

· 临床研究 ·

计算机辅助设计与解剖定位在卵圆孔穿刺规划中的对比研究

韩影 王然 王乃堃 陆丽娟

【摘要】 目的 研究利用计算机辅助设计技术 (computer-assisted design, CAD) 规划三叉神经毁损术卵圆孔穿刺路径与解剖定位法在穿刺参数方面的差异, 提出解剖定位法的优化方案。**方法** 选择 2014 年 1 月至 2017 年 6 月接受 3D 导航模板引导下半月神经节射频热凝术的原发性三叉神经痛患者 57 例, 男 22 例, 女 35 例。回顾分析每例患者的穿刺方案 (CAD 法), 并与模拟的传统前入路定位方案 (解剖定位法, 取口角外 2.5 cm 作为进针点) 进行对比分析, 观察穿刺路径被遮挡情况。**结果** 与传统解剖定位法比较, 基于三维影像的 CAD 路径规划明显降低穿刺路径被遮挡率 ($P < 0.05$), 该方法在穿刺方向上的可获得卵圆孔面积及短径明显大于传统解剖定位法 ($P < 0.05$)。91.2% 患者通过 CAD 三维影像法规划的进针点分布在口角外 2.5 cm 进针点的内下方。**结论** 将传统解剖定位法进针点向内下方调整, 可以减少穿刺过程遮挡, 获得一定的针道调整空间, 有助于提高穿刺成功率。

【关键词】 计算机辅助设计; 三维重建; 三叉神经痛; 卵圆孔; 穿刺

Comparative study of computer assisted design technique and anatomical landmarks in foramen ovale puncture HAN Ying, WANG Ran, WANG Naikun, LU Lijuan. Nanjing Drum Tower Hospital, the Affiliated Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, China
Corresponding author: LU Lijuan, Email: 932200932@qq.com

【Abstract】 Objective To compare the difference of puncturing parameters between computer-assisted design (CAD) technique and anatomical landmarks in foramen ovale puncture and to propose optimized procedure using anatomical landmarks. **Methods** From January 2014 to June 2017, 57 patients 22 males and 35 females, were diagnosed with primary trigeminal neuralgia and treated with CAD template guided radiofrequency thermocoagulation therapy through foramen ovale (FO). We retrospectively analyzed the surgical plan with CAD method and simulated the traditional method of preoperative plan for each patient. The rate of the trajectory obstruction, available area and short diameter of FO in the direction of puncture were measured and compared between the two methods. Relative locations of percutaneous insertion points were measured. **Results** Compared with the traditional method, CAD method significantly reduced the rate of trajectory obstruction ($P < 0.05$). Besides, available area and short diameter of FO in the direction of puncture were significantly greater in CAD method ($P < 0.05$). Compared with traditional method (2.5 cm lateral the oral angle), 91.2% of the insertion points in CAD method were distributed in the lower inner quadrant. **Conclusion** Adjustment of the traditional insertion point to the lower inner part could reduce the occlusion of the cannulation, gain more space for puncture, hence it improves the success rate of puncture.

【Key words】 Computer-assisted design; Three-dimensional reconstruction; Trigeminal neuralgia; Foramen ovale; Cannulation

经卵圆孔半月神经节射频热凝术在原发性三叉神经痛的治疗中已被广泛使用, 其疗效亦得到肯定^[1-2]。但大量临床研究显示^[3-6], 在进行经皮卵圆孔穿刺过程中, 即使经验丰富的手术者在影像引导

下操作, 仍然有一定比例的穿刺失败, 同时穿刺成功的案例也经常需要进行针道的调整。穿刺针反复的试探与调整, 可大大增加误穿破裂孔、眶下裂等颅底孔道以及穿破动静脉造成血肿的风险^[7]。3D 打印个性化导航模板在引导经卵圆孔半月神经节射频热凝术中的成功应用^[8], 证实该技术可以显著提高首次穿刺成功率, 降低穿刺相关并发症。而在 3D 打印个性化导航模板的制作中, 计算机辅助设计 (computer-assisted design, CAD) 技术扮演了重

DOI: 10.12089/jca.2019.04.011

基金项目: 江苏省重点研发计划 (社会发展) (BE2017603, BE2017675)

作者单位: 210008 南京大学医学院附属鼓楼医院疼痛科 (韩影、陆丽娟); 徐州医科大学麻醉学院 (王然、王乃堃)

