

[DOI] 10.12016/j.issn.2096-1456.2020.11.002

· 专家论坛 ·

上颌横向扩弓技术的应用及研究进展

刘从华, 毛琴, 王春林

南方医科大学口腔医院正畸科, 广东 广州(510280)



【通信作者】 刘从华, 硕士, 主任医师, 硕士研究生导师。1992年毕业于湖北医科大学口腔医学院, 曾于美国凯思西储大学、美国TWEED国际正畸培训中心访问和学习。现任中华口腔医学会正畸专业委员会委员; 广东省口腔医学会理事; 广东省口腔正畸专业委员会副主任委员; 《中华口腔正畸学杂志》、《口腔疾病防治》、《实用医学杂志》编委。承担及参与国家自然科学基金、广东省自然科学基金等多个项目。在国内外专业期刊发表论文20余篇。擅长各类错颌畸形的临床治疗, 尤其是儿童牙颌畸形的功能矫治与青少年牙颌畸形的矫治。

【摘要】 上颌横向发育不足是临床常见的错颌畸形, 腭扩展技术是治疗上颌横向发育不足的常用方法。传统的腭扩展技术治疗腭中缝尚未闭合的儿童及青少年效果较好, 对于成年患者的疗效欠佳。新型腭扩展技术如微种植钉辅助快速腭扩展、外科手术辅助上颌扩弓, 使扩弓治疗的年龄适应证扩大, 骨性扩弓效果也得以加强。随着CAD/CAM技术和3D打印技术的发展, 无托槽隐形矫治技术及数字化个性矫治器也开始应用于扩弓治疗中。本文从腭扩展技术的矫治原理和适应证、扩弓的方式、传统及新型腭扩展技术、扩弓稳定性与保持及未来扩弓器展望等多个方面来进行述评, 以期为临床治疗上颌横向发育不足提供参考。

【关键词】 上颌横向发育不足; 腭扩展技术; 上颌快速扩弓; 上颌慢速扩弓; 骨性扩弓; 微种植钉辅助快速腭扩展; 手术辅助快速扩弓; 扩弓器

【中图分类号】 R782.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2020)11-0689-09

开放科学(资源服务)标识码(OSID)



【引用著录格式】 刘从华, 毛琴, 王春林. 上颌横向扩弓技术的应用及研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2020, 28(11): 689-697.

Advances and applications of the maxillary expansion technique LIU Conghua, MAO Qin, WANG Chunlin. Department of Orthodontics, Stomatological Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510280

Corresponding author: LIU Conghua, Email: liuchod@163.com, Tel: 86-20-34400378

【Abstract】 Transverse maxillary deficiency is a common malocclusion in the clinic. Palatal expansion techniques are commonly used in the treatment of maxillary transverse deficiency. Traditional palatal expansion techniques have good effects on the treatment of children and adolescents whose palatal suture has not yet closed, but the effects on adult patients are unsatisfied. New palatal expansion techniques, such as miniscrew-assisted rapid palatal expansion and surgical-assisted maxillary expansion, have increased the age-related indications for palatal expansion, and their bone expansion effect has been strengthened. With the development of CAD/CAM technology and 3D printing technology, techniques such as Invisalign and personalized appliances have been developed and have promising application prospects. To provide references for the clinical treatment of maxillary transverse deficiency, palatal expansion techniques are reviewed

【收稿日期】 2020-03-12; **【修回日期】** 2020-04-26

【基金项目】 广东省医学科研基金项目(A2020475)

【通信作者】 刘从华, 主任医师, 硕士, Email: liuchod@163.com, Tel: 86-20-34400378

from the following aspects: mechanism and indications, expansion pattern, traditional and new palatal expansion appliances, stability and retention of palatal expansion, outlook of future expanders, etc.

【Key words】 maxillary transverse deficiency; palatal expansion technique; rapid maxillary expansion; slow maxillary expansion; skeletal expansion; miniscrew-assisted rapid palatal expansion; surgically assisted rapid palatal expansion; expander

J Prev Treat Stomatol Dis, 2020, 28(11): 689-697.

上颌横向发育不足(maxillary transverse deficiency, MTD)是临床上常见的一种错殆畸形。其临床表现为:上颌牙弓狭窄,腭盖高拱,单侧或双侧后牙反殆,牙列拥挤等。此类患者面部微笑时颊廊较宽,影响美观。若生长发育高峰期前后牙反殆未矫治,可导致骨性上颌牙弓狭窄,常伴上颌骨矢状向发育异常,影响患者面型。此外,缩窄的上颌常伴有狭窄的鼻呼吸道,易引发口呼吸不良习惯,严重者甚至伴有睡眠呼吸暂停综合征(obstructive sleep apnea syndrome, OSAS),影响患者的心理状态及正常生活。

腭部扩展技术是治疗上颌横向发育不足的有效手段,是指采用正畸或者外科辅助的方法扩展腭中缝,扩大上颌骨及牙弓宽度,改善上颌腭部宽度,使上下颌骨宽度匹配,为后续正畸治疗开辟间隙。上颌扩展技术最早是由 Angell 医师于 1860 年提出,此后不同扩弓器的出现与改良使得上颌扩弓技术的应用越来越广泛。上颌牙弓狭窄可以分为牙性、骨性两类。矫治牙性牙弓狭窄相对简单,一般通过颊倾牙齿完成治疗,而骨性牙弓狭窄治疗相对复杂。对于腭中缝未闭合的儿童和青少年患者,可采用上颌快速扩弓的方法进行腭扩展。成人患者上颌腭中缝已经闭合,常规的上颌扩展技术难以打开腭中缝,易导致后牙颊倾、牙根吸收及骨开窗等不良反应。近年来,微种植钉辅助快速扩弓(miniscrew assisted rapid palatal expansion, MARPE)、手术辅助快速扩弓(surgically assisted rapid palatal expansion, SARPE)等技术的发展,扩大了上颌扩弓技术的适用人群,这些技术越来越多地应用于已过生长发育高峰期的青少年及成人患者,并且具有效果明确、稳定性好的优势。

