

[DOI] 10.12016/j.issn.2096-1456.2022.04.009

· 综述 ·

正颌术中髁突定位技术的研究进展

周颖欣, 何泽, 刘瑶, 宋健, 许春炜, 罗恩

口腔疾病研究国家重点实验室 国家口腔疾病临床医学研究中心 四川大学华西口腔医院口腔颌面外科, 四川成都(610041)

【摘要】 正颌手术后髁突移位可导致患者复发以及出现颞下颌关节症状。为减少术后髁突移位, 众多髁突定位技术运用于临床中。旨探讨髁突定位技术预防术后出现关节症状及复发的有效性, 本文回顾近20年内国内外正颌术中髁突定位技术的相关文献, 经文献归纳发现, 定位技术以稳定术前髁突位置为最终目的, 可分为非计算机辅助和计算机辅助定位技术。目前计算机辅助设计与制造髁突定位装置(computer-aided design/computer-aided manufacturing condylar positioning devices, CAD/CAM CPDs)定位效果最佳, 由牙支持式与骨支持式导板组成。其余各技术定位效果由高到低排序: CAD/CAM 钛板定位 > 手法定位 > 计算机辅助导航系统 > 影像定位系统。各定位技术的精准度可达到与髁突术前位置相差1~2 mm与1°~2°, 有效预防术后复发以及关节症状, 为不同级别的外科医生和不同难度的病例提供临床参考。该领域仍缺乏大样本和长时间随访的随机对照试验。未来需进一步研究, 以优化现今髁突定位技术, 提升其临床实际效用及开拓新型定位技术。

【关键词】 牙颌面部畸形; 正颌手术; 髁突移位; 复发; 颞下颌关节疾病; 髁突定位; 计算机辅助设计与制造; 钛板定位; 手法定位; 计算机辅助导航系统; 影像定位

【中图分类号】 R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2022)04-0283-06

【引用著录格式】 周颖欣, 何泽, 刘瑶, 等. 正颌术中髁突定位技术的研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2022, 30(4): 283-288. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2022.04.009.



微信公众号

Progress on intraoperative condylar positioning techniques in orthognathic surgery ZHOU Yingxin, HE Ze, LIU Yao, SONG Jian, XU Chunwei, LUO En. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Department of Oral Surgery, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Corresponding author: LUO En, Email: luoen521125@sina.com, Tel: 86-28-85503530

【Abstract】 Condylar displacement can lead to temporomandibular joint (TMJ) symptoms and relapse after orthognathic surgery. To minimize condylar displacement, numerous condylar positioning techniques have been applied in clinical practice. To verify the effectiveness of condylar positioning techniques in preventing postoperative TMJ symptoms and relapse, we reviewed the literature related to all types of intraoperative condylar positioning techniques in the past 20 years. According to a literature review, positioning techniques aim to seat the condyles at a preoperative position during surgery and are divided into noncomputer-aided and computer-aided condyle positioning methods. At present, computer-aided design/computer-aided manufacturing condylar positioning devices (CAD/CAM CPDs) are the most superior positioning methods and are composed of teeth-supported and bone-supported guidance. The sequence of the remaining technology positioning effect from high to low is as follows: CAD/CAM titanium plate positioning > manual positioning > computer-aided navigation system > image positioning system. Different techniques reach considerable accuracy within 1-2 mm and 1°-2° in locating the preoperative condylar position and preventing TMJ symptoms or disorders and surgical

【收稿日期】 2021-01-26 **【修回日期】** 2021-12-07

【基金项目】 国家自然科学基金项目(81970917); 四川省重点研发项目(22ZDYF1734); 成都市科技计划项目(2021-YF05-01627-SN)

【作者简介】 周颖欣, 住院医师, 硕士, Email: 639504330@qq.com

【通信作者】 罗恩, 教授, 博士, Email: luoen521125@sina.com, Tel: 86-28-85503530

relapse to provide a clinical reference for different levels of surgeons and cases. However, this study lacks randomized controlled trials with large samples and long-term follow-up. Future studies should upgrade the current methods, improve the clinical utility, and develop new positioning techniques.

【Key words】 dental and maxillofacial deformity; orthognathic surgery; condylar displacement; relapse; temporomandibular joint disease; condylar positioning; computer-aided design/computer-aided manufacturing; titanium plate positioning; manual positioning; computer-aided navigation system; imaging positioning

J Prev Treat Stomatol Dis, 2022, 30(4): 283-288.