通信作者: 陆丽娟, Email: 932200932@qq.com

要的角色。本研究比较利用 CAD 技术规划三叉神经毁损术卵圆孔穿刺路径与解剖定位法在穿刺参数方面的差异,提出解剖定位法的优化方案,为临床操作提供参考。

资料与方法

一般资料 选择 2014 年 1 月至 2017 年 6 月接受 3D 打印个性化导航模板引导下经卵圆孔半月神经节射频热凝术的原发性三叉神经痛患者,按照国际疼痛学会临床诊断标准诊断为原发性三叉神经痛,接受 3D 打印个性化导航模板引导下经卵圆孔半月神经节射频热凝术,治疗前均尝试过药物保守治疗,3D 打印个性化导航模板设计由同一名操作者完成。获取手术规划方案文件(mcs 格式保存)。排除标准:存在牙齿缺失等影响口周形态的因素,颅骨畸形或面部组织缺损,手术规划方案文件丢失。

三维影像下 CAD 法规划方案及参数测量 采用 Mimics 软件回顾每例患者的手术规划方案,显示三维重建的头颅模型及前入路穿刺路径,观察穿刺路径是否有被遮挡(如上颌骨、下颌骨、翼突外侧板)或刺入重要组织。将视角调整至穿刺方向,测量该方向上可获得的卵圆孔面积(S)和短径(L)。如卵圆孔完全被遮挡,则面积与短径记为 0,如部分被遮挡,则测量未被遮挡部分的面积与短径^[3]。测量方法(图 1):将三维影像调整至以穿刺方向为观察视角,利用 Mimics 的 Screenshot 功能截取图片,导入 Autocad 软件,测量图形上卵圆孔面积(S_1),卵圆孔短径(L_1),穿刺针面积(S_2),穿刺针外径(d_1),通过公式 $S = \pi \times 0.35^2 \times (S_1/S_2)$ 计算真实面积(S),通过公式 $L = 0.7 \times (L_1/d_1)$ 计算真实短径 L (0.7 为模拟穿刺针外径)。

传统解剖定位法模拟及数据测量 在三维头

颅模型上测量口角外 2.5 cm 为进针点,确定穿刺靶点为卵圆孔外口中心,连接皮肤进针点与卵圆孔中心作为穿刺方向,沿穿刺方向设计模拟穿刺针(外径 $d=0.7$, 21 G)。观察穿刺路径被遮挡情况,同时按上述方法测量穿刺方向上可获得的卵圆孔面积和短径(图 1)。

标记三维影像下 CAD 法进针点位置 以前入路解剖定位法的进针点为中心,矢状面为纵轴,轴位 CT 扫描平面为横轴,分为四个象限。观察三维影像下规划穿刺进针点相对于传统定位方法进针点的空间位置。

统计分析 采用 SPSS 23.0 对数据进行统计分析。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用配对 t 检验;计数资料比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

符合纳入标准的患者共 65 例,其中 2 例因为牙齿缺失,6 例因为部分资料缺失予以剔除,最终纳入原发性三叉神经痛患者 57 例。其中男 22 例,女 35 例,年龄(62.9 ± 11.2)岁。V2 支疼痛 22 例,V3 支疼痛 21 例,V2+V3 支疼痛 14 例。其中左侧疼痛 19 例,右侧疼痛 38 例。病程(3.9 ± 3.9)年,术前患者 VAS 评分为(8.4 ± 0.7)分。患者均接受过药物治疗半年以上但效果不佳或不能耐受不良反应,后于我院接受 3D 打印个性化导航模板引导下经卵圆孔半月神经节射频热凝术,其中 49 例(86.0%)患者一次穿刺成功到位,其余 8 例患者经一次微调后穿刺到达靶点。

CAD 法中可获得卵圆孔面积及短径均明显大于解剖定位法($P < 0.05$)(表 1)。CAD 法无一例穿刺路径有遮挡,而解剖定位法有 11 例(19.3%)有遮挡,其中 5 例为翼突外侧板遮挡,6 例为下颌骨遮挡



注:A,穿刺路径回顾,红色圆柱代表模拟穿刺针;B,矫正观察视角至穿刺方向,可见模拟穿刺针为一圆形截面;C,测量穿刺方向上卵圆孔参数,红色为卵圆孔面积(S_1),白色为穿刺针面积(S_2),蓝色虚线为卵圆孔短径(L_1),绿色虚线为穿刺针外径(d_1)

图 1 模拟穿刺示意图

表 1 卵圆孔参数及路径被阻挡情况($\bar{x} \pm s, n=57$)

方法	短径(mm)	面积(mm ²)
解剖定位法	1.8±1.0	7.1±5.9
CAD 法	2.7±1.1 ^a	12.7±8.3 ^a

注:与解剖定位法比较,^a $P<0.01$

($P<0.05$)。

以前入路传统解剖定位法的进针点即口角外 2.5 cm 点为中心,矢状面为纵轴,轴位 CT 扫描平面为横轴,分为四个象限。CAD 三维影像法规划的进针点有 52 例(91.2%)位于内下象限,4 例(7%)位于外下象限,1 例(1.8%)位于内上象限(图 2)。