1 腭部骨缝的发育

一般认为人类的腭中缝于 4~5 岁时开始融合,至 6 岁时,腭部的发育基本完成。随着牙齿的替换与萌出,颌面部骨骼进一步发育,腭盖继续增

宽。随着生长发育,腭中缝中的纤维性结合逐渐过渡为骨性结合,最后完全骨性融合。女性 14~15 岁,男性 15~16 岁时腭中缝开始产生骨性结合,20~25 岁腭中缝完全骨化。

关于腭中缝的实际骨化年龄,目前尚存在争议。有学者通过观察不同年龄(18~63 岁)成人腭部组织切片发现,腭中缝骨化个体差异较大,存在年轻成人(21 岁)腭中缝已骨化及中年成人(44 岁)腭中缝无骨化的现象,因此该学者认为并无证据表明腭中缝的骨化是快速扩弓过程中出现横向阻抗的主要原因^[1]。近年来,随着 CBCT 检测技术在牙科领域的广泛应用,提供了更多腭中缝发育的放射学证据。Angelieri 等^[2]通过对不同年龄(5.6~58.4 岁)患者腭部的 CBCT 影像进行分析,根据 CBCT 影像下腭中缝的形态将腭中缝的发育分为 A、B、C、D、E 期。此后,通过进一步分析成人(18~66 岁)腭部的 CBCT 影像,发现大多数成年人的腭中缝融合发生于 D 期及 E 期,仍有 12% 的成年人腭中缝未发生融合,且腭中缝的成熟期与性别及年龄无显著性关系^[3]。有研究发现, E 期腭中缝处的骨密度明显增高, D 期及 E 期上颌区域的骨密度也明显增高,也进一步证实了 Angelieri 分期的准确性^[4]。因此,在临床上需要对扩弓患者腭中缝进行 CBCT 检查与分析,根据不同个体的腭中缝发育情况选择合适的扩弓方案。

2 上颌扩弓的适应证

上颌扩弓适用于各种原因导致的上颌牙弓狭窄、后牙反殆甚至反锁殆、牙列拥挤、腭盖高拱、颊廊较宽等。近年来,许多研究发现上颌扩弓有助于治疗口呼吸患者及 OSAS。研究发现,对于口呼吸患者,上颌快速扩弓治疗可以在短期内明显扩大鼻翼基底宽度,增加鼻腔容积^[5]。Abdullatif 等^[6]发现,目前的文献确实证明了扩弓能够改善 OSAS 患者的呼吸暂停指数及最低氧饱和度,但考虑到此类研究论文仍不够多,尚需要更多研究来证

明。通过系统性回顾与Meta分析研究上颌扩弓对上呼吸道的影 响,发现文献数量较少且普遍质量不高,不建议将上颌扩弓作为改善上呼吸道的直接治疗措施,但若患者有正畸治疗指征时,可以联合上颌扩弓进行治疗^[7]。因此,上颌扩弓对 OSAS 的治疗效果,尚需进一步研究。

3 扩弓器的矫治原理

上颌扩弓矫治器的原理有多种,不同矫治器的扩弓原理不同。上颌扩弓矫治器所施加的矫治力常有以下几种。

3.1 矫形力

矫治器常安装于上颌后牙,利用螺旋开大器(如 Hyrax 矫治器)或者分裂基托(如上颌分裂簧扩弓矫治器),作用于上颌后牙,使矫形力通过上颌后牙传递至腭中缝处,促进腭中缝内的新骨沉积。也可以通过塑料基托支持,将矫治力传递至腭盖处(如 Hass 矫治器),促进腭部组织的改建。

3.2 正畸力

牙支持式上颌扩弓矫治器(如 Hyrax 矫治器等)固位于牙齿,腭部扩展力通过矫治器传递至牙齿,促进牙齿颊向移动。

3.3 肌力

某些功能性矫治器(如 FR 矫治器)具有扩大上颌牙弓的作用。功能性矫治器中的颊屏具有阻挡颊肌的作用,打破牙及牙槽骨的内外肌力平衡,使牙及牙槽骨在舌肌的作用下向颊向扩展,并牵拉软组织及骨膜,从而刺激牙弓向颊侧扩展。

3.4 手术扩展

成人的上颌骨腭中缝已经完全骨性融合,此时使用传统的扩弓器难以扩开腭中缝。通过外科手术离断骨块切开骨皮质可以辅助腭扩展。外科手术可以分离已经骨性融合的腭中缝,通过矫治器施加牵张力使离断的腭中缝处出现新骨沉积,从而扩展上颌腭部宽度。