【Competing interests】 The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from National Natural Science Foundation of China (No. 81970917); Key Research and Development Program of Science (No. 22ZDYF1734); Technology Department of Sichuan Province and Chengdu City (No. 2021-YF05-01627-SN).

正颌手术具有一定的创伤性,术后可发生一系列并发症。行下颌手术尤其是双侧下颌升支矢状劈开截骨术(bilateral sagittal split osteotomy, BSSO)时,并发症出现的概率更高^[1-2]。BSSO术后患者常发生髁突旋转及移位,可导致术后出现复发以及颞下颌关节症状(如疼痛、弹响、杂音、铰锁)^[2]。虽髁突可自行重塑,但并不能完全补偿手术引起的移位,术后在向下移位的情况下更甚^[3]。为了有效减少髁突移位的发生,以稳定术前髁突位置、预防患者术后出现复发及关节症状为最终目的的术中髁突定位技术相继问世,但关于最理想的髁突定位位置问题仍未研究透彻^[4]。随着计算机辅助设计与制造(computer-aided design/computer-aided manufacturing, CAD/CAM)技术在正颌外科中日益普及,术中髁突定位技术的发展进入了数字化时代。由于方法繁多,髁突定位技术实际使用效果仍有待评估。本文回顾国内外正颌术中髁突定位技术的相关文献,以探讨不同髁突定位技术的有效性。

1 髁突定位技术的分类

根据定位类型,分为非计算机和计算机辅助髁突定位技术。非计算机辅助组可分为手法定位、髁突定位装置(condylar positioning devices, CPDs)、钛板定位和影像定位系统。计算机辅助组可分为CAD/CAM CPDs、CAD/CAM钛板定位和计算机辅助导航系统。各髁突定位技术精准度大致达到与髁突术前位置相差1~2 mm与1°~2°。目前CAD/CAM CPDs定位效果最佳,除CPDs组和钛板定位组研究数据较少无法比较外,其余定位方式精确度由高到低排序:CAD/CAM钛板定位>手法定位>计算机辅助导航系统>影像定位系统。

2 非计算机辅助髁突定位技术

2.1 手法定位

手法定位步骤如下:①将髁突推至关节窝最顶端;②释放髁突并找到一个稳定位置;③重复前两步,直到找到一个可重复且稳定的位置;④移动下颌骨近心端段,定位至前方2 mm处^[5]。Park等^[5]通过CBCT测量18例行BSSO的骨性Ⅲ类患者术前、术后髁突位置,发现使用手法定位后,所有髁突大致向前外下侧移位。Hirjak等^[6]通过随访发现,髁突仅在术后半年至1年发生轻微移位以及出现功能改变。以上2个研究团队均认为使用手法定位不会影响术后关节功能,甚至在抑制短期复发和减少髁突移位方面,比CPDs效果更优。对于高级医师来说,此技术无需额外设备及费用,操作方便。但对于初级医师来说,该方式需要长时间学习,培训成本高且不易掌握。同时,由于术中髁突位置取决于医师的临床经验和主观判断,定位效果易受影响,建议高级医师在简单病例中使用。

2.2 髁突定位装置

1985年,Luhr等提出首个可在三维方向上控制髁突的CPD,使上颌牙列与下颌升支固定连接。该装置可在垂直和水平方向控制髁突,但无法控制下颌骨近心端的逆时针旋转及髁突的内侧移位,髁突最终可能骨折^[7]。与手法定位相比,Luhr等的装置未能更好稳定下颌骨。除上述CPD外,更多学者研究咬合式定位夹板。在一项随机对照研究中,41例患者使用咬合夹板后关节症状明显好转^[8]。然而,咬合夹板需在牙模上人工制作,术前准备过程(二维影像系统、牙科印模及面弓转移)既费时又复杂,各环节间可产生较大误差。因此,定位夹板仅建议用于单下颌手术。

2.3 钛板定位

为解决面部不对称,术者在行BSSO后,常需旋转下颌远心骨段。然而该操作可导致近、远心骨端间产生台阶或间隙,不利于行坚固内固定。若强行固定,近心骨段很可能发生旋转。为此,学者们尝试对常规钛板进行塑形,或设计新型钛板以适应台阶或间隙。

