

[文章编号] 1000-1182(2007)06-0521-04

· 专家论坛 ·

无托槽隐形矫治技术——口腔正畸的机遇与挑战

白玉兴, 王邦康

(首都医科大学口腔医学院 口腔正畸学教研室, 北京 100050)

[摘要] 无托槽隐形矫治技术是20世纪90年代后期出现的一种新兴正畸矫治技术。该技术没有与传统固定正畸技术一样的托槽和矫正弓丝等装置,其生产和加工过程是基于数字化三维重建与快速成型技术等现代先进的高科技技术,使得该技术在美观性、舒适性、便捷性、疗效可预测性等方面均具有无可比拟的优越性,受到国内外口腔正畸界的广泛关注,并在正畸临床治疗中得到不断应用和推广。随着材料学、计算机软件和硬件学、工程制作技术等相关技术的快速发展,无托槽隐形矫治技术在其发展中迎来了一些新的发展机遇;与此同时,作为一个刚刚出现10多年的新技术,其发展与临床应用还面临诸多的困难和挑战。本文对该技术的发展历史、现状以及应用前景进行论述。

[关键词] 正畸; 隐形; 矫治技术

[中图分类号] R783.5 [文献标识码] A

Opportunities and challenges during the development of the orthodontic invisible aligner technique BAI Yu-xing, WANG Bang-kang(Dept. of Orthodontics, School of Stomatology, Capital Medical University, Beijing 100050, China)

[Abstract] The bracketless invisible aligner technique has been considered as a new developed orthodontic technique since its appearance during the period of late 1990s. It is characterized with the advantages of more aesthetic, comfortable, simple, high-efficient and predictable compared with current traditional orthodontic techniques depending on brackets and wires for orthodontic tooth movements. There have been many opportunities for further development and clinical application for the technique with the developments of material sciences, computer software and hardware technology, rapid prototyping techniques, et al. Nevertheless, kinds of difficulties and challenges have been and should be met either at present or in the future for this relatively new technique which just occurred around 10 years ago. The histories, developments with opportunities and challenges and prospects of the technique will be reviewed and discussed in this paper.

[Key words] orthodontics; invisible; technique

20世纪是口腔正畸学快速发展的时期,尤其是各种新型矫治技术的出现和临床应用极大地推动了口腔正畸临床治疗水平的提高。数字化技术和计算机技术的飞速发展使口腔正畸学的诊断过程也发生了巨大的变革;直丝弓矫治技术的广泛应用,种植体支抗技术的迅速发展,各种正畸矫治器材的开发与应用都使口腔正畸治疗的效率和效果有了极大提高;更能代表当今口腔正畸治疗技术上的飞跃者还应属无托槽隐形矫治技术的研制成功,该技术首次将透明压模式矫治器的概念与先进的三维数字化技术结合起来,从而达到移动牙齿的目的。

无托槽隐形矫治技术是20世纪90年代后期首先在美国出现的一种新型牙颌畸形矫治技术,是最新的计算机图像处理和辅助设计技术、快速成型技术应用于口腔正畸领域的产物^[1]。该技术从出现至今仅有10多年,但在技术手段、材料方法、临床应用等各个方面均取得了令人瞩目的成就;同时,作为一项新兴正畸矫治技术,其发展与应用还有很多方面的问题有待于进一步研究和探讨。

本文首先简单回顾无托槽隐形矫治技术的发展历史,其次就该技术在近年来快速发展中所取得的进展进行阐述,然后探讨在其发展中所面临的困难与挑战,最后就该技术的发展前景进行展望。

1 无托槽隐形矫治技术的发展历史简况

1945年,美国的Kesling医生^[2]报道了使用硬橡

[收稿日期] 2007-10-15; [修回日期] 2007-10-30

[作者简介] 白玉兴(1967-),男,陕西人,教授,博士

[通讯作者] 白玉兴, Tel: 010-67059069

胶制作牙齿正位器,从而逐渐将这类塑料透明矫治器推广使用来移动牙齿。以后,有更多类似透明保持器的透明压模式矫治器不断得到应用。在此基础上,美国的Sheridan等^[3]提出了Raintree Essix矫治技术,通过在石膏模型上制作透明矫治器来移动牙齿,并使该技术在临床上得到了广泛应用。

