

[文章编号] 1671-587X(2025)01-0208-07

DOI:10.13481/j.1671-587X.20250125

隐形矫治器联合微种植钉治疗成年人骨性Ⅱ类错殆1例报告及文献复习

张皓岩, 李欣怡, 石芯宁, 李江阳, 吴聿森, 朱宪春
(吉林大学口腔医院正畸科, 吉林 长春 130021)

[摘要] 应用隐形矫治器治疗成年人骨性错殆畸形, 特别是在拔牙病例中的应用, 一直是隐形矫治技术的难点之一。本科室于2019年3月收治1例30岁女性患者, 患者因“牙不齐, 嘴凸”就诊, 寻求矫治以改善面型。患者双侧尖磨牙远中关系, 上下颌前牙唇倾, 深覆盖; 影像学检查, ANB角为 6.2° , 骨性Ⅱ类错殆。通过减数4颗第一前磨牙, 配合4枚微种植钉, 经过20个月的治疗, 患者拔牙间隙关闭完成, 牙列整齐, 咬合关系良好; 前牙内收, 下颌骨逆旋, 软组织侧貌得到明显改善。应用隐形矫治器配合微种植体支抗可以在成年人拔牙病例中实现良好的牙齿三维方向控制, 为临床医师治疗该类患者提供参考。

[关键词] 无托槽隐形矫治; 骨性Ⅱ类错殆; 前磨牙; 过山车效应; 种植钉

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** B

Treatment of adult skeletal Class II malocclusion with invisible orthodontic appliances combined with miniscrews: A case report and literature review

ZHANG Haoyan, LI Xinyi, SHI Xinning, LI Jianguang, WU Yumiao, ZHU Xianchun
(Department of Orthodontics, Stomatology Hospital, Jilin University, Changchun 130021, China)

ABSTRACT Application of invisible orthodontic appliances in the treatment of adult skeletal malocclusions, especially in the cases requiring tooth extraction, has always been one of the challenges in invisible orthodontic technology. Our department received a 30-year-old female patient in March 2019; the patient presented with complaints of “crooked teeth and protruding mouth,” seeking orthodontic treatment to improve her facial profile. The patient had bilateral distal molar relationship, proclined maxillary and mandibular anterior teeth, and deep overjet; radiographic examination revealed an ANB angle of 6.2° , indicating a skeletal Class II malocclusion. By extracting four first premolars and using four miniscrews, after 20 months of treatment, the extraction spaces were fully closed, the dental arch was aligned, and the occlusal relationship was favorable; the anterior teeth were retracted, the mandible showed a reverse rotation, and the soft tissue profile was significantly improved. Application of invisible orthodontic

[收稿日期] 2024-01-30 **[录用日期]** 2024-03-19

[基金项目] 吉林省卫健委科研项目 (DBXM076-2021)

[作者简介] 张皓岩 (1995—), 男, 黑龙江省哈尔滨市人, 在读硕士研究生, 主要从事口腔正畸学基础和临床方面的研究。

[通信作者] 朱宪春, 副教授, 硕士研究生导师 (E-mail: zhuxc@jlu.edu.cn)

©《吉林大学学报(医学版)》编辑部, 开放获取遵循CC BY-NC-ND协议。

© Editorial Board of Journal of Jilin University (Medicine Edition). Open access under CC BY-NC-ND license.

appliances in conjunction with miniscrews anchorage can achieve good three-dimensional control of tooth movement in adult extraction cases, providing a reference for clinical practitioners treating such patients.