Ueki等^[9]对比使用常规钛板与预弯钛板,发现两组患者随访1年后髁突长轴角度均大于术前,但预弯组变化较小,该组内仅1处患侧与1处健侧出现关节弹响。虽然在这项前瞻性研究中,预弯钛板的定位效果优良,但由于钛板需医师据骨块轮廓人工弯制,操作难度系数较高。此外,定位的质量还取决于钛板的质量。钛板的塑形需精准完成,调整次数越多,越易断裂^[10]。同时材料硬度越大,钛板越厚,则越难塑形,亦不易贴合骨块,定位质量也随之降低。鉴于以上特点,钛板预弯技术较适合高级医师结合其他定位方式使用。相比预弯钛板,以下两种新型钛板无需弯制,更适合初级医师使用:滑动钛板在其远心端设计为椭圆的空隙区,使下颌骨固定后仍有轻微活动性,从而抵消部分来自近心端骨段的力量^[11];直微型钛板则推荐使用于下颌手术优先的双颌病例中^[12]。

2.4 影像定位系统

影像定位系统可在术中实时监测髁突位置,其中包括超声系统和移动式CBCT。在超声定位的研究中,除骨性Ⅲ类患者髁突的前间隙增大外,其余关节窝内间隙在磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)评估下均无显著改变^[13]。但与手法定位相比,因超声系统的空间分辨率有限,医师较难在系统中辨认出髁突,进而增加手术时间。

移动式CBCT有助于医师术中立即发现、诊断和修正错位髁突,以及减少下牙槽神经损伤的概率,被认为是更安全可靠的定位方式^[14]。当术中髁间距离与术前值相差超过1 mm时,系统会提示术者对髁突位置进行修正。研究显示,所有患者下颌骨近心端术后均发生轻微旋转,但幅度在 $0.5^{\circ} \sim 1^{\circ}$ ^[15]。Seeberger等^[15]表示,颞下颌关节对于以上微小变化重塑能力很高,有助于稳定关节功能。每位医师在使用设备前都需在石膏模型上进行练习,因此增加了术前准备时间和手术时间。虽移动式CBCT对严重髁突移位有较好的诊断作用,但因仪器昂贵且增加患者射线照射时间和手术费用,建议仅在难度系数高的双颌病例中使用。

3 计算机辅助髁突定位技术

3.1 CAD/CAM CPDs

随着计算机辅助系统的普及,髁突定位领域进入数字化时代。骨支持式和牙支持式CAD/CAM CPDs逐渐运用于行单颌或双颌手术的Ⅲ类患者中。通过记录15例患者的术后髁突位置变化,学者发现骨支持式装置的定位准确度可达1 mm与 1° 以内^[16]。得益于牙齿间更稳定、广泛的解剖学接触,牙支持式CAD/CAM CPDs比骨支持式在冠状面上对下颌骨近心端的稳定效果更显著^[17]。在牙支持式装置的模拟手术中,研究组中髁突最大位移为0.738 mm,最大角度变化为 1.1° ^[18]。采用数字化CPDs的患者术后1年均未出现咬合不良、关节症状以及复发^[19]。

数字化CPDs优点主要如下:①无需进行二维测量和面弓转移;②无需传统中间咬合板;③无需术前培训及模拟操作,操作简单;④无需术中测量;⑤降低外科医师接触粉尘和有毒化学物质的机会。然而,数字化CPDs零件诸多,术中拼接、拆装步骤繁杂。与传统CPDs相比,手术时间平均延长30~40 min^[16]。当熟悉安装过程后,尤其在常规病例中,可减少操作时间。计算机辅助设计可预测不同类型手术设计的结果,从而选择最佳方案,大幅缩短了术前设计时长,但增加了手术设计和3D打印定位部件的费用^[20]。同时,一旦CPDs在术中损坏,则无法继续使用,也难以立即重新制作,只能依赖医师手法定位。

3.2 CAD/CAM 钛板定位

与传统预弯钛板相比,CAD/CAM技术与预弯钛板的结合,使术中操作更为简易,无需术前培训。该系统无需医师术中人工弯制钛板,而是借助术前阴模来弯制或直接3D打印钛板,降低了术中重塑和重新固定钛板的几率。同时,系统中的截骨和钻孔导板为医师提供了更清晰和精准的操作指引,可有效地矫正Ⅲ类骨性错颌畸形^[21]。

