

• 综述 •

无托槽隐形矫治中扩弓效果影响因素研究进展

王璐瑶(综述),侯彦*,刘娜(审校)

(河北医科大学口腔医院口腔正畸科,河北省口腔医学重点实验室,
河北省口腔疾病临床医学研究中心,河北石家庄 050017)

[摘要] 在正畸治疗中,上颌发育不足不仅影响牙齿排列及咬合关系,而且对患者美观以及心理健康都有不同程度的影响。扩弓是解决上颌牙弓宽度不足以及上颌骨横向不调的方法之一。无托槽隐形矫治器由于其舒适、便捷的特点被愈来愈多的患者所选择。如何通过数字化技术精准高效的实现扩弓是正畸医生关注的焦点。文章就无托槽隐形矫治中影响扩弓效果相关因素(扩弓方式、附件、材料特性及形态、矫治器的过矫治、年龄因素、牙槽骨界限、牙齿移动因素、矫治器戴用时间与移动步距)以及隐形矫治临床应用作一综述,望在优化方案设计与临床精准治疗方面为医生提供参考。

[关键词] 正畸矫正器;无托槽隐形矫治;扩弓

doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2024.07.021

[中图分类号] R783.5

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-3205(2024)07-0866-04

目前,临床上常用的扩弓方式有骨性扩弓、牙性扩弓、功能性扩弓。无托槽隐形矫治器应用于成年患者扩弓时属于牙性扩弓,提供柔和持续力学并具有可视化的优势,方便医患沟通。

1 无托槽隐形矫治器扩弓特点

1.1 扩弓力的表达 无托槽隐形矫治通过弹性膜片及牙齿上的附件卡抱牙齿施加力量,在矫治器制作时在需要扩开的牙弓段预设扩弓值。患者在戴入矫治器后,会因自身牙弓宽度与隐形矫治器宽度的差别发生弹性形变进而产生矫治力,使牙齿发生颊向的移动与倾斜,进而刺激牙槽骨发生改建^[1]。无托槽隐形矫治器力量相对柔和,分步释放,舒适度较佳。患者按照顺序佩戴就可改善牙弓宽度。较固定矫治器而言,无托槽隐形矫治器在拓展后牙宽度的同时,由于膜性包裹作用又能够防止后牙腭尖下降,从而防止了后牙的伸长,对殆平面更有控制力,对于开殆患者或是高角面型病例矫治效果更好。

1.2 无托槽隐形矫治器的生物力学加载

1.2.1 对牙周组织的影响 在临床中扩弓的界限需要根据解除患者牙列拥挤需要的间隙量、患者生

长发育的潜力与牙槽骨的边界共同决定。正畸牙齿移动的生物力学控制在于生物电效应,最初引起牙齿移动的是电信号。而牙齿移动的经典张力压力理论^[2]认为,牙齿移动过程中刺激细胞分化和最终导致牙齿移动的是化学信号而不是电信号。组织的机械压力和血流的改变将会导致化学信号的释放。松质骨是牙根进行颊舌向运动的区域,而皮质骨是限制牙齿移动的解剖界限。也就是说牙根在骨松质内移动时,是在牙周组织的安全范围的,但当牙根突破牙槽骨皮质时,牙周相关损伤随即出现^[3]。所以在临床中,必须考虑牙周组织的颊舌向界限,合理控制后牙扩弓速度和距离,使支抗后牙能直立于基骨之中,避免牙周损害、牙根吸收。隐形矫治器在佩戴就位时,产生的瞬时力较大,为了减小这个瞬时力,建议使用标准厚度为0.4 mm的矫治器,减少无托槽隐形矫治器对牙周组织的负荷^[4]。随着矫治器与牙齿越来越贴合,矫治器产生的应力会越来越小,无托槽隐形矫治器有利于牙周组织健康的维持和减少并发症^[5]。

