

# 牙周膜和牙槽骨牵张成骨术加速正畸牙移动

罗启贤 刘长庚

广州医科大学附属广佛医院口腔科 佛山 528251

**[摘要]** 牙周膜牵张成骨(PDL)和牙槽骨牵张成骨(DAD)是牵张成骨术在加速正畸牙移动方面应用的具体技术,本文就PDL和DAD术式,PDL和DAD的基本原理,牵张过程与牙体移动特点,支抗牙移动,牙体在新骨区的移动,牵张过程中的牙周组织变化,牵张过程中的不利及不确定因素等研究进展作一综述。

**[关键词]** 牙周膜; 牙槽骨; 牵张成骨

**[中图分类号]** R 783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2014.03.015

## Distraction osteogenesis of periodontal ligament and dentoalveolar bone acceleration in orthodontic tooth movement

Luo Qixian, Liu Changeng. (Dept. of Stomatology, The Affiliated Guangfo Hospital of Guangzhou Medical University, Foshan 528251, China)

**[Abstract]** Periodontal ligament distraction(PDL) and dentoalveolar distraction(DAD) are specific technologies used for the acceleration of orthodontic tooth movement. In this article, the author attempts to compare PDL and DAD in terms of operation, foundation, distraction process, characteristics of tooth movement, movement of anchorage and tooth in new bone, change in periodontal histopathology, and potential risk during the process.

**[Key words]** periodontal ligament; dentoalveolar bone; distraction osteogenesis

在常规的正畸治疗过程中,牙体移动速率约为每月1 mm,治疗时间2年左右;因此,如何加速正畸牙移动一直是正畸学者关注的热点,包括寻找最佳正畸力,改进托槽、弓丝性能,各种理化措施加速骨改建,外科手术结合等方法,如近年来发展起来的应用牵张成骨(distraction osteogenesis, DO)技术加速正畸牙移动。

DO系指用特殊的牵张装置在截开的两骨断端间或骨缝处,施加牵张力,以促进新骨形成,延长或增宽骨骼。1973年,DO被用于犬下颌骨;1992年,DO被用于人下颌骨;1998年,有研究者根据DO的原理,提出了牙周膜牵张成骨(periodontal ligament distraction osteogenesis, PDL),在手术去骨减阻后利用牙支持式牵张装置快速移动尖牙,以缩短正畸疗程;2002年,Kisnisci等<sup>[1]</sup>对PDL术式进行了改进,最大限度地游离尖牙,提出牙槽骨牵张成骨(dentoalveolar distraction

osteogenesis, DAD)。目前,手术辅助尖牙快速移动技术研究主要集中在PDL和DAD方面。

## 1 PDL和DAD术式

### 1.1 PDL术式

拔除第一前磨牙后随即进行尖牙远中牙槽间隔的修整,通过涡轮机磨除尖牙远中1/2厚度的骨间隔,同时在牙槽窝的颊侧、舌侧、底部各磨出一条沟,且底部的沟斜向尖牙远中牙槽间隔的基底,以减少尖牙后移的阻力。之后在第一磨牙(支抗牙)和尖牙(移动牙)上粘接牵张装置,术后当天远中牵张尖牙,牙周膜受力促进尖牙近中(张力侧)成骨,实现快速尖牙远中移动。

### 1.2 DAD术式

在尖牙和前磨牙前庭沟处平行于牙龈缘做2~2.5 cm的切口,翻开黏膜骨膜瓣暴露牙根区域。分别用裂钻在尖牙的近远中沿牙根外形钻出一排垂直小孔并使其向根尖延续形成一弧度,最高点距根尖3~5 mm。用更小的裂钻将小孔连成线,行截骨术。拔除第一前磨牙。用大球钻去除尖牙远