阴模弯制技术结果显示,从术前到模拟以及术后,髁突在三维方向上的移位均小于1 mm,旋转小于 1° ^[22]。即使下颌骨前徙超过10 mm,定位准确度也不受影响^[21]。在3D打印钛板研究中,所有关节间隙的随访测量值与术前值无明显差异。研究组术后均未出现复发以及关节症状^[23]。该技术对髁突的旋转偏航有明显改善效果,尤其适用于颌面部不对称患者^[24]。但由于术前需要打印手术模件、弯制钛板,术中组装导板元件,CAD/CAM钛板

定位技术的术前准备时间和手术时间都有所增长,前者平均1.5 h,后者平均5.2 h^[21]。手术费用也相应增加。因此,在患者能够接受高手术费用的情况下,初级医师可优先考虑使用该技术,既可避免下牙槽神经损伤,又能有效减少髁突的旋转和位移。

3.3 计算机辅助导航系统

计算机辅助导航系统由多个光学传感器组成,术中在计算机屏幕上为医生提供定量直观的定位结果,可提示医师及时修正错位髁突,且不对髁突产生任何机械应力。一项前瞻性研究结果显示,导航系统与手法定位有相同的定位准确度,可有效避免临床上出现隐匿、严重的髁突移位^[25]。除定位作用外,导航系统还可作为训练工具,提升初级医生术中定位的能力,缩短医生的临床学习时间^[26]。Savoldelli等^[27]通过测量48例患者髁突位置变化,发现下颌骨前徙幅度较大时,初级受训者均较难控制髁突的旋转(平均4°)和水平移位(平均2.48 mm)。但经至少3日培训后,所有受训者的定位能力均得到明显提升。该系统的实施深受附着在骨骼上的传感器稳定程度影响,一旦截骨后传感器出现松动,导航则需中止^[28]。由于导航系统操作复杂及不稳定性,对于高级医师,建议将其用于疑难病例中。对于初级医师,该系统可作为继CAD/CAM钛板定位和CAD/CAM CPDs后的第二定位选择。

4 术中定位参考位置及针对人群

不同髁突定位技术大致都以维持髁突原位置为主,且研究对象也已排除患有颞下颌关节问题的患者。然而,术前的髁突位置能否作为所有患者的术中定位参考位置,仍需进一步探讨。

有研究表明,对于髁突健康且无关节症状的患者,即使进行不影响髁突位置的下颌升支垂直截骨术(intraoral vertical ramus osteotomy, IVRO),术后髁突位置与术前也不完全相同,但其差异不显著^[29]。因此,对于术前髁突形态及位置正常的患者,术前髁突位置可作为定位参考。对于髁突形态、位置异常或患有关节疾病的患者,髁突的术前位置则不适合作为术中定位参考。目前,公认的理想术中髁突位置应保持完整的髁突形态,以最小机械应力位于颞下颌关节窝中。至今,能达到此理想效果的定位方式尚不明确。

近年来提出的生理定位,为该领域提供了新

思路。在Ohba等^[30]的研究中,术中不使用坚固内固定,通过术后早期进行下颌运动训练,诱导髁突向理想位置运动。在随访1年后,9例下颌后缩的患者(11例术前已有关节症状)关节功能得到改善。术前、术后CT检查提示,患者髁突无明显形态改变及吸收迹象。为进一步研究生理定位在下颌前突患者中的效果,学者对比25例行IVRO术式和65例行短舌截骨术(short lingual osteotomy, SLO)患者的髁突位置变化^[31],发现生理定位在两种术式下都有良好稳定髁突的效果,其中SLO术式对于下颌骨近端段的控制更好,颞下颌关节紊乱的发生率更低。

当前正颌手术的最终目的为获得良好的咬合关系以及更好的面部外观。但对于部分患者,颞下颌关节问题也不可忽视。医师不仅术前需慎重考虑手术方案对其关节的影响,而且术后需更多关注其关节功能的恢复情况。因此,何种类型的患者术后髁突移位风险更高、术中定位的需求更为迫切,需要引起医师的关注。

通过随访375例患者,学者发现相比男性患者,女性具有更高的髁突移位风险^[32]。另外,骨性Ⅱ类患者较Ⅲ类患者髁突头体积小,术后又因不能很好地对抗周围的肌肉力量,髁突位置常不稳定^[33]。Zupnik等^[34]发现,Ⅱ类患者髁突术后更易发生逆时针旋转,且旋转幅度也较Ⅲ类患者大。虽然Ⅲ类患者髁突术后也出现移位,但随访期间有稳定在原始位置的趋势^[35]。同时,髁突移位量与关节窝的深度呈负相关^[36],与下颌前徙的幅度呈显著正相关^[37]。关节窝越浅,前徙幅度越大,髁突移位的风险越高。

