

· 综 述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.01.028

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220927.1521.022.html\(2022-09-28\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220927.1521.022.html(2022-09-28))

无托槽隐形矫治配合正畸正颌联合治疗的研究进展*

卢妍竹, 简 繁 综述, 赖文莉[△] 审校

(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正畸科, 成都 610041)

[摘要] 颌面部严重的骨性畸形需采用正畸正颌联合治疗。近年来, 无托槽隐形矫治作为正畸手段, 在完成术前术后正畸的应用方面已较为普遍, 但相关的研究和探讨较少。相较于传统的固定矫治器, 无托槽隐形矫治数字化的特性使其与计算机辅助正颌手术设计之间的配合更为紧密, 可供探索的空间更广阔。该文列举了采用无托槽隐形矫治器配合正畸正颌联合治疗的特点, 并对当前该领域的主要研究成果进行了综述。

[关键词] 正畸正颌联合治疗; 正颌手术; 无托槽隐形矫治; 颌间牵引; 数字化医学

[中图分类号] R783.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2023)01-0142-04

Research progress on combined orthodontic and orthognathic treatment coordinated by invisible aligner treatment*

LU Yanzhu, JIAN Fan, LAI Wenli[△]

(State Key Laboratory of Oral Diseases Research/National Clinical Research Center for Oral Diseases/Department of Orthodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041, China)

[Abstract] Severe maxillofacial bone deformity needs to adopt the combined orthodontic and orthognathic treatment. In recent years, the application of invisible aligner therapy as the orthodontic means in pre-operative and postoperative orthodontics is more common, but the related research and discussion are few. Compared with traditional fixed aligner, the digital feature of invisibl aligner therapy makes its more closely coordination with computer aided orthognathic surgery design, and there is more space for exploration. This article lists the characteristics of invisible aligner therapy in coordinated with orthodontic and orthognathic combined treatment and the main research achievements in this field are reviewed.

[Key words] combined orthodontic and orthognathic treatment; orthognathic surgery; invisible aligner therapy; intermaxillary traction; digital medicine

严重的骨性畸形仅仅通过正畸治疗难以获得兼顾健康、美观、功能与稳定的矫治结果, 常采用正畸正颌联合治疗^[1]。术前正畸排齐整平上下牙列, 去除牙代偿, 协调上下牙弓间的关系, 正颌术中联合颌骨骨块的移动达到理想的颌骨间位置关系, 术后正畸精细调整咬合, 获得良好的面貌及稳定的咬合关系^[2-3]。

无托槽隐形矫治最初仅用于矫治轻度错殆畸形病例, 随着材料及生产工艺的进步, 无托槽隐形矫治的治疗效果也随之提升^[4]。数据显示, 相较固定矫治, 无托槽隐形矫治患者复诊所需要的椅旁操作时间减少 50%, 复诊次数减少 67%^[5]。无托槽隐形矫治因其美观、舒适的特性越来越受患者的青睐^[6], 数字化技术的发展提高了隐形矫治的疗效。

1 无托槽隐形矫治器的矫治效能

无论哪种类型的骨性畸形, 术前正畸的关键均在于整平殆曲线、去除牙代偿及协调匹配上下牙弓宽度^[7]。这意味着无托槽隐形矫治器需要良好地实现多维度的牙移动, 如上下前牙的唇倾或内收、前牙的压低及牙弓宽度的扩宽或缩窄等。研究表明, 无托槽隐形矫治器对前牙唇舌向倾斜移动的控制与传统固定矫治比较差异无统计学意义^[8-9]; 对下前牙压低实现率为 35%~40%^[10], 上前牙垂直向的实际压低量低于预设值 1.5 mm^[11]。扩弓的实现率在上颌尖牙间为 70%、上颌第一磨牙间为 80%, 而下颌扩弓的实现率整体约为 87.7%^[12]。相对预设, 扩弓更多通过牙齿倾斜移动实现^[13]。而在术后正畸的开始阶段, 后

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(82071147)。 作者简介: 卢妍竹(1992—), 住院医师, 硕士, 主要从事错殆畸形及其矫治机制研究。

[△] 通信作者, E-mail: wenlilai@scu.edu.cn.

