

# 卵圆孔穿刺个性化导板设计结合 3D 打印技术的临床应用研究



王 宝,李 斌,白映红,李存晓,杨 军,魏书田

**摘要:**目的 将 3D 打印技术、数字化建模技术与临床治疗三叉神经痛手术相结合,为临床治疗个性化三叉神经痛提供一种新型、简单、可靠、安全的手段。方法 首先依据病人 CT 扫描颅骨数据,在 3D-slicer 软件中针对病人颅骨、皮肤、动脉等进行三维模型重建,在重建模型中进行手术路径规划模拟,以此为基础设计出个性化卵圆孔穿刺导板,并利用 FDM 打印机对导板进行三维打印进而应用于临床中引导穿刺。结果 通过个体化卵圆孔穿刺球囊压迫模型确定了穿刺针的“进针点”“靶点”及最佳的穿刺路径与穿刺深度。然后用 3D 打印技术制作出辅助穿刺模板,在实际临床手术中引导穿刺。结论 该技术满足了个性化病人手术的进针深度以及进针方向等方面的需求,并且具有较高的靶点定位精度以及较低的成本等优点,可较好地辅助不同临床水平的医师进行治疗。

**关键词:**三叉神经痛;卵圆孔穿刺;数字化模拟;个性化;导板;3D 打印技术

**doi:** 10.12102/j.issn.1672-1349.2022.02.040

三叉神经痛主要分为原发性与继发性两种,原发性三叉神经痛通常表现为三叉神经分布区域内一过性、电击样的剧烈疼痛,可反复发作,以第二支上颌神经的发病率最高<sup>[1]</sup>。目前,有效改善病人原发性三叉神经痛症状主要方法有药物治疗、经皮射频热凝术和球囊压迫术等;其中,球囊压迫术治疗三叉神经痛因其创伤小、恢复快、复发率低而备受青睐,该方法主要通过前入路卵圆孔进行穿刺缓解球囊压迫从而治疗病人疼痛<sup>[2-5]</sup>。然而由于不同病人卵圆孔面积较小且形状、位置并不一致,从而使手术穿刺操作难度很大,需要依靠 CT 数据或神经导航技术进行辅助穿刺治疗,但临床手术团队医疗水平与经验技术不同,手术耗时与治疗效果差别也很大<sup>[6-7]</sup>。

随着数字医疗的不断发展,数字化三维重建技术、增材制造技术、计算机辅助导航以及智能机器人手术等辅助定位系统为临床手术治疗提供了一种新的思路<sup>[8-10]</sup>。与传统的手术方法相比,采用计算机辅助设计技术可以快速重建出病人的三维数字化模型,并用于术前模拟与穿刺手术方案规划,从而准确反映穿刺路径周围的解剖结构,并且可以为病人个体化设计穿刺角度及路径深度,不仅保证了手术的准确性与安全性,同时也节省了大量的手术时间,保证了手术治疗效

果<sup>[11-15]</sup>。另外,随着增材制造技术的不断发展,3D 打印原材料和打印装置变得更加智能、精确和高效,同时成本大幅度降低。通过三维模型中的进针路径等数据设计出的个性化导板模型可以采用 3D 打印装置进行打印,及时为病人手术治疗提供穿刺引导<sup>[15-18]</sup>。目前,针对个性化卵圆孔球囊压迫术穿刺辅助导板设计用于治疗三叉神经痛的学术成果仍较少,整个技术路线以及各环节中的具体操作也鲜有报道。而本研究旨在为个体化治疗三叉神经痛探索新方法。

本研究对个性化卵圆孔穿刺球囊压迫术治疗三叉神经痛穿刺辅助导板的设计进行了详细介绍,包括病人头部各组织三维模型的重建、技术路线的规划、3D 辅助导板的设计以及三维打印等。通过医学三维数据重建与三维增材制造技术的联合应用为临床个性化卵圆孔穿刺治疗提供简化精确的设计方案,也为临床个性化导板设计提供技术指导。