**[收稿日期]** 2013-08-25; **[修回日期]** 2013-11-20

**[基金项目]** 佛山市科学技术局科研立项项目(201208137)

**[作者简介]** 罗启贤, 硕士, Email: benjaminlaw@qq.com

**[通讯作者]** 刘长庚, 主任医师, 博士, Email: 502891288@qq.com

中至第二前磨牙近中的颊侧骨和拔牙窝根尖骨板及上颌窦壁附近的根尖骨密质,以减少尖牙远中阻力,同时保留舌腭侧骨密质。沿尖牙周围的截骨线行骨劈开术并充分松解尖牙、颊侧骨密质以及包绕尖牙根的骨松质,随后关闭切口。术后随即粘接牵张装置并于当天开始牵张。

### 1.3 比格犬建模

尽管有学者尝试以其他动物建立PDL D模型<sup>[2]</sup>,但迄今为止的PDL D和DAD模型仍以比格犬为主。以比格犬单根的第一前磨牙模拟尖牙,双根的第三前磨牙模拟第一磨牙,拔除第二前磨牙后进行PDL D或DAD术式,粘接个体化制作的牵张器进行牵张。

## 2 PDL D和DAD的基本原理

### 2.1 PDL D的基本原理

有学者认为,牙周膜的组织结构与上颌腭中缝的组织结构类似,均由结缔组织连接两骨,且富含未分化的间充质细胞,牙周膜较腭中缝更具活性。可将牙周膜看作牙和牙槽骨之间的骨缝,其过程类似于快速上颌扩弓。牙槽骨的弯曲变形是正畸牙移动的机制之一。牙体最先移动量的25%是靠牙槽骨弯曲变形实现的,牙根加载牵张力以后,牵张侧的骨组织会产生微裂纹和微损伤,从而启动了骨形成。成骨过程与上颌快速扩弓过程一致,主要不同的是成骨速率。

### 2.2 DAD的基本原理

与PDL D直接依靠牙周膜的牵张作用不同,DAD的尖牙牙根被牙槽骨片段包绕,移动牙受力后通过牙周膜将力传递至牙槽骨输送盘的外围骨质,成骨位置主要在截骨线两端的牙槽骨上,其方式更接近常规DO。

### 2.3 PDL D和DAD牙槽骨减阻术

由于PDL D或DAD都采取了牙槽骨减阻,快速牵张得以实现,因此也有部分学者将二者称之为减阻牵张快速牙移动。有研究者认为,降低牙移动路径上的骨阻力后,即使运用常规力和微重力即可加速牙体移动速度。Han等<sup>[3]</sup>通过比格犬自身配对试验,试验侧拔牙后去除牙槽窝近中骨组织,对照侧仅仅拔牙,后均以镍钛螺旋施加100×g牵张力。4周后试验侧牙移动距离为(1.868±0.022)mm,对照侧(1.008±0.057)mm。有人<sup>[4-5]</sup>建立的动物模型也都实施了牙槽骨减阻术。

## 3 牵张过程与牙体移动特点

### 3.1 即刻牵张和延迟牵张

PDL D没有延迟期或延迟期较短,一般在手术当天即开始牵张,也有术后第三天开始牵张的<sup>[6]</sup>。DAD则选择不一,有的选择当天或延迟1~3d牵张,也有的按DO原则,延迟5~7d牵张。二者均未见明显的不良反应。Moore等<sup>[7]</sup>建立DAD犬模型以观察延迟期的影响,试验组术后当天牵张,对照组则于术后第5天牵张,各自牵张10d,试验组和对照组分别固定7周和6周。显微CT观察显示,两者仅在骨小梁间隔有轻度差异,在新生骨的数量和质量上差异无统计学意义。

### 3.2 牵张速率

DO公认,以每天1.0mm左右的速率牵张对新骨的生长和周围组织的适应性生长最有利。PDL D和DAD尽管已行减阻,阻力仍然较DO大,大多数学者皆将牵张速率控制在每周1.2mm以内,也有人以每天0.5~1mm的速率进行牵张;但是,这些牵张毕竟都是牙支持式的,其牵张速率必需考虑牙周膜耐受能力。黄丽等<sup>[8]</sup>通过PDL D犬模型,分别给予牙体每天0.2、0.6、1.0mm的牵张速率,结果发现0.2和0.6mm组的牙周膜改建活跃,张力侧牙周膜明显增宽,均明显宽于常规对照组,牙周膜细胞丰富,血管扩张,有明显的新骨生成。1.0mm·d<sup>-1</sup>组牙周纤维断裂,牙周组织水肿,未见新骨生成。

