

CT/MRI 图像融合技术与 CT 引导三叉神经半月节射频热凝术的疗效对比

沈静¹, 王梦格¹, 宋阳¹, 任振华²

摘要 目的 对比 CT/MRI 图像融合技术和传统 CT 引导经皮三叉神经半月节射频热凝术的疗效。方法 收集 88 例原发性三叉神经痛患者医疗信息,按不同影像引导方式随机平均分为对照组(CT 引导三叉神经半月节射频热凝术)和融合组(CT/MRI 图像融合技术辅助三叉神经半月节射频热凝术);对穿刺操作时间、术中不适发生率以及术前、术中和术后的视觉模拟评分法(VAS)评分、巴罗神经学研究所(BNI)疼痛评分及术后并发症发生率进行比较。结果 融合组穿刺操作耗时短于对照组($P < 0.05$);融合组术中和术后的 VAS 及 BNI 评分、术中不适、术后并发症发生率均低于对照组($P < 0.05$)。结论 在提高疗效、减少术中不适、术后并发症方面,CT/MRI 图像融合技术较 CT 引导更具优越性。

关键词 CT/MRI 图像融合;三叉神经痛;射频热凝术;半月神经节;CT 引导;术后并发症

中图分类号 R 459.9

文献标志码 A **文章编号** 1000-1492(2024)03-0538-05
doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2024.03.026

三叉神经痛(trigeminal neuralgia, TN)是一种发生在三叉神经分布区的神经病理性疼痛疾病^[1]。目前临床首选口服卡马西平(carbamazepine)或奥卡西平(oxcarbazepine)治疗^[2],但常有患者因疼痛发作渐频、药物控制效果不佳而就诊。目前治疗 TN 首选的微创手术是经皮射频热凝术(percutaneous radiofrequency thermocoagulation, PRT)^[3],其通过电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)引导射频针选择性破坏三叉神经半月节达到镇痛效果^[4-5]。

CT 和磁共振成像(magnetic resonance imaging,

MRI)是 TN 患者诊断和鉴别的常用影像学技术。CT 对卵圆孔的显示优势明显,头颅 MRI 及三叉神经成像可排除继发性病因引起的三叉神经痛^[6-7],二者图像融合后可对 PRT 治疗靶点进行精准定位。该研究旨在对比传统 CT 引导和 CT/MRI 图像融合定位辅助 PRT 的疗效、术中不适和并发症,为临床行三叉神经半月节 PRT 提供更多影像辅助技术的选择。

1 材料与方法

1.1 病例资料 本研究经安徽医科大学第一附属医院医学伦理委员会审查并批准(批号:PJ2023-13-32)。选取安徽医科大学第一附属医院疼痛科收治的符合原发性 TN 临床诊断标准的 88 例患者,术前随机分为对照组和融合组。所有病人均于术前签署知情同意书。收集患者的性别、年龄、病程、受累分支、服用卡马西平剂量等基本信息,记录穿刺操作时间、穿刺深度和术前、术中、术后 1 周、1 月和 3 月手术并发症的发生情况以及视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)评分和巴罗神经学研究所(Barrow neurological institute, BNI)疼痛评分。

1.2 治疗方法 所有患者术前完善头颅 MRI 和 CT 平扫,禁食 8 h,平车推入 CT 室,颈部垫枕,取颈仰卧位于治疗床,予以持续监测心电图(electrocardiogram, ECG)、脉搏血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO₂)及无创血压(non-invasive blood pressure, NIBP),建立静脉通道。

1.2.1 CT 引导下经皮三叉神经半月节射频热凝术

CT 扫描后设计穿刺路径,使用碘伏消毒皮肤后铺无菌洞巾于穿刺点行局部浸润麻醉。在 CT 引导下调整穿刺针进至卵圆孔内,连接射频仪给予 0.5 V 的感觉电刺激测试,根据病人患侧疼痛及异感诱发情况调整穿刺针,感觉测试成功后拔出针芯回抽无血液和脑脊液流出,缓慢由穿刺针向内注入 0.5% 利多卡因 1 ml + 地塞米松 1 ml 混合液,观察 3~5 min,病人生命体征平稳,术侧三叉神经支配区较健侧出现感觉麻木,连接射频仪。给予 75 °C 持续热

