

·综述·

一种非手术组织增量方法:正畸牵引在口腔种植的应用

吴文震 邱妮 肖玉鸿

中国人民解放军联勤保障部队第九二〇医院口腔科/昆明医科大学教学医院,昆明 650032

通信作者:肖玉鸿,Email:xiaoyuhong56@126.com



扫码阅读电子版

【摘要】 通过正畸牵引无法保留的患牙来增加种植位点的牙槽骨量及软组织量的方法在一定条件下可以达到满意的效果,并为成功的种植修复做准备。对于美学区(前牙区)的种植修复而言,患者需求不仅仅局限于恢复咀嚼功能,亦更加注重美学效果。正畸牵引重建这种非手术的方法同时实现软、硬组织的增量,具备创伤小、安全、可靠的优点。尽管该项技术存在应用范围较窄及治疗周期较长等局限性,同时临床实施上尚且缺乏统一标准,但正畸牵引重建种植位点软硬组织是跨学科治疗的有益实践,具有一定的发展前景。

【关键词】 牙列; 牙种植; 牙正畸牵引; 牙列缺损; 骨增量; 软组织重建

基金项目:国家自然科学基金(81970972)

引用著录格式:吴文震,邱妮,肖玉鸿.一种非手术组织增量方法:正畸牵引在口腔种植的应用[J/CD].中华口腔医学研究杂志(电子版),2020,14(6):390-395.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.06.009

A nonsurgical tissue incremental approach: application of orthodontic extrusive in oral implantology

Wu Wenzhen, Qiu Ni, Xiao Yuhong

Department of Stomatology, 920th Hospital of Joint Logistics Support Force, Teaching Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650032, China

Corresponding author: Xiao Yuhong, Email: xiaoyuhong56@126.com

【Abstract】 To increase the amount of alveolar bone and soft tissue at the implant site through orthodontic extrusion to increase the amount of alveolar bone and soft tissue at the implant site, and to prepare for successful implant restoration, especially for the aesthetic area (anterior tooth area). In terms of implant restoration, the patient's needs are not only limited to recovering chewing function, but also hoping to obtain better aesthetic results. The orthodontic extrusive remodeling can simultaneously increase the soft and hard tissues, and has the advantages of less trauma, safety and reliability. Although this technology has limitations such as narrow application range and long treatment period, and the lack of uniform standards in

clinical implementation. For the reconstruction of the soft and hard tissues of the implant site, orthodontic extrusive remodeling is a beneficial practice for interdisciplinary treatment and has certain development prospect.

【Key words】 Dentition; Dental implantation; Orthodontic extrusion; Dental arch deficiency remodeling; Bone augmentation; Soft tissue reconstruction

Fund program: National Natural Science Foundation of China(81970972)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.06.009

由于生活方式和饮食结构的转变,超过半数成年人的咀嚼器官存在不同程度的病变,其中牙列缺损(dental arch deficiency, DAD)是常见的咀嚼器官病变。牙列中部分牙齿缺失、龋齿、外伤、根尖周病及发育障碍是牙列缺损的病因,严重影响牙颌系统咀嚼、发音、美观及颞下颌关节功能。缺牙区多伴随三维骨组织的吸收和软组织的退缩或塌陷,难以满足成功种植和良好美学修复预后的要求。足够的牙槽骨量是口内种植体骨结合的基础,是维持种植体初期稳定性和功能性负载的必要条件,针对牙列缺损的特点及修复要求,临床普遍采用骨组织再生术、自体骨移植、骨劈开、牵张成骨、上颌窦提升等方式进行种植位点骨增量^[1],通过带蒂软组织移植、游离结缔组织移植、游离龈移植技术来增加及重塑种植位点的软组织^[2]。充足的软组织在种植牙治疗中同样具有重要地位,可减少生物学和美学并发症的发生,是实现种植修复长期稳定和良好美学效果的重要基础。Salama等^[3]于1993年率先提出“正畸牵引重建(orthodontic extrusive remodeling)”的概念,通过非手术方法进行种植前位点的软、硬组织重建。近30年的临床研究验证,与骨组织再生术、自体骨移植等多种侵入性手术方式相比,正畸牵引重建创伤小,软、硬组织的增量效果确切,有利于建立正常的咬合关系、美观协调的面面部,且并发症少^[3]。计算机检索PubMed、Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL)、EMBASE、Scopus、Web of science Sciencedirect 数据库。以“orthodontic extrusive remodeling”“orthodontic extrusion”“orthodontic tooth extrusion”为检索字段通过计算机分别在数据库进行检索,检索截止时间为2020年7月31日。初步检索得到79篇文献,经过阅读题目及摘要,排除重复文献,共