4 扩弓的方式

根据上颌扩弓的速度可以分为:快速上颌扩弓(rapid maxillary expansion, RME)及慢速上颌扩弓(slow maxillary expansion, SME)。快速扩弓时每日扩大螺旋扩弓器2次,每次1/4圈,打开量为0.5 mm/d,连续扩大2~3周,待上颌磨牙达到正常牙覆盖后过矫治2~3 mm,保持3~6个月。临床常用的快速扩弓器有螺旋扩弓器,如 Hyrax 矫治器、

Hass 矫治器。适用于尚具有生长发育潜力的儿童及青少年患者,但在8岁以前儿童骨缝未完全闭合,此时进行快速扩弓有可能导致腭部组织损伤。通过对扩弓装置的快速、连续加力,达到快速打开腭中缝、改善牙弓宽度的效果。

采用螺旋扩弓器进行慢速扩弓时隔日开大1次,每次1/4圈,打开量为0.25 mm/2 d,连续2~3个月逐渐扩大腭中缝,直至后牙建立正常覆殆覆盖后过矫治2~3 mm,保持3个月。临床常用的慢速扩弓矫治器有螺旋扩弓器、W型扩弓器、四眼圈簧扩弓器、磁力扩弓器等。慢速扩弓常适用于生长发育已停止、无生长发育潜力、腭中缝已闭合的成年患者。而8岁以前的患者因骨缝未完全闭合,为避免快速扩弓可能带来的组织损伤,一般也采用慢速扩弓。慢速扩弓更符合生理特性,被扩大的腭中缝有足够的时间进行组织学修复,较少引起腭部组织损伤,患者更容易适应。慢速扩弓作用缓慢,提供的矫治力更为柔和,有利于维持矫治后的稳定性,减少复发。

关于RME和SME的效果,一直有争议。近年来,许多学者针对RME和SME的治疗效果做了大量的研究。Pereira等^[8]发现两种扩弓方式的效果相差不大,但RME较SME更能引起骨性上颌横向扩展,而垂直向和矢状向测量无明显差异。对于唇腭裂患者的扩弓治疗上,均未发现明显差异^[9-11]。在副作用方面,无论RME还是SME,对上颌第一磨牙牙根长度均无明显影响,且未发现牙槽骨三维方向上的显著性改变^[12]。Seker等^[13]发现RME在早期可抑制牙根发育,但缺乏长期观察。RME和SME在引起牙周骨组织丧失的作用上效果相似^[14]。关于扩弓的长期稳定性研究,SME与RME的早期和长期稳定性相似,但仍需更多的临床试验来证实^[15]。

此外,还有一种交替扩缩(alternate rapid maxillary expansion and constriction, Alt-RAMEC)的扩弓方式。即第一周每天扩大上颌1 mm,至7 mm,第二周每天回缩上颌1 mm,直至螺旋扩弓器关闭,依次交替,至第9周后停止。这种方法通过反复扩缩增加了骨缝的可移动性,有利于松解腭中缝。Pithon等^[16]研究表明Alt-RAMEC较RME更有效,但是研究不够充分,考虑到Alt-RAMEC之后的复发,Alt-RAMEC的长期性研究是必需的。Büyükcavuş等^[17]肯定了安氏III类患者在早期矫治中,上颌前方牵引之前行Alt-RAMEC比RME更为有效。

5 常见的腭扩展技术

目前临床上使用的扩弓器种类多样,既有传统的牙支持式矫治器(如Hyrax矫治器、四眼圈簧矫治器等),也有新型骨支持式矫治器(如微种植钉辅助上颌快速扩弓矫治器),以及无托槽隐形矫治器。根据患者的年龄、错殆畸形的类型、患者对美观及舒适度的要求以及不同矫治器的特性来选择合适的矫治器。

5.1 Hyrax矫治器与Hass矫治器

Hyrax矫治器与Hass矫治器适用于第一前磨牙及第一磨牙已萌出的替牙期及恒牙列早期患者。Hyrax矫治器是临床上最常用的一种传统的牙支持式扩弓器,在患者上颌第一前磨牙及第一磨牙上置带环,通过开大腭部螺旋扩弓器产生矫治力作用于牙齿上,并传递至腭中缝,通过矫形力开展腭中缝。Hass矫治器通过腭部基托及牙齿固位,是一种牙和黏膜共同支持式的矫治器,矫治力作用于腭盖及牙齿上。Hyrax矫治器装置较Hass矫治器简单,佩戴更为舒适。Hass矫治器不易清洁,易引起腭部不适,且对发音影响更大。这两种扩弓器都是以牙为支撑的扩弓器,牙支持式扩弓器的缺点是可能导致后牙颊向倾斜、牙龈退缩、牙根吸收以及扩弓后易复发。

5.2 矽垫式扩弓矫治器

矽垫式扩弓矫治器是将树脂材料包裹整个牙面形成树脂帽,直接粘固在牙齿上。适用于乳牙列期及替牙早期,第一前磨牙及第一磨牙尚未萌出的患者。由于乳牙列牙冠短以及替牙期乳牙松动脱落,临床上矽垫式扩弓矫治器较易脱落,且不易清洁,常导致牙龈炎症。但因为矽垫包裹了双侧后牙,使上颌腭部扩展时牙齿接近平行移动,限制了后牙颊倾和腭尖下垂并起到了矽垫的作用,可适用于高角病例。