2024-02-26 接收

基金项目:安徽医科大学临床医学学科建设项目(编号:9001001875);炎症免疫性疾病安徽省实验室开放基金项目(编号:IMMDL202106)

作者单位:¹安徽医科大学第一附属医院疼痛科,合肥 230022

²安徽医科大学人体解剖学教研室,合肥 230032

作者简介:沈静,女,硕士研究生;

宋阳,男,副主任医师,硕士生导师,责任作者,E-mail: songyang@ahmu.edu.cn;

任振华,男,教授,博士生导师,责任作者,E-mail: renzhenhua@ahmu.edu.cn

凝射频毁损 70 s, 2 次, 75 °C 热凝射频毁损 90 s, 1 次。射频结束后, 由卵圆孔退出穿刺针并覆盖无菌敷贴。

1.2.2 CT/MRI 图像融合技术辅助行经皮三叉神经半月节射频热凝术 将患者术前头颅 CT 及 MRI 扫描图像在计算机 iplane 系统上注册, 使用图像融合工具包中的自动融合模块提取 CT 和 MRI 图像进行融合, 形成卵圆孔与半月神经节共存的界面定位靶点(见图 1), 测量靶点在卵圆孔内的方位并设计穿刺路径, 手术时 CT 扫描定位预先测定的靶点和皮肤穿刺点, 穿刺至靶点时不进行感觉电刺激测试, 与对照组相同方法进行 PRT。患者术中及术后生命体征平稳, 平车推回病房, 心电监护 6 h, 卧床 24 h。



图 1 头颅 CT/MRI 图像融合定位三叉神经半月节即治疗靶点

1.3 观察指标

1.3.1 VAS 评分和 BNI 评分 VAS 评分工具是一根总长约 10 cm, 由“0”分到“10”分均匀分布的标尺, 其中 0 分表示无痛, 10 分代表最不能接受的强烈的疼痛。根据疼痛强烈程度在该标尺上选择恰当的位置进行评分。0 分: 无痛; 1~3 分: 有轻微疼痛, 能忍受; 4~6 分: 疼痛并会影响睡眠, 尚能忍受; 7~10 分: 有较强烈的疼痛, 疼痛难忍影响食欲和睡眠。BNI 评分包括面部疼痛强度评分 BNI(P) 和面部麻木评分 BNI(N)。BNI(P) 评估疼痛缓解程度分为 5 个疼痛等级, P-1 级: 无疼痛, 不需要药物治疗; P-2 级: 偶有疼痛, 无需药物治疗; P-3 级: 有些疼痛, 但药物治疗有效; P-4 级: 有些疼痛, 药物治疗效果不理想; P-5 级: 严重疼痛, 药物无法控制。BNI(N) 评估麻木程度分为 4 级, N-1: 没有麻木; N-2: 轻度麻木, 对正常生活无影响; N-3: 有麻木, 影响正常生活; N-4: 较麻木, 严重影响正常生活。所有病人均由同一名对研究分组不知情的临床医师进行疼痛评分和记录。

1.3.2 收集穿刺操作时间和深度 收集两组患者

的穿刺操作时间(从穿刺针刺入皮肤至 0.5 V 感觉电刺激测试成功的时间)和进行射频热凝治疗时的进针深度(从穿刺点外口开始测量)。

1.3.3 随访术中不适和并发症 患者在术中穿刺节点出现血压升高(高于基础血压 20 mmHg)或心动过速(心率 > 100 次/分)、低血氧饱和度(指尖氧饱和度低于 90%)视为术中不适。术后 3 月随访并记录并发症包括术侧面部肿胀、头晕恶心、咬肌无力、眼干不适、脑脊液漏、颅内出血、死亡等^[8]。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 25.0 软件处理数据, 分类数据采用例数(百分比) $[n(\%)]$ 表示, 采用卡方检验进行组间比较; 定量数据通过 Shapiro-Wilk 检验是否正态分布, 服从正态的数据采用均数 ± 标准差 $(\bar{x} \pm s)$ 表示, t 检验进行组间比较; 不服从正态的数据采用 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示, 曼-惠特尼 U 检验进行组间比较; 检验水准为 $\alpha = 0.05, P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较 对照组男性 17 例, 女性 27 例, 年龄 40~93 (67.43 ± 11.56) 岁; 融合组男性 19 例, 女性 25 例, 年龄 43~88 (67.73 ± 10.59) 岁。两组患者的年龄、性别、病程长短、累及分支、卡马西平剂量等差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。见表 1。