纳入60篇文献,由此可见目前关于正畸牵引重建的国外临床应用文献及综述较少。本文收集国内外相关文献资料,通过正畸牵引种植位点软、硬组织重建进行综述。

一、正畸牵引重建的概念

正畸牵引重建是对伴牙周组织缺损的患牙加载殆向正畸牵引力,使患牙向冠方移动,从而诱导牙周组织改建以改善患者口腔的修复条件。起初采取正畸牵引患牙的治疗方式旨在获得足够长度的临床牙冠用以修复牙根条件尚好的残根。1972年,Brown^[4]将此治疗方式运用于因牙周病引起的垂直性骨吸收的修复治疗,结果表明通过控制牙齿移动来重建牙槽嵴结构可以改善甚至消除牙周疾病引起的垂直方向骨缺陷。1974年,Ingber^[5-6]将正畸牵引认定为挽救因临床冠折和(或)龈下龋损而被诊断为不可保留的牙齿的有效方法。Ingber指出,牙齿行冠延长术后,对牙槽骨的修整或将导致不良的冠根比及美学风险,相反,正畸牵引可改善冠根比以及对软、硬组织改建存在有利影响,此举推动了跨学科治疗概念的发展。1993年,Salama等^[3]综合了Brown和Ingber的理念,将此治疗方式运用到种植术前的位点准备并提出“正畸牵引重建”的概念(图1)。此后,多项临床应用表明,正畸牵引重建可作为种植位点牙槽骨缺损修复的一种手段,有利于软组织的改建,特别是前牙美学牙龈乳头的重建^[8]。与通过侵入性外科技术来获得组织增量的方法相比,这种非手术方法具有明显优势^[3,5-6,9-11],正畸牵引重建治疗可以引起局部牙槽骨的增量,尤其适用于单颗难以修复的牙和无法保留的牙:对单颗难以修复的牙,正畸牵引可快速牵引牙槽窝中的牙体组织到牙槽嵴顶冠方,具备软硬组织增量,一定程度上改善咬合关系;对无法保留的牙,正畸牵引可以改善局部牙周组织的缺损,改善种植位点的骨量,避免侵入性创伤,异物骨植入的免疫排斥等。因此,对无法保留的并伴有严重软、硬组织缺损的患牙进行术前正畸牵引以改善种植位点软、硬组织形态的方式逐渐成为国内外学者的关注领域。

二、正畸牵引重建的适应证及禁忌证

种植术前的正畸牵引可以获得种植位点水平向和垂直向的骨增量,从而促进软、硬组织的再生重建,避免额外的侵入性外科手术。尽管相关文献未明确指出正畸牵引重建的应用时机,但综合分析现有的病例报告、系统综述等显示,正畸牵引重建的适应证较多,如外伤、牙周炎、龋病、根管治疗/

牙周治疗失败导致无法保留的牙齿及牙周组织缺损,尤其适用于需要通过软、硬组织增量的方式来为后期种植修复的牙周组织缺损^[3,10-18]。Salama等^[3]认为,应用正畸牵引方法应慎重,限于中度牙槽骨缺损(颊侧骨中度吸收和根尖1/3存在牙槽骨)以提供良好的组织再生潜力,严重颊(唇)侧骨吸收可能是其相对禁忌证,因为患牙移动的过程中可能会使牙根产生顺时针旋转的倾向,进一步造成颊(唇)侧骨受压产生吸收,若颊侧骨较薄,后期种植体植入后可能发生骨开裂、牙龈退缩等并发症^[19-20]。除此,从正畸治疗和种植修复治疗的适应证角度考虑,若患牙已有严重松动、根尖炎症、牙根粘(固)连、牙骨质增生或患者存在尚未控制的牙周炎、全身性系统性疾病(如:控制不佳的糖尿病、凝血功能障碍、心肌梗死及药物无法控制的高血压等)均不宜应用此方法^[21]。

