

·综述·

## 骨性Ⅱ类错殆畸形早期矫形治疗疗效稳定性的研究进展

陈雅莉 胡江天

昆明医科大学附属口腔医院正畸科 650000

通信作者:胡江天,Email:1041818680@qq.com



扫码阅读电子版

**【摘要】** 骨性Ⅱ类错殆畸形是一种常见的发育性牙颌畸形,对口腔功能及颜面部美观有明显的影响。骨性Ⅱ类错殆畸形在我国患病率较高,以下颌后缩为主要表征。临床上通过早期矫治以获得良好效果,主要以前导下颌功能矫形为主。早期矫形疗效的稳定性一直受到关注,特别是关于长期效果的保持。本文综合骨性Ⅱ类错殆畸形的各种矫形矫治器最新研究进展,阐述其疗效的长期稳定性以及稳定性的影响因素。

**【关键词】** 骨性Ⅱ类错殆畸形; 牙弓扩展; 咬合前导; 稳定性

**基金项目:**国家自然科学基金(81860200);昆明医科大学科技创新团队建设项目(CXTD201607);云南省科技厅—昆明医科大学应用基础研究联合专项资金重点项目[2019FE001(-008)]

**引用著录格式:**陈雅莉,胡江天.骨性Ⅱ类错殆畸形早期矫形治疗疗效稳定性的研究进展[J/CD].中华口腔医学研究杂志(电子版),2020,14(3):191-196.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.03.011

### Research progress in stability of early orthopedic therapy in skeletal Class II malocclusion

Chen Yali, Hu Jiangtian

Department of Orthodontics, The Affiliated Stomatology Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650000, China

Corresponding author: Hu Jiangtian, Email: 1041818680@qq.com

**【Abstract】** Skeletal Class II malocclusion is a common developmental dentognathic deformity. It influences on oral function and facial appearance. The skeletal Class II malocclusion is mainly characterized by mandibular retrusion, with high prevalence in China. Dentists use early treatment to obtain good results, mainly using anterior mandibular functional appliance. We usually concern on the stability of early orthopedic treatment especially on the long constancy. This paper reviews the latest progress of the orthopedic appliances, discussing the long-term stability and its influencing factors.

**【Key words】** Skeletal Class II malocclusion; Arch extension; Anterior mandible; Stability

**Fund programs:** National Natural Science Foundation of China (81860200); Science and Technology Innovation project of Kunming Medical University (CXTD201607); Department of Science and Technology of Yunnan Province and Kunming Medical University [2019FE001(-008)]

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.03.011

正畸临床中最常见的骨性畸形问题是以下颌后缩为主的Ⅱ类错殆畸形,其常伴有牙弓狭窄、深覆殆、深覆盖的问题。骨性Ⅱ类错殆畸形的发病率极高,有49%的人群被诊断为安氏Ⅱ类错殆畸形,其中有1/3的患者因为侧貌的原因寻求正畸帮助<sup>[1]</sup>。对于已无生长潜力的下颌后缩患者常需通过拔牙进行牙性代偿来掩饰骨性矢状向的不调,若骨性畸形程度较重,需借助正颌外科手术进行联合矫治。因而,临床建议采用早期矫形治疗方法干预骨性Ⅱ类下颌后缩患者生长发育,以诱导骨骼改建,降低正畸治疗的难度。骨性Ⅱ类错殆畸形早期矫形治疗主要包括下颌骨前导的功能矫治器和抑制上颌骨发育的头帽装置治疗,还包括腭中缝开展的矫形治疗。矫形治疗已有100余年历史,短期临床应用行之有效,但短期疗效是否存在长期稳定性一直未有明确结论。因此,本文从骨性Ⅱ类错殆畸形的矫形治疗的方式出发,结合目前各种矫形治疗最新研究,对矫形疗效的长期稳定性做一综述。

#### 一、骨性Ⅱ类错殆患者下颌骨的矫形治疗

临床上常采用咬合前导型功能矫治器治疗骨性Ⅱ类错殆畸形。咬合前导型功能矫治器是利用口颌系统的肌肉、神经反应的力量,将生物力传导至需要矫治的部位,以诱导牙、颌骨向正常方向发育。前导下颌骨大部分都是由牙传递力量,牙周牙槽骨的改建弥补了颌骨改建的不足,故其疗效由口外力与下颌骨、牙槽骨的改建相互作用体现<sup>[2]</sup>。20世纪初Andresen医师首次临床使用了Activators矫治器,随后Bionator、Frankel、Twin-block以及Herbst等矫治器相继出现,运用于临床。