2.2 两组穿刺操作情况比较 两组穿刺成功率均为 100%, 穿刺进针深度无明显差异 ($P > 0.05$), 融合组穿刺操作时间较对照组短 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 两组患者术前、术中及术后 VAS 评分比较 两组病人的 VAS 评分在接受治疗前差异无统计学意义 ($Z = -0.335, P > 0.05$), 与对照组相比, 融合组术中、术后 1 周、1 月、3 月的 VAS 评分均较低 ($Z = -7.866, -8.194, -7.789, -7.481$, 均 $P < 0.01$)。见图 2。

2.4 两组患者术前、术中及术后 BNI(P) 及 BNI(N) 评分比较 两组病人治疗前 BNI(P) 及 BNI(N) 评分无统计学差异 ($Z = -0.322, 0.000, P > 0.05$), 融合组术中、术后 1 周、1 月、3 月的 BNI(P) 及 BNI(N) 评分均低于对照组 ($Z = -8.340, -6.361, -8.165, -5.367, -7.967, -8.550, -7.658, -7.067$, 均 $P < 0.05$)。见图 3、4。

2.5 两组病人术中不适及术后并发症发生率比较 对照组患者术中不适发生率为 63.65%, 其中发生血压升高或心动过速 26 例 (59.1%), 低血氧饱

表1 两组患者一般资料的比较

| 项目 | 对照组(n=44) | 融合组(n=44) | t/z/χ ² 值 | P 值 |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-------|
| 性别(n) | | | 0.188 | 0.665 |
| 男 | 17 | 19 | | |
| 女 | 27 | 25 | | |
| 累及分支(n) | | | 0.909 | 0.709 |
| 第1支 | 1 | 2 | | |
| 第2支 | 31 | 33 | | |
| 第3支 | 12 | 9 | | |
| 年龄(岁, $\bar{x} \pm s$) | 67.43 ± 11.56 | 67.73 ± 10.59 | 0.125 | 0.901 |
| 病程[月, $M(P_{25}, P_{75})$] | 24.00(4.00, 60.75) | 30.00(4.50, 74.75) | 0.706 | 0.671 |
| 服用卡马西平剂量[mg/d, $M(P_{25}, P_{75})$] | 600.00(600.00, 600.00) | 600.00(600.00, 600.00) | 0.425 | 0.901 |

表2 两组穿刺进针深度及操作时间的比较

| 穿刺情况 | 对照组 | 融合组 | t/z 值 | P 值 |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|-------|-------|
| 穿刺进针深度(cm, $\bar{x} \pm s$) | 8.69 ± 0.70 | 8.66 ± 0.79 | 1.502 | 0.137 |
| 穿刺操作时间[min, $M(P_{25}, P_{75})$] | 30.00(28.00, 33.50) | 15.00(13.25, 16.00) | 7.596 | 0.000 |

表3 两组术中不适及术后并发症发生率比较 [n(%)]

| 事件 | 对照组 | 融合组 | χ ² 值 | P 值 |
|----------------|-----------|-----------|------------------|-------|
| 术中不适发生率[n(%)] | 56(63.65) | 10(11.40) | 25.648 | 0 |
| 术后并发症发生率[n(%)] | 28(31.87) | 4(4.55) | 11.000 | 0.001 |