## 1 资料与方法

1.1 设计 数字化三维重建,手术路径规划以及个性化导板设计,穿刺导板 3D 打印。

1.2 时间、地点 于 2019 年 12 月—2020 年 3 月在晋中市第一人民医院完成。

1.3 对象 选择本院收治的通过卵圆孔穿刺技术治疗三叉神经痛病人 1 例,年龄 43 岁,男性志愿者,征得病人同意进行数据收集。

1.4 所用仪器及软件 128 排螺旋 CT(德国 Siemens 公司),3D-slicer 图像重建软件,3-matic 医学建模软件(比利时 Materialise 公司),cure 切片软件,极光尔沃 3D 打印设备 FDM。

1.5 手术穿刺基准点标记 首先,在 3D-slicer 软件中

基金项目 晋中市科技重点研发计划(No.Y193007)

作者单位 晋中市第一人民医院(山西晋中 030600)

通讯作者 魏书田,E-mail:13834829246@139.com

引用信息 王宝,李斌,白映红,等.卵圆孔穿刺个性化导板设计结合 3D 打印技术的临床应用研究[J].中西医结合心脑血管病杂志,2022,20(2):356-360.

依据三叉神经痛病人 CT 血管造影(CTA)数据图像对穿刺“进针点”与“靶点”进行准确定位标记,为后续寻

求最优路径规划提供基准。详见图 1。

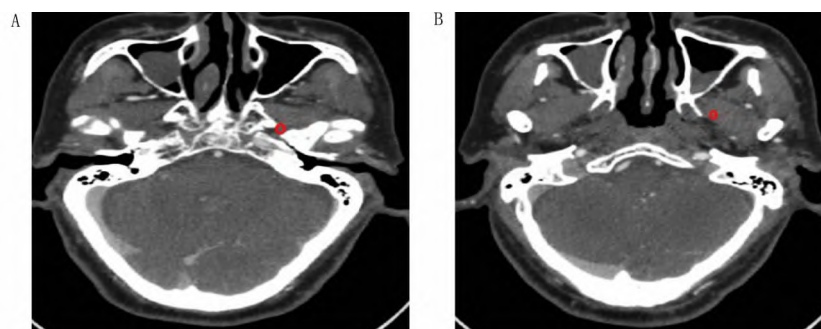


图 1 病人 CTA 数据穿刺路径标记图

(A 为穿刺路径中卵圆孔进针点;B 为穿刺最深处靶点)

1.6 头部各组织三维模型重建 首先寻找穿刺卵圆孔点(进针点)与穿刺深处终点(靶点),再依据采集的病人 CT 扫描数据在 3D-slicer 软件中进行病人头部各组织的个性化三维模型重建,从而为避免损伤头部动