1. 肌激动器(Activators矫治器):Activators矫治器是在下颌前伸形成新的上下颌关系位置上制作的矫治器,主要靠口周肌肉的收缩力固位。Activators矫治器通过咀嚼肌力改变下颌生长发育方向,并常结合口外弓控制上下牙段殆间距离以控制垂直向问题,故常用于治疗安氏Ⅱ类、Ⅲ类及开殆畸形患者。Activators矫治器矫治效果明显,Al-Kurwi等<sup>[3]</sup>

发现每日只用佩戴8 h, 5个月的治疗时间即可显著改善前牙深覆盖问题。但 Activators 矫治器治疗成功率较低, 主要与患者的配合度差相关<sup>[4-5]</sup>, 学者通过调查发现, Activators 矫治器佩戴时的不适感、固位不良以及矫治器引起的美观问题, 是患者不愿配合的主要原因。Activators 矫治器前导下颌的效能不如 Twin-block 矫治器<sup>[6]</sup>, 但其常与口外牵引装置联合使用, 在前导下颌的同时对上颌骨进行矢状向、垂直向的控制, 在安氏 II 类 1 分类患者治疗中常选择。有学者认为, 头帽式 Activators 矫治器作用时下前牙未发生明显唇倾, 前牙覆盖的减小骨性效应权重较大<sup>[7-8]</sup>。

2. 双板矫治器(Twin-block 矫治器): Twin-block 矫治器是由分离的上下颌咬合斜面导板改良形成的一种功能矫治器, 它通过 70° 的斜面迫使下颌前伸咬合, 以刺激下颌骨改建。有研究发现, Twin-block 矫治器使髁突向前移位, 利于 II 类错殆的纠正<sup>[9]</sup>。与 Activators 矫治器、Frankel II 型功能矫治器相比, 青少年患者对 Twin-block 矫治器的接受度更高<sup>[10-11]</sup>, 其对上颌骨的矫治效果存在不同观点, 对下颌骨的生长促进作用受到肯定。易颖煜等<sup>[12]</sup>采用 Pancherz 分析法研究 Twin-block 矫治器治疗前后头影测量发现, Twin-block 矫治器对生长期发育期患者的上颌骨有一定抑制甚至是后移作用。Parekh 等<sup>[13]</sup>认为, Twin-block 矫治器需 22 h 佩戴才会产生上颌骨的约束作用, 且此效果不能排除上前牙变化带来的影响。Ehsani 等<sup>[14]</sup> Meta 分析研究表明, Twin-block 矫治器治疗生长发育期的下颌后缩患者有效促进了下颌骨长度及下颌升支的增长, 可使下颌骨体显著增加 3 mm, 但是否具有长期稳定性暂无有效依据; Twin-block 矫治器对上颌骨矢状向及垂直向上均无明显作用。Koretsi 等<sup>[6]</sup>通过对 II 型功能矫治器矫治效果的比较分析认为, Twin-block 矫治器因其额外利用咀嚼力所表现出的下颌骨骨效应更明显。

3. 生物调节器(Bionator 矫治器): 生物调节器是在 Activators 矫治器基础上改进而来的, 其主要通过功能肌肉的调节, 特别是口周肌肉与舌的相互协调来发挥作用。Barnabé Raveli 等<sup>[15]</sup>认为, Bionator 同样是通过限制上颌骨的发育, 促进下颌骨的生长矫治骨性 II 类下颌后缩患者。但生物调节器对上颌骨的抑制作用, 持否定态度的研究较多。Ahmadian-Babaki 等<sup>[16]</sup>测量分析 33 例 8 ~ 15 岁的安氏 II 类 1 分类患者前后的头影侧位片发现, 生物调节器治疗组的 SNA 角虽减小, 但上颌长度明显增加。Mommio 等<sup>[17]</sup>也得到相同结论, 作者认为 Bionator 矫治器并无明显的上颌骨生长抑制作用, 颌骨间关系的改善主要依靠下颌骨生长。于倩等<sup>[8]</sup>的系统综述中关于生物调节器的研究大都表明 Bionator 矫治器对上颌的作用并不显著, 促进下颌骨改变的量不如 Twin-block, 且覆盖的减小牙性效应占较大比重。

4. II 型功能调节器(Frankel II 型功能矫治器): Frankel II 型功能矫治器通过调整口周肌的动力平衡, 建立正常的口腔功能间隙, 从而引导并促进牙颌的正常发育。Divya 等<sup>[18]</sup>认为, Frankel II 型功能矫治器未将矫治力直接作用于牙及颌骨上, 可以在不改变面部生长发育方式情况下实现颌骨间关