5.3 四眼圈簧扩弓矫治器

通过每次复诊时医生加大四眼圈簧的加力曲来获得扩大上颌牙弓的效果,无需患者在家自行加力。相对于螺旋扩弓器,四眼圈簧扩弓矫治器加力方式更为灵活,可进行个性化调整,可不对称加力,适用于前后牙弓扩弓量需求不一致的患者,且没有螺旋扩弓器患者需自行操作打开扩弓器的缺点。四眼圈簧位于患者腭侧,可与唇侧矫治器同时进行,在排齐牙齿的过程中配合腭侧扩弓,一定程度上节省了矫治时间。

5.4 功能性矫治器

功能性矫治器,如FR矫治器,具有一定的扩弓作用。矫治器利用颊屏牵拉颊肌,打破牙弓内外肌力平衡,使得牙弓在舌肌的作用下向颊侧扩大,同时牵拉软组织肌骨膜也可刺激牙槽骨的生长,最终达到扩大牙弓的作用。

5.5 弓丝/辅弓扩弓

正畸弓丝扩弓是指在正畸复诊更换弓丝的过程中,有意扩大上颌弓型,利用弓丝的回弹力扩大上颌牙弓,该作用力较小,适用于轻度的上颌牙弓狭窄。自锁托槽因其低摩擦力,配合弓丝有更好的扩弓效果。

正畸辅弓,也叫骑士弓,是利用0.9~1.2 mm的不锈钢丝弯制而成的辅弓,末端插入口外弓管,其余部分结扎至主弓丝上,加力时将辅弓打开4~5 mm,以达到扩大上颌牙弓的目的。该方法因唇颊侧存在辅弓,不利于口腔清洁,舒适性较差。且牙性效应较大,仅适用于上颌后牙舌向倾斜造成的轻度上颌牙弓狭窄病例^[18]。

5.6 磁力扩弓矫治器

磁力是非传统矫治力中的一种,具有足够强度和持续的力,且不需要依赖患者的配合。磁力扩弓器是一种新型的矫治器,将同极相斥的磁体置于扩弓器中,每次复诊由医生加力。磁力扩弓器的优势包括无需直接接触、可产生持续力、无摩擦、无材料疲劳等,但磁力扩弓器也有一定的局限性,磁力会随着距离增加而显著减小,这将导致扩弓力不稳定。近年来,有学者发明了一种新型磁力扩弓器,该扩弓器采用基于涂覆类金刚石的钕铁硼磁铁的斥力,结合再激活系统,克服了磁力随距离而显著减小的局限性。该学者通过动物实验证实这种新型磁力扩弓器能够有效扩大腭中缝,并刺激腭中缝重建,但是该扩弓矫治器的扩弓效果骨性效应较小、牙性效应仍较大^[19]。对于磁力扩弓矫治器的应用,尚需更多研究。

5.7 无托槽隐形矫治器

随着CAD/CAM技术和材料学的发展,针对隐形矫治技术生物力学原理的研究不断深入以及临床经验的不断积累,临床医师不断扩大隐形矫治技术的适应证。隐形矫治器可在设计时预置牙弓扩大量,使矫治器上牙弓宽度大于患者口内牙弓宽度,在矫治器的回弹力作用下起到扩大牙弓的作用。无托槽隐形矫治器无法解决骨性上颌狭窄

弓狭窄,主要是通过牙齿的倾斜移位以及牙槽骨的改建来解决牙性的牙弓狭窄以及牙列拥挤的问题,仅适用于轻度的上颌牙弓狭窄。

近年来,许多学者开始研究隐形矫治器的表达效率。Houle等^[20]通过对隐形矫治扩弓的准确性进行研究,发现隐形矫治扩大上牙弓的效率为72.8%,下牙弓为87.7%,且越靠牙弓后段,扩弓效率越低,Clincheck过高设计了扩弓时牙齿的整体移动,临床上牙齿却更加颊倾。Solano-Mendoza等^[21]及赵祥等^[22]研究也证实了类似结论。研究发现,隐形矫治器通过整体移动牙齿而扩大牙弓的效率十分有限^[23]。

5.8 手术辅助上颌快速扩弓(SARPE)

成人的上颌骨腭中缝已经完全骨性融合,采用传统的扩弓器难以打开骨化的腭中缝,仅能产生牙性效应,此时需要借助外科手术来辅助腭部扩展。常用的外科术式有:单独腭中缝骨切开术、单独上颌骨侧方骨皮质切开术、腭中缝和侧方骨皮质切开术、整个上颌连接离断术(包括颧上颌连接、腭中缝、翼上颌连接)。研究表明,手术后配合使用上颌扩弓器扩展腭中缝,建议使用骨支持式上颌扩弓器,较牙支持式扩弓器获得更佳的扩弓效果^[24-25]。手术辅助上颌快速扩弓较传统的扩弓方法能获得更好的稳定性,减少牙齿的颊向移动,减少牙根及牙周吸收^[26]。扩弓的效果离不开良好的保持,手术辅助上颌快速扩弓较传统的扩弓方法需要更长时间的保持,可保持至手术后3年,保持的方法可采用手术同期植骨、钛板钛钉固定腭部或者使用横腭杆进行保持^[27]。尽管手术方法快速有效,但手术创伤较大、费用较高且容易出现术中及术后并发症,许多患者及家属从心理上也很难接受手术治疗。

5.9 微种植钉辅助快速腭扩展(MARPE)

传统的扩弓矫治器常用于生长发育高峰期前及高峰期的患者,对于生长发育晚期的青少年及生长发育已完成的成年患者,腭中缝已经发生骨性融合,使用传统的扩弓矫治器无法达到较好的骨性效应,且传统的扩弓器一般为牙支持式,矫治力加载在牙齿上,容易造成牙齿的颊倾,扩弓效率较低,这些问题一直是正畸临床中亟待解决的难题。