对于颌骨不对称患者,Toh等^[38]的研究表明此类患者术前患关节疾病的概率已远高于正常颌骨人群,而手术可能会加重关节症状。为矫治进行手术时,健侧的近远心端往往因下颌骨的旋转摆正容易产生较大的骨间隙。当间隙被术者徒手、使用骨夹或刚性螺钉强行关闭时,髁突可发生旋转移位。Li等^[39]通过三维分析18例不对称患者的髁突位置差异,发现术后髁突立即出现向下外侧移位并向内旋转。当双侧髁突的形态和作用力不一致时,旋转移位情况会加重。

因此,对于关节窝浅、手术需大幅度前徙、颌骨不对称以及女性患者,建议术前、术中及术后的3个月,医师应仔细观察其髁突的功能及形态,考虑使用术中定位技术以确保颌骨的稳定性^[40]。

5 小 结

如今,因术前准备时间短、技术成熟、价格实惠,非计算机辅助定位技术仍广泛运用于临床中。但由于操作难度大,对医师技术要求高,使用后少数患者定位效果不够理想,术后出现复发和关节症状。因此,该技术较适合经验丰富的高级医师使用于常规和轻度不对称病例中。

对于非计算机辅助技术不能满足其定位需求的患者,则需要结合更精准的个性化定位。计算机辅助技术的定位精准度可达1 mm与1°范围内。因此,在疑难病例中,尤其是下颌骨需大幅度前徙和旋转时,建议优先选择计算机辅助定位;其技术操作更简便,对医师技术要求较低,较适合初级医师使用。但由于较长的术前准备时间、手术时间和高昂的手术费用,在术前设计时医师与患者需充分沟通。

在未来,非计算机与计算机辅助定位技术可灵活组合应用以发挥最大作用。现该领域缺乏大样本和长时间随访的随机对照试验,未来需要进一步研究。

[Author contributions] Zhou YX wrote the article; He Z, Liu Y carried out the literature search and participated in writing; Song J, Xu CW revised the article. Luo E guided the writing of the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

