

3种方式的坚固内固定髁突头部骨折的生物力学分析

孙俊辉 蓝朵朵 王栋 徐瑶 王泽宇 张晨晨 张凯 徐涛
蚌埠医科大学第一附属医院口腔颌面外科, 蚌埠 233004

[摘要] **目的** 对3种方式的坚固内固定髁突头部骨折进行生物力学分析。**方法** 首先构建正常下颌骨三维有限元模型, 然后在此基础上构建出髁突头部骨折三维有限元模型以及单侧向拉力螺钉、双侧向拉力螺钉、侧向拉力螺钉+钛板3种坚固内固定的三维有限元模型。比较在相同力学条件时, 3种坚固内固定方式下颌骨髁突力学特点及变化情况。**结果** 单侧向拉力螺钉坚固内固定方式下, 髁突骨折非游离端的最大等效应力、最大位移分别为71.03 MPa、4.72 mm, 游离端的最大等效应力、最大位移分别为78.45 MPa、4.50 mm, 骨折缝的最大等效应力为3.27 MPa。双侧向拉力螺钉坚固内固定方式下, 髁突骨折非游离端的最大等效应力、最大位移分别为70.52 MPa、4.00 mm, 游离端的最大等效应力、最大位移分别为72.49 MPa、3.85 mm, 骨折缝的最大等效应力为2.33 MPa。侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定方式下, 髁突骨折非游离端的最大等效应力、最大位移分别为67.26 MPa、2.66 mm, 游离端的最大等效应力、最大位移分别为69.66 MPa、2.50 mm, 骨折缝的最大等效应力为2.18 MPa。**结论** 侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定髁突头部骨折的方式最为符合生物力学分布。

[关键词] 髁突头部骨折; 坚固内固定; 三维有限元分析

[中图分类号] R782.4 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2025.2024291



本文链接 开放科学标识码

Biomechanical analysis of three kinds of rigid internal fixation methods for condylar head fractures

Sun Junhui, Lan Duoduo, Wang Dong, Xu Yao, Wang Zeyu, Zhang Chenchen, Zhang Kai, Xu Tao

Dept. of Oral and Maxillofacial Surgery, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233004, China

Supported by: Natural Science Key Research Project of Bengbu Medical College (BYKY2019017ZD)

Correspondence: Xu Tao, E-mail: xutao9297@162.com

[Abstract] **Objective** This study aims to analyze the biomechanics of three kinds of rigid internal fixation methods for condylar head fractures. **Methods** A three dimensional finite element model of the normal mandible was constructed. It was then used to prepare condylar head fracture finite element model and three kinds of rigid internal fixation finite element model (unilateral tension screw, bilateral tension screw, tension screw+titanium plate). The mechanical characteristics and changes of the mandible condyle under the same mechanical conditions were compared among the three different rigid internal fixation methods. **Results** The maximum equivalent stress and displacement of the non-free end of condyle under the rigid internal fixation method of unilateral tension screw were 71.03 MPa and 4.72 mm, respectively. The maximum equivalent stress and displacement of the free end of condyle were 78.45 MPa and 4.50 mm, respectively. The maximum stress of fracture suture was 3.27 MPa. The maximum equivalent stress and displacement of the non-free end of condyle under the rigid internal fixation method of bilateral tension screw were 70.52 MPa and 4.00 mm, respectively. The maximum equivalent stress and displacement of the free end of condyle were 72.49 MPa and 3.85 mm, respectively. The maximum stress of fracture suture was 2.33 MPa. The maximum equivalent stress and maximum displacement of the non-free end of condyle under the rigid internal fixation method of tension screw+titanium plate were 67.26 MPa and 2.66 mm, respectively. The maximum equivalent stress and maximum displacement of the

[收稿日期] 2024-08-09; **[修回日期]** 2024-12-03

[基金项目] 蚌埠医学院自然科学重点研究项目 (BYKY2019017ZD)

[第一作者] 孙俊辉, 硕士, E-mail: 1151261793@qq.com

[通信作者] 徐涛, 副主任医师, 学士, E-mail: xutao9297@162.com

placement of the non-free end of condyle under the rigid internal fixation method of tension screw+titanium plate were 67.26 MPa and 2.66 mm, respectively. The maximum equivalent stress and maximum displacement of the

free end of condyle were 69.66 MPa and 2.50 mm, respectively. The maximum stress of fracture suture was 2.18 MPa.