三、基于正畸牵引的种植位点组织缺损的新分类

以正畸牵引进行缺牙区软、硬组织重建的方式需要考虑剩余组织的现有解剖形态及再生潜力,改善预后。首创者Salama等^[3]强调正畸牵引位点的剩余骨量对再生潜力的重要影响以及颊(唇)侧骨板在种植牙中特别是前牙区的重要地位,根据位点的再生潜力及美学预后提出了3种分类:Ⅰ类骨缺损:牙槽窝较为完整,冠方骨缺损不超过5 mm,骨缺损位于牙根上1/3以上;牙槽窝根部有4~6 mm厚的骨量可以维持种植体良好的初期稳定性;唇侧骨板厚度足够,不影响后期美学效果,此时可以在拔除患牙后进行即刻种植修复。Ⅱ类骨缺损:骨缺损累及根中1/3;不超过5 mm的骨开窗或开裂;唇侧骨板较薄或伴有明显骨吸收,剩余牙槽窝与邻牙牙槽嵴高度差异较大,但通过正畸牵引可以将其转变为Ⅰ类。Ⅲ类骨缺损:严重的骨缺损不足以满足种植牙的初期稳定性要求,组织再生潜力差,需要通过拔除牙根来控制炎症并在后期通过外科手段进行软硬组织重建。此后,Hochman等^[22]在新的分类方式中加入了牙周软组织的考量因素,提出了基于解剖学和临床预后的新分类方式:Ⅰ类:膜龈联合处(mucogingival, MGJ)位于牙槽嵴顶根方,附着龈与骨和牙根表面相连,在正畸牵引过程中附着的牙龈宽度会增加;Ⅱ类:膜龈联合处位于牙槽嵴顶冠方,附着龈不与骨面相连,在正畸牵引过程中,软组织向冠状移动,但附着龈宽度不会增加;Ⅲ类:存在牙周袋,在正畸牵引过程中,待牙周袋完全消除,游离龈缘才向冠方迁移。

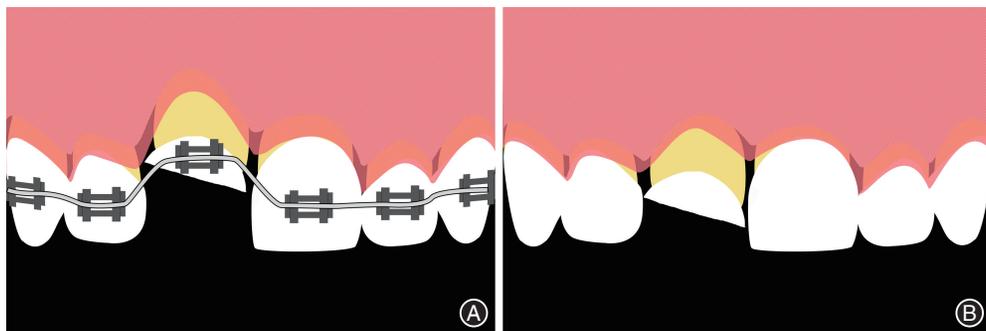


图1 正畸牵引后牙龈及牙槽骨的改变示意图 A:正畸牵引后牙龈及牙槽骨;B:正畸牵引后牙龈及牙槽骨的改变

四、正畸牵引重建的治疗程序

对患牙加载殆向正畸牵引力,使患牙向冠方移动,从而诱导种植区位点的软硬组织重建。操作步骤看似简单,但由于涉及到正畸技术,就意味着对力的控制要求极高,此方式需要较轻且持续的力量^[23]。整个治疗程序可分为3个阶段(表1)。

表1 正畸牵引重建种植位点软硬组织的治疗程序

阶段	分期	施力(N)	牵引速度
第一阶段	缓慢期	1.0~1.5	1 mm/月
第二阶段	快速期	0.2~0.5	1 mm/周
第三阶段	稳定期	-	-

1. 第一阶段:缓慢期。利用加载于患牙的牵引装置施加约0.2~0.5 N的力以1 mm/月的速度缓慢牵引使患牙萌出,促进牙槽窝冠方的新骨形成。Korayem等^[24]通过采取正畸牵引获得种植位点软硬组织增量的临床报告指出:前牙所施加的适当牵引力约为0.2 N,后牙约为0.5 N。Brindis等^[27]认为,牵引力的方向应与唇(颊)侧骨板长轴平行,以减少或避免骨吸收。若需要获得水平向骨量的增加,需增加类似“转矩”效果的力量引导牙根部产生向颊侧运动的倾向^[24]。对此也有研究报道牵引力以牙根颊舌向及近远中向移动可以增加骨量,如Hayashi等^[17]对1例上颌尖牙伴严重颊侧牙龈退缩合并牙周炎患者通过正畸牵引力施加一个使牙根向颊侧方向转矩的力可增加骨量,Urbe等^[25]也得到类似的结论,对于牵引力的方向与骨吸收或骨量增加的关系的研究结论不同可能与唇(颊)侧骨板厚度、钙化程度及舌侧皮质骨致密有关,需纳入更多案例进行验证。