1997年,两名美国Stanford大学的学生Kelsey Wirth和Zia Chishti首先在美国硅谷创立了Align公司。事实上,创立该公司的想法最初还是来源于Chishti本人矫正牙齿的经历。Chishti曾接受过成人正畸治疗,与很多患者一样,他在治疗完成后没有很好地配合配戴透明保持器而导致下颌牙列拥挤复发,只好又戴上透明压模式矫治器重新排列复发的下牙列。由于这类矫治器的矫治效率很低,Chishti感到很懊恼,但因此萌发了使用多个矫治器并结合计算机图像技术来有效移动牙齿的想法。基于Chishti这个富有创造性的想法,Chishti和Wirth,与2个正畸医生、1个计算机软件工程师共同在加州Palo Alto的车库中组建了Align公司。

在国内,2002年由首都医科大学口腔医学院、清华大学激光快速成型中心与北京时代天使生物科技有限公司对此技术进行研究开发,已经成功研制了具有我国自主知识产权的国产无托槽隐形矫治系统,并获得国家发明专利和实用新型专利,在国内口腔正畸临床也得到不断推广和应用^[4]。

2 无托槽隐形矫治技术发展中的机遇

2.1 热压模技术和材料的快速发展

热压模成型技术虽然在20世纪50年代就开始应用,但近年来发展更为迅速,各种新型压模材料相继研制成功,包括乙基纤维素塑料、聚乙烯塑料、乙烯-聚乙烯塑料、醋酸纤维素塑料、醋酸-丁酸盐纤维素塑料等。随着计算机技术的快速发展,今天的热压模成型设备都已经达到了高度自动化和精密计算机控制的程度。

除了正畸学科以外,热压模成型技术也在口腔医学的其他领域得到了广泛应用。对于因牙周病而造成的牙齿松动,可以设计热压模成型矫治器作为牙周夹板以减少牙齿的动度;也可以将其设计为夜间戴用治疗夜磨牙症的装置;在隐形矫治器的𬌗面将自凝透明塑料覆盖在牙列的窝沟及牙尖表面,制作成平滑的后牙𬌗垫^[3]。由于这类矫治器是用透明材料制作成的,具有很好的美观性,深受患者的青睐。新的矫治材料层出不穷,制作精度不断提高,操作过程也实现了自动化,从而不断推动着这项技术的进步与发展。

2.2 Essix技术的持续发展

虽然无托槽隐形矫治技术是建立在计算机三维重建和快速成型技术基础上的矫治技术,但作为透明压模式矫治器而言,Essix矫治技术的发展历史远远早于无托槽隐形矫治技术。无托槽隐形矫治技术正处在快速的研究和应用中,Essix技术的发展也一直没有停止。尤其是近年来,Essix技术在矫正器械、矫正材料等各个方面也得到了更加深入的发展,逐渐形成了更加完善的矫治技术体系,矫治效能和疗效也不断提高。与此同时,Essix技术的进一步研究和发展也对无托槽隐形矫治技术起到了一定的支持和推动作用,尤其是该技术中有关邻面去釉技术、牙齿移动的控制、涡轮去釉技术、各种热成型钳的设计和使用也在不同程度上推动着无托槽隐形矫治技术的发展,并在无托槽隐形矫治技术中得到了应用和改良^[3]。

2.3 三维扫描技术的快速发展

激光扫描是无托槽隐形矫治技术采用的第一种扫描技术。所谓激光扫描技术,是指一束激光被投射于被扫描物体上,然后记录对应的反射激光束。被扫描物体转动到几个预设的位置进行扫描,可得到不同视角的多个扫描记录;将这些不同视角的扫描记录拼合后,就可以获得被扫描物体的三维电子图像。由于激光扫描技术在诸如扫描速度、获取凹凸或较小邻接面数据的能力等方面存在问题,为解决上述问题,无托槽隐形矫治技术采用了破坏式扫描技术(即层析扫描技术)。