KEYWORDS Trayless invisible orthodontics; Skeletal Class II malocclusion; Premolars; Coaster effect; Miniscrews

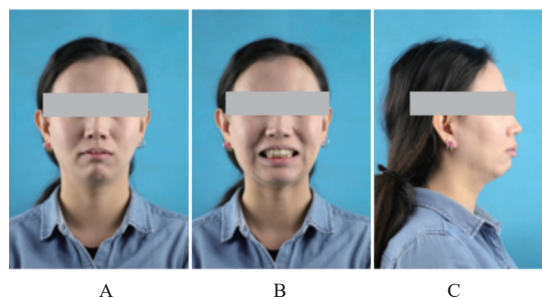
由于隐形矫治器具有美观和舒适的特点, 目前对美观要求较高的患者主动选择使用其进行治疗^[1]。随着隐形矫治技术的发展成熟, 隐形矫治器的适应症也在不断扩大, 从最初的矫治轻度拥挤等简单错殆畸形病例, 逐步应用到牙齿移动相对复杂的拔牙病例等^[2-3]。近年来, 对隐形矫治器材料性能及生物力学的探索已逐步成为口腔正畸学研究的热点, 隐形矫治器在磨牙远移和横向扩弓等方面具有较高的可预测性^[4], 但在转矩控制、纠正扭转和解除深覆殆等方面存在明显不足^[5-6], 在拔牙病例中对牙齿的三维方向把控存在较大挑战, 易发生“过山车”效应^[7-8], 使其在拔牙病例中的应用受到一定限制。目前国内外学者已经针对隐形拔牙治疗从过矫治、附件设计和种植体支抗等多个方面进行了更加深入的理论研究, 但其在拔牙病例中对牙齿三向控制的不确定性仍值得进一步探索^[9-10]。本研究分析1例全程使用隐形矫治器配合微种植钉成功改善侧貌问题的成人拔牙矫治病例, 探讨隐形矫治器在拔牙病例中易出现的问题及相对应的预防及治疗方法, 为该类患者的治疗提供临床参考。

1 临床资料

1.1 一般资料 患者, 女性, 30岁, 因“牙不齐, 嘴突”, 于2019年3月就诊于吉林大学口腔医院正畸科。患者全身健康状况良好, 否认系统性疾病史和家族史。

1.2 专科检查 面部检查: 面部基本对称, 颞点略右偏, 轻微开唇露齿, 面形凸, 鼻唇角小, 闭口时颞肌紧张, 颞唇沟深(图1)。口内检查: 恒牙列; 双侧尖牙、磨牙远中关系。上颌中线正, 下颌

中线左偏1 mm; 模型分析: 覆盖6.8 mm, 覆殆3 mm, Bolton比: 前牙33%; 下颌牙弓拥挤度约为3 mm; 牙龈颜色正常, 形态菲薄(图2)。关节检查: 开口度、开口型正常, 无疼痛及弹响。影像学检查: 全景片显示牙齿数目正常, 18、28和38垂直阻生, 48萌出。髁突形态无异常(图3)。侧位片(表1)显示: 骨性Ⅱ类[蝶鞍中心、鼻根点、(上齿槽座点交角, ANB) = 6.2°], 略高角[(下颌平面角, FH-MP) = 31.66°], 咬合平面陡, 上下颌前牙唇倾。



A, B: Frontal view; C: Profile view.

图1 成年人骨性Ⅱ类错殆患者治疗前面容照片

Fig. 1 Extraoral photographs of adult skeletal Class II malocclusion patient before treatment

1.3 诊断和治疗 诊断: 安氏Ⅱ类1分类, 骨性Ⅱ类, Ⅱ度深覆盖, 下颌Ⅰ度拥挤。

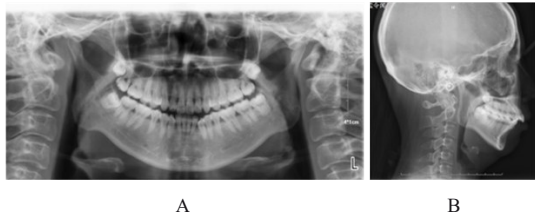
矫治计划: 患者选用隐形矫治器, 拔除14、24、34和44, 上颌强支抗内收前牙改善凸度, 下颌中度支抗, 前牙内收解决拥挤, 整平Spee曲线, 磨牙近移恢复Ⅰ类咬合关系(图4)。结束时尖磨牙达到中性关系, 覆殆覆盖关系正常, 上下颌中线



A: Photograph of right side; B: Photograph of front side; C: Photograph of left side; D: Photograph of maxillary; E: Photograph of mandibular.

