

· 综 述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.24.028

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20211026.1319.002.html\(2021-10-26\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20211026.1319.002.html(2021-10-26))

下颌骨囊性病变病理性骨折的生物力学研究进展*

郑萍综述,张纲[△]审校

(陆军军医大学第二附属医院口腔科,重庆 400037)

[摘要] 通过查阅国内外下颌骨囊性病变的生物力学研究资料,结合现代创伤学及口腔颌面外科学中对下颌骨囊性病变的损伤机制、病程进展、治疗原则进行总结分析,旨在为下颌骨囊性病变的治疗手段及术后并发症的防治研究提供依据,进一步规范下颌骨囊性病变治疗方案的选择,为优化手术方案、防止术后病理性骨折提供理论基础。

[关键词] 下颌骨囊性病变;病理性骨折;3D钛板;有限元分析

[中图分类号] R782.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2021)24-4280-03

Progress in biomechanical research of pathological fracture of mandibular cystic lesions*

ZHENG Ping, ZHANG Gang[△]

(Department of Stomatology, Xinqiao Hospital, Army Medical University, Chongqing 400037, China)

[Abstract] By looking up the biomechanical research data of mandibular cystic lesions at home and abroad, combined with modern traumatology and oral and maxillofacial surgery, a summary and analysis of the injury mechanism, course of disease and treatment principles of mandibular cystic lesions were carried out to provide reference for the treatment of mandibular cystic lesions and the prevention and treatment of the post-operative complications, to further standardize the selection of the treatment plans for the mandibular cystic lesions, and to provide a theoretical basis for optimizing the operation scheme and preventing postoperative pathological fracture.

[Key words] mandibular cystic lesions; pathological fractures; 3D titanium plate; finite element analysis

颌骨囊性病变是口腔颌面外科日常诊疗中一种多见的、多发的病变,主要是由于胚胎神经外胚层残留的细胞的存在,包括部分颌骨肿瘤(如成釉细胞瘤)及颌骨囊肿等。颌骨囊肿常分成下面几种:含有上皮衬里的牙源性囊肿、非牙源性囊肿,不含上皮衬里的血外渗性囊肿等^[1-3]。其中牙源性囊肿在颌骨囊肿中占比最大(约占74.7%),包括根尖周囊肿、含牙囊肿及牙源性角化囊肿等^[4]。这些病变常常生长缓慢且无明显症状,部分在牙科治疗时行影像学检查时才被发现,此时囊肿往往体积较大,可能会造成较多的颌骨吸收,引起唇、颊侧骨质膨隆,受累牙松动移位,神经损伤,甚至产生复视,造成病理性骨折等^[5-6]。病理性骨折多被认为是因发生在颌骨局部隐匿占位性病损削弱区域导致的骨折。其病因包含骨髓炎、放射性骨坏死、颌骨囊肿等多种因素,根据其病因不同,其诊疗常常颇具挑战。检索相关文献,多以病例报道为主,缺乏系统分析^[7-10]。如何减少及避免病理性骨折

的发生仍是临床医生不断探索研究的问题。

目前在临床医学工作中,常根据颌骨囊肿的大小、部位来采用差异化的诊疗方式,包括简单的开窗减压术、袋型术、囊肿刮除术、部分颌骨切除术及这些术式的组合等,但在最佳治疗方法上并没有达成共识^[11]。术者在治疗手段的选择和术后患者颌面部的功能恢复方面及术后并发症的防治方面,多依赖于临床经验,缺乏客观的科学依据。有限元分析方法自1969年FRIEDENBERG首次在医学领域应用,并不断更新,为生物力学研究提供了科学、直观、有效的手段^[12-13]。国内外学者通过有限元分析方法对颌骨囊性病损致伤机制的不断研究,以期临床方案的选择提供更加科学、客观的指导。

1 有限元分析在下颌骨模型中的生物力学研究

在对下颌骨生物力学模型研究中,我们常利用有限元分析的方法,史俊等^[14]以雄性新西兰大白兔为标本,通过CT测量后,建立了三维有限元模型,对下颌

* 基金项目:国家自然科学基金项目(81277098);“十二五”面上项目(CWS12J096);陆军军医大学临床创新培育项目(2019)。 作者简介:郑萍(1993—),医师,在读硕士研究生,主要从事口腔颌面外科的研究。 [△] 通信作者, E-mail: xqyykqk@163.com。

骨不同的组织定义了不同的力学性能参数,通过约束兔下颌骨的运动过程,分析咀嚼过程时的应力分布,使模拟的模型设置和实际情况达到高度一致,为后续的研究建立了一定的基础。张瑞娟等^[15]构建了小型猪下颌骨的有限元模型,探索了当施加载荷时小型猪下颌骨的应变及应力变化特点,帮助建立了猪下颌骨外固定的仿真力学设计基础。KAVANAGH 等^[16]采用 3D 重建技术重建 1 例男性健康患者的下颌骨,有限元方法分析单侧下颌角骨折后,采用 1~2 块钛板行外斜线固定、下颌角固定等不同方法,分析其优、缺点。认为体外有限元分析不同固定方法对下颌角骨折的效果,有利于外科医生术前的精准分析。