近年来,随着技术的进步,在无托槽隐形矫治技术中开始应用工业化CT技术(计算机化层面摄影法)来建立三维牙颌模型。CT采用X射线扫描物体,X射线穿透印模后形成的图像被安装在印模后的探测器捕获。然后,转盘转动一个小的角度,再捕获另一个图像,直至多个图像被高速捕获并保存。后处理软件根据穿透印模后X射线的衰减量,得到牙颌的几何信息。CT扫描技术可以直接扫描印模,无需再进行模型的灌制和包埋过程,应用这种方法可以极大地提高扫描过程的效率。

2.4 无托槽隐形矫治技术中软件技术的快速发展

在无托槽隐形矫治技术刚开始应用时,软件就被认为是组成这项技术的关键。随着扫描和快速成型系统的发展,可以使物体被扫描后在计算机上数字化重建并进行实体复制。实际上,这些技术就是计算机辅助设计(computer aided design, CAD)的应用。无托槽隐形矫治技术所需要的是能够提供隐形矫治器设计的CAD相关软件,该软件支持一个虚拟的模型代替标准的牙科印模用在常规的正畸学矫治

器制造上。

无托槽隐形矫治技术中应用的软件要满足大批量生产对这些关键建模功能的要求,即其输入是基于原始牙颌模型得到的数据,输出是生成的用于制造矫治器的牙颌模型,在整个中间过程中,牙颌都是虚拟的。该类软件需完成以下一些功能:牙齿的分割、最终状态设计、分步设计、方案审核和加工。随着软件技术的飞速发展,在无托槽隐形矫治技术诊断与设计,具有不同功能的设计与加工软件都使无托槽隐形矫治技术在可操作性、设计精度、工作效率、可视化程度等各个方面不断升级与提高^[9]。

2.5 无托槽隐形矫治技术生产流程的自动化发展

无托槽隐形矫治技术的设计和加工流程比较复杂。受到技术的限制,过去隐形矫治器的所有打磨、激光蚀刻、消毒、包装过程都是通过人工操作完成后寄给临床医生的;如今,矫治器的打磨过程已经完全实现了自动化操作,所有工作都是在一个五轴铣床上由计算机控制的机器人完成,加工效率高,产品质量稳定。同时,在设计方面,计算机自动化设计程度也在不断提高和完善。

2.6 印模技术以及材料的发展

准确、清晰和稳定的印模是无托槽隐形矫治技术成功治疗的关键。藻酸盐印模材料在口腔正畸临床治疗中用于制作研究模型已经使用很多年,为了提高印模材料的精确度和稳定性,人们开始应用添加了硅树脂和聚醚的人造橡胶印模材料。有关新型印模材料的研究和开发也很迅速,为临床医生提供了更多的选择。目前主要的印模材料有硅橡胶、聚醚硅橡胶、藻酸盐、藻酸盐替代品等。然而,针对无托槽隐形矫治技术的技术特点,目前很多医生和学者也在致力于开发适合于该技术的专用印模材料,并努力在操作时间、精细程度、稳定性、回弹性、消毒方法等方面达到更高的标准。

2.7 无托槽隐形矫治技术在青少年患者中的应用

自无托槽隐形矫治技术问世以来,很多临床报道充分证明了这种矫治技术的先进性和有效性。但是,该类矫治器最初是作为一种美观性的矫治器主要应用于成人患者,而对其是否适合于青少年患者引起了一些学者和临床医生的争论。因为成年人的牙列较为稳定,而青少年的牙齿正在萌出,颌骨处于发育中;正畸治疗中,成年人通常是最为合作的,而青少年患者的合作性较差;所以,从商业角度出发,无托槽隐形矫治技术主要是针对那些不愿意配戴固定矫治器而又想矫正牙齿的成年患者。但是,随着无托槽隐形矫治技术的不断推广应用,