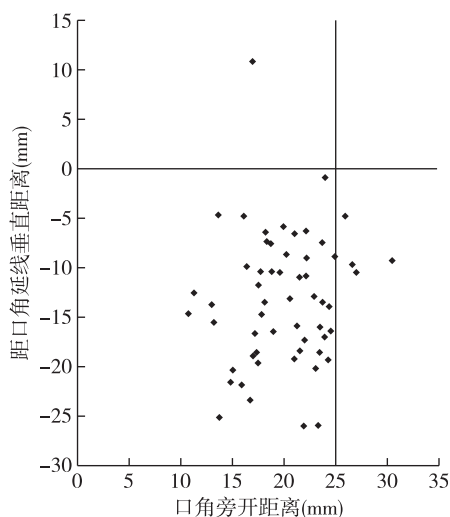


图 2 三维影像下 CAD 法规划进针点空间位置

讨论

卵圆孔小、位置深且存在明显个体差异,导致较高的失败率^[9-10]。近年来,神经导航技术^[6,11]、立体定向导航技术^[3,12]以及 3D 打印个性化手术导航模板^[8]等导航工具被用于三叉神经痛微创介入治疗中,提高了穿刺精准性以及成功率。这些引导技术的实现均依赖于 CAD 技术,通过结合 CT、MRI 等影像资料快速获取颅底三维数据并进行手术规划,借助外部硬件工具完成方案实施。因此,对 CAD 技术的深入探索是推动微创介入导航技术完善与进步的重要内容。

本研究证实了三维影像下 CAD 手术规划可以有效地避免穿刺路径被遮挡:模拟解剖定位法中有 19.3% 的患者穿刺路径部分被遮挡,而 CAD 法未被

遮挡路径。出现上述结果的主要原因如下:传统规划大多是基于术前的静态二维影像资料结合患者体表解剖结构来设计,这样的经验性方法不仅存在明显的误差,而且对于空间位置信息更是缺乏准确的把握,因此不可避免地会遇到穿刺困难^[3];CAD 三维影像为术者提供了穿刺针道与骨骼结构清晰的空间位置,便于规划路径时予以调整。Ding 等^[13]和李永杰等^[14]利用神经导航辅助经卵圆孔半月神经节射频热凝术,导航前均利用 CAD 技术在三维 CT 影像上进行路径规划,针对不同患者给出个性化手术方案。Guo 等^[3]在利用空间立体定向导航引导卵圆孔穿刺时,同样术前使用 CAD 软件判断了骨骼结构,尤其是翼突外侧板对卵圆孔的遮挡情况,从而调整获得最佳的个性化引导路径,二者研究中穿刺操作均顺利完成。因此精准的颅底结构还原与个性化的路径规划较传统的定位方式优势明显。

既往文献报道中,研究者对于卵圆孔的解剖研究多利用尸体标本测量或 CT 横断面测量^[10,15],但卵圆孔是管道样结构,在实际的穿刺操作中,随着穿刺角度的变化,在穿刺方向上观察到的实际可穿刺面积及内径与解剖参数并不相符:当穿刺方向与卵圆孔开口方向夹角趋于 0° 时,可得到穿刺面积最大;而当穿刺方向与开口方向夹角趋于 90°,则可得到穿刺面积远小于解剖面积,明显增加穿刺难度。张环等^[16]利用三维影像在穿刺方向上观察翼突外侧板对卵圆孔的遮挡情况,结果支持利用三维影像观察颅底翼突外侧板遮挡卵圆孔的情况,有利于手术难度的预判和立体定向手术计划的制定,提高三叉神经痛立体定向 RFT 手术成功率。程敏等^[17]利用三维影像在穿刺方向上测量卵圆孔的可获得面积,证实了可获得卵圆孔参数对预判穿刺难度具有良好的价值。因此,本研究将穿刺方向设定为观察视角,测量了该方向上的卵圆孔可获得面积和短径,用以评价穿刺条件的优劣。与解剖定位法比较,CAD 三维影像法所测得的卵圆孔可获得面积和短径均显著增大,这意味着在卵圆孔穿刺时操作者的允许误差范围更大,获得一定的针道调整空间,更有利于穿刺的成功。与此同时,当进行经皮微球囊压迫术等使用较粗穿刺工具的介入治疗时,可获得卵圆孔参数的增大甚至决定着手术的成败。

本研究发现约 91.2% 的进针点分布于传统定位点(口角外 2.5 cm)的内下方。Ding 等^[13]的研究表明,经皮下颌角入路卵圆孔穿刺半月神经节射频热凝术治疗原发性三叉神经痛穿刺路径合理、并发