系的初步纠正。Frankel II 型功能矫治器改善颌骨间关系的主要因为解除了限制下颌骨发育的口周压力, 促进下颌骨每年补充生长 1.07 ~ 1.9 mm, 对上颌骨并未发挥显著作用<sup>[19-21]</sup>。在对前牙殆关系的调整中, Frankel II 型功能矫治器易引起下前牙的唇倾, 学者认为这是因为此矫治器未提供唇弓、切牙帽等装置<sup>[11, 18]</sup>。Campbell 等<sup>[11]</sup>通过对患者及其家属进行问卷调查研究发现与 Twin-block 矫治器相比较, Frankel II 型功能矫治器的加工成本高、矫治效率低、放弃率高, 但差异没有统计学意义; 建议临床医师在临床应用时, 主要以患者的诊断需要为基准去选择。

5. Herbst 矫治器: Herbst 矫治器是一种牙支持式的咬合跳跃器, 通过机械套管装置直接将肌力作用于上下牙列, 迫使下颌前伸发挥效能。关于 Herbst 矫治器是否会导致支抗牙的吸收, Schwartz 等<sup>[22]</sup>使用锥形束 CT 研究 980 颗支抗牙体结构, 结果是有 57.96% 的牙发生了根尖吸收, 根尖吸收量仅有 0.5 mm, 并无显著的临床意义。Herbst 矫治器通过牙传导矫形力的方式并未影响其矫治矢状向颌骨位置不调的效果。Yang 等<sup>[23]</sup>荟萃分析 Herbst 矫治器矫治疗效后表明, Herbst 矫治器可使下颌骨附加增长 1.74 mm, 显著降低  $\angle$ SNA 大小以及控制上颌长度, 且明显减小了深覆殆深覆盖, 对骨性 II 类错殆畸形患者治疗是有效的。同时, 作者也发现, Herbst 矫治器可使上颌磨牙远中移动, 更利于远中磨牙关系的调整。

6. 隐形功能矫治器: 隐形功能矫治器于 2017 年问世, 其在隐形矫治器颊侧融合一对远离龈缘的精密翼托(Invisalign MA), 或在咬合面上设计透明殆板(时代天使 A6 矫治器), 通过上下翼托卡顿力或殆面导板引导力前导下颌, 以纠正骨性 II 类错殆畸形。隐形功能矫治器前导的同时可进行扩弓、排齐牙列, 解除殆干扰, 节省了临床矫治时间, 提高了患者的配合度, 避免替换矫治的困扰。还通过萌出补偿、萌出帽解决混合牙列年轻恒牙的殆向生长以及后期乳牙替换的冲突。隐形功能矫治器能有效引导下颌向前, 重构颌骨位置, 使髁突有效改建, 矫治青少年骨性 II 类下颌后缩患者已得到学者证实<sup>[24-25]</sup>, 但目前缺乏隐形功能矫治器长期稳定性的分析报告。

7. 预成型肌功能矫治器(T4K 矫治器): T4K 矫治器是一款具有牙排齐和肌功能训练作用的矫治器, 可对影响颌骨正常发育的危险因素进行阻断治疗<sup>[26]</sup>。其通过口周早期训练, 破除患儿口腔不良习惯, 将牙、颌骨及肌肉调整至正常平衡位置, 充分利用生长发育潜力, 以达到矫治错殆畸形的目的。T4K 矫治器体积较小且只需夜间佩戴, 患儿接受度、配合度均较佳, 逐渐在临床广泛使用。田丽丽等<sup>[27]</sup>使用 T4K 矫治器对 20 名平均 11 岁具有咬下唇习惯、口呼吸等不良习惯的 II 类错殆畸形患者进行治疗, 结果显示患者深覆盖明显减小, 磨牙关系、上下颌骨矢状向关系明显改善, 不良习惯破除, 且此效果 2 年后基本保持稳定。张晓洁等<sup>[28]</sup>随访 5 年使用 T4K 矫治器的患者也得到相同的结论。

## 二、骨性 II 类错殆患者上颌骨的矫形治疗

上颌骨的矫形治疗包括头帽装置治疗及上颌扩弓矫治。

头帽装置常结合下颌骨的功能矫治器使用,例如头帽式 Activators 矫治器、口外牵引 Twin-block 矫治器。以上矫治器在前导下颌的同时,利用口外机械力约束上颌骨的生长,尽可能增加颌骨间的生长差异量以改善颌骨间的不调。有学者认为头帽-口外弓装置利用颌外牵引力可对上颌、上牙槽突、上磨牙均存在抑制作用<sup>[7-8]</sup>。Spalj 等<sup>[29]</sup>回顾研究 151 例 II 类患者发现,经过头帽式 Activators 矫治器后与自然发育组的 SNA 角仅有 0.1° 差异,无法说明其对上颌骨的约束作用,作者认为 II 类错殆畸形的矫治主要在于下颌骨和牙槽骨的变化。