图2 成年人骨性Ⅱ类错殆患者治疗前口内照片

Fig. 2 Intraoral photographs of adult skeletal Class II malocclusion patient before treatment



A: Panoramic radiograph; B: Lateral radiograph.

图3 成年人骨性Ⅱ类错殆患者治疗前X线片

Fig. 3 X-ray images of adult skeletal Class II malocclusion patient before treatment

表1 成年人骨性Ⅱ类错殆患者治疗前后头影测量指标

Tab. 1 Cephalometric measurements of adult skeletal Class II malocclusion patient before and after treatment

Measurement	Mean value	Before treatment	After treatment
SNA(°)	82.8±4.0	79.4	79.9
SNB(°)	80.1±3.9	73.2	76.4
ANB(°)	2.7±2.0	6.2	3.4
U1-SN(°)	105.7±6.3	112.8	95.4
U1-NA(°)	22.8±5.7	30.4	16.6
U1-NA(mm)	5.1±2.4	7.4	1.9
L1-NB(°)	30.3±5.8	36.8	23.8
L1-NB(mm)	6.7±2.1	9.7	3.6
L1-MP(°)	92.6±7.0	101.6	89.1
FH-MP(°)	27.3±6.1	31.7	28.4
UL-EP(mm)	-1.4±0.9	1.7	-2.0
LL-EP(mm)	0.6±0.9	3.7	-1.4

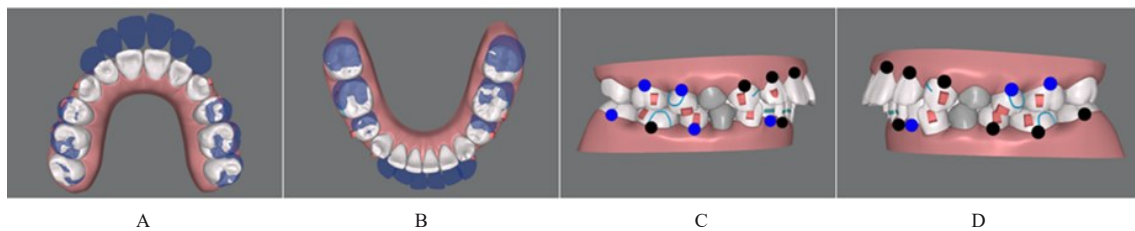
与面中线对齐。精调咬合。

1.4 矫治过程 口腔卫生宣教。拔除14、24、34、44、18和28。粘接附件，第1副牙套戴入时即

在双侧上颌第一磨牙与第二磨牙之间植入2枚种植钉，第15和25牙套颊侧剪口粘接舌扣，与2枚种植钉利用结扎丝刚性连接增强后牙支抗。

第1~19副牙套，磨牙远中备抗，同时V pattern分步内收前牙，配合颌间Ⅱ类牵引，尖牙先向远中移动。上颌尖牙移动至拔牙间隙一半距离，下颌尖牙远移解除前牙区拥挤；第20~38副牙套，上颌前牙开始整体内收，下颌前牙远移同时35和45近中移动占据拔牙间隙；至第29副牙套时，下颌双侧尖牙与第二前磨牙移动到位，右侧磨牙已达到中性关系，左侧35与36间尚存在1 mm间隙用于36和37依次近移。但此时患者前牙区转矩失控，前牙伸长，深覆殆达到Ⅱ度。暂停内收，拍摄锥形束计算机断层扫描(cone beam computed tomography, CBCT)，调整矫治方案。

重启后对照CBCT测量数据(图5)，在上下颌前牙加5°~12°的根舌向转矩而先不做压低，补偿前牙丢失的根转矩，上颌利用前20副牙套，下颌利用10副牙套纠正牙轴，牙根基本直立在牙槽骨中央。下颌11副牙套开始前牙蛙跳式压低，上颌从第21副牙套开始，在12和13与22和23牙根之间分别植入2枚种植钉，与上颌侧切牙舌侧切口越过切端弹性牵引(1/4 3.5 oz)辅助压低上前牙(图6)，目标位覆殆-1 mm。重启后第25副牙套时，前牙咬合打开，转矩得到纠正，上颌前牙继续内收，牙套设计每内收1 mm前牙加3°根腭向转矩，配合尖牙精密切割与后牙区种植钉弹性牵引(5/16 3.5 oz)。下颌第40副牙套时前牙压低结束，磨牙近中移动关闭剩余间隙。



A, B: Dental overlap before and after correction; C, D: Difficulty assessment of tooth movement.