3.2.1 PDL D的牵张速率 有人以PDL D将15例患者共26颗尖牙每日牵张0.5~1.0mm,上下颌尖牙在3周内向拔牙区移动了6.5mm;部分尖牙出现轻度倾斜,但大多数是整体移动,且上下尖牙移动速率无差异。有研究者给予11例20颗尖牙每天加力3次每次0.1mm,结果在(25.6±4.7)d内移动(5.56±1.32)mm,移动牙有12.20°远中倾斜和18.53°旋转,支抗牙前移(0.76±0.75)mm,中切牙近中接触点舌向移动(0.67±0.55)mm。Kumar等<sup>[9]</sup>也进行了临床报道。亦有研究通过PDL D犬模型也得出类似的移动效果。

3.2.2 DAD的牵张速率 有人以DAD每天2次、每次0.4mm的速率远中移动尖牙,平均10d即可完成尖牙的远中移动,效率较PDL D辅助正畸的牙移动速率高,而且支抗牙仅有轻度的近中移动。有研究者以DAD将36颗上颌尖牙在8~14d内,以每

天0.8 mm的速率快速牵张到位。

### 3.3 双根牙牵张

除了单根牙牵张外,也有学者进行了双根牙牵张研究。Cohen等<sup>[10]</sup>建立双根牙的PDL和DAD犬模型自身配对试验:拔除第一前磨牙后以第二前磨牙(双根)作为移动牙,以每天0.5 mm的速度向前牵张15 d,结果显示,PDL和DAD皆能明显地移动牙冠和牙根。DAD组(2.9 mm)的冠前移较PDL组(1.8 mm)更明显。两者牙冠都有明显的倾斜。远中根吸收量几乎是近中根的2倍,但是吸收有限,两侧无差异。

## 4 支抗牙移动

在常规正畸牙移动过程中,支抗牙受力后的移动大致可分为初始较快速移动期和之后的滞缓期。前者因为受力后牙周膜压缩和牙槽骨变形弯曲,同时牙体和牙槽骨接触引起牙槽骨玻璃样变,玻璃样变组织的吸收需要2~3周,这就是滞缓期,之后牙体会进一步移动。为了避免支抗牙移动,PDL和DAD牵张加力时间要控制在滞缓期内。诸多的临床研究都在3周内完成牵张,因而能有效地避免支抗牙移动。

## 5 牙体在新骨区的移动

### 5.1 牙移动时机

牙体在牵张成骨形成的新骨区中的移动时机和力值,一直是学术界关注的问题。牙移动时机主要有即刻和延期移动。

5.1.1 即刻移动 有研究在2周内的DO犬模型双侧下颌骨第三、四前磨牙间形成平均11 mm的新骨区,以50×g的力牵张第四前磨牙进入新骨区,一侧在牵张成骨的同时移动牙进入新骨区,另一侧在牵张成骨完成后立即移动牙进入新骨区。结果显示:牵张成骨完成后立刻牙移动者效果更佳,牙移动速率为每周1.2 mm,且牙周支持组织保存较好;另一组则出现牙槽骨轻度到重度的吸收,且牙移动速率仅每周0.83 mm。尹林玲等<sup>[11]</sup>将10只犬下颌牵张成骨后,即刻以30×g的力牵张牙体在新骨区移动,每周(1.055±0.054) mm。结果在压力侧未观察到透明样变,牙根表面吸收陷窝少见,抗酒石酸酸性磷酸酶染色显示破骨细胞较传统牙移动更活跃。