1.2.2 正畸移动过程中牙齿的受力分析 正畸移动的最简单形式是倾斜移动。倾斜移动是牙冠和牙根做相反方向的移动。当作用力通过牙齿阻抗中心时,牙齿产生整体移动,即牙冠、牙根同时向相同方向等距离移动。当扩弓对象处于生长发育高峰期前及处于生长发育高峰期时,腭中缝及骨缝易打开,后牙宽度的增加以骨性因素更明显^[6],认为与青少年颊向骨沉积代谢速率高这一因素相关。而当扩弓对

[收稿日期]2023-09-04

[基金项目]河北省医学科学研究课题计划(20210671)

[作者简介]王璐瑶(2000-),女,河北雄安人,河北医科大学口腔医院医学硕士研究生,从事口腔正畸学研究。

* 通信作者。E-mail:68101308@hebm.u.edu.cn

象为停止生长发育的成人患者时,腭中缝及骨缝打开困难,更多的是牙弓宽度的改变,扩弓实现率主要通过牙齿的倾斜与牙齿设计在颊舌向上矫治器的对抗力矩来实现。杨莹^[7]发现,无托槽隐形矫治器在扩弓时后牙均表现为颊向倾斜移动,在近似牙齿旋转中心的位置位移量最小,旋转中心离阻抗中心越远牙齿越趋向于整体移动。因此,牙弓狭窄后牙舌倾的患者在隐形矫治器扩弓时效率会更高。Lione等^[8]研究发现,无托槽隐形矫治技术扩弓对前磨牙和磨牙额外设置 10° 的根颊向转矩时可有效防止牙齿过多倾斜移动。马锐^[9]研究发现,在扩弓过程中将压力点施加在磨牙上就能够有效地对磨牙的转矩加以控制。无托槽隐形矫治器在扩弓时对牙齿的转矩控制很依赖于牙周状况^[10],因此在扩弓时应参照CBCT密切关注患者牙根状况、唇颊侧骨量情况,防止骨开窗骨开裂等不良情况的发生^[11]。

2 无托槽隐形矫治中影响扩弓效果的相关因素

2.1 扩弓方式对扩弓效果的影响

2.1.1 移动步骤对扩弓效果的影响 无托槽隐形矫治器可设计单颗牙齿移动,也可设计整体扩弓或分步扩弓^[12]。整体扩弓认为牙齿的移动步骤同时涉及整个牙列,而分步扩弓则是磨牙、前磨牙的分步移动方式。林青等^[13]通过分析上颌磨牙组扩弓,发现对磨牙组扩弓加力时,全牙弓均受力。McCormack等^[14]研究发现,采用分步组牙移动、减小步距的设计, 0.2 mm 移动量能够提供合适的矫治力。由于牙套为U型,牙位越向后矫治效率越低,分步扩弓在矫治效率上会大于整体扩弓。

2.1.2 不同预设扩弓量对扩弓效果的影响 与固定矫治器不同,无托槽隐形矫治器的扩弓量是在加工制作时预先加载在矫治器上的,即每副矫治器的牙弓宽度均大于实际牙弓宽度。Houle等^[15]研究表明,设计无托槽隐形矫治扩弓时扩弓量与扩弓效率为强负相关关系。周丽娟等^[16]通过研究12例轻至中度拥挤的患者证实了此结果。张悦^[17]还发现不同牙位扩弓效率也有差异,由第一前磨牙逐渐向后递减,对于扩弓量与效率的研究结果与前者一致,负相关系数为 -0.496 。基于对此的思考,郭人铭等^[1]为了实现上颌扩弓的精准控制,建立线性回归模型,设计最适扩弓量,以期提高扩弓效率。

2.2 附件对无托槽隐形矫治器扩弓效果的影响

在无托槽隐形矫治中,依据设计的矫治方案设计附件。附件是无托槽隐形矫治中控制牙齿移动和增大接触面积增强固位的辅助装置。在牙齿特定位置上

填充粘接树脂,通过附件增强矫治器与牙齿的接触面积,以便更加高效地发挥矫治器扩弓的效能。附件分为传统附件和优化附件。传统附件起固位作用,不会对扩弓效率产生影响。近年来,爱奇公司推出的牙列优化附件,在形态上不同于传统附件,作用原理是利用龈方主动加力以维持后牙转矩,进行整体移动。在特定牙齿上大数据计算,电脑自动添加的优化附件有助于矫治效率的提高。