图4 成年人骨性Ⅱ类错殆患者Clincheck方案设计

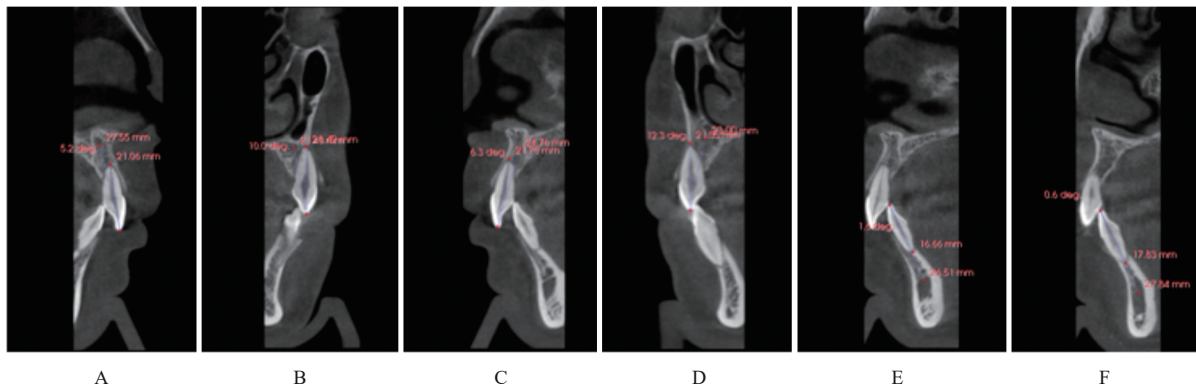
Fig. 4 Clincheck plan designs of adult skeletal Class II malocclusion patient

精调阶段：第2期共60副牙套，全部佩戴完毕后，检查见尖牙区咬合关系欠佳，又为患者设计了9副牙套精细调整，尖牙区建立咬合关系，后牙设计重咬合改善因隐形矫治器膜片厚度导致的后牙区

咬合不紧密。

保持：佩戴保持器3个月后复诊，矫治效果稳定，牙周状况良好(图7)。

治疗效果：经过25个月的治疗，患者牙列排



A—D: Root-to-alveolar bone relationship measurement values of maxillary anterior teeth; E, F: Root-to-alveolar bone relationship measurement values of mandibular anterior teeth.

图5 成年人骨性Ⅱ类错殆患者前牙CBCT检查中的根骨关系测量值

Fig. 5 Root-to-alveolar bone relationship measurement values of adult skeletal Class II malocclusion patient in anterior teeth CBCT examination



图6 成年人骨性Ⅱ类错殆患者前牙区种植钉和弹性牵引方式

Fig. 6 Anterior inter-radicular screws and elastics of adult skeletal Class II malocclusion patient

列整齐, 曲线平整, 覆殆覆盖关系正常, 中线对正, 上下颌切牙直立, 患者面型得到极大改善 (图8和9)。全景片显示牙根平行度良好, 牙槽骨未见明显吸收, 侧位片观察前牙凸度得到解决, 下颌骨逆旋, 面下垂直高度降低, 凸面型得到改善 (图10和11)。