2 3D 钛板的生物力学研究

FARNATLD 在 1992 年引出了 3D 钛板的概念,而这种 3D 钛板不是我们认为的使用 3D 打印设计得到的,而是由于其在应用于固定下颌骨时能够对抗三维空间的外力,并因此得名。通过近 20 年的优化和临床表现表明,3D 钛板的固定方式对患者的组织功能恢复及术后并发症等情况均优于传统的牵引内固定方式,极大地缩短了患者的病程^[17]。一些针对性的结构均被研发出来,如:多支撑杆的长方形钛板、沿下颌骨张力线及压力线的梯形钛板、A 型钛板等,学者们通过研究不同结构,在分析其生物力学时发现:A 型板>梯形板>方形板>Meyer 标准内固定^[18-19]。为使 3D 钛板更好地为患者提供精准帮助,根据患者下颌骨 CT 数据进行三维建模和钛板设计是现行的主流研究手段。

3 应用 3D 钛板行颌骨缺损重建的有限元研究

因肿瘤、囊肿、感染、创伤等因素造成的下颌骨节段性缺损,目前常用的修复方式包括:骨移植(包括自体骨、异体骨以及人工骨材料)、单纯钛板修复、骨组织工程技术等。嵇海虹等^[20]根据下颌骨缺损的 Jewer 分类,建立 H 型、L 型和 C 型 3 类缺损三维模型,利用三维有限元分析法,对这 3 种下颌骨缺损腓骨修复后重建板和小型板固定的力学分布特点和稳定性进行对比研究,为临床进行下颌骨缺损重建修复手术研究起到了一定的力学指导作用。ZHANG 等^[21]对 511 例下颌骨缺损利用重建板或小型板修复的患者预后的分析表明,重建板及小型板在治疗效果上都能达到良好的稳定性,但重建板术后并发症较小型板更少,钛板暴露率也更低。

4 下颌骨囊性病变中的有限元生物力学研究

下颌骨位于面部下部,是全身形态和功能最复杂的骨骼之一,也是唯一可以在咬合空间中移动的骨骼之一,不仅支撑面部轮廓与形态,更维系口腔功能尤其是咀嚼功能,是颅颌面部咀嚼系统的主要受力结构之一^[22]。针对下颌骨囊肿,借助有限元软件分析可以更直观系统地帮助医生术前与患者沟通,术中优化手术方案,术后防止并发症的发生。

虎小毅等^[23]通过建立轻、中、重度骨吸收的单侧下颌骨囊性病变的有限元模型,比较了在相同的咀嚼应力条件下,下颌骨的应力分布情况。结果表明:在正常咀嚼过程中,轻、中度颌骨吸收模型没有在下颌骨发生明显的应力集中,而重度者外斜线区域出现应力集中并且接近骨的屈服强度。庞亚倩等^[24]通过采集正常牙颌关系的健康女性志愿者的下颌 CT 数据,采用三维有限元模拟了下颌骨体部的囊性病变,通过设置一定的束缚和负载条件,分析囊肿区域接近应力最大值时所得囊肿的大小和周围残留骨壁的情况。

研究表明当病变区周围残留皮质骨厚度小于 1 mm 的时候,直接行囊肿刮除术会导致病理性骨折的风险增加,建议首选一期开窗减压联合二期刮治术式的方案^[24]。MURAKAMI 等^[25]通过下颌第三磨牙区颌骨囊性病变手术前后咀嚼力对下颌骨的应力变化的模拟,结果表明术后局部颌骨强度降低较为明显,病损区增加内固定材料可以使下颌骨应力分布情况明显好转。

5 小 结

颅颌面部解剖形态及功能结构复杂,颌骨缺损及畸形的修复是现代颌面的关键^[26]。下颌骨是颌面咀嚼系统的主要承力系统。下颌骨囊性病变病理性骨折致病机制复杂,其损伤特点具有隐匿性及破坏性,治疗手段的选择具有多样性及不确定性,缺乏客观判断指标。因此,临床工作者不仅需要不断积累和总结临床经验,丰富基础知识,更需要不断探索最佳手术时机及手术方案,以便术者及患者选择最优的手术方案,减少术后病理性骨折及其他并发症的发生。有限元方法由于其简便、经济、可重复性好等优点,对研究颌骨受力、指导设置钛板位置、预防病理性骨折有着重要作用。目前对于下颌骨囊性病变病理性骨折的研究模型较少,对如何使用钛板固定预防病理性骨折的模拟尚有待深入研究。

参考文献

- [1] 邱蔚六. 口腔颌面外科学[M]. 6 版. 北京:人民卫生出版社,2008:256.
- [2] MARIN S, KIRNBAUER B, RUGANI P, et al. The effectiveness of decompression as initial treatment for jaw cysts: a 10-year retrospective study[J]. Med Oral Patol Oral Cir Bucal Actions, 2019, 24(1): 47-52.
- [3] TAMIOLAKIS P, THERMOS G, TOSIOS K, et al. Demographic and clinical characteristics of 5 294 jaw cysts: a retrospective study of 38 years[J]. Head Neck Pathol, 2019, 13(4): 587-596.
- [4] 苏屹坤, 张泽兵. 4 181 例牙源性肿瘤及囊肿临床