MARPE是随着微种植钉的出现而迅速发展的一种上颌快速扩弓治疗手段,是在传统的扩弓装置上改良,利用微种植钉作为腭部支抗,使扩弓器

的矫形力直接作用于基骨,牵张骨缝促进腭中缝处新骨沉积,从而实现上颌腭部扩宽。2008年,MARPE开始出现,旨在获得更多的骨性效应,减小扩弓中出现过多的牙性效应^[28]。此后,许多学者不断探究MARPE的最佳设计和使用方法。2016年,Carlson等^[29]改良了MARPE,称之为骨性扩弓器(maxillary skeletal expander, MSE),其制定了较为完善的MARPE扩弓流程,并根据患者的不同年龄段选择不同的扩弓方式。

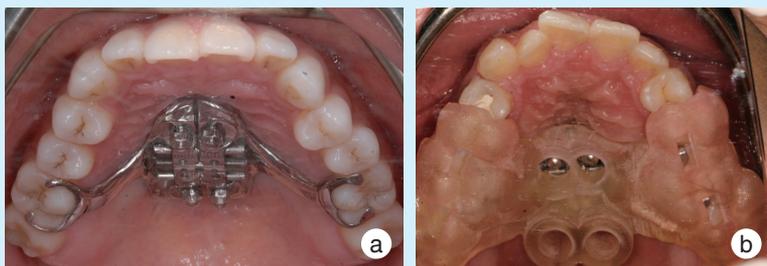
许多研究发现,微种植钉辅助上颌快速扩弓能有效扩大年轻成人的腭中缝,并可获得较好的骨性效应和稳定性。Park等^[30]通过对14例上颌牙弓狭窄的病人(16~26岁)进行MARPE后分析发现,腭中缝腭扩开在水平面上接近平行打开,在冠状面上呈下宽上窄的三角形,颊侧牙槽骨厚度减少约0.6~1.1 mm,牙槽嵴高度下降1.7~2.2 mm,前磨牙及磨牙仅有微量颊倾(1.1°~2.9°)。Cunha等^[31]成功治疗一名上颌牙弓狭窄合并上颌牙列拥挤的成人患者,提示MARPE是上颌横向不调相关的牙弓长度不调的有效治疗手段。研究表明,MARPE获得的骨性效应是传统的上颌快速扩弓的1.5~2.8倍,且无副作用^[32]。MARPE不仅能够打开腭中缝,还可破除翼腭缝、颧颞缝等上颌复合体的其他骨缝连接之间的阻力^[33]。对MARPE治疗后的病例随访1年,发现扩弓效果仍然稳定^[34]。用MARPE治疗年轻成人患者成功率达86.96%,且在30个月随访中效果稳定^[35]。

研究发现,MARPE矫治后患者的鼻咽腔容积增加了8.48%,但口咽、腭咽、喉咽以及气道体积的变化不明显^[36]。通过对20位患者MARPE前后进行呼吸测试以及CBCT测量,发现MARPE导致的骨性改变直接影响了气道体积,患者呼吸肌力及鼻腔最大流量及口腔最大流量在MARPE矫治后均发生显著改善^[37]。通过分析一位上颌牙弓狭窄伴OSAS的成人患者应用MARPE治疗前后的CBCT数据,发现MARPE能够有效改善患者的上气道气流量及减少气道阻力^[38]。此外,MARPE还被发现可同时联合其他正畸治疗,如上颌前方牵引^[39-40]、推磨牙向后^[41]等,既能提供绝对支抗,又能节约矫治时间,提高矫治效率。

随着种植技术和数码技术的发展,有学者发明了一种3D打印的MARPE,该学者利用口内扫描以及CAD/CAM、3D打印技术设计制作,全程数字化,无需口内取模,且该扩弓器获得了较好的

扩弓效果^[42]。Minervino等^[43]结合3D打印技术,设计了一种外科定位导板,以引导扩弓器的定位以及微种植钉的植入。虽然目前关于微种植钉辅助上颌快速扩弓器的设计多种多样,但是由于个体差异性,每个患者的腭部形态并非完全一致,因此难以保证微种植钉植入的位点和角度。

本课题组设计了一种3D打印的微种植钉辅助上颌扩弓器(图1a),可很好地解决这一问题,并利用导板(图1b)辅助进行微种植钉植入,保障了微种植钉植入部位及角度的准确性,这种个性化MARPE获得了良好的扩弓效果,有望在临床上进一步推广使用。



a: personalized miniscrew - assisted rapid palatal expansion; b: miniscrew implantation guide

Figure 1 Personalized miniscrew - assisted rapid palatal expansion and miniscrew implantation guide