脉等组织进行穿刺路径优化提供保障。详见图 2。重建数据模型主要包括头部皮肤组织三维模型、头部骨骼模型以及头部动脉数据模型。

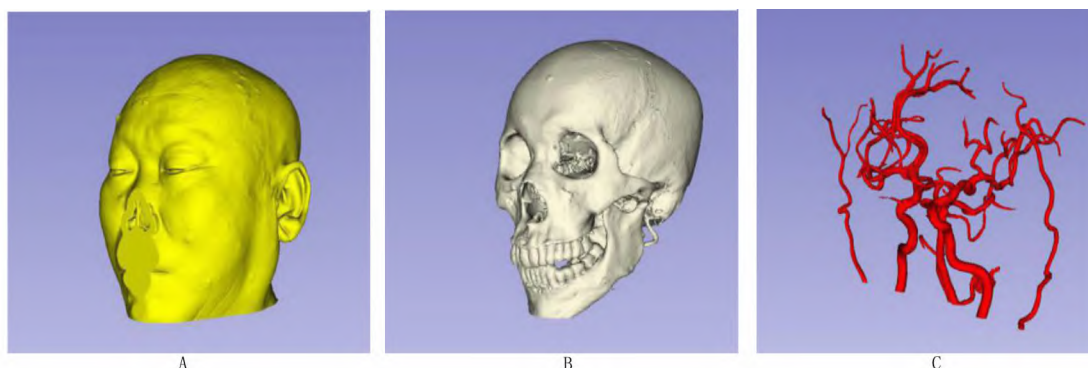


图 2 3D-slicer 软件中重建头部皮肤、颅骨、动脉组织三维模型

(A 为头部皮肤组织三维模型;B 为头部骨骼模型;C 为头部动脉组织模型)

1.7 路径设计 将重建完成的头部各组织三维模型数据导入到个性化设计 3-matic 软件中(见图 3),依据 3D-slicer 软件中标记的基准参考点进行穿刺路径管道建模,观察穿刺路径中颅骨模型以及动脉三维模型之间的位置关系,特别是详细了解三维颅骨模型上卵圆孔的位置、大小和方向。从而进行模拟手术中穿刺路径以及穿刺靶点在模型中的位置;同时需要再次考虑到穿刺路径中的血管干涉情况并进行路径优化。显示皮肤组织,并分别从正面和侧面检查三维模型模拟的穿刺路径、方向、穿刺的终点和穿刺的角度是否合理,见图 4。

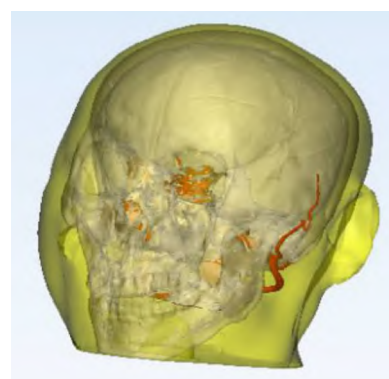


图 3 头部各组织三维数据模型

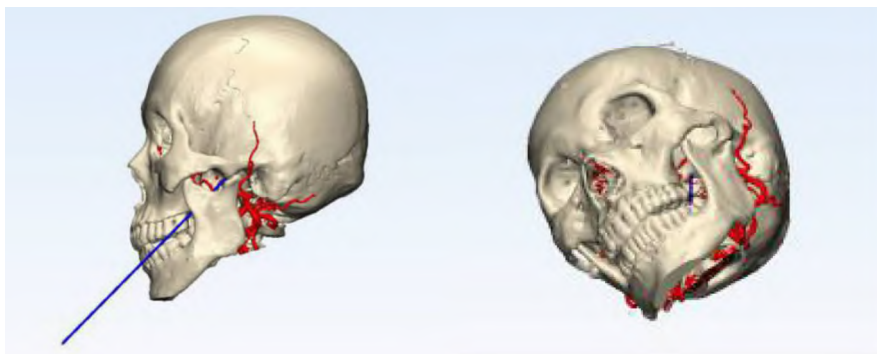


图4 穿刺路径三维模型

1.8 个性化三维导板设计 依据优化完成的手术规划路径与三维头部皮肤模型进行个性化导板模型设计。首先,依据穿刺路径将病人面部皮肤模型以眉弓和鼻梁为标记点进行选取并进行分割,从而规划出导板的固定面具轮廓,详见图5。再将面部固定导板与穿刺路径孔进行布尔运算,并通过穿刺孔观察各组织模型在穿刺路径中有无干涉,确定穿刺路径通畅后,将导板进行厚度拉伸,为保证穿刺导板固定的稳定性需要将设计完成的导板用皮肤三维模型进行布尔减运算,使得导板面具与面部完全吻合,从而完成个性化三维导板设计,详见图6。