Conclusion The tension screw+titanium plate rigid internal fixation method is the most conducive to biomechanical distribution for condylar head fractures.

[Key words] condylar head fracture; rigid internal fixation; three dimensional finite element analysis

在下颌骨骨折中,髁突骨折是最常见的骨折类型之一,发生率占下颌骨骨折的17.51%~50%。国际内固定研究学会颅颌面外科分会(Association for the Study of Internal Fixation, Division of Cranio-Maxillofacial Surgery)将髁突骨折分为髁突头部骨折、髁突颈部骨折、髁突基底部分骨折三类^[1]。髁突头部骨折比较特殊,内侧的骨折片常因翼外肌的牵拉而发生移位^[2]。髁突骨折的治疗尚存在争议^[3-4],分为保守治疗和手术治疗两种。近年越来越多的学者^[5-7]主张采用手术切开、解剖复位、坚固内固定的治疗方式,其中坚固内固定的方式有侧向拉力螺钉、钛板等^[8]。目前关于不同坚固内固定方式下髁突头部骨折的应力分布和生物力学分析的报道较少。本研究采用三维有限元分析(three dimensional finite element analysis)建立髁突头部骨折模型,在此基础上研究3种坚固内固定方式的应力情况,探讨髁突头部骨折的最佳固定方式,使骨折断端处于稳定状态同时又能让髁突部位的应力分布趋于合理,为临床治疗髁突头部骨折提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 数字仿真有限元模型的建立

1.1.1 数据采集

选择牙列完整、咬合关系正常,无正畸颌病史、无颞下颌关节紊乱体征的健康成年男性志愿者1名(已获得患者同意并签署知情同意书)。采用美国Picker公司PQ6000型螺旋CT对男性志愿者行下颌骨无间隙容积扫描,志愿者取仰卧位,头部固定,从髁突顶上方2 mm扫描至颞底^[9]。将所获得的CT图像保存为DICOM数据类型。

1.1.2 实验模型的建立

1.1.2.1 正常下颌骨三维有限元模型的建立

将所获得的CT数据以DICOM格式导入至Mimics research 21.0软件(Materialise公司,比利时),选择骨的阈值创建蒙版,通过蒙版计算下颌骨与牙齿的stl粗糙模型。全部粗糙模型导入Geomagic Wrap 2015软件(Geomagic公司,美国)进行光滑去除噪点等操作,得到一个光滑的下颌骨与牙齿

stl模型。

将光滑后的下颌骨与牙齿模型导入3-matic 12.0软件(Materialise公司,比利时),建立包含下颌骨骨皮质、骨松质、部分咀嚼肌、部分牙列的三维有限元模型。

1.1.2.2 3种坚固内固定髁突头部骨折三维有限元模型的建立

将光滑后的下颌骨与牙齿模型导入3-matic 12.0软件,建立骨折面并赋予一厚为0.1 mm的低弹性模量薄层模拟骨折裂隙^[10],骨折线始于髁突关节面,纵行向下经髁突后斜面后止于髁突颈部内侧^[1],建立髁突头部骨折模型。以左侧为健侧建立对照组,以右侧为患侧建立髁突头部骨折模型。

在髁突头部的骨折线附近生成钛板与钛钉,参考临床构建侧向拉力螺钉(材质为金属钛、直径2 mm、长14~18 mm)、4孔微型接骨板(材质为金属钛、长14 mm、厚0.6 mm)及螺钉(材质为金属钛、直径1.5 mm、长5 mm)三维模型,建立3种坚固内固定髁突头部骨折三维有限元模型。1) 单侧向拉力螺钉模型:采用侧向拉力螺钉1枚,垂直于骨折线从髁突外侧颈部上方固定,侧向拉力螺钉穿通至对侧骨皮质。2) 双侧向拉力螺钉模型:采用侧向拉力螺钉2枚,1枚垂直于骨折线从髁突外侧颈部上方固定,另1枚垂直于下颌升支从髁突外侧关节面下方2 mm处固定,2枚侧向拉力螺钉均穿通至对侧骨皮质。3) 侧向拉力螺钉+钛板模型:采用“一”字型4孔微型直钛板1枚、侧向拉力螺钉1枚,钛板垂直于骨折线放置,骨折线两侧各以2枚螺钉固定,侧向拉力螺钉垂直于骨折线从髁突外侧颈部上方固定,侧向拉力螺钉穿通至对侧骨皮质。