图1 个性化微种植钉辅助快速扩弓器及微种植钉植入导板

微种植钉辅助上颌快速扩弓较手术辅助扩弓创伤小,在门诊就能完成,适用于需要较多的腭扩展量且拒绝外科手术的患者。微种植钉辅助上颌快速扩弓的优点在于能够为腭部扩展提供绝对支抗,从而避免了传统牙支持式扩弓器带来的后牙颊倾效应,矫治力直接作用于腭中缝,达到“真性扩弓”效果,且方法简单、易于操作、创伤小、易于维护口腔卫生^[44]。然而,作为一种新型技术,MARPE同样也面临着微种植钉使用时存在的问题。首先,微种植钉支抗虽然相比外科手术创伤性降低,但仍然为有创性治疗,部分患者及家属从心理上难以接受;其次,微种植钉治疗费用较高,会增加患者的正畸治疗花费;此外,使用微种植钉时对患者口腔卫生的要求较为严格,若患者口腔卫生不良,易引起微种植钉边缘炎症,易导致微种植钉脱落;另外,微种植钉植入时也可能出现植入不当导致的血管神经损伤或穿孔,扩弓过程中微种植钉可能发生弯折甚至断裂,影响扩弓效果。

因此,应根据患者的不同特性选择不同的腭扩展技术,详见表1。

6 扩弓的稳定性及保持

扩弓后的复发与腭部软组织的弹性回缩、腭中缝骨质改建不充分以及扩弓造成的上颌外侧骨板弯曲后恢复原状的趋势等因素有关,复发的程度与患者的年龄、牙弓狭窄的程度、扩弓器的选择、扩弓速度以及保持的时间长短有关。对于腭扩展后的保持时间,尚存争议。一般认为骨改建

时间为3个月左右,因此腭扩展后建议至少保持3个月,以利于腭部骨缝处再生新骨。Schauseil等^[45]研究发现,快速腭中缝扩展后保持6个月以上,有利于腭中缝的骨改建。应用MARPE治疗时,患者腭中缝及上颌骨所承受的矫形力及骨缝张力更大,而MARPE常用于生长发育高峰晚期或生长发育已完成的青少年及成人患者,将需要更长的时间来进行骨缝改建,因此一般建议MARPE患者保持6个月以上^[44]。

7 总结与展望

以往认为,上颌扩弓适用于生长发育期的儿童、青少年,随着年龄越大,上颌扩弓的骨性效应减小,而牙性效应增大。随着新型扩弓技术的出现,目前认为上颌扩弓无严格年龄限制:乳牙期、混合牙列期、恒牙列早期、成人均可进行扩弓。

医生对患者进行扩弓治疗前的诊断设计需要参考患者的年龄、骨骼发育水平,并拍摄CBCT观察腭中缝成熟程度,根据不同的腭中缝成熟度采取不同的扩弓方式。针对不同年龄和骨龄的上颌牙弓狭窄患者,可采取以下的矫治策略:①对于≤8岁儿童,建议采用SME;②对于>8岁,生长发育高峰期前及高峰期的患者,建议采用RPE治疗;③对于处于生长发育晚期及生长发育已结束的成年患者,若上颌牙弓狭窄程度较轻,且允许一定程度牙性代偿的患者,可以采用RPE治疗;若上颌牙弓存在明显的骨性狭窄,或拒绝手术腭扩展的骨性牙弓狭窄患者,CBCT示腭中缝未完全骨化者,建

表1 不同腭扩展技术对比
Table 1 Comparison of different palatal expansion methods

Expanders	Indications	Support manner	Mechanism	Mobility	Applicable population	Advantages	Disadvantages
Hyrax appliance	Erupted first premolar and first molar; patients with growth potential	Tooth-borne	Orthopedic force; tipping movement of teeth	Fixed	Mixed dentition and early permanent dentition	Easy to clean	Need the cooperation of patients and their families
Hass appliance	Same as above	Tooth-borne Mucosa-borne	Same as above	Fixed	Same as above	More stable	Uncomfortable in the palate
Splint expansion appliance	Absence of intra-oral teeth for band fixation	Tooth-borne	Bodily movement of teeth; intruded posterior teeth	Fixed	Deciduous and mixed dentition; patients with high angle growth type	Good encapsulation, can be used as splint	Easy to cause periodontal inflammation, easy to fall off in mixed dentition
Quad-helix appliance	Mild arch stenosis; inconsistent of dental arch expansion in anterior and posterior	Tooth-borne	Resilience of wire	Removable	Cleft lip and palate patient; early mixed dentition	Gentle force	Uncomfortable
Arch wire/auxiliary arch	Mild arch stenosis	Tooth-borne	Resilience of wire	Fixed	Patients undergoing fixed orthodontic treatment	Simultaneously with labial orthodontic treatment	No skeletal expansion effect
Clear appliance	Mild arch stenosis	Tooth-borne	Resilience of appliance	Removable	Mixed dentition and permanent dentition; Patients with high aesthetic requirements	Aesthetics	Low efficiency
SARPE	Severe skeletal arch stenosis	Bone-borne	Release the middle palatal suture; surgical incision of bone cortex	Fixed	Patients with complete solid infusion of middle palatal suture	Obvious skeletal effect, little influence on the vertical of maxilla	Operation trauma, surgical risk
MARPE	Mild and moderate skeletal arch stenosis	Bone-borne	Orthopedic force	Fixed	Early permanent dentition/adults; patients who refuse surgical expansion	Parallel palatal expansion with few dental side effects	Invasive, peri-implantitis or loss

SARPE: surgically assisted rapid palatal expansion; MARPE: miniscrew assisted rapid palatal expansion

议采用 MARPE 治疗。④对于上颌重度牙弓狭窄,传统扩弓及 MARPE 均难以达到效果的疑难病例,以及 CBCT 示腭中缝已完全骨化者,可以采用 SARPE 治疗。