也有越来越多应用该技术矫治青少年牙颌畸形的报道,充分说明该技术也可成功矫治青少年患者。

2.8 适应证的扩展

随着无托槽隐形矫治技术在临床上的不断应用和推广,其适应证也不断扩展,从而更加有效地在三维方向上准确地移动牙齿。临床应用表明,无托槽隐形矫治技术对下列患者均可获得具有良好预测性的治疗效果:1)不愿选择固定矫治器的患者;2)后牙咬合关系稳定的患者;3)不需要对前牙进行大范围修复的患者;4)只需要牙齿单纯倾斜移动的患者;5)牙周状况不良或是对龋齿易感的患者;6)需要修复治疗的患者;7)有短根牙或者对牙根吸收具有高度易感性的患者;8)覆骀较浅或者是有轻度开骀的患者;9)有重度牙齿磨损的患者;10)有颌面肌肉疼痛的患者;11)面型可以接受并伴有轻度牙列拥挤的轻度 Ⅱ类错骀患者;12)口内已有多个烤瓷、金合金或者其他修复体的患者;13)前牙深覆骀的患者;14)前牙反骀及后牙反骀的患者等^[6-11]。

3 无托槽隐形矫治技术发展中所面临的挑战

3.1 咬合的问题

采用无托槽隐形矫治技术,必须获取上下颌牙列之间的咬合记录才能精确了解牙列的咬合情况。由于目前在技术上还无法获得具有虚拟化铰链轴的虚拟化Typodont骀架,所以所有的咬合记录都是在正中骀位取得的。如果治疗是基于正确的咬合情况,那么为实现最终排列而进行的移动也是准确的。虽然在上下颌咬合关系三维重建方面已经达到了非常好的精确度和准确度,而且针对咬合的软件系统也能很好地匹配上下颌对应的牙齿表面接触关系,但目前还没有完全实现咬合关系的自动化重建,这也是未来无托槽隐形矫治技术的发展方向之一。

3.2 附件的问题

在很多情况下,无托槽隐形矫治技术中需要设计和粘接附件。附件的主要作用是使矫治器在移动牙齿过程中更好地控制牙齿。在一些情况下,通过附件还可以增强矫治器的固位力。附件常用于下述情况:牙齿解剖形态不能提供矫治器在其上密合就位所需的倒凹;为临床上实现牙齿的某种移动提供足够支抗而需要提高矫治器的固位力;由于牙齿移动生物力学和矫治器施加矫治力的方式所限,不使用附件就无法施加临床需要的特定方向矫治力。

虽然使用附件在无托槽隐形矫治技术中已经较为广泛,但有关附件的作用原理以及详细设计规则仍在不断探讨中。目前,尚无可常规应用和设计的各种型号和形状的商业化附件产品。

3.3 无托槽隐形矫治技术中牙齿移动的生物力学机制研究

正畸牙移动的生物力学基础就是牙周组织对所受到矫治力的反应。矫治力的方向、大小以及力量的分布和持续时间都会影响牙周组织反应。无托槽隐形矫治器的设计使研究其力学机制成为一种巨大的挑战,其力学机制的研究存在几个难点。最困难之处在于,隐形矫治器与活动矫治器一样,不是附着于牙齿表面进行施力的刚性物体,这就造成隐形矫治器与牙齿之间极为复杂的相互作用方式。另一个难点来自于隐形矫治器本身复杂的形状。这种矫治器贴合于牙齿表面对牙齿施加矫治力,矫治力可以作用在牙冠表面的任何一处,很难确认其确切的作用力部位以及产生何种力量和力矩。再者,牙齿外形的个体差异很大,隐形矫治器与牙齿之间的交互作用是因人而异的。近年来,已经有针对无托槽隐形矫治技术生物力学机制的研究报道,在此方面还需作更多努力,以阐明其生物力学机制,进一步指导临床设计和治疗。