牙段常出现均匀的开骀,这可能是由于术前正畸后期,前牙在去除代偿过程中逐渐无咬合接触,后牙被牙套包裹,在咬合力作用下出现的均匀压低,当手术将骨块移动至正常颌间关系时,后牙出现了均匀小开骀。隐形牙套对牙伸长移动的实现率仅 30%^[12],且由于材料包裹合面,其对咬合接触的调整表现欠佳^[14],此时可以通过减少牙套佩戴时间,配合舌钮进行交互牵引来完成。由于患者术后咬合力较弱,需要密切监控以防后牙过度伸长导致前牙开骀。虽然数据证明预设牙移动与实际牙移动之间有一定的差距,但是结合临床医生的过矫治设计、复诊监控、配合牵引、及时重启治疗等方式,无托槽隐形矫治作为正畸手段配合正颌正颌联合治疗在临床已经得到广泛应用。

2 无托槽隐形矫治配合正颌正颌联合治疗的特点

2.1 颌间牵引方式变革

尽管坚强内固定可提供较好的术后稳定性并使功能得以快速恢复,但是颌间咬合关系依然需要骀板引导获得进一步稳定,下颌功能训练也需要借助合板^[15]。因此骀板辅助的口内颌间固定仍然不可或缺^[16]。最初有人尝试借鉴颌面部创伤常用的传统固定方法如带钩牙弓夹板、带圈结扎丝牵引钩对无托槽隐形矫治进行颌间固定^[17]。由于缺点明显,此类方式的临床应用已鲜见。有文献报道在临近手术时粘接传统固定托槽,在弓丝上提供牵引钩^[18-19]。该方式牙周伤害虽小,但粘接和拆除托槽增加了椅旁操作时间及治疗的经济成本。

目前临床最为广泛应用的方式为借助种植钉来提供牵引点,称为颌间固定种植钉(Intermassillary fixation screw,IMFS)。种植钉在术中植入明显减少了正畸椅旁操作时间,且术后的舒适度较高,利于口腔卫生的维护,拆除简便,创伤小^[20]。其缺点则是植入过程中可能导致牙根损伤、牙周损伤,种植钉折断、松动等^[21];目前采用数字化导板植入颌间牵引种植钉也逐渐在临床开始应用,CUI 等^[22]将口内扫描及锥形束计算机断层扫描(CBCT)数据进行整合重建,找到最优植入位点及方向后,生产 IMFS 的植入导板(图 1),有效避免了牙根损伤且降低了牙周膜损伤的发生。



图 1 导板引导下植入 IMFS

2.2 牙冠无托槽优势的利用

虽然传统矫治元件的缺失一度让颌间牵引难以实施,但也意味着托槽和弓丝不会形成阻碍,牙冠形态可以得到更充分的利用。除了上述利用牙冠形态作为引导制作种植导板外,CAMINITI 等^[4]在 2019

年发表的文章中介绍了利用 CAD/CAM 技术生产的隐形牙套式合板(clear aligner orthognathic splint, CAOS),目前已有个案报道术后结合种植钉配合 CAOS 实现颌间固定的病例^[23]。如图 2 所示,CAOS 形态类似颌位稳定器,配合坚强内固定达到颌间固定的效果。CAOS 即是合板又兼有颌间固定的功能。相较于传统骀板因托槽存在而仅能覆盖牙冠唇侧切 1/3,CAOS 可将临床牙冠半包裹或全包裹,在术中定位更加精确,对牙转矩的控制更加精准。CAOS 的数字化设计和生产特性可与无托槽隐形矫治的设计数据整合,对于正颌术后需要进一步稳定颌位的病例,可定制多副与牙套相匹配的 CAOS 供患者在开展术后正畸的同时夜间佩戴。由于仅用于个案报道,该方式的临床特性还有待进一步研究,如为达到摘戴方便而选择可让性强的材料和为保证颌位固定而加强材料刚度之间如何平衡等。

