIP 图像显示梨形多平面形态

图 1 Xper-CT 引导穿刺针经小卵圆孔入路输送球囊至 Meckle's 囊





①②Xper-CT 后处理 MIP 轴位厚层及 VR 图像显示岩骨脊内上方变异骨质, 双侧对称, 球囊头端位于变异骨质上方, 位置较高; ③④ Xper-CT 三维后处理 VR 图像与 MIP 斜冠状位厚层图像显示, 球囊充盈后呈椭圆形

图 2 Xper-CT 后处理图像显示双侧岩骨脊上方变异骨质, 影响球囊到位, 球囊最终充盈呈椭圆形

法<sup>[6-7]</sup>。该技术在穿刺卵圆孔、球囊到位、球囊充盈成梨形的关键步骤需要对颅底解剖结构及穿刺针、球囊的位置形态做出准确的评估与判断, 才能确定球囊位于 Meckle's 囊内, 继而对三叉神经半月节进行合适压力和时间的压迫, 确保手术成功。由于传统 DSA 机二维影像的重叠性不能提供较具体、全面的信息, 需要依赖术者经验, 容易失误。Xper-CT 的类 CT 三维重建影像, 能够立体、多角度、多方位直观展示以上结构, 结合 DSA 机二维动态影像可提供全面、具体的信息, 使手术更安全、更精准。虽然有学者提出螺旋 CT 引导下 PBC 手术, 但由于 PBC 手术需要在全麻下进行, CT 的空间局限性使其不具有可行性, 且 CT 不能实时动态观察穿刺及球囊成形的过程, 此外与传统 CT 相比, C 臂 CT 的辐射剂量更低<sup>[8-9]</sup>。

穿刺卵圆孔是 PBC 手术至关重要的一步, 国内大部分医院采用常规 C 臂 CT、DSA 引导下进行<sup>[10]</sup>。通常会引起相关并发症, 如肌肉、腺体、面部血管损伤等, 虽然症状轻微, 但也应引起重视, 尤其是多次穿刺引起的损伤; 若发生卵圆孔穿刺误穿眶下裂及破裂孔等部位, 可造成手术失败或严重并发症<sup>[11-16]</sup>。穿刺时利用术中影像提高穿刺靶点的命中率, 减少反复穿刺, 能降低血管损伤的发生率<sup>[17]</sup>。有研究表明, 卵圆孔变异发生率为 24.2%<sup>[18]</sup>, C 臂 CT 的应用对了解卵圆孔变异或周围韧带钙化情况更有优势。本组有 2 例小卵圆孔, 通过 Xper-CT 后处理重建 VR 图像识别并标识小卵圆孔, 成功穿刺卵圆孔。此外, 通过 Xper-CT 容积图像及多平面重组图像多角度, 多平面显示球囊导管与岩骨脊的形态和位置关系, 调整球囊深度和位置, 使得球囊导管精准到位并确定其在 Meckel's 腔, 充盈球囊呈梨形。球囊到位是 PBC 手术的关键, Meckel's 腔位于岩尖部, 由颅底硬膜反折形成, 若穿刺导针角度偏差使得导针刺破硬膜位置错误, 球囊主体位于 Meckel's 腔外

进入外侧壁或内下侧壁, 球囊充盈位于外侧壁的两层硬脑膜的腔隙时, 导致球囊充盈呈椭圆形, 对半月节压迫受限, 无法产生高压, 术后感觉减退较轻, 容易复发<sup>[19]</sup>。本组 1 例岩骨脊上方异常增生骨脊, 导致球囊导管过高, 无法达到岩骨切迹上方, 使得球囊成形呈椭圆形, Xper-CT 后处理容积图像可见异常骨脊, 明确原因后, 及时放弃成梨形预期, 避免过多无效操作, 引起不必要的并发症, 最终以椭圆形压迫半月节。Xper-CT 在球囊充盈成梨形后, 可以通过 Segmentation 分割技术对梨形三维形态进行显示, 由于在传统透视影像上看到的是二维重叠影像, 无法判断其三维形态, 当出现标准梨形以外的其他形态时, 可以通过 Xper-CT 三维图像判断其具体形态及位置, 对其术后并发症进行评估分析。值得注意的是, 球囊体积过小、球囊压力过低及球囊压迫时间过短等, 会导致疗效欠佳, 反之, 虽然取得理想临床效果, 但同时增加并发症发生率<sup>[20]</sup>。

在越来越多的患者受益于介入微创治疗的同时, 术中辐射剂量问题也越来越引起临床的重视。DAP 值作为介入手术辐射剂量评估的重要证据, 已被临床广泛接受和采用<sup>[21]</sup>。Struelens 等<sup>[22]</sup>提出 220~330 Gy<sup>m</sup> 的触发水平作为确定性皮肤效应 (2 Gy) 的阈值。本研究对 40 例患者的术后 DAP 进行统计分析, 得出低于确定性皮肤效应 (2 Gy) 的阈值。同时, C 臂 CT 后处理重建一键到位的功能, 快速、准确给予术者卵圆孔穿刺位及手术标准侧位, 避免了术者在透视下反复多次踩线调整 C 臂角度, 有效降低了术中辐射剂量, 节约了手术时间。