参考文献

- Zaroni FM, Cavalcante RC, João DD, et al. Complications associated with orthognathic surgery: a retrospective study of 485 cases[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2019, 47(12): 1855-1860. doi: 10.1016/j.jcms.2019.11.012.
- Jung HD, Kim SY, Park HS, et al. Orthognathic surgery and temporomandibular joint symptoms[J]. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*, 2015, 37(1): 14. doi: 10.1186/s40902-015-0014-4.
- Hwang HS, Jiang T, Sun L, et al. Condylar head remodeling compensating for condylar head displacement by orthognathic surgery [J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2019, 47(3): 406-413. doi: 10.1016/j.jcms.2018.11.029.
- Perez DE, Liddell A. Controversies in orthognathic surgery[J]. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2017, 29(4): 425-440. doi: 10.1016/j.coms.2017.07.008.
- Park JC, Kim KU, Hwang DS. Three-dimensional analysis of peri-operative condylar displacement after mandibular setback surgery with intended manual condylar positioning[J]. *J Craniofac Surg*, 2018, 29(8): e767-e773. doi: 10.1097/SCS.0000000000004733.
- Hirjak D, Dvoranova B, Reyneke JP, et al. Condylar position and mandibular function after bilateral sagittal split osteotomy[J]. *Bratisl Lek Listy*, 2020, 121(6): 379 - 385. doi: 10.4149/BLL_2020_062.
- Gerressen M, Zadeh MD, Stockbrink G, et al. The functional long-term results after bilateral sagittal split osteotomy (BSSO) with and without a condylar positioning device[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2006, 64(11): 1624-1630. doi: 10.1016/j.joms.2005.11.110.
- Landes CA, Sterz M. Proximal segment positioning in bilateral sagittal split osteotomy: intraoperative controlled positioning by a positioning splint[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2003, 61(12): 1423-1431. doi: 10.1054/ijom.2001.0171.
- Ueki K, Nakagawa K, Takatsuka S, et al. Plate fixation after mandibular osteotomy[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2001, 30(6): 490-496. doi: 10.1016/j.ijom.2009.04.021.
- Liu LN, Li JY, Li KH, et al. Deformation assessment of the manually prebent titanium miniplates in orthognathic surgery with finite element analysis[J]. *J Craniofac Surg*, 2020, 32(3): 883-887. doi: 10.1097/SCS.0000000000007125.
- Lee HG, Agpoon KJ, Besana AN, et al. Mandibular stability using sliding or conventional four-hole plates for fixation after bilateral sagittal split ramus osteotomy for mandibular setback[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 55(4): 378-382. doi: 10.1016/j.bjoms.2016.11.318.
- Iwai T, Omura S, Honda K, et al. An accurate bimaxillary repositioning technique using straight locking miniplates for the mandible-first approach in bimaxillary orthognathic surgery[J]. *Odontology*, 2017, 105(1): 122-126. doi: 10.1007/s10266-016-0236-7.
- Bethge LS, Ballon A, Mack M, et al. Intraoperative condyle positioning by sonographic monitoring in orthognathic surgery verified by MRI[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2015, 43(1): 71 - 80. doi: 10.1016/j.jcms.2014.10.012.
- Contreras A, Altschiller J, Gantz A, et al. Evaluation of condylar positioning in bimaxillary orthognathic surgery using intraoperative cone-beam computed tomography[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 46(1): 322. doi: 10.1016/j.ijom.2017.02.1087.
- Seeberger R, Thiele OC, Mertens C, et al. Proximal segment positioning with high oblique sagittal split osteotomy: indications and limits of intraoperative mobile cone-beam computerized tomography[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2013, 115(6): 731-736. doi: 10.1016/j.oooo.2012.10.016.
- Kim HM, Baek SH, Kim TY, et al. Evaluation of three-dimensional position change of the condylar head after orthognathic surgery using computer-aided design/computer-aided manufacturing-made condyle positioning jig[J]. *J Craniofac Surg*, 2014, 25(6): 2002-2007. doi: 10.1097/SCS.0b013e3182a246f1.
- Cortese A, Chandran R, Borri A, et al. A modified novel technique for condylar positioning in mandibular bilateral sagittal split osteotomy using computer-assisted designed and computer-assisted manufactured surgical guides[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 77(5): 1069.e1-1069.e9. doi: 10.1016/j.joms.2019.01.014. e1.
- 卢斌华, 习伟宏, 李建福, 等. 辅助髁突定位改良型咬合导板的设计与制作[J]. *口腔医学研究*, 2018, 34(3): 236-240. doi: 10.13701/j.cnki.kqyxyj.2018.03.006.
- Lu BH, Xi WH, Li JF, et al. Design and manufacture of an improved guiding splint for condylar positioning[J]. *J Oral Sci Res*,