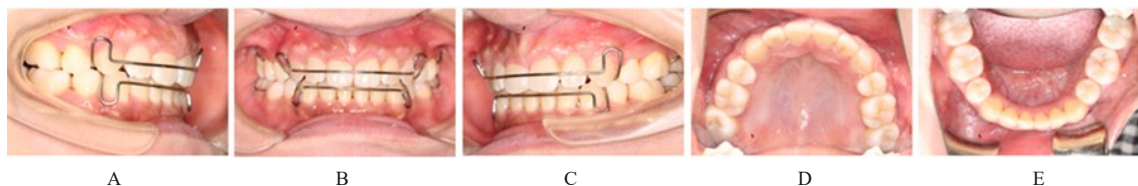
2 讨论

Ⅱ类错殆是亚洲人群中常见的错殆畸形, 严重

影响患者的颜面美观和口腔功能, 特别是安氏Ⅱ类1分类的患者, 主要表现为开唇露齿, 闭口时颊肌紧张, 常因侧貌不佳而寻求矫治^[8, 11]。当推磨牙向后难以提供足够间隙时, 通常需要减数前磨牙改善侧貌凸度。而隐形矫治器在拔牙病例中的应用难度较大, 关闭拔牙间隙时需谨慎预防“过山车”效应^[12-13]。随着微种植体在隐形矫治技术中的广泛应用, 隐形矫治器的施力方式也更加多元, 通过合理的方案设计配合微种植体来实现后牙支抗、前牙转矩和垂直向的三维把控, 是成功矫治该类患者的关键和难点。

该例患者上下颌前牙唇倾, 覆盖大, 同时下颌前牙伴有3 mm拥挤, 定位切牙设计目标位, 下颌切牙需内收约2°, 上颌切牙需内收约5°, 以恢复正常前牙唇倾度并改善软组织侧貌, 采取推磨牙向后的方法提供的间隙有限, 且其反作用力也可能加重前牙的拥挤和前突, 且远移磨牙可能对患者的高角前突面型更加不利, 故最终方案设计减数4颗第一前磨牙内收前牙。

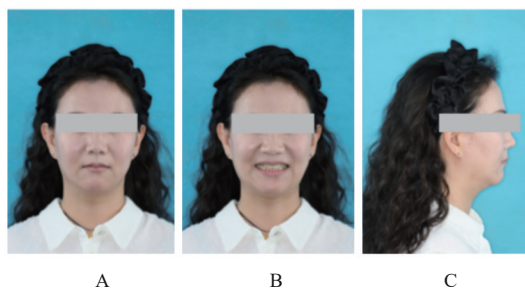
后牙支抗的预备: 隐形矫治器内收前牙时, 易



A: Right sight; B: Front sight; C: Left sight; D: Maxillary; E: Mandibular.

图7 成年人骨性Ⅱ类错殆患者佩戴保持器3个月口内照片

Fig. 7 Intraoral photographs of adult skeletal Class II malocclusion patient after wearing retainer for 3 months



A,B: Frontal view; C: Profile view.

图8 成年人骨性Ⅱ类错殆患者治疗结束时面容照片

Fig. 8 Extraoral photographs of adult skeletal Class II malocclusion patient after treatment

出现支抗磨牙倾斜和近移^[14-15],使前牙无法充分内收。预设后牙的远中倾斜过矫治是增强支抗的有效方法^[2, 15],但对于预置远中倾斜的角度,目前尚无明确的研究数据,DAI等^[2]认为支抗磨牙预设 6.6° 的远中倾斜度可有效维持支抗牙轴倾度。FENG等^[16]研究显示:第一磨牙(M1)轴倾度设计可参照如下公式: M1预置远中倾斜角度($^\circ$) - M1最终实现轴倾度($^\circ$) = $8.008^\circ - 0.356 \times$ 治疗前M1轴倾度($^\circ$)。该例患者综合考量上颌前牙内收量,为达后牙最大支抗最终在左上颌第一磨牙和右上颌第一磨牙设计了 10° 冠远中倾斜,利用前10副牙套完成预备。下颌后牙中度支抗,近移2 mm调整磨牙关系,但下颌磨牙在初始位置上已向近中倾斜,且隐形矫治器近移磨牙较为困难,磨牙有向近中和舌侧倾斜的趋势,故本病例下颌磨牙支抗设计先纠正下颌磨牙轴倾度后再向远中备抗,双侧磨牙预置 15° 冠远中倾斜配合颌间Ⅱ类牵引,分步近移下颌磨牙。