随着 MARPE 的出现,显著扩大了上颌扩弓的年龄范围。腭中缝的成熟程度并不一定与年龄正相关,存在个体差异,现有的研究主要聚焦于对年轻成人的扩弓治疗上,研究发现 RME 对 30 岁以上患者仍有作用,因此扩弓是否存在年龄限制尚有待研究^[46]。传统的上颌扩弓器扩弓效果有限,对于上颌牙弓严重狭窄的患者,容易造成磨牙倾斜、

牙根吸收、牙周损伤甚至骨开窗等严重并发症。对于严重上颌牙弓狭窄, MARPE 是否可以完全代替 SARPE 尚需进一步研究证实。研究发现, MARPE 治疗可能引起面颊部、鼻旁区向前向侧方扩展,且软组织的改变具有早期稳定性^[47]。目前,关于上颌扩弓是否对面部软组织产生影响的研究相对较少,如何改良及规避不利影响是新型扩弓器未来发展的重点。腭部扩弓新技术的发展,扩大了临床治疗上颌横向发育不足的适应证,若能将腭部扩弓与唇侧矫治甚至隐形矫治联合治疗,将缩短临床矫治时间。随着 CAD/CAM 及 3D

技术的发展,相信未来的上颌扩弓矫治技术会更加数字化、个性化。

参考文献

- [1] Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study[J]. *J Orofac Orthod*, 2004, 65(6): 467-474.
- [2] Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, et al. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013, 144(5): 759-769.
- [3] Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, et al. Cone beam computed tomography evaluation of midpalatal suture maturation in adults [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 46(12): 1557-1561.
- [4] Abo SD, Hadad R. Midpalatal suture: evaluation of the morphological maturation stages via bone density[J]. *Prog Orthod*, 2018, 19(1): 29.
- [5] Badreddine FR, Fujita RR, Cappellette MJ. Short-term evaluation of tegumentary changes of the nose in oral breathers undergoing rapid maxillary expansion[J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2018, 84(4): 478-485.
- [6] Abdullatif J, Certal V, Zaghi S, et al. Maxillary expansion and maxillomandibular expansion for adult OSA: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2016, 44(5): 574-578.
- [7] 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.
- [8] Pereira JDS, 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.
- [9] de Medeiros AA, Garib DG, Janson G, et al. Analysis of the dentoalveolar effects of slow and rapid maxillary expansion in complete bilateral cleft lip and palate patients: a randomized clinical trial [J]. *Clin Oral Investig*, 2016, 20(7): 1837-1847.
- [10] de Almeida AM, Ozawa TO, Alves A, et al. Slow versus rapid maxillary expansion in bilateral cleft lip and palate: a CBCT randomized clinical trial[J]. *Clin Oral Investig*, 2017, 21(5): 1789-1799.
- [11] Gregório L, de Medeiros AA, de Almeida AM, et al. Cephalometric evaluation of rapid and slow maxillary expansion in patients with BCLP: secondary data analysis from a randomized clinical trial[J]. *Angle Orthod*, 2019, 89(4): 583-589.
- [12] Jacob HB, Ribeiro GLU, English JD, et al. A 3-D evaluation of transverse dentoalveolar changes and maxillary first molar root length after rapid or slow maxillary expansion in children[J]. *Dental Press J Orthod*, 2019, 24(3): 79-87.
- [13] Seker ED, Yagci A, Kurt Demirsoy K. Dental root development associated with treatments by rapid maxillary expansion/reverse headgear and slow maxillary expansion[J]. *Eur J Orthod*, 2019, 41(5): 544-550.
- [14] 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.
- [15] Alves ACM, Maranhão OBV, Janson G, et al. Mandibular dental arch short and long-term spontaneous dentoalveolar changes after slow or rapid maxillary expansion: a systematic review[J]. *Dental Press J Orthod*, 2017, 22(3): 55-63.
- [16] Pithon MM, Santos NL, Santos CR, et al. Is alternate rapid maxillary expansion and constriction an effective protocol in the treatment of Class III malocclusion? A systematic review[J]. *Dental Press J Orthod*, 2016, 21(6): 34-42.
- [17] Büyükcavuş MH. Alternate rapid maxillary expansion and constriction (Alt-RAMEC) protocol: a comprehensive literature review [J]. *Turk J Orthod*, 2019, 32(1): 47-51.
- [18] Gurgel JA, Pinzan - Vercelino C, Leon - Salazar V. Maxillary and mandibular dentoalveolar expansion with an auxiliary beta-titanium arch[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2017, 152(4): 543-552.
- [19] Tong F, Liu F, Liu JL, et al. Effects of a magnetic palatal expansion appliance with reactivation system: an animal experiment[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2017, 151(1): 132-142.
- [20] Houle JP, Piedade L, Todescan R, et al. The predictability of transverse changes with Invisalign[J]. *Angle Orthod*, 2017, 87(1): 19-24.
- [21] Solano-Mendoza B, Sonnemberg B, Solano-Reina E, et al. How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30' aligners?[J]. *Clin Oral Investig*, 2017, 21(5): 1475-1484.
- [22] 赵祥, 汪虹虹, 杨一鸣, 等. 无托槽隐形矫治上颌扩弓效率及其影响因素初探[J]. *中华口腔医学杂志*, 2017, 52(9): 543-548.
- [22] Zhao X, Wang HH, Yang YM, et al. Maxillary expansion efficiency with clear aligner and its possible influencing factors[J]. *Chin J Stomatol*, 2017, 52(9): 543-548.
- [23] Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, et al. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review [J]. *Prog Orthod*, 2018, 19(1): 37.
- [24] Garreau E, Bouscaillou J, Rattier S, et al. Bone-borne distractor versus tooth-borne distractor for orthodontic distraction after surgical maxillary expansion: the patient's point of view[J]. *Int Orthod*, 2016, 14(2): 214-232.
- [25] Hamedi-Sangsari A, Chinipardaz Z, Carrasco L. Following surgically assisted rapid palatal expansion, do Tooth-Borne or Bone-Borne appliances provide more skeletal expansion and dental expansion?[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 75(10): 2211-2222.
- [26] Jensen T, Johannesen LH, Rodrigo - Domingo M. Periodontal changes after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME)[J]. *Oral Maxillofac Surg*, 2015, 19(4): 381-386.
- [27] Kim H, Cha KS. Evaluation of the stability of maxillary expansion using cone-beam computed tomography after segmental Le Fort I osteotomy in adult patients with skeletal Class III malocclusion[J]. *Korean J Orthod*, 2018, 48(1): 63-70.
- [28] Tausche E, Hansen L, Schneider M, et al. Bone-supported rapid maxillary expansion with an implant-borne Hyrax screw: the Dres-