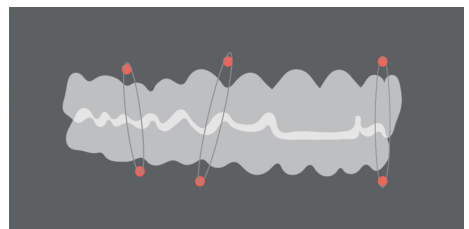
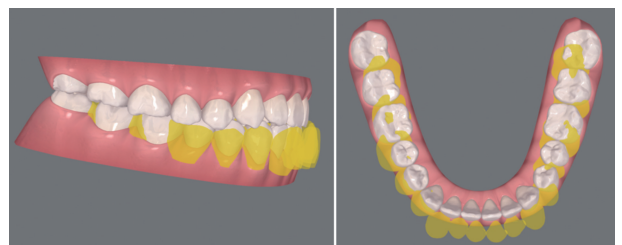


图 2 CAOS 配合 IMFS 牵引

2.3 数字化优势的利用

2.3.1 模拟咬合跳跃

传统固定矫治病例常需借助石膏模型模拟颌骨移动所获得的目标咬合关系,借以判断该次复诊所需的调整,因此在临近手术时常需多次取模灌注石膏模型^[24]。无托槽隐形矫治软件在矫治方案的数字化设计过程中,通过模拟排牙呈现充分去除牙性代偿后的牙定位,再通过软件模拟咬合跳跃来获得目标咬合关系(图 3)。目前所看到的咬合跳跃通常发生在主动矫治末,而技师在模拟排牙时已经借助了随时可以模拟的“咬合跳跃”,通过“预见”正颌手术引起的颌位变化来逆推牙移动。相对传统取模灌注石膏模型模拟颌位变化引起的咬合变化而言,无论是方案设计还是椅旁操作时间,无托槽隐形矫治都更为简单快捷。



黄色牙:初始状态;白色牙:模拟咬合跳跃后。

图 3 咬合跳跃示意图

2.3.2 与正颌手术设计之间的数据整合

相较取模灌模获得牙列信息的传统方式,口内扫描、CBCT 对患者牙列及颅颌骨信息收集更为准

确^[25],对二维数据的三维重建可以较为精准地复制患者口内情况并重建出颅颌面骨的形态,实现数字化方案设计。可视化的手术设计颠覆了以往模型外科依靠去代偿后的石膏牙模来进行正颌手术方案设计的方式,使得手术方案制订更加直观、精细^[26]。

通常来说,“咬合跳跃”出现在术前正畸的最后一步,符合经典的三段式正畸正颌联合治疗法,其本质是模拟即将进行的正颌手术完成颌位变化。正畸医生和正颌医生首先共同确定目标咬合位(包含去除代偿后的牙定位、术后咬合关系),矫治软件则可通过模拟排牙计算出充分去除牙代偿后上下牙弓间三维向的相对移动量,即牙弓间的相对移动量已经随着正畸方案的确定而确定。正颌手术团队可参考该数据完成数字化手术方案设计^[27]。因此,理论上来说,只要殆曲线基本整平、上下牙弓间宽度基本协调、没有过多咬合干扰的情况下,通过正畸医生和正颌医生的充分合作,咬合跳跃可以发生在任何时候(图4)。手术优先病例可视为第一副牙套即发生跳跃,但由于手术优先的适应证相对较为狭窄,大部分病例需要术前正畸去除殆干扰,因此上述的数字化结合优势更利于一些对正颌手术时间有要求的患者(如大学生多期望在寒暑假进行手术):不必苛求必须戴完所有术前正畸牙套才行手术,即使还存在少量牙性代偿,仍可参考无托槽隐形矫治方案设计中代偿去尽后的跳跃量进行手术设计。术前佩戴牙套贴合的情况下,数字化殆板可参考该牙套的数据进行设计^[28]。术后所呈现的过渡性错殆需要通过剩余牙套继续矫正,以达到设定的目标咬合位。由于还有牙套剩余,术后待张口度达到二指即可继续更换牙套,更充分地利用局部加速修复现象(regional acceleratory phenomenon, RAP)——血清的碱性磷酸酶和Ⅰ型胶原的水平在手术后1~2个月明显增加,可以加速骨重建^[29]。由于过渡性错殆可能导致颌位不稳定,何东明等^[30]在术后3~6个月的颌骨重建期根据每副隐形牙套数据设计多副颌位稳定器,嘱患者夜间佩戴。

