

基于 Mimics 影像学三维重建技术在头颈部肿瘤缺损修复重建中的应用研究进展

李霄楠¹ 韩博^{2*} 郝森² 李媛²

1.包头医学院

2.包头市肿瘤医院

DOI:10.12238/ffcr.v3i4.15399

[摘要] 头颈部肿瘤手术常导致复杂的骨性和软组织缺损,严重影响患者的咀嚼、吞咽、言语、呼吸功能和面部外观。头颈部解剖结构复杂,功能多样,头颈部肿瘤往往会对患者外貌、头颈部功能等造成严重的影响。皮瓣是头颈肿瘤切除术后的常用的修复重建手段。精准的修复重建是恢复功能和改善生活质量的关键。传统的修复重建方法主要依赖术者的经验和二维影像,存在精度不足、个体化程度低、手术时间长、并发症风险高等问题。随着影像学、计算机辅助及三维重建技术的进步,修复重建计划可以更加精确、可视化的。通过相关软件,处理医学数字成像和通信(DICOM)数据,可以生成关注区域的三维模型,并可进行切割、测量及其他医学辅助应用。近年来,基于医学影像的三维重建技术,特别是以 Materialise Mimics Innovation Suite (Mimics)为代表的专业软件平台,在头颈部肿瘤缺损修复重建中展现出巨大的应用价值和广阔前景,推动了该领域向数字化、精准化和个体化方向的快速发展。本文就基于 Mimics 软件的影像学三维重建技术在头颈部肿瘤缺损修复重建中的应用做一综述。

[关键词] 影像学; 三维重建; Mimics; 修复重建; 医学数字成像和通信

中图分类号: R739.9 文献标识码: A

Research Progress on the Application of Mimics Imaging three-dimensional Reconstruction Technology in the repair and Reconstruction of head and Neck Tumor Defects

Li Xiaonan¹, Bo Han^{2*}, Hao Sen², Yuan Li²

1 Baotou Medical College

2 Baotou Cancer Hospital

Abstract: Surgery for head and neck tumors often leads to complex bone and soft tissue defects, seriously affecting patients' chewing, swallowing, speech, respiratory function, and facial appearance. The anatomical structure and functions of the head and neck are complex, and head and neck tumors often have serious impacts on the patient's appearance, head and neck function, etc. Skin flap is a commonly used repair and reconstruction method after head and neck tumor resection surgery. Accurate repair and reconstruction are key to restoring functionality and improving quality of life. Traditional repair and reconstruction methods mainly rely on the operator's experience and two-dimensional imaging, which have problems such as insufficient accuracy, low individualization, long surgical time, and high risk of complications. With the advancement of imaging, computer-aided, and 3D reconstruction technologies, repair and reconstruction plans can be more accurate and visualized. By using relevant software to process Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) data, a three-dimensional model of the region of interest can be generated, and cutting, measurement, and other medical auxiliary applications can be performed. In recent years, 3D reconstruction technology based on medical imaging, especially professional software platforms represented by Materialise Mimics Innovation Suite (Mimics), has shown great application value and broad prospects in the repair and reconstruction of head and neck tumor defects, promoting the rapid development of this field towards digitization, precision, and individualization. This article provides a review of the application of imaging 3D reconstruction technology based on Mimics software in the repair and reconstruction of head and neck tumor defects.

Keywords: Imaging; 3D reconstruction; Mimics; Repair and reconstruction; DICOM

1 Mimics 技术简介

Mimics 是一款功能强大的医学影像处理软件,主要用于将患者的 CT、MRI、CBCT 等二维断层扫描数据转化为高精度的三维模型。

该技术可以有效的导入原始的数据,依据阈值完成分割、区域增长、动态分割或者手动编辑等多种方式,有效的区分确定组织目标。对分割后的二维蒙版数据进行转化,使其形成三维表面模型,对重建的模型完成平滑、去噪填补孔洞等处理模式,提升了模型质量。

2 头颈部恶性肿瘤及重建修复

头颈部恶性肿瘤是全球第七大常见癌症^[1-2]。除甲状腺及涎腺之外,头颈部恶性肿瘤超 90% 为头颈部鳞状细胞癌 (Head and neck squamous cell carcinomas, HNSCC)^[3]。其发病部位可见于鼻咽、口咽、下咽、喉、口腔、鼻窦等。由于头颈部结构复杂,肿瘤起病隐匿,早期症状缺乏特异性,大部分 HNSCC 患者就诊时就已经是局部晚期^[4]。每年全球因此病死亡的患者大约有 30 万人^[5]。其病因与烟酒摄入、病毒 (EB 病毒、HPV 病毒) 感染、反复炎症刺激等相关。

头颈部肿瘤手术切除是经典有效的治疗方式。但由于头颈部解剖功能复杂,肿瘤缺损极易导致患者容貌外观、语言、吞咽、呼吸、切口愈合等方面的功能障碍,因此修复重建常作为头颈部肿瘤术后的缺损修复治疗方式。修复重建可以起到覆盖创面、保护重要组织结构、保全一定的功能、在一定程度上保持或恢复患者面貌外观等重要作用。具体可采取局部带蒂皮瓣、游离皮瓣、生物材料、合成材料等修复方式。就便捷性及经济性而言,自体组织皮瓣无疑具有一定的优势。通常情况下,带有可靠血供的自体组织 (皮瓣),可以具有更强的抗感染能力及存活能力。