所有模型在3-matic中自适应划分网格,生成C3D4类型单元网格,导出为inp文件。inp文件导入abaqus软件进行有限元分析。

1.2 设置参数及边界条件

1.2.1 材料及参数设置

设置颌骨、牙齿及内固定装置的参数^[9-10](表1)。内固定装置的屈服强度大于骨折区域所产生的应力,避免因内固定装置的变形或断裂而导致术后骨折断端游离、坏死、关节强直等并发症^[11]。

表 1 模型参数的设置

Tab 1 Definition of model parameters

项目	弹性模量/MPa	泊松比	屈服强度/MPa
皮质骨	137 000	0.3	
松质骨	1 850	0.3	
牙根	620	0.3	
钛板、钛钉	103 000	0.3	1 007
侧向拉力螺钉	103 000	0.3	1 007
骨折裂隙	1	0.3	

1.2.2 边界条件

模拟患者口腔受力情况，创建局部坐标系，以下颌牙列颌面为基准，固定下颌骨髁突 X、Z 轴的位移与旋转自由度。

1.3 应力分析

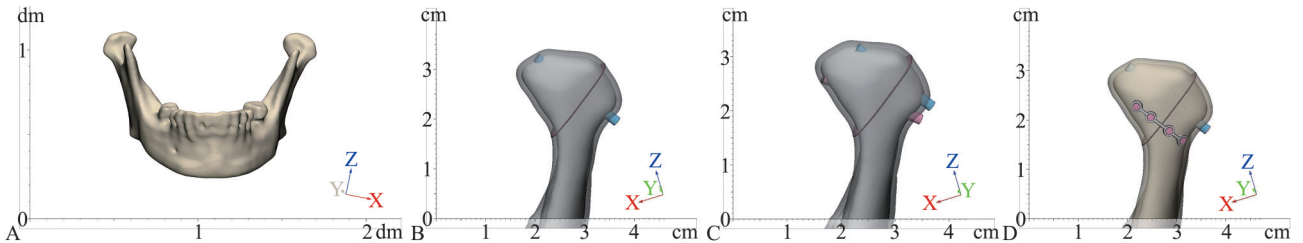
在正常下颌骨及 3 种坚固内固定髁突头部骨折三维有限元模型上，模拟患者口腔受力情况。在双侧下颌第一磨牙施加 100 N 的载荷，该力的方向

垂直于咬合面。分析各模型上的应力分布状况，包括：正常髁突的应力分布，不同坚固内固定方式下的下颌骨髁突的应力分布以及患侧髁突非游离端的最大等效应力、最大位移，游离端的最大等效应力、平均等效应力、最大位移，骨折缝的最大等效应力等。

2 结果

2.1 建立正常下颌骨及 3 种坚固内固定髁突头部骨折的三维有限元模型

建立了正常下颌骨（包含髁突、部分牙列）三维有限元模型，模型共含有 105 640 个节点、363 193 个单元。在下颌骨模型上模拟髁突头部骨折，并参考临床对髁突头部骨折的 3 种坚固内固定方式，建立了 3 种坚固内固定髁突头部骨折的三维有限元模型（图 1）。



A: 正常下颌骨模型；B: 单侧向拉力螺钉坚固内固定模型；C: 双侧向拉力螺钉坚固内固定模型；D: 侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定模型。

图 1 正常下颌骨及 3 种方式坚固内固定髁突头部骨折的三维有限元模型

Fig 1 Three-dimensional finite element models of the normal mandible and three kinds of rigid internal fixation methods for condylar head fractures

2.2 正常下颌骨及 3 种坚固内固定髁突头部骨折三维有限元模型的应力分析

2.2.1 正常下颌骨三维有限元模型的应力及位移分析

正常下颌骨髁突的最大等效应力为 52.33 MPa，位于髁突颈部的前 1/2 部位；最大位移为 3.07 mm，贯穿整个髁突的颈部（图 2）。

2.2.2 单侧向拉力螺钉坚固内固定方式下的受力及位移分析

单侧向拉力螺钉坚固内固定方式下，髁突颈部的最大等效应力为 31.85 MPa；髁突头部骨折游离端的最大等效应力为 78.45 MPa，平均等效应力为 4.34 MPa，最大位移为 4.50 mm，等效应力主要集中在侧向拉力螺钉与骨折线相交处螺钉周围的骨质上，髁突表面受力较小；骨折非游离端的最大等效应力为 71.03 MPa，最大位移为 4.72 mm。