根据隐形牙套生物力学原理,拔牙间隙用于前牙整体内收比解决拥挤对支抗要求更高^[2]。REN等^[14]研究显示:前牙拥挤度每增加1 mm,支抗牙会减少0.25 mm近中移动。该例患者上颌磨牙初始位置较直立,上颌前牙拥挤度小,为实现后牙强支抗,后牙常规备抗的同时,在患者上颌两侧第一磨

牙与第二磨牙之间植入2枚种植钉,第15和25牙套颊侧剪口粘接舌扣,金属结扎丝与两侧种植钉刚性连接形成间接强支抗^[17]。第二前磨牙是后牙支抗控制的另一重要因素,通过第15和25牙套的直接固定,有效避免磨牙近中倾斜。同时需要考虑舌扣放置的位置,越靠近牙冠中心越能减轻近中倾斜趋势^[17],但同时会削弱牙套的包裹,本病例中舌扣粘接在近颈缘处,配合矩形附件增强固位。治疗全程中,上下颌支抗牙控制良好,未见近中倾斜,矫治结束时,水平向牙弓宽度协调,磨牙垂直向控制良好有少量整体压低。通过牙套上合理设计过矫治或利用种植体支抗,可对成年人骨性Ⅱ类拔牙患者实现稳定的支抗控制^[3]。支抗与年龄、覆殆关系和拥挤度等复杂因素有关,设计方案要综合考虑以上因素,强支抗患者应尽早配合种植体支抗^[14, 18]。

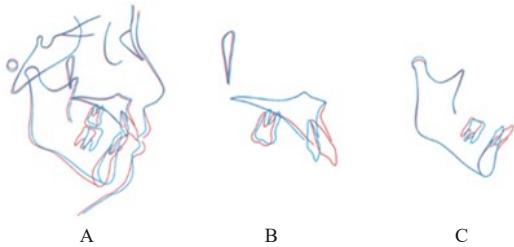
隐形矫治器控制前牙整体内收的作用并不理想,拔牙区产生的应力中断使隐形矫治器刚度进一步降低,且内收力经过前牙阻抗中心的冠方,难以实现牙齿平行移动而更多表现为牙冠舌侧倾斜^[19],需要注意对前牙根转矩及垂直向进行补偿。本病例中,初始位置的尖牙近中倾斜度和前牙唇倾度均较大,因此并未设计过多的过矫治,利用牙齿倾斜移动改善前牙唇倾。前牙分步内收并在尖牙上设计4 mm垂直矩形附件加强尖牙轴倾度的控制。但本研究治疗方案在垂直方向上的设计有所不足,随着上颌前牙内收量增大,第28副牙套时,前牙伸长,深覆殆达到Ⅱ度,尖牙向远中直立,“过山车”趋势明显。隐形矫治器解决深覆殆效率较低,前牙压低的表达率仅为51.19%。且覆殆越深,方案设计与实际表达量差异越大,纠正4~7 mm的深覆殆最终表达效率仅有30.5%^[6, 20-21]。CBCT影像学观察前牙区转矩失控,牙冠舌倾,牙根贴近唇侧骨皮质形成骨皮质支抗,继续压低内收会导致后牙支抗的进一步丧失,严重者可能形成骨开窗和牙根吸收^[11]。



A: Photograph of right side; B: Photograph of front side; C: Photograph of left side; D: Photograph of maxillary; E: Photograph of mandibular.

图9 成年人骨性Ⅱ类错殆患者治疗结束时口内照片

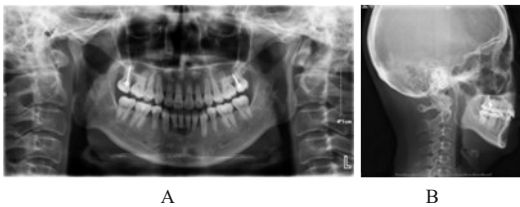
Fig. 9 Intraoral photographs of adult skeletal Class II malocclusion patient after treatment



A: Cranial base superimposition; B: Maxillary superimposition; C: Mandibular superimposition. Red lines indicated pre-treatment; Black lines indicated post-treatment.