3.4 应用无托槽隐形矫治技术进行拔牙矫治的问题

正畸治疗中的拔牙矫治一般被认为是相对复杂的正畸治疗。在拔牙正畸治疗中,医生所面临的最大挑战就是如何在关闭拔牙间隙时对牙根位置和支抗进行合理有效的控制。因此,无托槽隐形矫治技术能否成功地进行拔牙治疗一直是国内外正畸学者关注的问题,也给该技术本身提出了更高的要求。从目前情况看,应用无托槽隐形矫治技术进行下颌切牙拔除的正畸拔牙矫治已经比较成熟,但针对拔除4个第一前磨牙的治疗病例,国外有一些报道,国内的病例仍在治疗中。如果能深入理解和掌握无托槽隐形矫治技术中牙齿移动的生物力学原理,并能将这些知识灵活地应用到临床诊断和治疗设计中,必将在不久的将来会有突破,从而使无托槽隐形矫治方法成为一种具有良好可预测性的常规正畸治疗手段^[8-9]。

4 无托槽隐形矫治技术的发展与应用展望

虽然采用透明压模式矫治器移动牙齿的概念早在1926年就已经提出,但是,直到无托槽隐形矫治技术的出现才第一次真正将现代高新技术应用到此理念中,为正畸治疗提供了一种方便、实用、简捷的方法。可以想像,如果无托槽隐形矫治技术中缺少了作为其标志性的创新性计算机技术和先进的加工生产技术,那么,要生产出具有如此高精度的大

量隐形矫治器会是非常困难的。从无托槽隐形矫治技术出现以来,该技术一直处在不断的进步和发展中,从而可以更好地满足临床医生及患者的需求。

回顾历史可以发现,口腔正畸学的每一次快速发展和进步都伴随着相关关键技术的发展和进步,无托槽隐形矫治技术就是在跨入21世纪以后在口腔正畸学领域出现的一个新生事物、一种新兴的治疗理念和技术。这种矫治技术的出现顺应了人们追求美观、舒适、健康的现代治疗观。虽然,在目前的技术条件下,无托槽隐形矫治技术仍然无法满足患者所有的正畸要求,但是,随着这项技术的不断进步与完善,必将会有越来越多有正畸需求的人群从中获益。

[参考文献]

- [1] Boyd RL, Miller RJ, Vlaskalic V. The invisalign system in adult orthodontics: Mild crowding and space closure cases[J]. J Clin Orthod, 2000, 34(4): 203-212.
- [2] Kesling H. The philosophy of the tooth positioning appliance[J]. Am J Orthod, 1945, 31(6): 297-304.
- [3] Sheridan JJ, LeDoux W, McMinn R. Essix retainers: Fabrication and supervision for permanent retention[J]. J Clin Orthod, 1993, 27(1): 37-45.
- [4] 白玉兴, 周洁琨, 王邦康, 等. 国产无托槽隐形正畸矫治系统的开发与研制[J]. 北京口腔医学, 2004, 12(2): 89-92, 96. BAI Yu-xing, ZHOU Jie-min, WANG Bang-kang, et al. Development of a Chinese made bracketless and invisible orthodontic treatment system[J]. Beijing J Stomatol, 2004, 12(2): 89-92, 96.
- [5] Boyd RL, Vlaskalic V. Three-dimensional diagnosis and orthodontic treatment of complex malocclusions with the invisalign appliance[J]. Semin Orthod, 2001, 7(4): 274-293.
- [6] Miller RJ, Duong TT, Derakhshan M. Lower incisor extraction treatment with the invisalign system[J]. J Clin Orthod, 2002, 36(2): 95-102.
- [7] Miller RJ, Derakhshan M. The invisalign system: Case report of a patient with deep bite, upper incisor flaring, and severe curve of Spee[J]. Semin Orthod, 2002, 8(1): 43-50.
- [8] Womack WR. Four-premolar extraction treatment with invisalign[J]. J Clin Orthod, 2006, 40(8): 493-500.
- [9] Honn M, Goz G. A premolar extraction case using the invisalign system[J]. J Orofac Orthop, 2006, 67(5): 385-394.
- [10] Turatti G, Womack R, Bracco P. Incisor intrusion with invisalign treatment of an adult periodontal patient[J]. J Clin Orthod, 2006, 40(3): 171-174.
- [11] Miethke RR, Brauner K. A comparison of the periodontal health of patients during treatment with the invisalign system and with fixed lingual appliances[J]. J Orofac Orthop, 2007, 68(3): 223-231.

(本文编辑 吴爱华)