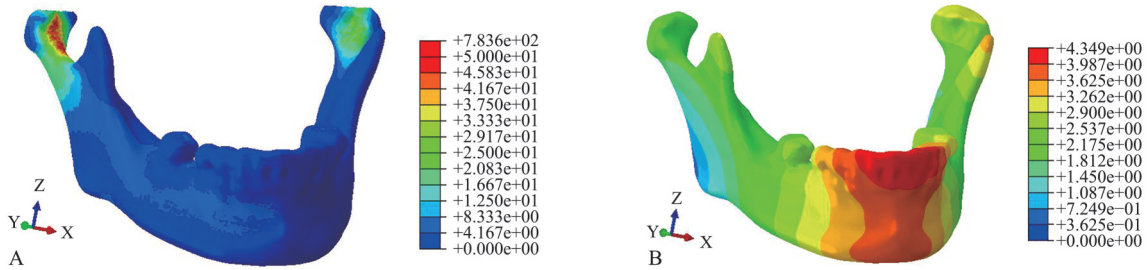
侧向拉力螺钉的等效应力主要集中在与骨折线相交处，向两端逐渐减小，应力分布较集中，最大等效应力为 776.89 MPa，最大位移为 4.48 mm。骨折缝的最大等效应力为 3.27 MPa（图 3）。

2.2.3 双侧向拉力螺钉坚固内固定方式下的应力及位移分析

双侧向拉力螺钉坚固内固定方式下，髁突颈部的最大等效应力为 54.23 MPa；髁突头部骨折游离端的最大等效应力为 72.49 MPa，平均等效应力为 3.78 MPa，最大位移为 3.85 mm，等效应力主要集中在侧向拉力螺钉与骨折线相交处螺钉周围的骨质上，髁突表面受力较小；骨折非游离端的最大等效应力为 70.52 MPa，最大位移为 4.00 mm。侧向拉力螺钉的等效应力主要集中在与骨折线相交处，向两端逐渐减小，其中上方垂直于骨折线的螺钉相较下方垂直于下颌升支的螺钉的等效应