骨性 II 类错殆畸形常伴有上颌骨横向发育不足<sup>[30-31]</sup>,上颌横向发育的不足常限制下颌前下生长的移动空间。扩弓技术是治疗上牙弓横向不足的有效方法,其借助机械矫形力打开腭中缝,刺激骨缝的间质增生,新骨沉积达到牙弓宽度扩展效果。功能矫治器中常见的有快速扩弓、慢速扩弓两种方式。上颌快速扩弓通过矫形力以每天 0.2 ~ 0.5 mm 扩弓速度对腭中缝产生刺激<sup>[32]</sup>,慢速扩弓则以更柔和的生理力进行牙弓的扩宽。冶录平等<sup>[33]</sup>认为慢速轻力扩弓效果与快速扩弓并无明显差异,慢扩对组织及颊侧骨质厚度副作用小,更适合用于扩弓治疗。Pereira 等<sup>[34]</sup>也提出相同观点,同时作者认为只有在磨牙区的宽度测量上,快速、慢速扩弓的效果才会有明显差异,这种差异是因为快速扩弓常生了更多的牙颊向倾斜所致。这两种方式均可显著增加鼻腔宽度及体积,结合正畸矫治可获得长期的稳定疗效,对患有呼吸道疾病的患者有利<sup>[35-36]</sup>。扩弓治疗是否会造成牙周组织的损伤已得到回应,Bastos 等<sup>[37]</sup>统计分析扩弓矫治的相关治疗后发现,无论是快速扩弓还是慢速扩弓对牙周的不良影响都较小,且两者无显著性差异。

### 三、骨性 II 类早期矫形治疗疗效的长期稳定性

1. 早期矫治稳定性的影响因素:病因的确定与去除是治疗稳定的关键。骨性 II 类错殆畸形的病因尚不明确,可能受到遗传与环境的影响。2015 年 Miller 提出<sup>[38]</sup>,多种基因序列与骨性 II 类畸形有关,但因生长发育的多样性,尚需进一步定位基因位点。2019 年经过学者的深入探究发现<sup>[39]</sup>,基因 *FGFR2* 中两个核酸序列与错殆畸形的发生率极其相关,这两段序列的识别将有助于预防和治疗骨骼畸形。遗传并不是导致骨性 II 类错殆畸形的必然因素,口周肌功能的异常、不良习惯的持续作用也会导致骨性 II 类畸形的发生。Grippaudo 等<sup>[40]</sup>对 3017 名有口呼吸、口腔不良习惯的儿童进行调查发现,口呼吸是导致错殆畸形的高危因素,不良习惯是否会引起错殆畸形取决于习惯作用的性质、持续时间,还与患者颌骨生长发育模式有关。采取治疗时,明确疾病发生的部位才能有效对其进行干预。我国骨性 II 类错殆畸形的发生机制以下颌后缩为主,赵迪等<sup>[41]</sup>建议对此类患者应注重早期下颌前移的治疗。确定病因、对症治疗、破除不良习惯才能有助于维持骨性 II 类早期功能矫治的稳定。

治疗的稳定性还与颌骨的生长发育模式、治疗的时机选择、治疗的方式以及配合度相关<sup>[42-43]</sup>。Chung 等<sup>[44]</sup>提出 B 点

随着年龄的增长有向前移的趋势的观点,此趋势有助于改善骨性 II 类上下颌骨关系。但大多学者认为<sup>[31,45-47]</sup>,上下颌颌骨关系的异常在早期就已确定,下颌骨的差异性生长不足以纠正 II 类错殆,因为骨性 II 类错殆患者下颌骨体长度的生长弥补了一部分下颌升支的发育不足,下颌骨整体发育的缺陷仍未得到有效改正。II 类错殆畸形的最佳矫治时机一直存在争议。Malmgren 等<sup>[48]</sup>认为,在青春高峰前期进行功能前导对骨改建最有利,能早期刺激未成熟的髁突体细胞,帮助患者建立正确的意识。有学者则支持在青春高峰期进行矫治才能获得显著疗效,他们认为在青春前期进行功能矫治主要以牙槽骨改建为主,在青春期进行矫治会获得显著骨骼变化<sup>[15,49]</sup>。Bishara<sup>[30]</sup>提出,若是轻度的牙性或骨性 II 类错殆畸形,治疗时机可延迟至替牙列晚期或恒牙列早期;若是严重的骨性畸形,在患者配合的情况下应尽早开始咬合前导矫治。而如何预判生长发育期阶段,选定时机进行治疗的标准方式暂未完全统一,常用手腕成熟法和脊椎成熟度分期进行骨龄预测。Perinetti 等<sup>[50-52]</sup>论述手腕成熟法以骨骺钙化程度作为指标,性别差异影响小且不同国家有相对的规范,具有广泛的临床适用性;脊椎成熟度分期视觉评估法准确性好、可重复性高,并可通过判定 CVM 间期 CS3-4 提高下颌生长高峰的识别率,应用于临床更为便捷。但以上两种预测方法可靠性存在争议,有学者认为只有通过基因检测才能得到准确进行生长预测,但其临床应用受到限制<sup>[53]</sup>。