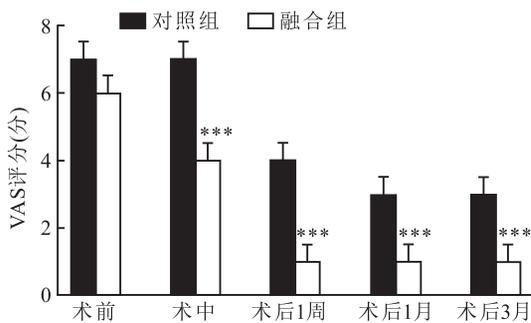


图2 治疗前后对照组和融合组的VAS评分比较
与对照组比较: *** P < 0.001

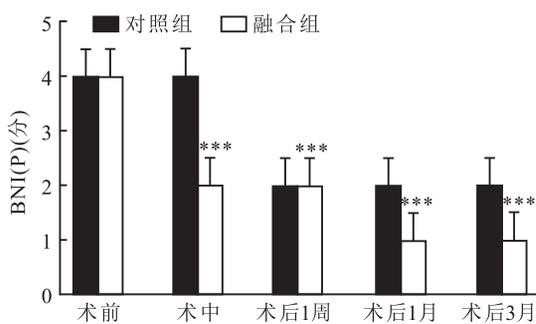


图3 治疗前后对照组和融合组的BNI(P)评分比较
与对照组比较: *** P < 0.001

例(18.2%)、头晕恶心、咬肌无力5例(11.4%)、脑脊液漏1例(2.27%),无头晕恶心、眼干不适、颅内出血及死亡发生,而融合组仅有2例(4.55%)患者出现面部肿胀,无其他并发症发生。融合组术中不适及术后并发症发生率均低于对照组,差异有统计学意义(均 $P < 0.01$)。见表3。

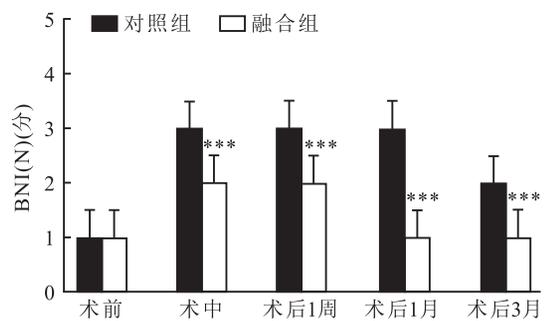


图4 治疗前后对照组和融合组的BNI(N)评分比较
与对照组比较: *** P < 0.001

3 讨论

目前PRT穿刺定位主要依靠卵圆孔这一骨性解剖结构,然而真正的治疗靶点为三叉神经半月节^[9-11],其位于颞骨岩部尖端的三叉神经压迹处。近年也有研究^[12]将3D打印技术应用于PRT穿刺中,虽能有效缩短手术时长及提高手术疗效,但花费较高,临床上不能为大多数患者普及。本研究利用计算机注册和提取术前检查图像生成CT/MRI融合

和度2例(4.55%),融合组患者术中不适发生率为11.40%,均为在术中穿刺节点发生血压升高或心动过速(5例),无低血氧饱和度事件发生。对照组患者并发症发生率为31.87%,术后出现面部肿胀8

图像,可以评估针尖与三叉神经半月节之间的关系,无额外检查成本,课题组前期研究证明其可缩短手术时间并提高疗效^[13]。

传统的 C 臂或 CT 均只能显示骨性结构,对神经的显像效果不佳,且不同患者的三叉神经半月节解剖存在变异,确定穿刺针到达治疗靶点大多依赖于操作者经验及患者的感觉测试反应,因此单纯 CT 引导行 PRT 可能存在误伤运动纤维或射频损毁不彻底等情况。随着 MRI 的发展,目前的成像技术可更好地显示三叉神经半月节位置、深度、形状及其病变,中国台湾省的一项研究^[14]曾纳入 252 例 TN 患者,共行 340 次 PRT 并随访 2 年,其中 CT/MRI 融合组发生上颌神经受损等并发症较少,本研究结果与之一致。

反复穿刺、术中感觉测试引起的疼痛及心率血压波动不可忽视。本研究中 CT/MRI 融合辅助行 PRT 可有效提升穿刺效率及避免术中反复进行调整穿刺方向和神经电生理测试带来的痛苦体验,有助于提升术中舒适体验以及避免术中剧烈的血流动力学变化。PRT 术后麻木为射频热凝术后的常见表现,其远期疗效对一些高龄患者并不十分确切^[15]。本研究两组患者术后面部均出现麻木,然而融合组术中对神经和周围软组织的损伤较少,患者术后的麻木感较轻且消失较快,有利于患者术后早期康复。CT/MRI 图像融合技术两组的穿刺深度并无明显差别,与赖尚导等^[12]测量结果一致,最终治疗效果的不同可能与具体穿刺角度及针尖与三叉神经半月节的毁损面有关,单独根据穿刺针进针深度可能无法精确把握手术治疗靶点,需结合治疗靶点进行个性化穿刺路线设计。