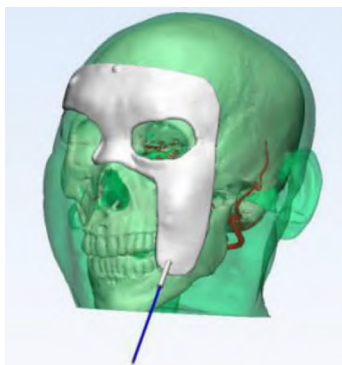


图5 面部固定导板设计模型



图6 个性化三维导板设计模型

1.9 个性化导板3D打印 利用增材制造快速制造的优势为病人进行个性化导板3D打印,从而保证手术的顺利进行。先将依据病人个体设计完成的手术导板模型导入3D打印前处理软件cure中进行3D打印规划,先调整导板打印位置保证导板打印质量,摆放完成后为导板打印设计模型支撑,最后进行打印预览,检查打印过程是否合理,详见图7、图8。将完成打印前处理的三维导板导入至FDM打印机中,并选用可再生、环保以及符合要求的医用聚乳酸(PLA)打印材料作为三维打印原材料进行三维打印,详见图9。

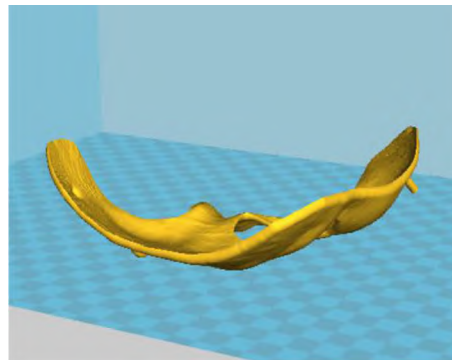


图7 个性化导板3D打印模型

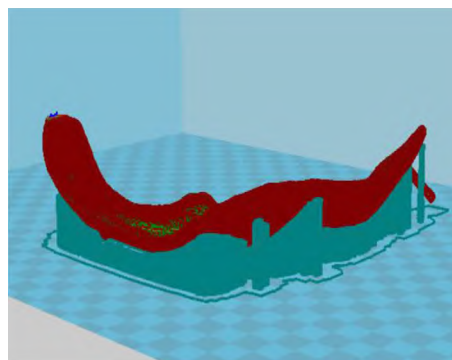


图8 导板3D打印支撑设计模型





图 9 个性化穿刺 3D 打印导板



图 10 个性化导板临床应用



图 11 导管到位,充盈塑形效果图

### 3 讨论

目前,临床上采用卵圆孔穿刺球囊压迫技术治疗病人面部三叉神经痛,在手术中所采用的穿刺方法仍然有着较大争议,徒手穿刺定位法在很大程度上过于依赖医生的临床经验,该方法依据普适性原则对病人的卵圆孔进行大致定位,但面对病人在组织结构上的差异,这种方法很容易造成面部组织不必要的损伤。利用定位仪器虽然在一定程度上提高了穿刺成功率,但该方法仅以卵圆孔体表投射点作为参照,同样没有考虑病人的实际情况,容易引起手术并发症<sup>[12,15]</sup>。

### 2 结果

通过数字化手术模拟可以为手术治疗三叉神经痛病人卵圆孔穿刺路径进行优化,从而很大程度上降低了手术风险,详见图 10。通过进行个性化卵圆孔穿刺导板设计并进行 3D 打印,将打印完成的个性化导板进行等离子低温消毒后,进行导板固定;固定方式为导板与面部结合,左右移动至合适位置,不再发生相对移动为最佳匹配位置,详见图 11。通过采用数字化手术模拟与个性化导板设计以及 3D 打印技术,不仅保证了手术操作的准确性、简便性和穿刺路径的最优,也明显缩短了穿刺手术的完成时间,为提高临床治疗效果以及病人的安全提供了保障。