2. 下颌骨功能矫治疗效的长期稳定性:学者采用模型分析、头影侧位片分析法等评判功能矫治后的疗效稳定性,主要针对矫治后的颌骨矢状向关系、前牙覆盖、磨牙关系的稳定性进行研究。Angelieri 等<sup>[19]</sup>、Francisconi 等<sup>[54]</sup>测量活动功能矫治后 7、9 年骨性 II 类错殆畸形患者头影侧位片后显示,∠ANB 值、覆殆覆盖值均未随时间发生明显变化。Jungbauer 等<sup>[55]</sup>将活动功能矫治器治疗保持后患者的牙模与刚矫治结束时进行对比研究表明,20 年后患者的覆盖覆殆与刚结束矫治时基本一致,矢状向上的殆关系基本无变化。Foncati 等<sup>[1]</sup>通过对 24 例采用固定功能矫治器患者治疗前后的数据分析发现,前牙覆盖、磨牙及尖牙的中性咬合关系 5 ~ 10 年间均保持着稳定状态。Yang 等<sup>[23]</sup>、Bock 等<sup>[56]</sup>认为,现有的功能矫治的研究存在一定的异质性和设计上的不足,更长期的疗效稳定性还需更多的证据支持。

功能前导矫治后下颌骨的生长变化是否稳定,也是广大医师关注的重点。Cacciatore 等<sup>[57]</sup>采用荟萃分析法对功能矫治器治疗与未采取任何治疗的下颌后缩的青少年研究发现,功能矫治后下颌长度的附加增长量至少 3 年内维持稳定,且采取治疗后下颌骨长度会随着正常的生长发育继续增长。也有学者表明<sup>[1]</sup>,与正常的青少年相比,功能矫治后患者下颌骨的生长量仍低于正常值。

3. 上颌骨矫形疗效的长期稳定性:上颌骨扩弓矫形疗效具有长期稳定性。学者提出腭中缝的扩张是稳定的,但腭中缝口是平行的还是三角形的尚无一致的证据<sup>[58]</sup>。Cannavale 等<sup>[32]</sup>经过 5 年的随访调查发现,治疗后上颌尖牙及上颌磨牙

宽度各减少了0.81和0.47 mm,扩弓后并未发生显著复发;此结论与前期的Zhou等<sup>[59]</sup>研究结论一致。McNamara等<sup>[60]</sup>也认为,快速扩弓矫治结合固定矫治对错颌畸形的治疗产生了有利的短期变化和长期腭中缝骨改建的稳定。