2. 第二阶段:快速期。增加牵引力至1.0~1.5 N,使患牙以1 mm/周的速度被牵引萌出,以获得更多的附着龈和理想牙龈乳头^[22]。

3. 第三阶段:稳定期。约3个月以上的稳定时间用于新增软硬组织的重组和防止复发^[12]。

五、正畸牵引重建的原理

以牙周膜为核心的“张力-压力”正畸学理论认为,牙齿受到正畸力时张力侧牙周膜被拉伸刺激骨形成,压力侧被压缩而产生骨吸收^[26]。由此可以推断在正畸牵引过程中,牙齿处于被“拉”出牙槽窝的状态,进而产生了对牙周膜纤维韧带的张力使其处于活跃状态。成骨细胞可能来源于韧带中的间充质细胞或血管周围干细胞的增殖、分化,是多机制调节参与下的结果^[27]。位于张力侧的新生成骨细胞在机械信号刺激下分泌由胶原纤维和糖蛋白基质等组成的类骨质。基质骨通过吸收沉积钙、磷,进一步矿化形成束状骨、板层骨。其次,骨组织是一个高度血管化的动态组织,其形成依赖于血管和骨细胞之间的物质交换,因此血管化在骨的修复重建中起着至关重要的作用^[28]。正畸牵引所施加的牵引力通过细胞介导的机械信号通路调节细胞外基质环境,由机械信号转变为生物分子信号,从而增加了血管内皮生长因子

(vascular endothelial growth factor, VEGF)和成纤维细胞生长因子(fibroblast growth factor, FGF)的表达,促进骨组织内血管形成^[29]。另一方面,牙周韧带的牵张力使牙槽窝发生微小弯曲变形,当弯曲(应变)超过正常生理限度时,羟基磷灰石、胶原纤维、纤维蛋白等晶体结构改变产生电压,出现“压电”现象来调控牙槽窝内骨组织使其通过在骨膜表面增加新的矿化组织进行补偿^[32]。正畸牵引患牙向冠方移动使冠方牙槽窝新骨沉积,且对支撑其表面覆盖的新生软组织起着至关重要的作用^[13,18,31-35]。同时,胶原纤维改变在牙齿移动前后的软组织重塑中起着核心作用^[36]。龈乳头及其周围的牙龈组织主要由高度组织化的结缔组织组成,分为游离龈和附着龈。游离龈缘位于釉牙骨质界冠方0.5~2.0 mm,附着龈通过结缔组织纤维牢固附着于牙槽骨和牙骨质。牙龈组织内由成纤维细胞产生的胶原纤维具有一定的方向性且成束分布,包括了环形纤维、龈牙纤维、牙骨膜纤维、越隔纤维,这些胶原纤维的弹力和张力对于维持自身结构发挥着重要作用。通过正畸牵引改变了牙齿的位置,也使附着于其表面的牙龈纤维受牵拉伸长,同时激活牙龈内成纤维细胞的表达^[37]和胶原纤维的增加,从而起到软组织重塑的目的。