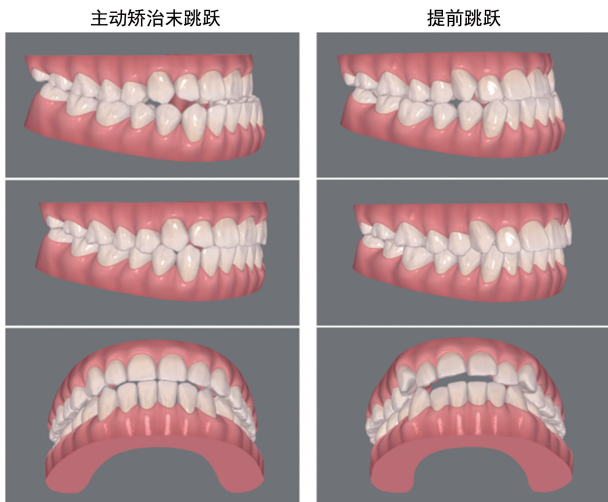


图4 不同时期模拟咬合跳跃

对于腭中缝切开、上下颌骨分块切开的病例,如临床常见的 Le Fort I 分段截骨术及手术辅助扩弓(surgical assisted rapid expansion, SARPE),采用隐形牙套仍面临不小的挑战。过去认为无托槽隐形矫治器只能实现小范围的牙移动,无法在邻近骨切开处预留足够空间来避免牙根损伤。随着无托槽隐形矫治牙移动效率的不断提升,预留手术间隙已经可以通过临床医生良好的设计和患者良好的依从性得以实现。但由于托槽的缺失,各骨段内的牙齿无法有效地连扎在一起,可能会增加牙撕脱或牙根损伤的风险。弓丝缺失导致骨切开后横向扩弓宽度较难维持。除了上文介绍的在正颌术前粘接托槽、照搬固定矫治的方式以外,KANKAM等^[31]采用的方式是将制作终末殆板的3D数据传给无托槽隐形矫治器生产厂家,预先按照该咬合关系生产被动矫治器,在殆板拆除后立即佩戴。对于横向宽度的维持,采用较硬的材料制作透明牙套并包裹上颌腭部或许对术后横向宽度的维持有一定的作用,但与传统弓丝相比其效果如何还有待进一步研究。

3 展 望

目前无托槽隐形矫治配合正畸正颌联合治疗的临床应用已非常普遍,随着人民生活水平的提高、正畸正颌联合治疗需求的增大,未来选择无托槽隐形矫治作为术前术后正畸的患者将越来越多。从临床操作上,无托槽隐形矫治通过数字化设计模拟咬合跳跃实现上下牙弓及咬合关系的协调,避免了术前反复取模^[32];从患者的需求上,我国可以开展正颌手术的医院集中在一二线城市,大量人群无法在本地进行正畸正颌联合治疗,不得不选择远距离正畸,路途的奔波是个问题。而寻求正颌手术的患者多为成年患者,对美观要求较高,依从性相对青少年更好,患者良好的依从性可明显降低复诊次数,采用无托槽隐形矫治进行正畸利于这部分远距离患者的复诊^[18]。随着口腔扫描技术提升、无托槽隐形矫治和手术设计软件的不断更新,数字化设计在医学领域的应用使得学科之间的联系更加紧密^[33],需要更多关于无托槽隐形矫治与传统固定矫治配合正畸正颌联合治疗其各自的优势及劣势的探讨和研究,指导在临床中更好地利用其各自优势、规避其劣势。

参考文献

- [1] JANDALI D, BARRERA J E. Recent advances in orthognathic surgery[J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2020, 28(4): 246-250.
- [2] WOLFORD L M. Comprehensive post orthognathic surgery orthodontics: complications, misconceptions, and management[J]. Oral Maxillofac Surg Clin North Am, 2020, 32(1): 135-151.