2.3 无托槽隐形矫治器的材料特性及形态对扩弓的影响 大部分无托槽隐形矫治器采用热压膜材料^[18]。廖慧明^[19]通过研究无托槽矫治器对第一磨牙宽度的影响发现,弹性模量较大的隐形矫治器材料(816.31 mPa)更有利于扩大上颌第一磨牙间宽度。硬度也影响着矫治器的力学特征,Bollen等^[20]研究发现矫治器硬度过大会造成矫治器的断裂与牙周组织的损伤。另外,制作无托槽隐形矫治器的树脂聚合物会因口腔环境中的温度、湿度、恒力和唾液的作用而发生变化。这些改变会对其固位力和正畸力产生不良影响,因此,不建议每副矫治器使用2周。

2.4 无托槽矫治器过矫治 无托槽隐形矫治可能由于材料性能不足,设计的矫治结果与实际矫治结果不同往往需要过矫治。祖丽胡马尔·努尔艾合买提^[21]利用Geomagic软件建立一个无托槽隐形矫治器上颌扩弓的三维有限元模型,发现在进行上颌扩弓时,扩弓效率从第一前磨牙到第二磨牙逐渐降低,这可能是由于越靠近游离端,矫治器对牙齿的控制力越弱。因此在设计扩弓时,应对磨牙区扩弓量增加一定的过矫治。但过矫治的设计并不能代替附件的存在^[22]。

2.5 年龄因素对扩弓效果的影响 张悦^[17]和邹双双^[23]针对于无托槽隐形矫治器扩弓效率研究的开展分别选择成年人和处于生长发育期的青少年作为研究对象,笔者通过比较这2个组别结果发现,青少年的扩弓效率高于成年人。这可能与青少年处于生长发育阶段有关,无托槽矫治器不仅实现了牙性扩弓也在一定程度上利用生长高峰期生长量开展了腭中缝。在临床上进行青少年诊疗时,医生要与患者及患者家长配合,进行依从性教育,保证扩弓的持续性,从而提高其诊疗效果。

2.6 牙齿移动对扩弓效果的影响

2.6.1 牙齿移动方向对扩弓效果的影响 通过对比李慧^[24]在研究不同组别扩弓时发现的结果,认为在矢状向上扩弓过程中磨牙的远移会影响扩弓效率的表达,水平向上牙冠的唇颊侧倾斜移动与垂直向

上压低移动均可能影响扩弓效率的表达。此结论需要更多临床病例的支持,也是今后的研究方向。

2.6.2 牙齿移动方式对扩弓效果影响 无托槽隐形矫治器扩弓时,牙齿移动方式有颊向整体移动和倾斜移动。张悦^[17]通过 Meta 分析,发现无托槽隐形矫治扩弓后上颌第一磨牙颊向移动平均效率为 25%,提示牙冠颊向移动量远大于牙根颊向移动量,牙齿移动以倾斜移动为主。在临床上,颊向倾斜移动过多会产生腭尖下垂垂直距离增高等问题。因此在设计方案时,需要增加一定的冠舌向转矩来使牙齿更趋向于整体移动。

2.7 牙槽基骨界限对扩弓效果的影响 近年来,牙槽基骨对扩弓的影响受到了学者们的关注。杜胜男^[25]通过构建大鼠正畸牙移动模型,发现牙根相对于牙槽骨的矿化量越大,正畸牙移动速率可能就越快。愈来愈多的研究表明^[26],牙槽骨的改建不能即刻完成,因此更需注重牙移动过程中的解剖界限。

2.8 牙齿移动步距与牙套戴用时间对扩弓效果的影响 三维方案设计也包括对牙齿移动速度的控制。牙齿移动方式随着位移量的增加而变化,医师可根据经验和患者自身情况调整牙齿移动的步距。Clements 等^[27]实验表明,更换一副无托槽隐形矫治器的矫治效果优于 7 d 一副。根据患者个体差异以及矫治器弹性模量,矫治器更换频率为 7~14 d。