六、正畸牵引与组织引导再生术

牙周组织引导再生术(guided tissue regeneration, GTR)与植骨术为目前牙周骨内缺损修复、种植位点组织缺损修复的常用方法。釉基质衍生物(enamel matrix derivative, EMD)是从幼猪牙胚中提取的釉基质蛋白的衍生物,具有促进牙周组织再生修复和软组织受损早期愈合的能力,被广泛应用于口腔软硬组织重建的治疗当中^[38]。脱钙冻干自体骨(demineralized freeze-dried bone allograft, DFDBA)为良好的骨移植材料,它为骨重建提供了一定的空间支持,并具备诱导骨组织再生的能力^[39]。EMD和DFDBA在GTR技术中充当着不可或缺的角色。Ogihara等^[40]在日本东京诊所进行了一项随机对照临床研究,尝试将正畸牵引与GTR技术结合,共纳入了47例患者,所有患者的牙列缺损均大于或等于6 mm,随机分为对照组和观察组,其中对照组给予GTR技术,观察组给予正畸牵引联合GTR技术,所有患者均治疗1年和随访1年。研究结果表明,相比单纯使用GTR技术,基于EMD、DFDBA的GTR联合正畸牵引能够提高牙周软硬组织重建的效果,尤其是在二壁骨缺损的情况下,经过6个月治疗后,患者的牙周附着水平得到了明显改善($P=0.036$)。在GTR前先实施正畸牵引也被认为具有一定的好处,Paolone等^[15]将应用正畸牵引进行组织重建的方法重新定义为正畸引导再生技术(guided orthodontic regeneration, GOR),包括正畸引导软组织再生(guided orthodontic “soft tissue” regeneration, GOTR)和正畸引导骨再生(guided orthodontic “bone” regeneration, GOBR),认为最终增加的软、硬组织还可以降低后续包括GTR在内的牙周手术难度,并促使种植修复获得更佳的治疗及美学效果。

七、正畸牵引重建中的注意事项

1. 预防性根管治疗:若对因严重牙周炎导致的骨缺损而

牙髓活力尚存的患牙采取正畸牵引的手段进行种植前位点软硬组织增量,可能需进行预防性根管治疗^[10]。在牙齿向冠方移动的过程中,随着患牙临床牙冠长度的增加,为了消除咬合干扰,并且避免患牙与对颌牙接触,需要大量调改磨除冠方牙体组织,这可能会导致治疗过程中牙本质敏感症,甚至发生牙髓外露,产生牙髓症状的主要原因为磨除了大量被牵引患牙的牙体组织。因此,在实施正畸牵引前或在治疗过程中需要进行预防性根管治疗。

2. 预防骨开窗、骨开裂的发生:对于复杂的种植病例,仅采用单一的种植术难以达到理想的治疗效果,种植前辅助正畸治疗发挥了牙周膜的生物学潜力,不仅为种植修复开辟合理的三维空间,同时一定程度上改善患者的咬合关系。但种植前,采用正畸牵引不可保留的患牙或牙根来重建种植位点软硬组织,可能会导致骨开窗或骨开裂的产生^[5,41]。这种现象是由于在正畸牵引的过程中因施加的力量方向很难控制在牙体长轴上而产生了“力矩”,形成顺时针向前的力量,特别是在美学区位点,受到解剖形态的影响,更容易使患牙颊侧骨板形成压力区,因此更容易出现骨吸收而造成骨开窗、骨开裂。Hochman等^[22]提供了3种不同的改良措施:(1)转矩控制:在上前牙区域使用正转矩托槽和方丝,尽可能避免负转矩表达可能在牵引过程迫使牙根唇倾造成唇侧骨开窗的情况,由此应依据牙槽骨的具体情况以及前牙在牙槽骨的位置来定制治疗方案。(2)垂直曲与方丝相结合:通过“T”型圈加载到弓丝上来产生垂直牵引力,这种方式对垂直向牵引力量的控制效果相比前者更佳,但控力装置的制作难度较大且费时。(3)“无托槽”技术:为患牙制作丙烯酸树脂临时性修复体,使用冠内弹力线牵引患牙,这样牵引力量方向可更好地集中在牙体长轴上,最大限度地减少了牙齿在垂直牵引过程中顺时针向前移动的倾向,这为美观需求较高的前牙区提供了更好的选择。此外,用于牵引患牙的正畸矫治器设计需要把患牙的轴向、牙槽窝的解剖特征纳入重要的考量因素。

3. 预防牙周炎进展:牙周炎症尚未得到控制以及牙槽骨已吸收至牙根尖1/3~1/4以下的重度牙周炎患者,因其组织再生潜力较差,同时有加重牙周炎症的风险,不适合正畸牵引的治疗方式^[42]。与传统正畸治疗相似,采取正畸牵引的治疗期间,患者常较难维护口腔卫生,菌斑易堆积,容易诱发牙周炎症,影响治疗效果。Mantzikos等^[36]认为,除治疗前应控制患者牙周炎症,还应重视牙菌斑对其治疗效果的影响,因此可以在治疗期间为患者提供控制菌斑的含漱药物。