- [3] KLEIN K P, KABAN L B, MASOUD M I. Orthognathic surgery and orthodontics: inadequate planning leading to complications or unfavorable results [J]. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2020, 32(1): 71-82.
- [4] CAMINITI M, LOU T. Clear aligner orthognathic splints[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 77(5): 1071. e1-e8.
- [5] BUSCHANG P H, SHAW S G, ROSS M, et al. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces [J]. *Angle Orthod*, 2014, 84(3): 391-396.
- [6] ALAJMI S, SHABAN A, AL-AZEMI R. Comparison of short-term oral impacts experienced by patients treated with invisalign or conventional fixed orthodontic appliances [J]. *Med Princ Pract*, 2020, 29(4): 382-388.
- [7] QUAST A, SANTANDER P, LEDING J, et al. Orthodontic incisor decompensation in orthognathic therapy-success and efficiency in three dimensions[J]. *Clin Oral Investig*, 2021, 25(6): 4001-4010.
- [8] HENNESSY J, GARVEY T, AL-AWADHI E A. A randomized clinical trial comparing mandibular incisor proclination produced by fixed labial appliances and clear aligners [J]. *Angle Orthod*, 2016, 86(5): 706-712.
- [9] KE Y, ZHU Y, ZHU M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies [J]. *BMC Oral Health*, 2019, 19(1): 24.
- [10] HAOUILI N, KRAVITZ N D, VAID N R, et al. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2020, 158(3): 420-425.
- [11] CHARALAMPAKIS O, ILIADI A, UENO H, et al. Accuracy of clear aligners: a retrospective study of patients who needed refinement[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 154(1): 47-54.
- [12] ROSSINI G, PARRINI S, CASTROFLORIO T, et al. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review[J]. *Angle Orthod*, 2015, 85(5): 881-889.
- [13] ZHOU N, GUO J. Efficiency of upper arch expansion with the invisalign system [J]. *Angle Orthod*, 2020, 90(1): 23-30.
- [14] RIEDE U, WAI S, NEURURER S, et al. Maxillary expansion or contraction and occlusal contact adjustment: effectiveness of current aligner treatment [J]. *Clin Oral Investig*, 2021, 25(7): 4671-4679.
- [15] VAN SICKELS J E, RICHARDSON D A. Stability of orthognathic surgery: a review of rigid fixation[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 1996, 34(4): 279-285.
- [16] POSNICK J C, KINARD B E. Is a final splint necessary in bimaxillary orthognathic surgery [J]. *J Craniofac Surg*, 2020, 31(6): 1756-1759.
- [17] VERMA A, YADAV S, DHUPAR V. A new simplified technique for intermaxillary fixation by loop-designed wire [J]. *J Maxillofac Oral Surg*, 2015, 14(2): 499-500.
- [18] KAU C H, WANG Z, WANG J, et al. Contemporary management of an orthodontic-orthognathic patient with limited time availability in an orthodontic office setting: case report [J]. *J Orthod*, 2020, 47(3): 257-264.
- [19] PAGANI R, SIGNORINO F, POLI P P, et al. The use of invisalign[®] system in the management of the orthodontic treatment before and after class III surgical approach [J]. *Case Rep Dent*, 2016, 2016: 9231219.
- [20] LIOU E J, PAI B C, LIN J C. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2004, 126(1): 42-47.
- [21] CHOI J W, KIM H B, JEONG W S, et al. Comparison between intermaxillary fixation with screws and an arch bar for mandibular fracture [J]. *J Craniofac Surg*, 2019, 30(6): 1787-1789.
- [22] CUI M X, XIAO L C, YUE J, et al. Effect of a digital guide on the positional accuracy of intermaxillary fixation screw implantation in orthognathic surgery [J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2022, 75(7): e15-22.
- [23] BORDER M, STRAIT R, VEGA L. Clear aligner orthognathic splints (CAOS) and custom maxillary fixation plates for surgery-first or surgery-only cases [J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2021, 79(7): e6-11.
- [24] WIRTHLIN J O, SHETYE P R. Orthodontist's role in orthognathic surgery [J]. *Semin Plast Surg*, 2013, 27(3): 137-144.
- [25] BAAN F, VAN MEGGELEN E M, VERHULST A C, et al. Virtual occlusion in orthognathic surgery [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2021, 50(9): 1219-1225.