综上所述,骨性Ⅱ类错颌畸形的早期矫形治疗短期内可获得良好的临床效果,能够帮助患者尽早建立正常颌骨矢状向关系,对患者心理及颜面部美观起到积极作用。骨性Ⅱ类错颌畸形上颌骨牙弓扩展的矫形治疗疗效长期稳定,下颌骨矫形治疗效果远期效果尚不明确,还需更多高质量长期稳定性研究。功能矫形治疗的稳定性受到多方面的影响,确定病因、对症治疗是保障;把握正确时机、选对矫治方式是关键。目前,针对影响功能矫治的咬合前导矫形矫治应用于隐形矫治,但关于隐形矫治的临床与基础研究相对偏少,也尚需广大学者的挖掘研究。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] Foncatti CF, Castanha Henriques JF, Janson G, et al. Long-term stability of Class II treatment with the Jasper jumper appliance [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2017, 152(5): 663-671. DOI:10.1016/j.ajodo.2017.03.029.
- [2] Karamesinis K, Basdra EK. The biological basis of treating jaw discrepancies: An interplay of mechanical forces and skeletal configuration [J]. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis*, 2018, 1864(5 Pt A):1675-1683. DOI:10.1016/j.bbdis.2018.02.007.
- [3] Al-Kurwi ASA, Bos A, Kuitert RB. Overjet reduction in relation to wear time with the van Beek activator combined with a microsensor [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2017, 151(2):277-283. DOI:10.1016/j.ajodo.2016.06.046.
- [4] Čirgić E, Kjellberg H, Hansen K. Treatment of large overjet in Angle Class II : division 1 malocclusion with Andresen activators versus prefabricated functional appliances—a multicenter, randomized, controlled trial [J]. *Eur J Orthod*, 2016,38(5):516-524. DOI:10.1093/ejo/cjv080.
- [5] Čirgić E, Kjellberg H, Hansen K. Discomfort, expectations, and experiences during treatment of large overjet with Andresen Activator or prefabricated functional appliance: a questionnaire survey [J]. *Acta Odontol Scand*, 2017, 75(3): 166-172. DOI: 10.1080/00016357.2016.1274424.
- [6] Koretsi V, Zymperdikas VF, Papageorgiou SN, et al. Treatment effects of removable functional appliances in patients with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Orthod*, 2015,37(4):418-434. DOI:10.1093/ejo/cju071.
- [7] Bilgiç F, Başaran G, Hamamci O. Comparison of Forsus FRD EZ and Andresen activator in the treatment of class II , division 1 malocclusions [J]. *Clin Oral Investig*, 2015, 19(2): 445-451. DOI:10.1007/s00784-014-1237-y.
- [8] 于倩,朱妍菲,孙蕙琨,等. Ⅱ类功能矫治器对颌骨牙齿改变权重研究进展[J]. *口腔医学*, 2019, 39(7): 668-672. DOI: 10.13591/j.cnki.kqyx.2019.07.021.
- [9] 黄鑫琪,岑啸,刘钧. 功能矫治对安氏Ⅱ类错颌畸形患者髁突位置影响的Meta分析[J]. *华西口腔医学杂志*, 2016, 34(6): 589-593. DOI:10.7518/hxkq.2016.06.008.
- [10] Arponen H, Hirvensalo R, Lindgren V, et al. Treatment compliance of adolescent orthodontic patients with headgear activator and twin-block appliance assessed prospectively using microelectronic wear-time documentation [J]. *Eur J Orthod*, 2020,42(2):180-186. DOI:10.1093/ejo/cjaa001.
- [11] Campbell C, Millett D, Kelly N, et al. Frankel 2 appliance versus the Modified Twin Block appliance for Phase 1 treatment of Class II division 1 malocclusion in children and adolescents: A randomized clinical trial [J]. *Angle Orthod*, 2019, 90(2):202-208. DOI:10.2319/042419-290.1.
- [12] 易颖煜,赵宁,沈刚. 矢向导型Twin-block矫治器对安氏Ⅱ类上颌骨及磨牙的远移作用 [J]. *上海口腔医学*, 2016, 25(4):456-460.
- [13] Parekh J, Counihan K, Fleming PS, et al. Effectiveness of part-time vs full-time wear protocols of Twin-block appliance on dental and skeletal changes: A randomized controlled trial [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 155(2): 165-172. DOI: 10.1016/j.ajodo.2018.07.016.
- [14] Ehsani S, Nebbe B, Normando D, et al. Short-term treatment effects produced by the Twin-block appliance: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Orthod*, 2015, 37(2): 170-176. DOI:10.1093/ejo/cju030.
- [15] Barnabé Raveli D, Schwartz JP, Boamorte Raveli T, et al. Skeletal and dental changes induced by bionator in early treatment of class II [J]. *Acta Scientiarum Health Sciences*, 2016, 38(2): 205-210. DOI: 10.4025/actascihealthsci.v38i2.28763.
- [16] Ahmadian - Babaki F, Araghbidi - Kashani SM, Mokhtari S. A Cephalometric Comparison of Twin Block and Bionator Appliances in Treatment of Class II Malocclusion [J]. *J Clin Exp Dent*, 2017,9(1):e107-e111. DOI:10.4317/jced.53031.
- [17] Mommio LD, Vompì C, Carreri C, et al. Bionator di Balters and Frankel in the treatment of class II malocclusions: a literature review [JOL]. 2019. [http://www.webmedcentral.com/article\\_view/5581](http://www.webmedcentral.com/article_view/5581).
- [18] Divya S, Kumar HCK, Shetty KS. Effectiveness of functional regulator II appliance in producing skeletal and dental changes and its permanence in class II patients compared to a control group: A retrospective cephalometric study [J]. *Int J Dent Oral Health*, 2017,9(6):269-278. DOI:10.4103/jioh.jioh\_223\_17.
- [19] Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, et al. Long-term treatment effects of the FR-2 appliance: a prospective evaluation 7 years post-treatment [J]. *Eur J Orthod*, 2014, 36(2): 192-199. DOI:10.1093/ejo/cjt026.
- [20] Perillo L, Cannavale R, Ferro F, et al. Meta-analysis of skeletal mandibular changes during Frankel appliance treatment [J]. *Eur J Orthod*, 2011,33(1):84-92. DOI:10.1093/ejo/cjq033.
- [21] 金婕,陈钰文,朱玉,等. FRⅡ型功能矫治器与肌激动器对儿