- den distractor[J]. *Orthod Fr*, 2008, 79(2): 127-135.
- [29] Carlson C, Sung J, McComb RW, et al. Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2016, 149(5): 716-728.
- [30] Park JJ, Park YC, Lee KJ, et al. Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew - assisted rapid palatal expansion in young adults: a cone-beam computed tomography study[J]. *Korean J Orthod*, 2017, 47(2): 77-86.
- [31] Cunha ACD, Lee H, Nojima LI, et al. Miniscrew-assisted rapid palatal expansion for managing arch perimeter in an adult patient [J]. *Dental Press J Orthod*, 2017, 22(3): 97-108.
- [32] Celenk-Koca T, Erdinc AE, Hazar S, et al. Evaluation of miniscrew-supported rapid maxillary expansion in adolescents: a prospective randomized clinical trial[J]. *Angle Orthod*, 2018, 88(6): 702-709.
- [33] Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Mallya SM, et al. Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by microimplant - supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging[J]. *Prog Orthod*, 2017, 18(1): 34.
- [34] Lim HM, Park YC, Lee KJ, et al. Stability of dental, alveolar, and skeletal changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion [J]. *Korean J Orthod*, 2017, 47(5): 313-322.
- [35] Choi SH, Shi KK, Cha JY, et al. Nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion results in acceptable stability in young adults[J]. *Angle Orthod*, 2016, 86(5): 713-720.
- [36] Yi F, Liu SL, Lei L, et al. Changes of the upper airway and bone in microimplant-assisted rapid palatal expansion: a cone-beam computed tomography (CBCT) study[J]. *J Xray Sci Technol*, 2020, 28(2): 271-283.
- [37] Storto CJ, Garcez AS, Suzuki H, et al. Assessment of respiratory muscle strength and airflow before and after microimplant-assisted rapid palatal expansion[J]. *Angle Orthod*, 2019, 89(5): 713-720.
- [38] Hur JS, Kim HH, Choi JY, et al. Investigation of the effects of miniscrew-assisted rapid palatal expansion on airflow in the upper airway of an adult patient with obstructive sleep apnea syndrome using computational fluid-structure interaction analysis[J]. *Korean J Orthod*, 2017, 47(6): 353-364.
- [39] de Souza RA, Rino NJ, de Paiva JB. Maxillary protraction with rapid maxillary expansion and facemask versus skeletal Anchorage with mini-implants in class III patients: a non-randomized clinical trial[J]. *Prog Orthod*, 2019, 20(1): 35.
- [40] Almuzian M, Almukhtar A, Ulhaq A, et al. 3D effects of a bone-anchored intra-oral protraction in treating class III growing patient: a pilot study[J]. *Prog Orthod*, 2019, 20(1): 37.
- [41] Clarenbach TH, Wilmes B, Ihssen B, et al. Hybrid hyrax distalizer and mentoplate for rapid palatal expansion, class III treatment, and upper molar distalization[J]. *J Clin Orthod*, 2017, 51(6): 317-325.
- [42] Graf S, Vasudavan S, Wilmes B. CAD-CAM design and 3-dimensional printing of mini-implant retained orthodontic appliances[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 154(6): 877-882.
- [43] Minervino BL, Barriviera M, Curado MM, et al. MARPE guide: a case report[J]. *J Contemp Dent Pract*, 2019, 20(9): 1102-1107.
- [44] Suzuki H, Moon W, Previdente LH, et al. Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): the quest for pure orthopedic movement[J]. *Dental Press J Orthod*, 2016, 21(4): 17-23.
- [45] Schauseil M, Ludwig B, Zorkun B, et al. Density of the midpalatal suture after RME treatment - a retrospective comparative low-dose CT-study[J]. *Head Face Med*, 2014, 10(1): 18.
- [46] Shin H, Hwang CJ, Lee KJ, et al. Predictors of midpalatal suture expansion by miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: a preliminary study[J]. *Korean J Orthod*, 2019, 49(6): 360-371.
- [47] Abedini S, Elkenawy I, Kim E, et al. Three-dimensional soft tissue analysis of the face following micro-implant-supported maxillary skeletal expansion[J]. *Prog Orthod*, 2018, 19(1): 46.

(编辑 罗燕鸿,曾曙光)



官网



公众号