- 846.
- [24] ROSNER B I, HANG T, TRANQUILLO R T. Schwann cell behavior in three-dimensional collagen gels: evidence for differential mechanotransduction and the influence of TGF- β 1 in morphological polarization and differentiation [J]. *Exp Neurol*, 2005, 195(1):81-91.
- [25] EVERTS P, ONISHI K, JAYARAM P, et al. Platelet-rich plasma: new performance understandings and therapeutic considerations in 2020 [J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(20):7794.
- [26] 单桂秋, 施琳颖, 李艳辉, 等. 自体富血小板血浆制备技术专家共识 [J]. *中国输血杂志*, 2021, 34(7):677-683.
- [27] HELLER D B, AMAN Z S, NWACHUKWU B U, et al. Preparation methods and clinical outcomes of platelet-rich plasma for intra-articular hip disorders: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials [J]. *Orthop J Sports Med*, 2020, 8(10):2325967120960414.
- [28] LANDESBURG R, ROY M, GLICKMAN R S. Quantification of growth factor levels using a simplified method of platelet-rich plasma gel preparation [J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2000, 58(3):297-300.
- [29] 张昭远, 卫愉轩, 张长青, 等. 应用不同离心条件优化富白细胞富血小板血浆制作方案研究 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(8):1025-1030.
- [30] 袁南兵, 王椿, 王艳, 等. 自体富血小板凝胶的制备及其生长因子分析 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2008, 22(4):468-471.
- [31] KAUX J F, EMONDS-ALT T. The use of platelet-rich plasma to treat chronic tendinopathies: a technical analysis [J]. *Platelets*, 2018, 29(3):213-227.
- [32] 李培兵, 金宏, 刘佃辛, 等. 瘦素促进皮肤创伤大鼠胶原合成的实验研究 [J]. *中国应用生理学杂志*, 2011, 27(1):72-74.
- [33] EPPLEY B L, WOODDELL J E, HIGGINS J. Platelet quantification and growth factor analysis from platelet-rich plasma: implications for wound healing [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2004, 114(6):1502-1508.
- [34] CARTER C A, JOLLY D G, SR C E W, et al. Platelet-rich plasma gel promotes differentiation and regeneration during equine wound healing [J]. *Exper Mol Pathol*, 2003, 74(3):244-255.
- [35] CHEN J, WAN Y, LIN Y, et al. Platelet-rich fibrin and concentrated growth factors as novel platelet concentrates for chronic hard-to-heal skin ulcers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *J Dermatolog Treat*, 2022, 33(2):613-621.
- [36] SESSIONS J W, ARMSTRONG D G, HOPE S, et al. A review of genetic engineering biotechnologies for enhanced chronic wound healing [J]. *Exp Dermatol*, 2017, 26(2):179-185.

(收稿日期:2022-05-08 修回日期:2022-08-10)

(上接第 145 页)

- [26] ALKHAYER A, PIFFKÓ J, LIPPOLD C, et al. Accuracy of virtual planning in orthognathic surgery: a systematic review [J]. *Head Face Med*, 2020, 16(1):34.
- [27] DE WAARD O, BRUGGINK R, BAAN F, et al. Operator performance of the digital setup fabrication for orthodontic-orthognathic treatment: an explorative study [J]. *J Clin Med*, 2021, 11(1):145.
- [28] MASCARENHAS W, MAKHOUL N. Efficient in-house 3D printing of an orthognathic splint for single-jaw cases [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2021, 50(8):1075-1077.
- [29] KERNITSKY J R, OHIRA T, SHOSHO D, et al. Corticotomy depth and regional acceleratory phenomenon intensity [J]. *Angle Orthod*, 2021, 91(2):206-212.
- [30] 何东明, 毛丽霞, 刘凯, 等. 精准牙-骨移动的手术先行正颌正畸联合治疗——数字医学时代的理念与尝试 [J]. *口腔医学*, 2022, 42(1):20-22.
- [31] KANKAM H K N, GUPTA H, SAWH-MARTINEZ R, et al. Segmental multiple-jaw surgery without orthodontia: clear aligners alone [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2018, 142(1):181-184.
- [32] JIANG Q, LI J, MEI L, et al. Periodontal health during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a meta-analysis [J]. *J Am Dent Assoc*, 2018, 149(8):712-720.
- [33] SCHNEIDER D, KÄMMERER P W, 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.

(收稿日期:2022-04-22 修回日期:2022-08-26)