5.1.2 延期移动 延期的观点认为,应在骨改建稳固后再进行牙移动。有研究<sup>[16]</sup>在犬模型双侧下颌第三、四前磨牙间分别进行牵张成骨,得到新骨区10 mm,分别于固定2和12周以100×g的力移动第三前磨牙进入牵张成骨区,同时远中移动第二前磨牙作为对照组。结果显示,对照组和12周组的牙移动速率分别为0.4 mm和0.5 mm,且两者间差异无统计学意义。2周组试验牙在前8周的平均移动速度可达每周1.1 mm,8周后为每周0.4~0.5 mm。组织学观察表明,12周组张力侧和压力侧的表现与对照组类似。2周组试验牙张力侧牙周膜间充质细胞增多,新骨形成,但牙根周围的牙槽骨和结缔组织较对照组少,压力侧牙根吸收几乎达到牙本质厚度的一半,而且从釉质牙骨质界延伸至根尖区。由此,他们不主张早期移动牙进入牵张成骨区。

凌宁等<sup>[12]</sup>给予8只犬下颌牵张成骨,固定6周后牵张牙体进入新成骨区,牙根均未见明显吸收,牙周膜轻度增宽。El Sharaby等<sup>[13]</sup>待犬的颌骨牵张出9 mm新骨后,分别在固定1、3、6周后将牙移动进入牵张间隙,结果X线和组织分析发现有根吸收和牙槽骨丧失,且根吸收和牙槽骨丧失与牙早期移入新生骨有关;因此,他们不推荐早期牙移动进入牵张新生骨。他们认为,在牙移动前行X线检查并将其作为参考是可取的。

### 5.2 牙移动力值

以多大的力值将牙体移入新骨区,目前尚无定论。有研究者给予犬牙50×g的力进行早期牵张,未发现明显不良反应。也有研究者给予犬牙100×g的力进行早期牵张,则牙根吸收明显。有研究者在犬下颌牵张成骨后保持6周,分别以50×g和100×g的力将试验牙移入骨再生区,结果发现以100×g较50×g力值移动试验牙的速度快,牙根未见明显吸收,牙周膜轻度增宽。

## 6 牵张过程中的牙周组织变化

### 6.1 DAD过程中的牙周组织变化

过往许多关于快速牵张后骨缝矿化速度的研究显示,快速牵张后的1个月内,骨缝矿化的速度最快,即大部分骨缝已矿化完成,随后其矿化速度减慢,直到3个月后骨缝矿化基本完成。目前,学术界已对DO的组织学变化达成共识,然而DAD的临床报道未见详细描述牙周组织随时间的变

化。Spencer等<sup>[14]</sup>则将DAD犬模型分为2组，每天分别移动1、2 mm，第二前磨牙移动5 d后固定6周，显微CT检测其成骨量、骨小梁数量、密度和粗细等。他们发现，DAD成骨的大小和外形类似于普通对照骨。

## 6.2 PDL D过程中的牙周组织变化

有研究者根据尖牙近中牙周膜的X线影像变化，把PDL D分为1)牙周膜延展期：牵张开始后第1周，骨形成不显著；2)骨生长激活期：第2周到牵张结束，线状骨成骨活跃；3)牙周膜恢复期：牵张结束后第1周到第4周，线状骨且更致密，且渐渐由尖牙近中硬骨板扩展到切牙远中，新生骨的X线特征和骨密质相似，牙周膜宽度恢复正常；4)线状骨改建期：牵张结束后第4周到3个月，线状骨密度向尖牙方向逐渐降低，最终在尖牙近中形成新的硬骨板，密度与牙槽骨一致；5)线状骨成熟期：牵张结束后3个月，最初的硬骨板消失，形成正常厚度的硬骨板，侧切牙和尖牙间的骨间隔在X线上与其他牙的骨间隔不能区分。

陈曦等<sup>[15]</sup>将PDL D犬模型牵张2周后固定发现：牵张2周后，试验组移动牙张力侧牙周膜较常规牙移动对照侧明显增宽，新生骨小梁呈指状突起相互连接且与作用力方向一致；压力侧透明性变组织少，减阻骨间隔吸收活跃；第3周，试验组张力侧新生骨小梁变得粗大，对照侧牙周膜恢复正常，骨沉积线较明显，两组压力侧透明性变区已局限；第6、8周，组试验侧与同组对照侧相比较，移动牙张力侧、压力侧牙周膜的组织结构无明显差异。与之相似的研究也显示，在牵张成骨期间新骨区无矿化表现，固定期第1周骨断端出现骨矿化现象，4周后矿化范围扩大，8周时整个新骨区出现的矿化，12周时新骨区已充满高密度骨小梁。