力分布更为集中,最大等效应力为677.96 MPa(上方侧向拉力螺钉),最大位移为3.84 mm。骨折缝

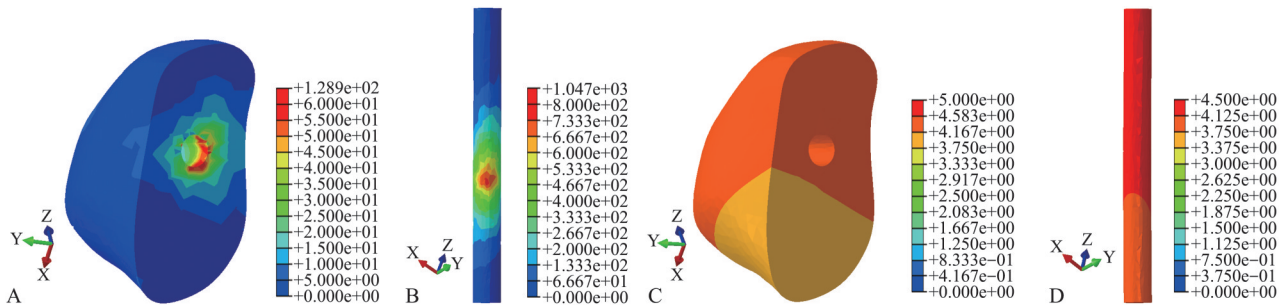
的最大等效应力为2.33 MPa(图4)。



A: 应力分析; B: 位移分析。

图2 正常下颌骨的应力及位移分析

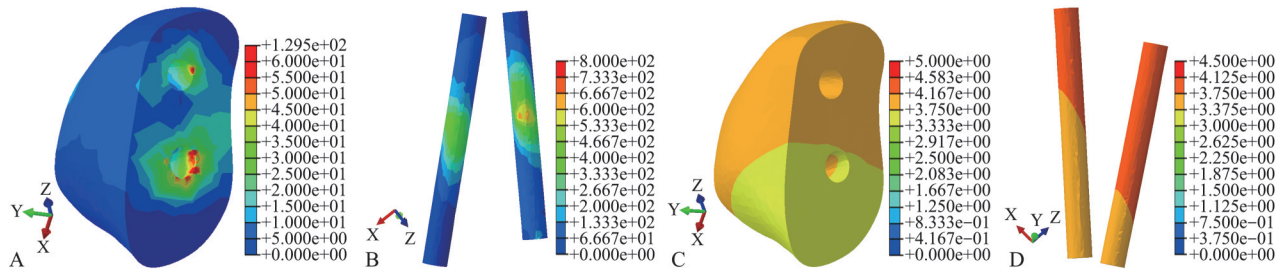
Fig 2 Stress and displacement analysis of the normal mandible



A: 骨折游离端应力分析; B: 侧向拉力螺钉应力分析; C: 骨折游离端位移分析; D: 侧向拉力螺钉位移分析。

图3 单侧向拉力螺钉内固定方式下的应力及位移分析

Fig 3 Stress and displacement analysis under the rigid internal fixation method of unilateral tension screw



A: 骨折游离端应力分析; B: 侧向拉力螺钉应力分析; C: 骨折游离端位移分析; D: 侧向拉力螺钉位移分析。

图4 双侧向拉力螺钉内固定方式下的应力及位移分析

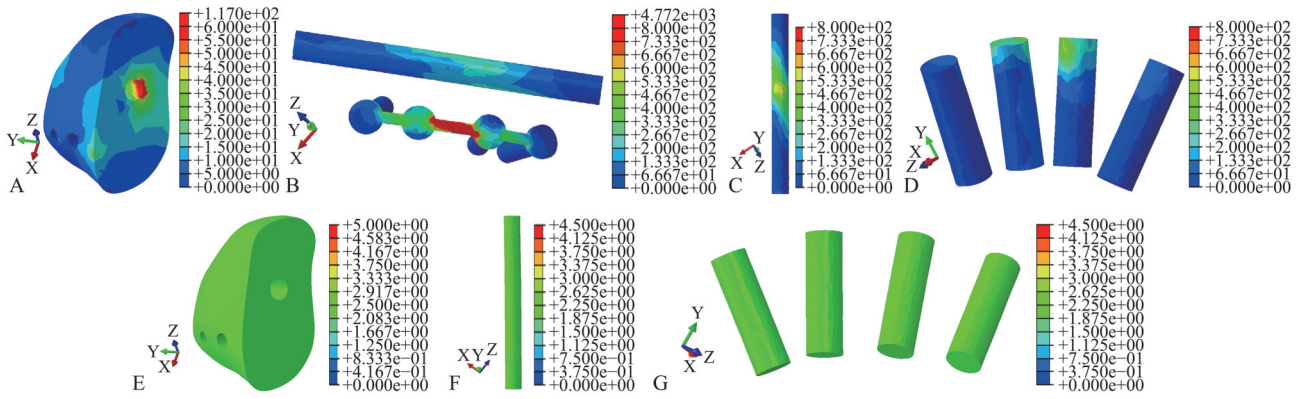
Fig 4 Stress and displacement analysis under the rigid internal fixation method of bilateral tension screw

2.2.4 侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定方式作用下的应力分析

侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定方式下,髌突颈部的最大等效应力为51.08 MPa;髌突头部骨折游离端的最大等效应力为69.66 MPa,平均等效应力为2.40 MPa,最大位移为2.50 mm,等效应力主要集中在侧向拉力螺钉与骨折线相交处螺钉周围的骨质上以及钛板与骨折线相交处钛板间桥下的表面骨质上;骨折非游离端的最大等效应力为67.26 MPa,最大位移为2.66 mm。钛板的等效应力主要集中在靠近骨折线的两个螺钉之间的间桥,向两端逐渐减小,但应力分布较均衡,最大等效

应力为646.02 MPa,最大位移为2.49 mm。侧向拉力螺钉的等效应力主要集中在与骨折线相交处,向两端逐渐减小,应力分布较集中,最大等效应力为493.52 MPa,最大位移为2.38 mm(图5)。骨折缝的最大等效应力为2.18 MPa。