综上所述, Xper-CT 引导下 PBC 治疗三叉神经痛安全、精准、有效, 三维可视化程度更直观、全面, 提高了卵圆孔穿刺及球囊到位的精准性, 准确显示判断球囊形态、位置, 尤其对具有异常增生或变异骨质病例更具有优势, 提高了手术成效, 降低手术

辐射剂量。

# 参考文献

- [1] 张涛,陈伟,徐军,等. C臂CT三维重建技术在三叉神经球囊压迫术中的临床应用[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29: 913-916.
- [2] 刘磊,刘冲,迟令懿,等. CT三维重建技术在经皮三叉神经半月节球囊压迫术中的应用[J]. 中华神经医学杂志, 2020, 19:1090-1093.
- [3] 霍晓川,张振兴,罗俊生,等. Dyna-CT在经皮微球囊压迫治疗三叉神经痛中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2013, 29:598-602.
- [4] 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.
- [5] 董韬,马逸,曲国辉,等. 微球囊压迫半月节治疗三叉神经痛临床疗效分析[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29:165-168.
- [6] 张章,李俊. Dyna-CT引导下经皮穿刺三叉神经半月节微球囊压迫术治疗三叉神经痛[J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24:84-86.
- [7] Xia Y, Yu G, Min F, et al. The focus and new progress of percutaneous balloon compression for the treatment of trigeminal neuralgia[J]. J Pain Res, 2022, 15: 3059-3068.
- [8] Asplund P, Linderöth B, Bergenheim AT. The predictive power of balloon shape and change of sensory functions on outcome of percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia[J]. J Neurosurg, 2010, 113: 498-507.
- [9] Hirota S, Nakao N, Yamamoto S, et al. Cone-beam CT with flat-panel-detector digital angiography system: early experience in abdominal interventional procedures[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2006, 29: 1034-1038.
- [10] Wiggins A, Lonie M, Pimentel I, et al. Electromagnetic navigation for the percutaneous treatment of trigeminal neuralgia with balloon compression: technical note and cadaveric validation study[J]. Acta Neurochir(Wien), 2018, 160: 1337-1341.
- [11] 齐明,董吉荣,纪荣明,等. 模拟C-臂机引导下经皮穿刺球囊压迫术治疗三叉神经痛穿刺路径的应用解剖[J]. 解剖学杂志, 2020, 43:47-50.
- [12] Mendes PD, Martins da Cunha PH, Monteiro KKO, et al. Percutaneous foramen ovale puncture: usefulness of intraoperative CT control, in the eventuality of a narrow foramen[J]. Stereotact Funct Neurosurg, 2021, 99:75-78.
- [13] Li F, Ma Y, Zou J, et al. Endovascular treatment of rare vascular complications of percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia[J]. Turk Neurosurg, 2016, 26: 215-218.
- [14] Kourilsky A, Palpacuer C, Rogers A, et al. Multivariate models to predict pain recurrence and sensitive complications after percutaneous balloon compression in trigeminal neuralgia[J]. J Neurosurg, 2022, 137: 1-10.
- [15] Zheng S, Yuan R, Ni J, et al. Long-term recurrence-free survival and complications of percutaneous balloon compression and radiofrequency thermocoagulation of gasserian ganglion for trigeminal neuralgia: a retrospective study of 1313 cases[J]. Pain Pract, 2022, 22: 532-540.
- [16] Li MW, Jiang XF, Niu CS. Efficacy of and risk factors for percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia in elderly patients[J]. Br J Neurosurg, 2021, 35: 280-284.
- [17] Niu T, Kalia JS, Zaidat OO. Rare vascular complication of percutaneous balloon compression of trigeminal neuralgia treated endovascularly[J]. J Neurointerv Surg, 2010, 2: 147-149.
- [18] 龙润雨,王姬,刘朝彤,等. 卵圆孔的解剖学研究及其临床意义[J]. 中国现代医学杂志, 2019, 29:97-100.
- [19] 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, 17:53-55.
- [20] Cheng JS, Lim DA, Chang EF, et al. A review of percutaneous treatments for trigeminal neuralgia[J]. Neurosurgery, 2014, 10 (Suppl 1):25-33.
- [21] Varghese A, Keshava SN, Moses V, et al. Radiation dose reference card for interventional radiology procedures: experience in a tertiary referral centre[J]. Indian J Radiol Imaging, 2019, 29: 247-252.
- [22] Struelens L, Bacher K, Bosmans H, et al. Establishment of trigger levels to steer the follow-up of radiation effects in patients undergoing fluoroscopically-guided interventional procedures in Belgium[J]. Phys Med, 2014, 30: 934-940.

(收稿日期:2022-08-26)

(本文编辑:新宇)