皮瓣可提供多大面积及体积的修复组织,是使用这项修复方式的重要参考指标。是术前结合预估肿瘤切除后的缺损,制定修复计划和皮瓣选择的重要依据。由于血供是皮瓣成活的基础,因此既往的皮瓣基础研究,主要通过尸体解剖,灌注相关血管区域,完成皮瓣面积的测量。

3 影像学三维重建软件 mimics 及其分析数据来源

影像学三维重建软件包括多种,如 Mimics、David 3D 扫描系统软件、Autodesk ReCap 软件系统、后处理工作站等,各有其优缺点。其中后处理工作站多捆绑跟随影像检查系统,影像科应用方便,但非影像学专业应用可及性不高。Mimics 等商业化软件可安装于笔记本电脑供个人使用,具有一定的应用优势。

三维重建软件的医学数据来源,多为临床影像医学数字成像和通信 (Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM) 数据。可包括计算机断层摄影 (Computed Tomography, CT)、核磁 (Nuclear Magnetic Resonance, MR)、数字减影血管造影 (Digital subtraction angiography, DSA)、正电子发射计算机断层显像 (positron emission tomography PET/CT) 等。其优势在于可以清晰地显示关注区

域的解剖位置关系。应用三维重建软件,将 DICOM 数据处理,进行三维重建后,可得到立体三维模型文件,并可进行旋转、切割等虚拟处理,并可进行 3D 打印。此外,外部摄影数据也可用于三维重建,但多为外貌、体表的分析重建,应用范围有限。

Materialise 公司交互式医学影像控制系统 (Materialise's Interactive Medical Image Control System, Mimics) 是由 Materialise 公司开发的一款医学影像控制系统,它采取了模块化结构,用以满足不同的用户需求。3-Matic 是 Mimics 软件中的一个模块,是 Materialise 公司基于数字化电脑辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 开发的一个软件,可用于医用假体、植入物、修复、正畸等多种医疗领域。利用其可以方便的对 Mimics 软件重建的医学三维模型进行处理^[6]。可以方便的将影像学 DICOM 资料导入到该软件中,在冠状位、矢状位、水平位三个窗口中,利用软件自带的相关工具,对目标组织的范围进行勾选,并可生成初步的三维模型文件。结合 3-Matic 模块可方便的将三维模型保存为 STL 格式文件。并可利用 Materialise Magics 导入 STL 文件后,便捷的进行三维模型尺寸、体积的测量,切割等动作;并可生成模型支撑、报告;在配备有 3D 打印设备的情况下,可以进行立体模型的打印。

4 三维重建在医学及修复重建中的应用

计算机三维建模及分析可广泛应用于医学领域。已有相关报道证明,Mimics 可应用于整形外科^[7]、骨科^[8-10]、肿瘤^[11]、正畸^[12]等多种医学分科,例如,眼科假体的制作、咬合面倾角与颌骨畸形程度分析^[14]、术前异常患病情况的分析^[15]、喉生物力学研究、骨折中螺丝钉应力的术前分析测量及术前规划、异体骨移植的分析、测量尿路结石的体积、医学受训者的培训等方面。可以进一步增强医学影像的可视性。其中,计算机三维术前辅助应用前景广阔。例如,有研究指出,在椎体压缩性骨折的手术治疗中,使用术前三维打印个体化引导模板辅助经皮椎体成形术可减少术中透视次数和透视剂量,缩短手术时间,减少相关并发症,可以提高穿刺精度,是一种更精确可行的手术方法,可以达到靶向的效果。由此可见,结合影像学数据的计算机辅助三维重建及分析,已在医学中得到比较广泛的应用。

在皮瓣临床应用的术前分析中,也有研究证明 Mimics 可以起到辅助作用。有学者在术前对影像结果进行三维重建,经研究后认为其有助于减少因解剖异常引起的手术风险,提高患者围手术期的安全性。有学者采用 Mimics 等软件构建出三维有限元模型,进行数字化设计辅助游离腓骨瓣重建下颌骨缺损,提高了下颌骨重建精确性,达到了均匀下颌骨应力分布的效果,为下颌骨修复重建提供临床指导。颌骨恶性肿瘤根治术前,通过影像学及 3D 模型打印,设计截骨方案,进行术前规划和虚拟切除重建程序,使腓骨可以达到塑形修复中面部缺损要求,具有非常满意的功能和美容效果,这种方法可能会显著缩短治疗过程并且更加精确。如在治疗游离