## 7 牵张过程中的不利及不确定因素

### 7.1 牙根吸收

正畸患者均有不同程度的牙根吸收，有研究显示，牙根外吸收出现在正畸力施加后的2~3周，且与施加力的持续性有关。正畸力的持续性与牙根吸收有关，是加重牙根吸收的因素，且其作用较力量大小更关键，尤其在长期的治疗过程中。在PDL D和DAD的相关试验中，牙体的牵张基本上都在3周内完成，故能较大程度地避免根吸收。

祁涛等<sup>[16]</sup>将犬模型牵张2周后固定，用扫描电镜观察其牙根表面形态发现：试验组移动牙压力侧牙根在加力后1周即出现了明显的吸收；在加力后2周、4周，牙根吸收范围和深度明显加重；但在12周时，吸收陷窝变浅，根面变平。他们认为，停止加力后随着时间的延长，牙根吸收可修复。

### 7.2 牙髓活性

在PDL D后，有研究者通过测量并未发现牙髓坏死；亦有研究显示，也未见牙变色及牙髓失去活性。张勇等<sup>[17]</sup>发现在PDL D后，牵张牙牙髓中白细胞介素-8明显增高，但保持2周后，白细胞介素-8指标下降到与空白对照组无明显差异。郭新星等<sup>[18]</sup>通过PDL D犬模型发现：牙髓肿瘤坏死因子- $\alpha$ 的质量在牵张加力2、4周后明显升高，停止牵张加力后第1、2周其质量明显降低；在第3、4周，肿瘤坏死因子- $\alpha$ 的质量稳定在一定水平上，其质量低于对照组（同一模型，不加力牵张）。他们发现，牙槽骨牵张2、4周快速移动牙体时，牙髓内肿瘤坏死因子- $\alpha$ 的质量均可在牵张后2周内基本恢复正常，然而牵张后的7~14 d，则为其转变的关键时期。

### 7.3 牙龈变化

在DAD前后，尖牙龈沟深度在近中、远中、腭侧面均有变化，远中面深度增加最明显；到了DAD后1个月，龈沟深度变浅；颊侧面的龈沟变化在DAD前后及保持期变化都不明显；角化龈宽度在牵张后变薄，可能系术后瘢痕挛缩所致；无论在DAD前后还是在保持期，均未出现牙龈退缩。

## 8 结束语

综上所述，PDL D和DAD已在临床开展并取得一定的效果，但多数仍属尝试性研究且并不流行，手术创伤和潜在风险等也许是其原因。目前，PDL D和DAD的短期疗效是可以接受的，但其长期疗效的报道还较少。在Kurt等<sup>[19]</sup>对1例DAD治疗后5年的病例的随访中，并未发现根折、根吸收、骨性粘连和软组织裂开等并发症。Allgayer等<sup>[20]</sup>报道了1例PDL D患者治疗后2年的随访情况，其美学和咬合稳定性均满意。至于PDL D和DAD间的优劣，目前还没有高质量的证据作判断。Long等<sup>[21]</sup>通过系统评价认为，PDL D和DAD皆有较很好的应用前景，但其疗效仍缺乏令人信服的证据。Kharkar等<sup>[22]</sup>初步认为，在尖牙内收、移动

牙倾斜、支抗丧失和牙根外吸收等方面, DAD均优于PDL。另外, DAD还可应用于牙根过短、修复牙槽骨缺损, 移动骨性粘连牙等。PDPD术式简单, 创伤较小, 患者更容易接受。