3 隐形矫治在矫形治疗中的应用

3.1 上颌骨骨性扩弓器 (maxillary skeletal expansion, MSE)^[28] 与无托槽隐形矫治器的结合 对于生长发育期后的上颌严重发育不足的患者,使用无托槽隐形矫治器不能达到理想的扩弓量,因此这些患者需要骨性扩弓。与正颌手术相比,以 MSE 为代表的微种植钉辅助支抗上颌快速扩弓器 (microimplant-assisted rapid palatal expansion, MARPE)^[29] 作为非手术骨性扩弓,在临床上广泛应用,且效果良好^[30]。郑美里等^[31]认为,由于在腭中缝扩开的同时,颧上颌骨复合体发生向外旋转,上颌牙槽骨带动牙共同“倾斜移动”。单用 MSE 时,后牙会受到骨性扩弓力的反作用力,影响后牙支抗。而隐形矫治器对后牙的全面包裹以及序列化的牙套形变会保护后牙支抗,因此,认为无托槽隐形矫治器与 MSE 的结合使用,能够在扩弓的同时,提高后牙移动的有效率。

3.2 正颌手术与无托槽隐形矫治器的结合 与固定矫治器相比,无托槽隐形矫治数字化的特性使其与 3D 数字化设计的正颌手术之间的配合更为密

切。3D 数字化设计的颌骨虚拟手术具有较强的精准性^[30]。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,通过“预见”正颌手术引起的颌位变化来逆推牙移动^[32]可视化的效果既方便治疗监控又便于医患沟通。对于腭中缝需要扩开的病例,需要用无托槽矫治器预留手术间隙。这种正颌与正畸的无缝衔接,对术后横向宽度的维持有一定的作用。

4 总结与展望

随着人工智能和 3D 打印技术发展,正畸医生设计出来的矫治器愈来愈符合医学期望,无托槽隐形矫治器在临床上也被更多的医生所选择。使用无托槽隐形矫治器上颌扩弓时,需要考虑牙齿的生物力学、附件种类与材料的特性、设计过矫治、时间维度等因素对扩弓的影响,结合患者个体情况,制定适宜的矫治方案,以达到更好的扩弓效果。时代在进步,正畸医生也迎来了数字化正畸的大时代。相信,3D 打印与 AI 智能技术能够规避现有的无托槽隐形矫治器扩弓精确度不足的缺点,将个性化、高精度、高舒适性的扩弓矫正器带到身边,进而更好的服务于患者。

[参考文献]

- [1] 郭人铭,李艺博,刘盼明,等.无托槽隐形矫治上颌扩弓精准控制的初探[J].临床口腔医学杂志,2021,37(10):602-605.
- [2] Asiry MA. Biological aspects of orthodontic tooth movement: A review of literature[J]. Saudi J Biol Sci, 2018, 25(6): 1027-1032.
- [3] Wainwright WM. Faciolingual tooth movement: its influence on the root and cortical plate[J]. Am J Orthod, 1973, 64(3): 278-302.
- [4] Elkholly F, Schmidt F, Jäger R, et al. Forces and moments delivered by novel, thinner PET-G aligners during labiopalatal bodily movement of a maxillary central incisor: An in vitro study[J]. Angle Orthod, 2016, 86(6): 883-890.
- [5] 彭治凯,徐佳.牙周组织再生术联合无托槽隐形矫治对牙周炎患者龈沟液炎症因子的影响[J].中国微生态学杂志,2021,33(8):911-915.
- [6] 韦梦瑶,胡心怡,李暄.无托槽隐形矫治对替牙期上颌横向发育不足患者扩弓的骨性效应[J].山西医科大学学报,2023,54(5):702-706.
- [7] 杨莹.无托槽隐形矫治器扩展上颌牙弓的三维有限元分析[D].大连:大连医科大学,2022.
- [8] Lione R, Paoloni V, Bartolommei L, et al. Maxillary arch development with invisalign system[J]. Angle Orthod, 2021, 91(4): 433-440.
- [9] 马锐.无托槽隐形矫治器扩弓不同设计对上颌第一磨牙转矩影响的三维有限元分析[D].兰州:兰州大学,2020.