症少、靶点选择性更高和远期疼痛复发率更低。该研究认为卵圆孔的开口朝向前外下方,从下颌角进针更有利于穿刺针平行于开口方向进入卵圆孔,从而提高穿刺成功率。同时,从下颌角进针,穿刺针更平行于下颌动脉,同时降低了血管损伤。本研究结果与其符合,CAD 法在寻求与卵圆孔开口方向的较小夹角的同时,穿刺进针点多集中在嘴角的外下方,传统解剖定位法的内下方。这对临床有很好的指导作用,提示在进行卵圆孔穿刺时,可将经皮进针点向内下方调整,以提高穿刺成功率。

综上所述,基于三维影像利用 CAD 技术进行卵圆孔穿刺规划,通过术前对空间结构的辨识,调整经皮进针点,不仅能有效规避穿刺路径被遮挡的风险,而且还尽可能地减小穿刺路径与卵圆孔开口方向的夹角,从而获得更大的可穿刺卵圆孔面积,提高穿刺成功率。CAD 法大多将进针点向解剖定位法内下调整,该现象为临床卵圆孔穿刺经皮定位点的新选择提供了重要的基础,值得进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] Fraioli MF, Cristino B, Moschettoni L, et al. Validity of percutaneous controlled radiofrequency thermocoagulation in the treatment of isolated third division trigeminal neuralgia. *Surg Neurol*, 2009, 71(2): 180-183.
- [2] Cheng JS, Lim DA, Chang EF, et al. A review of percutaneous treatments for trigeminal neuralgia. *Neurosurgery*, 2014, 10 Suppl 1: 25-33.
- [3] Guo Z, Wu B, Du C, et al. Stereotactic approach combined with 3D CT reconstruction for difficult-to-access foramen ovale on radiofrequency thermocoagulation of the gasserian ganglion for trigeminal neuralgia. *Pain Med*, 2016, 17(9): 1704-1716.
- [4] Zdilla MJ, Hatfield SA, McLean KA, et al. Orientation of the foramen ovale: an anatomic study with neurosurgical considerations. *J Craniofac Surg*, 2016, 27(1): 234-237.
- [5] Tubbs RS, May WR Jr, Apaydin N, et al. Ossification of ligaments near the foramen ovale: an anatomic study with potential clinical significance regarding transcutaneous approaches to the skull base. *Neurosurgery*, 2009, 65(suppl 6): 60-64.
- [6] Aydoseli A, Akcakaya MO, Aras Y, et al. Neuronavigation-assisted percutaneous balloon compression for the treatment of trigeminal neuralgia: The technique and short-term clinical results. *Br J Neurosurg*, 2015, 29(4): 552-558.
- [7] Tronnier VM, Rasche D, Hamer J, et al. Treatment of idiopathic trigeminal neuralgia: comparison of long-term outcome after radiofrequency rhizotomy and microvascular decompression. *Neurosurgery*, 2001, 48(6): 1261-1267.
- [8] 陆丽娟, 韩影, 槐洪波, 等. 3D 打印经皮穿刺导航系统在半月神经节射频热凝术中的应用. *中国疼痛医学杂志*, 2015, 21(12): 914-918.
- [9] 黄华. 颅骨卵圆孔的形态观察及应用解剖. *北方药学*, 2012, 9(8): 61-62.
- [10] 何玉泉, 沈云霞, 张祥华, 等. 国人颅骨卵圆孔解剖特点与卵圆孔穿刺关系的研究. *医学影像学杂志*, 2004, 14(12): 978-979.
- [11] Georgiopoulos M, Ellul J, Chroni E, et al. Minimizing technical failure of percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia using neuro-navigation. *ISRN Neurol*, 2014, 2014: 630418.
- [12] Bale RJ, Laimer I, Martin A, et al. Frameless stereotactic cannulation of the foramen ovale for ablative treatment of trigeminal neuralgia. *Neurosurgery*, 2006, 59(4 Suppl 2): ONS394-401.
- [13] Ding W, Chen S, Wang R, et al. Percutaneous radiofrequency thermocoagulation for trigeminal neuralgia using neuronavigation-guided puncture from a mandibular angle. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(40): e4940.
- [14] 乔梁, 朱宏伟, 陶蔚, 等. 神经导航引导下三叉神经半月节射频热凝术电生理及疗效研究. *中国疼痛医学杂志*, 2015, 21(11): 862-864.
- [15] 徐振宇, 王佩珊, 杨欣艳. 国人颅骨卵圆孔的观测及其应用解剖的研究. *黑龙江医药科学*, 2011, 34(4): 112.
- [16] 张环, 程敏, 郭志刚, 等. 应用 3D CT 三维重建方法观察颅底翼突外侧板遮挡卵圆孔的情况. *中国实验诊断学*, 2018, 22(4): 688-689.
- [17] 程敏, 王涵, 李朝辉, 等. 颅底 3D-CT 重建测量卵圆孔在三叉神经射频热凝术中的作用. *中国实验诊断学*, 2018, 22(2): 197-199.

(收稿日期:2018-09-09)