图10 成年人骨性Ⅱ类错殆患者治疗前后重叠图

Fig. 10 Superimposition images of adult skeletal Class II malocclusion patient before and after treatment



A: Panoramic radiograph; B: Lateral radiograph.

图11 成年人骨性Ⅱ类错殆患者治疗结束时X线片

Fig. 11 X-ray images of adult skeletal Class II malocclusion patient after treatment

压低同时进行内收, 压低效率会降低并可能导致前牙伸长, 提示本研究内收压低时要兼顾根骨关系。后续矫治方案设计了2个阶段的移动, 首先通过CBCT测量根骨关系, 纠正前牙丢失的根转矩, 将牙根压入骨松质再行压低。前牙深覆殆解除后, 下颌直接设计蛙跳式压低整平曲线。上颌前牙继续内收, 每内收1 mm前牙增加 3° 根腭向转矩, 以在每幅牙套上产生力偶矩维持根转矩。同时配合前牙区2枚微种植钉弹性牵引, 皮圈越过上颌前牙切端放置于矫治器舌侧精密切割与种植钉之间, 同时上颌尖牙处的精密切割与双侧后牙区种植钉进行橡皮圈牵引。隐形矫治器配合种植体支抗, 在前牙内收时可以达到良好的转矩与垂直向控制^[22-26], LIU等^[23]通过建立有限元模型比较在牙套不同位置弹性牵引对牙列的不同力学作用, 结果显示: 相较于在切牙唇侧粘接舌扣, 在牙套舌侧剪口越过切端的牵引方式, 内收时更有利于前牙的根腭向转矩控制。施则安等^[24]对比了不同种植钉植入位置对前牙控根内收的作用, 得出了相似的结论, 并发现在双侧中切牙与侧切牙之间植入2枚种植钉与在两侧中切牙之间植入1枚种植钉的牵引方式相比, 前者

表现出更好的压低前牙效果。该例患者配合前牙区2枚种植钉, 前牙压低效果明显, 打开咬合后, 增加尖牙上精密切割与双侧后牙种植钉牵引内收, 在水平向和垂直向产生过前牙区旋转中心的逆时针力, 成功抵抗了内收时的“过山车”效应, 前牙平行移动, 达到了整体内收前牙的效果。下颌骨逆旋, 垂直骨面型得到改善。研究^[23]显示: 配合种植钉内收前牙时, 牙根应力分布也更均匀, 而其他内收方式均出现牙根应力集中区, 提示前牙内收量较大时, 前牙区种植钉与牙套舌侧的牵引方式或能够更有利于降低牙根吸收风险。

综上所述, 在拔牙病例中, 应用隐形矫治器配合微种植体支抗能有效避免内收前牙时易出现的“过山车”效应, 可达到对后牙支抗的有效保护和前牙转矩的良好控制。

利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:

张皓岩参与文献检索和论文撰写, 李欣怡和石芯宁参与病例资料收集及分析, 李江阳和吴聿森参与研究结果分析及讨论, 朱宪春参与论文写作指导和审核。

[参考文献]

- [1] ROSSINI G, PARRINIS, CASTROFLORIO T, et al. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review [J]. *Angle Orthod*, 2015, 85(5): 881-889.
- [2] DAI F F, XU T M, SHU G. Comparison of achieved and predicted crown movement in adults after 4 first premolar extraction treatment with Invisalign [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2021, 160(6): 805-813.
- [3] 李立国, 刘琪, 吴彦伟, 等. 无托槽隐形矫治技术在成人骨性Ⅱ类拔牙中的临床应用 [J]. *中国美容医学*, 2018, 27(4): 68-72.
- [4] 经典, 王瑞清, 房兵. 口腔正畸生物力学的研究进展 [J]. *医用生物力学*, 2023, 38(5): 864-873.
- [5] KE Y Y, ZHU Y F, ZHU M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies [J]. *BMC Oral Health*, 2019, 19(1): 24.
- [6] BILELLO G, FAZIO M, AMATO E, et al. Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study [J]. *Prog orthod*, 2022, 23(1): 12.
- [7] 徐小红, 张阳, 张梦男, 等. 成年拔牙患者隐形矫治牙齿移动效率的三维测量分析 [J]. *口腔生物医学*,