3种固定方式中,侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定方式髌突头部骨折游离端的最大等效应力、平均等效应力、最大位移及骨折缝的最大等效应力均最小,等效应力分布最为均衡,髌突非游离端的颈部应力最接近正常髌突,这表明侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定方式最有利于骨折初期的稳定愈合。



A: 骨折游离端应力分析; B: 钛板及侧向拉力螺钉应力分析; C: 侧向拉力螺钉应力分析; D: 钛板上螺钉应力分析; E: 骨折游离端位移分析; F: 侧向拉力螺钉位移分析; G: 钛板上螺钉位移分析。

图 5 侧向拉力螺钉+钛板固定方式下的应力及位移分析

Fig 5 Stress and displacement analysis under the rigid internal fixation method of tension screw+titanium plate

3 讨论

1973年有限元分析首次应用于口腔医学，随着不断的探索与研究，三维有限元分析在口腔颌面外科的应用也愈发成熟，研究^[12-14]表明，三维有限元模型能较好地应用于人体颅骨的外伤。当不同弹性模量的成分并联承担载荷时，较高弹性模量的成分承担较多的载荷，对低弹性模量成分起到应力、应变遮挡作用。此应力遮挡在一定限度范围内对骨折愈合起到重要的保障作用^[15]。颞下颌关节是咀嚼系统的重要组成部分，髁突在颞下颌关节功能中具有重要作用，同时也是面下部的生长发育中心。下颌骨髁突头部骨折若治疗不当，常会导致颞下颌关节紊乱、颞下颌关节强直、髁突变形、颌面部发育障碍等严重的并发症^[16-17]。

髁突骨折手术治疗应遵循以下原则^[18-19]：1) 精准的解剖复位。手术要恢复下颌骨原有的高度、宽度、突度、弧度及咬合关系；2) 稳定的固定。要防止游离骨块再次位移，以促进骨折愈合；3) 减小损伤。遵循微创原则，尽可能保护患者的神经、肌肉等重要解剖结构，减少患者痛苦；4) 早期功能锻炼。尽早地功能锻炼有利于促进骨折愈合及功能恢复。对于髁突头部骨折的治疗，目前基本认为应以手术治疗为主，但是对于坚固内固定方式的选择还存在很大争议。临床常用的坚固内固定方式有单纯侧向拉力螺钉固定、单纯钛板固定以及钛板联合侧向拉力螺钉固定等。单纯钛板固定^[20]的优点为钛板稳固可靠，钛板塑形使髁突复位更为精准，但其缺点为手术创伤大、对视野要求高等。单纯侧向拉力螺钉固定的优点为可

对骨折断端产生较大的挤压力，使骨折与断面更贴合，手术创伤小，缺点为易压碎骨折断端的骨片，穿通关节面，且术中视野较差，对术者要求较高等^[21]。临床中由于髁突头游离骨片的体积较小，侧向拉力螺钉长度及粗度的选择往往具有较大的局限性，通常采用直径2 mm的侧向拉力螺钉，长度则根据侧向拉力螺钉入路角度以及入路处至对侧游离端骨皮质的距离来确定。本研究双侧向拉力螺钉坚固内固定方式中，两枚侧向拉力螺钉固位方向不同，所产生的应力也不同，上方侧向拉力螺钉垂直于骨折线，所受到的应力更为集中，下方侧向拉力螺钉垂直于下颌升支，承受的应力较为分散，且双侧向拉力螺钉内固定的最大等效应力取自上方侧向拉力螺钉上，这表明垂直于骨折线上的螺钉具有更好的承载作用，固定强度更强。

本研究参考临床髁突头部骨折及其常用的3种内固定方式，建立了3种坚固内固定髁突头部骨折三维有限元模型，并从应力和位移两个评价指标对不同固定方式的效果进行对比^[19]。研究表明，单侧向拉力螺钉、双侧向拉力螺钉、侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定方式下，髁突头部骨折游离端的最大等效应力分别为78.45、72.49、69.66 MPa，且主要位于骨折线与内固定装置植入处的骨质上；内固定装置的最大等效应力分别为776.89、677.96、646.02 MPa，且主要位于近骨折线处；髁突颈部骨折非游离端的最大等效应力分别为31.85、54.23、51.08 MPa，正常髁突的最大等效应力为52.33 MPa，且主要位于髁突颈部。骨折缝的最大等效应力分别为3.27、2.33、2.18 MPa，结合应力图可见内固定状态下髁突游离端所承载