4. 治疗周期长:虽然有学者认为,正畸牵引的治疗手段所需要的治疗时间并不长于传统骨增量外科手术,但治疗周期一般是取决于组织缺损的严重程度和受牵引患牙的复杂程度,通过正畸牵引修复缺损的软硬组织加上后续的种植修复治疗这一过程可能需要持续9~18个月^[16-17,43]。普遍认为,此项治疗过程中对患牙所施加的力需轻柔而持续,通常患者每隔3~4周就需复诊以重新调整、激活施加到牙齿上的牵引力。如果采取临时修复体和冠内弹力线牵引移动患牙的

方式,则必须增加额外制作及多次移除、戴入、调改粘性临时修复体的时间。其次,当重建的软硬组织形态达到满足种植条件时,应该改用固定患牙的手段来保持患牙牙周环境的稳定,通过4~6个月的稳定时间来使未成熟的新牙槽骨进一步矿化成熟。

5. 其他:与正畸牵引重建技术类似的正畸治疗还有正畸种植位点切换(orthodontic implant site switching, OISS),正畸种植位点切换尤其适用于长期缺牙患者,缺牙区常伴牙槽嵴萎缩骨量不足且多为未成熟的束骨,正畸种植位点切换将相邻牙齿移入缺牙区,在附近创建理想的种植体植入部位。为确保正畸效果,临床常采用调整正畸力的持续时间、大小及类型等参数减少压力区牙周膜的细胞坏死与侧根吸收,同时控制牙根的移动速度^[44]。与正畸牵引重建相似,OISS的临床应用时间较短,尚未广泛普及,还需要更多研究支持。

综上所述,通过正畸牵引无法保留的患牙来增加种植位点的牙槽骨量及软组织量在一定条件下可以达到满意的效果,为成功的种植修复做准备,尤其是对于美学区(前牙区)的种植修复而言,患者需求不仅仅局限于恢复咀嚼功能,亦希望获得更佳的美学效果。这种方式通过非手术的方法同时实现软、硬组织的增量,具备创伤小、安全、可靠的优点。当然,该项技术亦存在一定的局限性,如运用范围较窄、部分患者所需治疗周期较长。同时,适应证的选择和具体的方法实施上尚且缺乏统一标准或临床指南,也缺乏前瞻性临床对照研究来证实其相对于其他组织增量手术的优势。可以肯定的是,正畸牵引重建种植位点软硬组织是跨学科治疗的有益实践,是种植位点软硬组织增量的宝贵补充,这一种非手术组织增量方法具备可期的发展前景。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Tolstunov L. Surgical algorithm for alveolar bone augmentation in implant dentistry [J]. *Oral Maxil Surg Clin*, 2019, 31(2): 155-161. DOI: 10.1016/j.coms.2019.01.001.
- [2] Zucchelli G. Autogenous soft tissue grafting for periodontal and peri-implant plastic surgical reconstruction [J]. *J Periodontol*, 2020, 91(1): 9-16. DOI: 10.1002/JPER.19-0350.
- [3] Salama H, Salama M. The role of orthodontic extrusive remodeling in the enhancement of soft and hard tissue profiles prior to implant placement: a systematic approach to the management of extraction site defects [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 1993, 13(4): 312-333.
- [4] Brown IS. The effect of orthodontic therapy on certain types of periodontal defects. I. Clinical findings [J]. *J Periodontol*, 1973, 44(12): 742-756. DOI: 10.1902/jop.1973.44.12.742.
- [5] Ingber JS. Forced eruption. I. A method of treating isolated one and two wall infrabony osseous defects--rationale and case report [J]. *J Periodontol*, 1974, 45(4): 199-206. DOI: 10.1902/jop.1974.45.4.199.
- [6] Ingber JS. Forced eruption: part II. A method of treating nonrestorable teeth--Periodontal and restorative considerations