## 9 参考文献

- [1] Kisnisci RS, Iseri H. Dentoalveolar transport osteodistraction and canine distalization[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2011, 69(3):763-770.
- [2] 张延晓, 周洪, 王晓荣. 大鼠牙周膜牵张成骨过程中血管内皮生长因子和骨钙素的表达[J]. *华西口腔医学杂志*, 2011, 29(6):651-654.
- [3] Han XL, Meng Y, Kang N, et al. Expression of osteocalcin during surgically assisted rapid orthodontic tooth movement in beagle dogs[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2008, 66(12):2467-2475.
- [4] 黄丽, 王好, 杨正, 等. 不同牵引速率的牙周膜牵引成骨快速牙移动动物模型的建立[J]. *口腔医学*, 2009, 29(7):345-347.
- [5] Ai H, Xu QF, Lu HF, et al. Rapid tooth movement through distraction osteogenesis of the periodontal ligament in dogs[J]. *Chin Med J(Engl)*, 2008, 121(5):455-462.
- [6] 马文盛, 董福生, 任贵云, 等. 牙槽间隔减阻术后快速移动尖牙的临床初探[J]. *中华口腔医学杂志*, 2008, 43(9):546-550.
- [7] Moore C, Campbell PM, Dechow PC, et al. Effects of latency on the quality and quantity of bone produced by dentoalveolar distraction osteogenesis [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011, 140(4):470-478.
- [8] 黄丽, 王好, 杨正, 等. 牙周膜牵引成骨不同牵引速率移动牙张力侧牙周组织改建研究[J]. *中华口腔医学研究杂志: 电子版*, 2008, 2(6):7-9.
- [9] Kumar KV, Umashankar K, Kumar DP, et al. Evaluation of canine retraction through distraction of the periodontal ligament: a clinical study[J]. *J Contemp Dent Pract*, 2012, 13(6):799-805.
- [10] Cohen G, Campbell PM, Rossouw PE, et al. Effects of increased surgical trauma on rates of tooth movement and apical root resorption in foxhound dogs[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2010, 13(3):179-190.
- [11] 尹林玲, 房兵, 娄新田, 等. 牵张成骨区快速牙移动压力侧牙周组织的改建[J]. *上海口腔医学*, 2011, 20(6):584-589.
- [12] 凌宁, 陈建, 王银龙, 等. 不同力值下犬牙移入牵张成骨再生区的模型建立[J]. *现代口腔医学杂志*, 2009, 23(4):402-405.
- [13] El Sharaby FA, El Bokle NN, El Boghdadi DM, et al. Tooth movement into distraction regenerate: when should we start[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011, 139(4):482-494.
- [14] Spencer AC, Campbell PM, Dechow P, et al. How does the rate of dentoalveolar distraction affect the bone regenerate produced[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011, 140(5):e211-e221.
- [15] 陈曦, 林珠, 张晓东. 减阻牵张矫治法正畸牙快速移动牙周组织改建的研究[J]. *第四军医大学学报*, 2005, 26(8):685-687.
- [16] 祁涛, 卢嘉静, 葛振林. 减阻牵张法快速移动牙体的牙根表面扫描电镜观察[J]. *现代口腔医学杂志*, 2010, 24(3):216-220.
- [17] 张勇, 叶静, 郭新星, 等. 牙周膜牵张成骨快速移动牙牙髓中IL-8表达的变化[J]. *山东大学学报: 医学版*, 2008, 46(4):379-381.
- [18] 郭新星, 陈静, 张勇, 等. 不同时段牙周膜牵张成骨快速移动牙体对牙髓中TNF- $\alpha$ 表达影响研究[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2011, 4(7):422-424.
- [19] Kurt G, Işeri H, Kişnişçi R. Rapid tooth movement and orthodontic treatment using dentoalveolar distraction (DAD). Long-term (5 years) follow-up of a Class II case[J]. *Angle Orthod*, 2010, 80(3):597-606.
- [20] Allgayer S, Rosenbach G, Tavares CA, et al. Periodontal ligament distraction: esthetics and occlusal stability at the 2-year follow-up[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013, 143(4):535-546.
- [21] Long H, Pyakurel U, Wang Y, et al. Interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review[J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(1):164-171.
- [22] Kharkar VR, Kotrashetti SM, Kulkarni P. Comparative evaluation of dento-alveolar distraction and periodontal distraction assisted rapid retraction of the maxillary canine: a pilot study[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2010, 39(11):1074-1079.

(本文采编 王晴)