伴随着医用影像学、生物工程学以及计算机医学辅助技术等的不断进步,出现了不同学科之间的交叉发展,数字化重建辅助技术在各个领域被广泛采用<sup>[19-21]</sup>。目前,在神经外科领域中,颅骨缺损病人修补手术、颅底肿瘤、颅内动脉瘤及动静脉畸形手术等引进了 3D 打印技术,为术前模拟以及手术路径规划起到了辅助作用<sup>[22-23]</sup>。针对卵圆孔穿刺技术定位困难这一难题,可以运用计算机三维重建技术,为病人建立个性化颅骨三维模型,直观地呈现出病人的颅内结构及组织环境,在计算机三维模型中对穿刺路径进行正确规划,极大地提高了手术准确性与规范性。依据数字化重建的人体组织三维模型进行手术导板设计可以提高手术准确性、降低手术操作复杂程度提供重要保障<sup>[11,24-25]</sup>。

鉴于目前临床手术的卵圆孔定位技术缺陷,本研究将数字化计算机重建技术和 3D 打印技术应用到卵圆孔穿刺球囊压迫术治疗三叉神经痛手术中,探索一种新型的个体化卵圆孔穿刺定位方法。通过 CT 扫描三叉神经痛病人收集其颅骨 CTA 数据,在 3D-slicer 软件中进行头部各种组织的三维模型重建,包括皮肤、骨

髓以及动脉的模型,再现该病人真实的头部解剖结构。重建完毕后在模型中确定进针点、靶点,结合该病人实际的个体化解剖学结构确定最佳的进针角度以及路径,保证穿刺路径的通畅性以及周围组织在穿刺路径中没有干涉。最后根据手术模拟出的最佳穿刺路径与皮肤模型设计为符合该病人面部特征的辅助穿刺模板,并用 3D 打印技术将其打印出来,用于病人的手术辅助治疗。

本研究选取的病人符合手术适应证,且预后良好,符合大宗临床研究的结果。经皮穿刺微球囊压迫半月节治疗三叉神经痛,已经被证实是一种有效、安全、微创的治疗顽固性三叉神经痛的方法,并已广泛应用于临床治疗。这项手术的难点和关键点是卵圆孔的精准穿刺。虽未改变手术方式,但可以提高手术效率和术者技能,通过个体化的 3D 打印卵圆孔的穿刺通道,可以提高卵圆孔穿刺的精准度,减少病人和术者术中的 X 光线的照射次数,缩短穿刺时间,缩短术者掌握该手术的学习曲线,从而利于该项手术技术在基层医院的推广,使更多病人受益。

本研究依据 CT 数据对病人头部各组织进行数字化三维模型重建用于卵圆孔穿刺技术治疗三叉神经痛病人手术模拟以及穿刺路径优化;同时设计出个性化手术导板并进行 3D 打印,不仅保证了穿刺手术的准确性、规范性以及安全性,避免了穿刺手术对医者水平经验的过于依赖,便于手术的推广普及,同时也为临床其他病症的穿刺定位方法提供了一种新的思路。