- 2018, 34(3): 236-240. doi: 10.13701/j.cnki.kqxyj.2018.03.006.
- [19] Kim JW, Kim JC, Cheon KJ, et al. Computer-aided surgical simulation for yaw control of the mandibular condyle and its actual application to orthognathic surgery: a one-year follow-up study[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15(11): 2380. doi: 10.3390/ijerph15112380.
- [20] Lin HH, Lonic D, Lo LJ. 3D printing in orthognathic surgery--a literature review[J]. *J Formos Med Assoc*, 2018, 117(7): 547-558. doi: 10.1016/j.jfma.2018.01.008.
- [21] Li KH, Li JY, Du W, et al. Computer-aided design and manufacturing cutting and drilling guides with prebent titanium plates improve surgical accuracy of skeletal Class III malocclusion[J]. *Plast and Reconstr Surg*, 2020, 145(5): 963e-974e. doi: 10.1097/PRS.0000000000006794.
- [22] Xue C, Tian Y, Wang L, et al. Surgical guide and CAD/CAM prebent titanium plate for sagittal split ramus osteotomy in the correction of mandibular prognathism[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2018, 56(7): 586-593. doi: 10.1016/j.bjoms.2018.06.007.
- [23] Schneider D, Kämmerer PW, Hennig M, et al. Customized virtual surgical planning in bimaxillary orthognathic surgery: a prospective randomized trial[J]. *Clin Oral Investig*, 2019, 23(7): 3115-3122. doi: 10.1007/s00784-018-2732-3.
- [24] Brunso J, Franco M, Constantinescu T, et al. Custom-machined miniplates and bone-supported guides for orthognathic surgery: a new surgical procedure[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2016, 74(5): 1061.e1-1061.e12. doi: 10.1016/j.joms.2016.01.016.
- [25] Berger M, Nova I, Kallus S, et al. Electromagnetic navigated condylar positioning after high oblique sagittal split osteotomy of the mandible: a guided method to attain pristine temporomandibular joint conditions[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2018, 125(5): 407-414.e1. doi: 10.1016/j.oooo.2017.12.007.
- [26] Lartizen R, Zaccaria I, Savoldelli C, et al. Learning condyle repositioning during orthognathic surgery with a surgical navigation system[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 48(7): 952-956. doi: 10.1016/j.ijom.2019.01.018.
- [27] Savoldelli C, Chamorey E, Bettega G. Computer-assisted teaching of bilateral sagittal split osteotomy: learning curve for condylar positioning[J]. *PLoS One*, 2018, 13(4): e0196136. doi: 10.1371/journal.pone.0196136.
- [28] Lee SJ, Yang HJ, Choi MH, et al. Real-time augmented model guidance for mandibular proximal segment repositioning in orthognathic surgery, using electromagnetic tracking[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2019, 47(1): 127-137. doi: 10.1016/j.jcms.2018.10.016.
- [29] Huang L, Tang S, Zou R, et al. The three-dimensional evaluation of positional change in mandibular condyle after intraoral vertical ramus osteotomy[J]. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*, 2020, 20: S2468-7855(20)30213-5. doi: 10.1016/j.jormas.2020.09.003.
- [30] Ohba S, Ozaki H, Miura KI, et al. Physiological positioning strategy alters condylar position after mandibular ramus sagittal split osteotomies for mandibular prognathism[J]. *Cranio*, 2018, 36(3): 181-188. doi: 10.1080/08869634.2017.1314432.
- [31] Ohba S, Tominaga J, Koga T, et al. Movement of the proximal segment after intraoral vertical ramus osteotomy *versus* short lingual osteotomy with physiological positioning strategy[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2020, 48(7): 638-644. doi: 10.1016/j.jcms.2020.04.006.
- [32] Ploder O, Sigron G, Adekunle A, et al. The effect of orthognathic surgery on temporomandibular joint function and symptoms: what are the risk factors? A longitudinal analysis of 375 patients[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2020, 20: S0278-2391(20)31400-2. doi: 10.1016/j.joms.2020.11.010.
- [33] Yin Q, Bi R, Abotaleb B, et al. Changes in the position of the condyle after bilateral sagittal split ramus osteotomy in patients with mandibular retrusion and protrusion: a new condyle: fossa matching concept[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 57(10): 1086-1091. doi: 10.1016/j.bjoms.2019.09.022.
- [34] Zupnik JT, Ioshida M, Yatabe M, et al. Three-dimensional analysis of condylar changes in surgical correction for open bite patients with skeletal Class II and Class III malocclusions[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 48(6): 739-745. doi: 10.1016/j.ijom.2019.01.004.
- [35] He X, He J, Yuan H, et al. Surgery-first and orthodontic-first approaches produce similar patterns of condylar displacement and remodeling in patients with skeletal Class III malocclusion[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 77(7): 1446-1456. doi: 10.1016/j.joms.2019.01.061.
- [36] Yu KH, Lim HJ, Kim SM, et al. Comparison of condylar displacement after sagittal split ramus osteotomy depending on the glenoid fossa depth[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2021, 49(1): 9-16. doi: 10.1016/j.jcms.2020.11.001.
- [37] Costas A, Sanromán JF, Castro P, et al. Study of condylar positional changes after sagittal split osteotomy for mandibular advancement: a prospective cohort study[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2018, 46(7): 1079-1090. doi: 10.1016/j.jcms.2018.04.017.
- [38] Toh A, Chan J, Leung YY. Mandibular asymmetry as a possible etiopathologic factor in temporomandibular disorder: a prospective cohort of 134 patients[J]. *Clin Oral Investig*, 2021, 10.1007/s00784-020-03756-w. doi: 10.1007/s00784-020-03756-w.
- [39] Li J, Ryu SY, Park HJ, et al. Changes in condylar position after BSSRO with and without Le Fort I osteotomy *via* surgery-first approach in mandibular prognathism with facial asymmetry[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2017, 123(6): 661-669. doi: 10.1016/j.oooo.2017.01.009.
- [40] Tyan S, Kim HH, Park KH, et al. Sequential changes of postoperative condylar position in patients with facial asymmetry[J]. *Angle Orthod*, 2017, 87(2): 260-268. doi: 10.2319/030916-203.1.

(编辑 张琳)



官网