腓骨瓣修复侵犯前口底、颏点的恶性肿瘤切除术后颌骨及软组织缺损病例过程中,由于术前并未采取三维重建技术制备截骨导板,因此在骨修复重建的过程中,针对腓骨节段化塑形,可能需要不断的打磨与比量,才能调整成为接近于正常颏点角度及外形的形态。由此可见,使用三维重建技术,有助于制定更加完善的术前修复计划,并且可使骨瓣塑形更加精准,缩短手术时间,降低操作难度及复杂性,并且可将骨的支持和塑形效果,对照患者原本的形态以及骨的影像学数据,进行术前的设定,从而使患者术后、术前外观更为接近。

有研究利用 Mimics 软件联合影像学在术前构建股薄肌三维图像,可以清晰的显示穿支血管的走行,减少了损伤血管的几率,为不同患者设计个性化手术方案,缩短了手术时间,也降低手术风险,可实现创面缺损的精准修复和创面的立体可视化修复;皮瓣存活良好,局部无并发症,疗效可靠。有研究指出,在应用锁骨上动脉穿支皮瓣对晚期喉癌、下咽癌术后缺损修复时,CTA 扫描与 Mimics 图像工作站相结合可准确、有效地定位锁骨上动脉及其穿支血管,能清楚地显示锁骨上动脉穿支及其相邻穿支血管体间的毗邻关系,可用于临床医师术前对患者进行个体化手术模拟设计。三维穿支血管模型可以准确无误判断皮瓣血管走行,可以为临床解剖血管提供依据;三维重建研究技术在修复重建领域中的运用,为临床穿支皮瓣术前精准设计与个性化评估提供有效的理论依据;为术前皮瓣设计的研究提供了一种更为先进、准确且三维立体可视化的研究手段。

因此,利用三维重建技术,在头颈部肿瘤治疗过程中,可辅助应用于皮瓣的术前设计,从而达到精准、个体化的手术方案制订,可缩短手术时间,降低手术风险。但其针对于不同类型的皮瓣,需要有针对性的数据采集及分析处理方式,需要进一步细化流程。其广泛应用,也将对医疗大数据、机器学习、人工智能等领域,提供更多可靠的数据基础。

5 优势与价值

基于 Mimics 三维重建建设,可以结合患者的个体解剖数据,实现量体裁衣的精准重建,为医师提供更为直观的三维视图,可以对复杂的解剖和病变深入理解。而且该技术通过建立术前模拟提升了手术结果的可预测性,有效的缩短了患者的手术时间,减少手术过程当中的决策时间。更为准确的恢复了解剖的咬合关系,有效的改善了面部对称性以及美观性。准确完成患者血管规划,设计骨接触面,提升植入物的适配性,降低患者出现血管危象的风险,导致了骨不连、感染或者植入物出现并发症的风险。

6.小结

Mimics 影像学三维重建技术,作为头颈颌肿瘤缺损修复重建的工具,精准的完成患者术前规划,个体化修复体的设计和制造,术中的导航引导和术后的评估,有效的提升了修

复重建的精准度,同时美观效果也更佳,降低了患者的手术风险,节约了更多的时间成本,减少并发症。未来应进一步优化工作流程,提升软组织建模的精度、降低应用成本,探索生物活性重建和人工智能的深度结合。

[参考文献]

[1]Sung H, Ferlay J, Siegel R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021

[2]曾今诚. 头颈部鳞状细胞癌多胺代谢与巨噬细胞功能的关系研究[D],2019.

[3]Esaki S, Goshima F, Ozaki H, et al. Oncolytic activity of HF10 in head and neck squamous cell carcinomas[J]. Cancer Gene Ther, 2020,27(7-8):585-598.

[4]Klausner G, Troussier I, Blais E, et al. Neck management in head and neck squamous cell carcinomas: where do we stand?[J]. Med Oncol, 2019,36(5):40.

[5]Devaraja K. Current Prospects of Molecular Therapeutics in Head and Neck Squamous Cell Carcinoma[J]. Pharmaceut Med, 2019,33(4):269-289.

[6]高艳芳. 基于 Mimics 17.0 软件 3D 打印在医学反求应用技术研究[D],2018.

[7]楚祺. 基于 Mimics 的汉族青年女性鼻基底区形态三维测量研究[D],2021.

[8]付宇挺. 基于三维有限元和 Mimics 技术的跟骨骨折分型[D],2020.

[9]徐震宇. Mimics 软件在三踝骨折术前计划中的初步应用[D]:苏州大学,2018.

[10]Yin Y, Zhang R, Li S, et al. Computational analysis on the feasibility of transverse iliosacral screw fixation for different sacral segments[J]. Int Orthop, 2019,43(8):1961-1967.

[11]李丽华. Mimics 系统肺癌患者影像学库的建立和疗效评估初探[D],2015.

[12]Jiang Y Y. Correlation between hyoid bone position and airway dimensions in Chinese adolescents by cone beam computed tomography analysis[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2016,45(7):914-921.

作者简介:

韩博(1981.05-),男,汉族,内蒙古人,博士研究生,副主任医师,研究方向为头颈外科。

基金项目:

包头市卫生健康科技计划项目:基于影像学 DICOM 及 Mimics 分析的甲状腺癌应用评估研究,项目编号:wsjkkj2022003。