- 病理分析[J]. 中华口腔医学杂志, 2019, 58(8): 546-552.
- [5] MARK H S, SONG I S, SEO B M, et al. The effectiveness of decompression for patients with dentigerous cysts, keratocystic odontogenic tumors and unicystic ameloblastoma[J]. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg, 2014, 40(6): 260-265.
- [6] RAJENDRA SANTOSH A B. Odontogenic Cysts [J]. Dental Clin North Am, 2020, 64(1): 105-119.
- [7] XIAN X, JIAN W. Pathological fracture of the mandible caused by radicular cyst: a case report and literature review [J]. Medicine, 2018, 97: 50.
- [8] SEVEKAR S, SUBHADRA H N, DAS V. Radicular cyst associated with primary molar: Surgical intervention and space management [J]. Indian J Dent Res, 2018, 29(6): 836-839.
- [9] HAUER L, SEIDLOVA P, MERGLOVA V, et al. Complete removal of dentigerous cysts with preservation of associated teeth as an alternative to marsupialization in children and preadolescents [J]. J Cranio-Maxillofac Surg, 2020, 48(8): 808-814.
- [10] COLETTI D, ORD R A. Treatment rationale for pathological fractures of the mandible: a series of 44 fractures [J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2008, 37(3): 215-222.
- [11] WAKOLBINGER R, BECK-MANNAGETTA J. Long-term results after treatment of extensive odontogenic cysts of the jaws: a review [J]. Clin Oral Invest, 2016, 20(1): 15-22.
- [12] FRIENDENBERG R. "Direct analysis" or "finite element analysis" in biology: a new computer approach [J]. Biosystems, 1969, 3(2): 89-94.
- [13] 吴倩, 张彬, 李楠, 等. 三维有限元分析在口腔医学领域的应用及研究进展 [J/CD]. 世界最新医学信息文摘(电子版), 2019, 19(20): 95-96.
- [14] 史俊, 邱蔚六, 姜闻博, 等. 兔下颌骨骨折三维有限元模型的建立 [J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2007, 5(3): 220-224.
- [15] 张瑞娟, 宋慧锋, 高全文. 基于三维有限元技术构建的小型猪下颌骨模型及其生物力学特点 [J]. 解放军医学杂志, 2019, 44(3): 228-232.
- [16] KAVANAGH E P, FRAWLEY C, KEARNS G, et al. Use of finite element analysis in presurgical planning: treatment of mandibular fractures [J]. Ir J Med Sci, 2008, 177(4): 325-331.
- [17] ZHANG Q, WU W, QIAN C, et al. Advanced biomaterials for repairing and reconstruction of mandibular defects [J]. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl, 2019, 103: 109858.
- [18] KOZAKIEWICZ M, SWINIARSKI J. "A" shape plate for open rigid internal fixation of mandible condyle neck fracture [J]. J Craniomaxillofac Surg, 2014, 42(6): 730-737.
- [19] DARWICH M A, ALBOGHA M H, ABDELMAJEED A, et al. Assessment of the biomechanical performance of 5 plating techniques in fixation of mandibular subcondylar fracture using finite element analysis [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2016, 74(4): 794-798.
- [20] 嵇海虹, 董强. 下颌骨缺损腓骨瓣修复不同固定方式的有限元分析 [J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(24): 3821-3827.
- [21] ZHANG Z, WANG S, SUN C F, et al. Miniplates versus reconstruction plates in vascularized osteocutaneous flap reconstruction of the mandible [J]. J Craniofac Surg, 2019, 30(2): e119-125.
- [22] WU J Q, LIU J, WANG L L, et al. Bone histomorphometry detection of autologous bone powder graft repair of partial mandibular defects in rabbits [J]. Genet Mol Res, 2015, 14(4): 13812-13822.
- [23] 虎小毅, 李立峰, 史婧怡, 等. 不同程度骨吸收的下颌骨囊性病治疗方式的选择及相关生物力学分析 [J]. 现代口腔医学杂志, 2019, 33(4): 193-196.
- [24] 庞亚倩, 张凯, 刘亮, 等. 下颌骨囊性病变的三维有限元模型生物力学分析 [J]. 南方医科大学学报, 2020, 40(6): 911-915.
- [25] MURAKAMI K, YAMAMOTO K, TSUYUKI M, et al. Theoretical efficacy of preventive measures for pathologic fracture after surgical removal of mandibular lesions based on a three-dimensional finite element analysis [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2014, 72(4): 833.
- [26] RAHIMOV C, FARZALIYEV I. Virtual bending of titanium reconstructive plates for mandibular defect bridging: review of three clinical cases [J]. Craniomaxillofac Trauma Reconstr, 2011, 4(4): 223-234.