- [J]. *J Periodontol*, 1976, 47(4): 203-216. DOI: 10.1902/jop.1976.47.4.203.
- [7] Brindis MA, Block MS. Orthodontic tooth extrusion to enhance soft tissue implant esthetics[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2009, 67(11):49-59. DOI:10.1016/j.joms.2009.07.013.
- [8] Nappen DL, Kohlan DJ. Orthodontic extrusion of premolar teeth; an improved technique[J]. *J Prosthet Dent*, 1989, 61(5): 549-554. DOI:10.1016/0022-3913(89)90274-6.
- [9] Greco M, Derton N. Orthodontic extrusion for a preprosthetic approach: a bracketless mini-implant-based mechanics [J]. *Orthodontics(Chic.)*, 2012, 13(1):210-215.
- [10] Alsahhaf A, Att W. Orthodontic extrusion for pre-implant site enhancement: Principles and clinical guidelines [J]. *J Prosthodont Res*, 2016, 60(3): 145-155. DOI: 10.1016/j.jprior.2016.02.004.
- [11] Magkavali - Trikka P, Kirmanidou Y, Michalakis K, et al. Efficacy of two site-development procedures for implants in the maxillary esthetic region: a systematic review [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2015, 30(1): 73-94. DOI: 10.11607/jomi.3652.
- [12] Joo J, Son S, Lee J. Implant site development for enhancing esthetics of soft and hard tissue and simplification of implant surgery using a forced Eruption[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2016, 36(4):583-589. DOI:10.11607/prd.2291.
- [13] Hasson JN, Hasson B. Implant site development by orthodontic forced eruption for esthetic restoration of adjacent implants [J]. *Clin Adv Periodontics*, 2016, 6(3): 146-152. DOI: 10.1902/cap.2016.150083.
- [14] Kwon E, Lee J, Choi J. Effect of slow forced eruption on the vertical levels of the interproximal bone and papilla and the width of the alveolar ridge [J]. *Korean J Orthod*, 2016, 46(6): 379-385. DOI:10.4041/kjod.2016.46.6.379.
- [15] Paolone MG, Kaitsas R. Orthodontic - periodontal interactions: orthodontic extrusion in interdisciplinary regenerative treatments [J]. *Int Orthod*, 2018, 16(2): 217-245. DOI: 10.1016/j.ortho.2018.03.019.
- [16] Becciani R, Faganello D, Fradeani M. Surgical extrusion: a simplified esthetic method of treating non-restorable teeth [J]. *Int J Esthet Dent*, 2018, 13(2):240-273.
- [17] Hayashi J, Shin K. Implant site development by orthodontic extrusion and buccal root torque at site showing severe gingival recession with periodontitis: a case report [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2019, 39(4): 589-594. DOI: 10.11607/prd.4088.
- [18] Bauer C, Boileau MJ, Bazert C. Implementation of orthodontic extraction for pre-implant soft tissue management: a systematic review [J]. *Int J Orthod*, 2019, 17(1): 20-37. DOI: 10.1016/j.ortho.2019.01.019.
- [19] Böhl MV, Maltha J, Von den Hoff H, et al. Changes in the periodontal ligament after experimental tooth movement using high and low continuous forces in beagle dogs [J]. *Angle Orthod*, 2004, 74(1): 16-25. DOI: 10.1043/0003-3219(2004)074<0016:CITPLA>2.0.CO;2.
- [20] Buser D, Chappuis V, Belser UC, et al. Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? [J]. *Periodontol 2000*, 2017, 73(1): 84-102. DOI:10.1111/prd.12170.
- [21] González-Martín O, Solano-Hernandez B, González-Martín A, et al. Orthodontic Extrusion: Guidelines for Contemporary Clinical Practice [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2020, 40(5): 667-676. DOI:10.11607/prd.4789.
- [22] Hochman MN, Chu SJ, Tarnow DP. Orthodontic extrusion for implant site development revisited: a new classification determined by anatomy and clinical outcomes [J]. *Semin Orthod*, 2014, 20(3):208-227. DOI:10.1053/j.sodo.2014.06.007.
- [23] Lin IP, Lai EH, Chang JZ, et al. Staged orthodontic treatment in preparation for immediate implant placement: a clinical report with a 5-year follow-up [J]. *J Prosthet Dent*, 2019, 122(6): 503-509. DOI: 10.1016/j.prosdent.2018.10.027.
- [24] Korayem M, Flores - Mir C, Nassar U, et al. Implant site development by orthodontic extrusion. a systematic review [J]. *Angle Orthod*, 2008, 78(4): 752-760. DOI: 10.2319/0003-3219(2008)078[0752:ISDBOE]2.0.CO;2.
- [25] Uribe F, Taylor T, Shafer D, et al. A novel approach for implant site development through root tipping [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010, 138(5): 649-655. DOI: 10.1016/j.ajodo.2009.01.027.
- [26] Feller L, Khammissa RAG, Schechter I, et al. Biological events in periodontal ligament and alveolar bone associated with application of orthodontic forces [J]. *The Scientific World J*, 2015, 2015:876509. DOI: 10.1155/2015/876509.
- [27] Asiry MA. Biological aspects of orthodontic tooth movement: a review of literature [J]. *Saudi J Biol Sci*, 2018, 25(6): 1027-1032. DOI: 10.1016/j.sjbs.2018.03.008.
- [28] Chakraborty A, Barajas S, Lammoglia GM, et al. Vascular Endothelial Growth Factor - D (VEGF - D) overexpression and lymphatic expansion in murine adipose tissue improves metabolism in obesity [J]. *Am J Pathol*, 2019, 189(4): 924-939. DOI: 10.1016/j.ajpath.2018.12.008.
- [29] Mammoto A, Connor KM, Mammoto T, et al. A mechanosensitive transcriptional mechanism that controls angiogenesis [J]. *Nature*, 2009, 457(7233): 1103-1108. DOI: 10.1038/nature07765.
- [30] Meunier PJ. Cellular mechanisms of bone remodeling evaluated at the intermediary level of organization of bone [J]. *Adv Exp Med Biol*, 1986, 208:247-254. DOI: 10.1007/978-1-4684-5206-8_31.
- [31] Mantzikos T, Shamus I. Forced eruption and implant site development: an osteophysiologic response [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1999, 115(5):583-591. DOI:10.1016/s0889-5406(99)70284-2.
- [32] Da Costa Filho LC, Soria ML, De Lima EM, et al. Orthodontic extrusion anchored in osseointegrated implants: a case report [J].