#### 参考文献:

- [1] 李兆林,华泽权,鲍海宏,等.CT 三维成像引导下穿刺圆孔与卵圆孔两种方案行射频热凝术治疗原发性三叉神经痛第二支的疗效[J].中国老年学杂志,2016,36(4):934-935.
- [2] LIANG X,DONG X,ZHAO S,et al.A retrospective study of neuro-combing for the treatment of trigeminal neuralgia without neurovascular compression[J].Irish Journal of Medical Science,2017,186(4):1033-1039.
- [3] UDUPI B P,CHOUHAN R S,DASH H H,et al.Comparative evaluation of percutaneous retrogasserian glycerol rhizolysis and radiofrequency thermocoagulation techniques in the management of trigeminal neuralgia[J].Neurosurgery,2012,70(2):407-413.
- [4] BROWN J A.Commentary:one hundred eleven percutaneous balloon compressions for trigeminal neuralgia in a cohort of 66 patients with multiple sclerosis[J].Operative Neurosurgery(Hagerstown,Md),2019,17(5):E190-E191.
- [5] AGARWAL A,DHAMA V,MANIK Y K,et al.Percutaneous balloon compression of gasserian ganglion for the treatment of trigeminal neuralgia:an experience from India[J].Middle East Journal of Anaesthesiology,2015,23(1):105-110.
- [6] 邓末宏,房维,龙星.个性化 3D 导板辅助原发性三叉神经痛温控射频热凝治疗[C].重庆:第十四次中国口腔颌面外科学术会议论文集,2018:621.
- [7] ZAKRZEWSKA J M,WU N,LEE J Y K,et al.Characterizing treatment utilization patterns for trigeminal neuralgia in the United States[J].The Clinical Journal of Pain,2018,34(8):691-699.
- [8] 王蕾,张毅.3D 打印技术在神经外科的应用现状与新进展[J].实用医学杂志,2018,34(1):1-4.
- [9] 温文先,杨帅,张光明.计算机辅助设计的 3D 打印导板在全膝关节置换中的应用[J].中国临床解剖学杂志,2019,37(3):351-352;356.
- [10] 杜洪澎,李珍珠,李泽福,等.3D 打印导板技术在脑出血微创穿刺引流术中的应用[J].中华神经医学杂志,2016,15(7):674-677.
- [11] 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[J].中国疼痛医学杂志,2015,21(12):914-918.
- [12] GUITARTE VIDAURRE A,HADEED K,DULAC Y,et al.Usefulness of 3D printed models of congenital heart diseases as educational tools for medical students[J].Archives of Cardiovascular Diseases Supplements,2019,11(3):e329.
- [13] 曹鹏鹏.3D 打印技术在神经外科手术中的应用研究[D].银川:宁夏医科大学,2018.
- [14] DENG M,CAI H,FANG W,et al.Three-dimensionally printed personalized guide plate for percutaneous radiofrequency thermal coagulation in idiopathic trigeminal neuralgia[J].International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery,2018,47(3):392-394.
- [15] ICHIDA M C,DE ALMEIDA A N,DA NOBREGA J C M,et al.Sensory abnormalities and masticatory function after microvascular decompression or balloon compression for trigeminal neuralgia compared with carbamazepine and healthy controls[J].Journal of Neurosurgery,2015,122(6):1315-1323.
- [16] 王康,黄筱调,袁鸿.3D 打印技术最新进展[J].机械设计与制造工程,2015,44(10):1-6.
- [17] 徐梅生.医学图像三维重建技术的研究[D].武汉:武汉理工大学,2012.
- [18] 陈科,林江莉.基于 DICOM 标准的医学图像数据库的设计[J].信息与电脑,2017(14):113-115.
- [19] 庞骄阳,赵岩,肖宇龙,等.3D 打印技术在脊柱外科的应用[J].中国组织工程研究,2016,20(4):577-582.
- [20] 黄星,刘祯,王旋,等.3D 打印技术在神经外科手术中的应用[J].中华神经医学杂志,2018,17(10):1014-1018.
- [21] 钟世镇.3D 打印技术在神经外科领域的应用与发展方向[J].中华神经创伤外科电子杂志,2018,4(1):2-4.
- [22] 康德智.神经领域加速康复外科的研究进展[J].中华神经创伤外科电子杂志,2018,4(6):321-323.
- [23] 代从新,姚勇,王任直.3D 打印技术在神经外科领域中的应用及前景[J].中华医学杂志,2015,95(39):3238-3240.
- [24] 王春鹏,杨海娇,张成,等.3D 打印技术在骨科领域的应用进展[J].医学综述,2020,26(1):118-122.
- [25] 鲁婷玮,刘朝明,吴添福,等.个性化原位塑形导板在血管化腓骨肌瓣修复下颌骨缺损中的应用[J].口腔医学研究,2019,35(8):766-771.

(收稿日期:2020-06-12)

(本文编辑 王丽)