的等效应力更为集中而正常状态下髁突头部的等效应力分布更为均衡, 而内固定装置所承载的等效应力远大于正常髁突的等效应力, 这可能是由于术后游离端无法承载过大的载荷而导致内固定装置代替承载, 使得内固定状态下髁突等效应力分布与正常生理结构下髁突的等效应力分布存在差异。本研究结果表明, 3种坚固内固定方式中, 侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定方式的最大等效应力及骨缝应力均最小, 应力分布也最为均衡, 髁突非游离端的应力更加接近正常髁突的状态, 有利于髁突头部骨折的稳定愈合。

单侧向拉力螺钉、双侧向拉力螺钉、侧向拉力螺钉+钛板3种方式坚固内固定髁突头部骨折后, 髁突骨折游离端的最大位移分别为4.50、3.83、2.50 mm, 非游离端的最大位移分别为4.72、4.00、2.66 mm。数值越小, 表明在同等约束条件下, 受相同力时髁突整体的改变越小。侧向拉力螺钉+钛板螺钉坚固内固定方式下髁突骨折游离端及非游离端的最大位移均为最小, 表明侧向拉力螺钉+钛板坚固内固定方式提供的初期愈合环境最为稳定, 最有利于骨折初期的稳定愈合。

综上, 通过构建相同力学条件下单侧向拉力螺钉、双侧向拉力螺钉、侧向拉力螺钉+钛板3种方式坚固内固定髁突头部骨折的三维有限元模型, 从应力和位移2个评价指标进行比较, 得出侧向拉力螺钉+钛板螺钉方式最优, 其应力分布最为均衡, 更加符合髁突骨折愈合时所需的生物力学分布。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

- [1] Neff A, Cornelius CP, Rasse M, et al. The comprehensive AOCMF classification system: condylar process fractures-level 3 tutorial[J]. *Craniofacial Trauma Reconstr*, 2014, 7(suppl 1): S044-S058.
- [2] Han C, Dilxat D, Zhang X, et al. Does intraoperative navigation improve the anatomical reduction of intracapsular condylar fractures[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2018, 76(12): 2583-2591.
- [3] Sharma G, Shukla D, Bhola N. An isolated unilateral condylar head fracture in an adult female: a case report [J]. *Cureus*, 2024, 16(6): e62813.
- [4] Palanivel I, Narayanan V, Chandran S, et al. Open reduction internal fixation of condylar head/diacapitular fracture of mandible: case series[J]. *J Maxillofac Oral Surg*, 2021, 20(3): 404-408.
- [5] Li J, Yang H, Han L. Open versus closed treatment for unilateral mandibular extra-capsular condylar fractures: a meta-analysis[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2019, 47(7): 1110-1119.
- [6] Yang RC, Cui MJ, Zhou HH, et al. Fracture fragment of the condyle determines the ramus height of the mandible in children with intracapsular condylar fractures treated conservatively[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 19924.
- [7] 闫凯欣, 李茂叶, 常欣楠, 等. 346例未成年颌面部骨折患者的临床分析[J]. *华西口腔医学杂志*, 2024, 42(3): 340-345.
Yan KX, Li MY, Chang XN, et al. Clinical analysis of 346 minor patients with maxillofacial fractures[J]. *West China J Stomatol*, 2024, 42(3): 340-345.
- [8] 李豪培, 李金超, 李守宏. 下颌骨髁状突囊内骨折分类及手术治疗新进展[J]. *临床口腔医学杂志*, 2020, 36(6): 379-382.
Li HP, Li JC, Li SH. Progress in classification and surgical treatment of intracapsular fracture of mandibular condylar process[J]. *J Clin Stomatol*, 2020, 36(6): 379-382.
- [9] 景捷, 黑玉娜, 铁铃, 等. 3种方式的双板法坚固内固定髁突矢状骨折生物力学分析[J]. *实用口腔医学杂志*, 2015, 31(4): 520-525.
Jing J, Hei YN, Tie L, et al. Biomechanical analysis on the fixation of mandibular condyle with sagittal fracture by double plates in 3 ways[J]. *J Pract Stomatol*, 2015, 31(4): 520-525.
- [10] 郑萍, 吕俊, 黄君杰, 等. 不同内固定方式预防下颌角囊性病理性骨折的三维有限元分析[J]. *陆军军医大学学报*, 2023, 45(19): 2092-2099.
Zheng P, Lü J, Huang JJ, et al. Finite element analysis on different types of rigid internal fixation for preventing postoperative fractures in cystic lesions of the mandibular angle[J]. *J Army Med Univ*, 2023, 45(19): 2092-2099.
- [11] Jing J, Han Y, Song Y, et al. Surgical treatment on displaced and dislocated sagittal fractures of the mandibular condyle[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2011, 111(6): 693-699.
- [12] Thresher RW, Saito GE. The stress analysis of human teeth[J]. *J Biomech*, 1973, 6(5): 443-449.
- [13] Westbury LD, Shere C, Edwards MH, et al. Cluster analysis of finite element analysis and bone microarchitectu-