本研究尚有不足之处,主要样本均来自于同一医疗中心,未进行更长时间的随访,组内患者个体性差异较大,年龄跨度大,未应用多重量表进行评估。此外,图像融合技术不适用于大量图像数据的处理,图像融合的质量受到一定程度主观因素的影响。未来需要更大样本以及更精细的评价标准进行随机对照研究,利用 MRI 特殊成像技术对患者术前术后不同脑区信号的变化进行进一步探究。

参考文献

- [1] Héréus S, Lins B, Van Vlasselaer N, et al. Morphologic and morphometric measurements of the foramen ovale: comparing digitized measurements performed on dried human crania with computed tomographic imaging. An observational anatomic study[J]. *J Craniofac Surg*, 2023, 34(1): 404-10.
- [2] Hong Ji Hee, Lee Jae Yoon, Kim Seung Ju, et al. Retrospective analysis of clinical feature in trigeminal neuralgia[J]. *Pain Physician*, 2023, 26: 39-44.
- [3] Di Stefano G, De Stefano G, Leone C, et al. Real-world effectiveness and tolerability of carbamazepine and oxcarbazepine in 354 patients with trigeminal neuralgia[J]. *Eur J Pain*, 2021, 25(5): 1064-71.
- [4] 孟 岚, 任 浩, 赵春美, 等. 射频热凝和脉冲射频治疗三叉神经痛疗效和安全性评价[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2021, 27(12): 898-904.
- [5] 杨吉奎, 温晓霞, 王文丽, 等. 三叉神经痛的诊疗研究进展[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2023, 29(3): 201-6.
- [6] Wang Z, Zhao Z, Song Z, et al. The application of magnetic resonance imaging (MRI) for the prediction of surgical outcomes in trigeminal neuralgia[J]. *Postgrad Med*, 2022, 134(5): 480-6.
- [7] Chai W, You C, Zhang W, et al. Diffusion tensor imaging of microstructural alterations in the trigeminal nerve due to neurovascular contact/compression[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2019, 161(7): 1407-13.
- [8] Li X, Zheng S, Cao Z, et al. Factors associated with long-term risk of recurrence after percutaneous radiofrequency thermocoagulation of the Gasserian ganglion for patients with trigeminal neuralgia involving the ophthalmic division: a retrospective study[J]. *Pain Pract*, 2021, 21(1): 26-36.
- [9] Liu G, Du Y, Wang X, et al. Efficacy and safety of repeated percutaneous radiofrequency thermocoagulation for recurrent trigeminal neuralgia[J]. *Front Neurol*, 2019, 9: 1189.
- [10] Zhao W, Yang L, Deng A, et al. Long-term outcomes and predictors of percutaneous radiofrequency thermocoagulation of Gasserian ganglion for maxillary trigeminal neuralgia: a retrospective analysis of 1 070 patients with minimum 2-year follow-up[J]. *Ann Med*, 2022, 54(1): 2420-30.
- [11] 荣道建, 张海波, 姜 雪, 等. 神经导航下经皮选择性半月神经节射频热凝治疗三叉神经痛[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2020, 26(8): 612-5.
- [12] 赖尚导, 陈伟元, 黄乔东, 等. 3D 打印定位穿刺角度引导器联合 DSA 在三叉神经半月节射频热凝术中的应用[J]. *中国医学创新*, 2020, 17(13): 61-4.
- [13] Shen J, Shen J, Song Y, et al. Application of CT/MRI image fusion technique in radiofrequency thermocoagulation of trigeminal semilunar ganglion [C]. *中华医学会, 中华医学会疼痛学分会. 中华医学会疼痛学分会第十九届学术年会论文汇编*, 2023: 2.
- [14] Tsai P J, Lee M H, Chen K T, et al. Foramen ovale cannulation guided by intraoperative computed tomography with magnetic resonance image fusion plays a role in improving the long-term outcome of percutaneous radiofrequency trigeminal rhizotomy [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2019, 161(7): 1427-34.
- [15] Zhao L, Chen J, Peng Z, et al. Radiofrequency thermocoagulation of trigeminal nerve assisted by nerve bundle extraction and image fusion based on hamilton-jacobi equation [J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2021, 209: 106361.