- 2021, 12(4): 252-256.
- [8] 赖文莉. 安氏Ⅱ类拔牙病例的隐形矫治策略[J]. 口腔医学, 2019, 39(11): 967-973.
- [9] 马艳宁. 无托槽隐形矫治器的发展现状[J]. 实用口腔医学杂志, 2022, 38(4): 537-540.
- [10] 赵志河. 基于治疗方案和牙移动方式的无托槽隐形矫治难度评估[J]. 国际口腔医学杂志, 2022, 49(4): 373-379.
- [11] LI Y X, XIAO S Z, JIN Y, et al. Stress and movement trend of lower incisors with different IMPA intruded by clear aligner: a three-dimensional finite element analysis[J]. *Prog Orthod*, 2023, 24(1): 5.
- [12] CASTROFLORIO T, PARRINI S, ROSSINI G. Aligner biomechanics: where we are now and where we are heading for [J]. *J World Fed Orthod*, 2024, 13(2): 57-64.
- [13] LIU L, SONG Q Z, ZHOU J, et al. The effects of aligner overtreatment on torque control and intrusion of incisors for anterior retraction with clear aligners: a finite-element study [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 162(1): 33-41.
- [14] REN L H, LIU L, WU Z Q, et al. The predictability of orthodontic tooth movements through clear aligner among first-premolar extraction patients: a multivariate analysis[J]. *Prog Orthod*, 2022, 23(1): 52.
- [15] 顾泽旭. 无托槽隐形矫治的支抗控制及临床策略[J]. 中华口腔医学杂志, 2020, 55(8): 531-535.
- [16] FENG X X, JIANG Y R, ZHU Y F, et al. Comparison between the designed and achieved mesiodistal angulation of maxillary canines and posterior teeth and influencing factors: first premolar extraction treatment with clear aligners[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 162(2): e63-e70.
- [17] ZHU G Y, ZHANG B, YAO K, et al. Finite element analysis of the biomechanical effect of clear aligners in extraction space closure under different anchorage controls [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2023, 163(5): 628-644.
- [18] 王诗语, 刘浩, 范典, 等. 无托槽隐形矫治拔牙病例中支抗控制的研究进展[J]. 口腔医学, 2023, 43(7): 657-662.
- [19] LIU J Q, ZHU G Y, WANG Y G, et al. Different biomechanical effects of clear aligners in closing maxillary and mandibular extraction spaces: finite element analysis[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2023, 163(6): 811-824. e2.
- [20] BLUNDELL H LDR, WEIR T D, KERR B D, et al. Predictability of overbite control with the Invisalign appliance [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2021, 160(5): 725-731.
- [21] AL-BALAA M, LI H Y, MOHAMED A M, et al. Predicted and actual outcome of anterior intrusion with Invisalign assessed with cone-beam computed tomography[J]. *Am Journal Orthod Dentofacial Orthop*, 2021, 159(3): e275-e280.
- [22] 马晓晴, 项飞, 樊明月, 等. 微种植钉辅助无托槽隐形矫治器控制“过山车”效应的疗效分析[J]. 上海口腔医学, 2022, 31(2): 193-197.
- [23] LIU L, ZHAN Q, ZHOU J, et al. Effectiveness of an anterior mini-screw in achieving incisor intrusion and palatal root torque for anterior retraction with clear aligners[J]. *Angle Orthod*, 2021, 91(6): 794-803.
- [24] 施则安, 夏恺, 罗良语, 等. 无托槽隐形矫治器联合微种植体内收并压低上前牙的三维有限元分析[J]. 华西口腔医学杂志, 2022, 40(5): 589-596.
- [25] 陈燕玲, 张晟, 麦理想, 等. 成人安氏Ⅱ类拔牙病例无托槽隐形矫治的支抗控制效果评估[J]. 口腔医学, 2023, 43(9): 819-824.
- [26] 宋保龙, 王鹏, 李丹, 等. 无托槽隐形矫治技术压低前牙的效率分析[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2018, 25(4): 186-190.