- 童安氏 II 类错殆矫治效果对比研究[J]. 中国实用口腔科杂志, 2015, 8(11):668-671. DOI:10.7504/kq.2015.11.008.
- [22] Schwartz JP, Raveli TB, Almeida KCdM, et al. Cone beam computed tomography study of apical root resorption induced by Herbst appliance [J]. *J Appl Oral Sci*, 2015, 23(5):479-485. DOI:10.1590/1678-775720150224.
- [23] Yang X, Zhu Y, Long H, et al. The effectiveness of the Herbst appliance for patients with Class II malocclusion: a meta-analysis [J]. *Eur J Orthod*, 2015, 38(3):324-333. DOI:10.1093/ejo/cjv057.
- [24] 王训, 谢慧, 樊佳兵, 等. 隐适美 MA 在治疗青少年骨性 II 类下颌后缩临床疗效的观察[J]. 全科口腔医学电子杂志, 2019, 6(32):57-58. DOI:10.16269/j.cnki.cn11-9337/r.2019.32.042.
- [25] 沈刚. 矢向导引型互阻式矫形技术治疗突面畸形—演化、变革与创新[J]. 上海口腔医学, 2015, 24(5):513-518.
- [26] 王宝然, 陈文静. 预成型肌功能矫治器早期肌功能矫治研究进展[J]. 口腔医学, 2019, 39(6):573-576. DOI:10.13591/j.cnki.kqyx.2019.06.020.
- [27] 田丽丽, 张金龙, 江涌. T4K 矫治器治疗替牙早期安氏 II 类 I 分类错殆的软、硬组织改变及稳定性[J]. 上海口腔医学, 2019, 28(6):662-665. DOI:10.19439/j.sjos.2019.06.022.
- [28] 张晓洁, 梁芮, 林楚如. T4K 矫治器矫正早期安氏 II 类 I 分类错殆的疗效及稳定性研究 [J]. 口腔医学研究, 2014, 30(11):1087-1091. DOI:10.13701/j.cnki.kqxyj.2014.11.020.
- [29] Spalj S, Mroz Tranesen K, Birkeland K, et al. Comparison of Activator - Headgear and Twin Block Treatment Approaches in Class II Division 1 Malocclusion [J]. *Biomed Res Int*, 2017, 2017:4861924. DOI:10.1155/2017/4861924.
- [30] Bishara SE. Class II malocclusions: diagnostic and clinical considerations with and without treatment [J]. *Semin Orthod*, 2006, 12(1):11-24. DOI:10.1053/j.sodo.2005.10.005.
- [31] Varrel J. Early developmental traits in Class II malocclusion [J]. *Acta Odontol Scand*, 1998, 56(6):375-377. DOI:10.1080/000163598428356.
- [32] Cannavale R, Chiodin P, Perillo L, et al. Rapid palatal expansion (RPE): Meta-analysis of long-term effects [J]. *Orthod Craniofac Res*, 2018, 21(4):225-235. DOI:10.1111/ocr.12244.
- [33] 冶录平, 陈菁菁, 丰鑫. Hyrax 快速与慢速扩弓矫治替牙晚期上颌狭窄疗效对比研究[J]. 中国实用口腔科杂志, 2014, 7(12):740-743. DOI:10.7504/kq.2014.12.010.
- [34] Pereira JS, Jacob HB, Locks A, et al. Evaluation of the rapid and slow maxillary expansion using cone - beam computed tomography: a randomized clinical trial [J]. *Dental Press J Orthod*, 2017, 22(2):61-68. DOI:10.1590/2177-6709.22.2.061-068.our.
- [35] Bucci R, Montanaro D, Rongo R, et al. Effects of maxillary expansion on the upper airways: Evidence from systematic reviews and meta-analyses [J]. *J Oral Rehabil*, 2019, 46(4):377-387. DOI:10.1111/joor.12766.
- [36] Buck LM, Dalci O, Darendeliev MA, et al. Volumetric upper airway changes after rapid maxillary expansion: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Orthod*, 2017, 39(5):463-473. DOI:10.1093/ejo/cjw048.
- [37] Bastos RTDRM, Blagitz MN, Aragón MLSC, et al. Periodontal side effects of rapid and slow maxillary expansion: A systematic review [J]. *Angle Orthod*, 2019, 89(4):651-660. DOI:10.2319/060218-419.1.
- [38] da Fontoura CS, Miller SF, Wehby GL, et al. Candidate gene analyses of skeletal variation in malocclusion [J]. *J Dent Res*, 2015, 94(7):913-920. DOI:10.1177/0022034515581643.
- [39] Jiang Q, Mei L, Zou Y, et al. Genetic Polymorphisms in FGFR2 Underlie Skeletal Malocclusion [J]. *J Dent Res*, 2019, 98(12):1340-1347. DOI:10.1177/0022034519872951.
- [40] Grippaudo C, Paolantonio EG, Antonini G, et al. Association between oral habits, mouth breathing and malocclusion [J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2016, 36(5):386-394. DOI:10.14639/0392-100X-770.
- [41] 赵迪, 曹军, 李小燕, 等. 骨性二类错殆患者上、下颌骨矢状结构病因机制分析[J]. 口腔医学研究, 2007, 23(1):95-97. DOI:10.13701/j.cnki.kqxyj.2007.01.034.
- [42] Tulloch JFC, Proffit WR, Phillips C. Influences on the outcome of early treatment for Class II malocclusion [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1997, 111(5):533-542. DOI:10.1016/S0889-5406(97)70290-7.
- [43] Perinetti G, Primožič J, Furlani G, et al. Treatment effects of fixed functional appliances alone or in combination with multibracket appliances: A systematic review and meta-analysis [J]. *Angle Orthod*, 2015, 85(3):480-492. DOI:10.2319/102813-790.1.
- [44] Chung CH, Wong WW. Craniofacial growth in untreated skeletal Class II subjects: a longitudinal study [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2002, 122(6):619-626. DOI:10.1067/mod.2002.129195.
- [45] Bschang PH, Tanguay R, Turkewicz J, et al. A polynomial approach to craniofacial growth: description and comparison of adolescent males with normal occlusion and those with untreated Class II malocclusion [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1996, 90(5):437-442. DOI:10.1016/0889-5406(86)90009-0.
- [46] 田惠军, 李洪发, 张馨匀. 生长发育高峰期青少年骨性 II 类错殆下颌骨生长变化的 CBCT 分析[J]. 天津医科大学学报, 2019, 25(2):150-153.
- [47] Stahl F, Baccetti T, Franchi L, et al. Longitudinal growth changes in untreated subjects with Class II Division 1 malocclusion [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2008, 134(1):125-137. DOI:10.1016/j.ajodo.2006.06.028.
- [48] Malmgren O, Omblus J, Hägg U, et al. Treatment with an orthopedic appliance system in relation to treatment intensity and growth periods. A study of initial effects [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1987, 91(2):143-151. DOI:10.1016/0889-5406(87)90472-0.
- [49] Pavoni C, Lombardo EC, Lione R, et al. Treatment timing for functional jaw orthopaedics followed by fixed appliances: a