- Gen Dent, 2004, 52(5):416-418.
- [33] Kan JY, Rungcharassaeng K, Fillman M, et al. Tissue architecture modification for anterior implant esthetics: an interdisciplinary approach[J]. Eur J Esthet Dent, 2009, 4(2): 104-117.
- [34] Balasubramaniam AS, Raja SV, Thomas LJ. Peri - implant esthetics assessment and management[J]. Dent Res J, 2013, 10(1):7-14. DOI:10.4103/1735-3327.111757.
- [35] Lee EA. Tridimensional reconstruction of a complex iatrogenic defect using orthodontic forced eruption and minimally invasive bone grafting[J]. Compend Contin Educ Dent, 2017, 38(7):447-456.
- [36] Mantzikos T, Shamus I. Forced eruption and implant site development: soft tissue response[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1997, 112(6):596-606. DOI:10.1016/s0889-5406(97)70224-5.
- [37] 孟耀,刘曼,邓倩楠. 正畸应力作用下牙龈肌成纤维细胞表达的初步研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2019, 37(5):537-540. DOI:10.7518/hxkq.2019.05.016.
- [38] Villa O, Brookes SJ, Thiede B, et al. Subfractions of enamel matrix derivative differentially influence cytokine secretion from human oral fibroblasts[J]. J Tissue Eng, 2015, 6(3): 2041731415575857. DOI:10.1177/2041731415575857.
- [39] Miron RJ, Zhang Q, Sculean A, et al. Osteoinductive potential of 4 commonly employed bone grafts [J]. Clin Oral Investig, 2016, 20(8):2259-2265. DOI:10.1007/s00784-016-1724-4.
- [40] Ogihara S, Wang H. Periodontal regeneration with or without limited orthodontics for the treatment of 2- or 3-wall infrabony defects [J]. J Periodontol, 2010, 81(12): 1734 - 1742. DOI: 10.1902/jop.2010.100127.
- [41] Zuccati G, Bocchieri A. Implant site development by orthodontic extrusion of teeth with poor prognosis[J]. J Clin Orthod, 2003, 37(6):307-311.
- [42] Arun KV, Shreemogana S. Implant site development using forced eruption: a mini review [J]. J Indian Chem Soc, 2018, 52(5): 68. DOI:10.4103/jios.jios_261_17.
- [43] Roig M, Morelló S, Mercadé M, et al. Invasive cervical resorption: report on two cases [J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2010, 110(4): e64 - e69. DOI: 10.1016/j.tripleo.2010.03.006.
- [44] Borzabadi - Farahani A, Zadeh HH. Adjunctive Orthodontic Applications in Dental Implantology [J]. J Oral Implantol, 2015, 41(4):501-508. DOI:10.1563/AAID-JOI-D-13-00235.

(收稿日期:2020-06-15)

(本文编辑:王嫚)