(下转第 546 页)

The levels of CD4⁺ and CD3⁺ in the ITP group were lower than those in the non ITP group ($P < 0.05$), while the levels of CD8⁺ were higher than those in the non ITP group ($P < 0.05$). The levels of CCL5, CXCL11, and MCP-1 in the ITP group were higher than those in the non ITP group ($P < 0.05$). The correlation analysis results showed that CD4⁺, CD3⁺ and platelet count were positively correlated in the ITP group ($P < 0.05$), while CD8⁺, CCL5, CXCL11, MCP-1 were negatively correlated with PLT ($P < 0.05$). The ROC analysis results showed that the cut-off values of CD4⁺, CD8⁺, CD3⁺, CCL5, CXCL11, and MCP-1 for the diagnosis of ITP in children were 27.13%, 24.02%, 59.88%, 41.02 ng/L, 30.18 ng/L, and 188.27 ng/L, respectively. The AUC values were 0.893, 0.880, 0.629, 0.801, 0.892, and 0.751, respectively. The AUC of the parallel diagnosis (meaning that one or more of CD4⁺, CD3⁺ was below the cut-off value and/or one or more of CD8⁺, CCL5, CXCL11, MCP-1 was above the cut-off value at the time of parallel testing) was 0.967, indicating that one or more of them was lower than the cut off value and/or one or more of them was higher than the cut off value when tested separately. Its diagnostic efficacy was higher than that of each indicator tested separately ($P < 0.05$). **Conclusion** There are significant differences in lymphocyte subpopulations and chemokines between pediatric ITP patients and non-ITP patients. CD4⁺, CD8⁺, CD3⁺, CCL5, CXCL11, and MCP-1 can be used for the diagnosis of pediatric ITP. Combined detection of various indicators can improve detection efficiency.

Key words lymphocyte subpopulation; chemotactic factors; combined assay; primary immune thrombocytopenia; diagnostic efficacy; ROC analysis

(上接第 541 页)

Contrast of the therapeutic effect of CT/MRI image fusion technology and CT guided radiofrequency thermocoagulation of trigeminal semilunar ganglion

Shen Jing¹, Wang Mengge¹, Song Yang¹, Ren Zhenhua²

¹*Dept of Pain, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022;*

²*Dept of Human Anatomy, Anhui Medical University, Hefei 230032)*

Abstract Objective To evaluate the therapeutic effect of CT/MRI image fusion and usual CT guided percutaneous radiofrequency thermocoagulation of trigeminal semilunar ganglion. **Methods** The medical information of 88 patients diagnosed with primary trigeminal neuralgia were assembled. In accordance with different imaging guidance means, they were equally divided into the control group (trigeminal semilunar ganglion radiofrequency thermocoagulation with CT guidance) and the fusion group (trigeminal semilunar ganglion radiofrequency thermocoagulation with assistance of CT/MRI image fusion technology) at random. The puncture time, intraoperative discomfort rate, preoperative, intraoperative and postoperative visual analogue scale (VAS) score, Barrow neurological institute (BNI) pain score and postoperative complication rate were contrasted. **Results** The puncture operation time of the fusion group was shorter than that of the control group ($P < 0.05$); the intraoperative and postoperative VAS and BNI scores, occurrence rate of intraoperative discomfort and postoperative complications in the fusion group were lower than those in the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** In respect of improving therapeutic effect and diminishing intraoperative discomfort and postoperative complications, CT/MRI image fusion technique is superior to CT guidance.

Key words CT/MRI image fusion; trigeminal neuralgia; radiofrequency thermocoagulation; semilunar ganglion; CT guidance; postoperative complication