- controlled long-term study [J]. *Eur J Orthod*, 2018, 40(4):430-436. DOI:10.1093/ejo/cjx078.
- [50] Perinetti G, Contardo L. Reliability of Growth Indicators and Efficiency of Functional Treatment for Skeletal Class II Malocclusion: Current Evidence and Controversies [J]. *Biomed Res Int*, 2017, 2017:1367691. DOI:10.1155/2017/1367691.
- [51] Perinetti G, Caprioglio A, Contardo L. Visual assessment of the cervical vertebral maturation stages: a study of diagnostic accuracy and repeatability [J]. *Angle Orthod*, 2014, 84(6):951-956. DOI:10.2319/120913-906.1.
- [52] Perinetti G, Contardo L, Castaldo A, et al. Diagnostic reliability of the cervical vertebral maturation method and standing height in the identification of the mandibular growth spurt [J]. *Angle Orthod*, 2016, 86(4):599-609. DOI:10.2319/072415-499.1.
- [53] Lee YS, Lee SJ, An H, et al. Do Class III patients have a different growth spurt than the general population? [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012, 142(5):679-689. DOI: 10.1016/j.ajodo.2012.07.009.
- [54] Francisconi MF, Henriques JFC, Janson G, et al. Stability of Class II treatment with the Bionator followed by fixed appliances [J]. *J Appl Oral Sci*, 2013, 21(6):547-553. DOI:10.1590/1679-775720130002.
- [55] Jungbauer R, Koretsi V, Proff P, et al. Twenty-year follow-up of functional treatment with a bionator appliance: A retrospective dental cast analysis [J]. *Angle Orthod*, 2019, 90(2):209-215. DOI:10.2319/042419-292.1.
- [56] Bock NC, von Bremen J, Ruf S. Stability of Class II fixed functional appliance therapy—a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Orthod*, 2016, 38(2):129-139. DOI:10.1093/ejo/cjv009.
- [57] Cacciatore G, Ugolini A, Sforza C, et al. Long-term effects of functional appliances in treated versus untreated patients with Class II malocclusion: A systematic review and meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2019, 14(9):e0221624. DOI:10.1371/journal.pone.0221624.
- [58] Liu S, Xu T, Zou W. Effects of rapid maxillary expansion on the midpalatal suture: a systematic review [J]. *Eur J Orthod*, 2015, 37(6):651-655. DOI:10.1093/ejo/cju100.
- [59] Zhou Y, Long H, Ye N, et al. The effectiveness of non-surgical maxillary expansion: a meta-analysis [J]. *Eur J Orthod*, 2013, 36(3):233-242. DOI:10.1093/ejo/cjt044.
- [60] McNamara JA, Baccetti T, Franchi L, et al. Long-term evaluation of changes in arch dimensions produced by rapid maxillary expansion and fixed appliances [J]. *Revista Española de Ortodoncia*, 2019, 49(1):17-26.

(收稿日期:2020-01-02)

(本文编辑:王嫚)