- ral parameters identifies phenotypes with high fracture risk[J]. *Calcif Tissue Int*, 2019, 105(3): 252-262.
- [14] Hoefert S, Taier R. Mechanical stress in plates for bridging reconstruction mandibular defects and purposes of double plate reinforcement[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2018, 46(5): 785-794.
- [15] Pogrel MA. The concept of stress shielding in nonvascularized bone grafts of the mandible—A review of 2 cases [J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2021, 79(1): 266.e1-266.e5.
- [16] Alagarsamy R, Lal B, Arangaraju R, et al. Nonendoscopic intraoral approach for condylar fracture management—A systematic review[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2023, 135(5): 596-613.
- [17] Han X, Shao X, Lin X, et al. Open surgery versus closed treatment of unilateral mandibular condyle fractures[J]. *J Craniofac Surg*, 2020, 31(2): 484-487.
- [18] 黄秀玲, 贺洋, 安金刚, 等. 成人下颌骨髁突矢状骨折 151 例临床分析[J]. *中华口腔医学杂志*, 2019, 54(11): 727-732.
- Huang XL, He Y, An JG, et al. Sagittal fracture of mandibular condyle: a review of 151 cases[J]. *Chin J Stomatol*, 2019, 54(11): 727-732.
- [19] Ellis E, Throckmorton GS, Palmieri C. Open treatment of condylar process fractures: assessment of adequacy of repositioning and maintenance of stability[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2000, 58(1): 27-35.
- [20] Çimen E, Önder ME, Cambazoğlu M, et al. Comparison of different fixation types used in unilateral mandibular condylar fractures: an *in vivo* study with new biomechanical model[J]. *J Craniofac Surg*, 2016, 27(5): 1277-1281.
- [21] Leonhardt H, Franke A, McLeod NMH, et al. Fixation of fractures of the condylar head of the mandible with a new magnesium-alloy biodegradable cannulated headless bone screw[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 55(6): 623-625.

(本文编辑 李彩)

《儿童口腔临床影像学指南：设备、技术及临床注意事项》出版发行

书籍名称：儿童口腔临床影像学指南：设备、技术及临床注意事项

主编：约翰·阿普斯（比利时）

主译：汪鹭，高艳霞

出版日期：2024年7月

出版社：辽宁科学技术出版社

内容简介：《儿童口腔临床影像学指南：设备、技术及临床注意事项》是一本有关儿童口腔颌面部成像的全面指南，适用于全科口腔医生和儿童口腔医生。书中涵盖放射防护、辐射剂量和电离辐射的潜在风险等内容，在临床实践中遇到相关重要问题时，可为口腔医生提供适当的信息。本书中还包括了一些（儿童）口腔医生应该了解的X线机相关的信息（从口内仪器到医用计算机断层扫描仪）以及不同数字影像接收器之间的差异等，有助于口腔医生理解为什么使用某些曝光设置以及不同机器和影像接收器的优缺点。本书也阐述了非电离辐射技术（例如，磁共振成像和超声成像）及其在口腔颌面部放射学领域的应用，并随文分享了大量临床照片。所有内容均用专业影像学知识加以说明，让读者了解在真正评估口腔颌面部影像时需要关注哪些问题。

