

美学区种植体周围龈乳头高度退缩的影响因素及重建策略

刘坤明 张志宏

蚌埠医科大学口腔医学院 蚌埠 233030

[摘要] 美学区种植体周围龈乳头的恢复是口腔种植修复中实现美学与功能协调的关键环节，其高度退缩会直接影响种植体的功能和美学效果。种植体周围龈乳头的解剖结构特殊，重建效果和重建后长期稳定性一直是困扰临床医生的难题。本文从龈乳头的解剖基础、影响因素及重建策略三大方面进行分析，总结认为影响美学区种植体周围龈乳头高度的关键因素包括解剖因素、手术因素、修复设计因素及患者个体因素，当前的重建策略主要包括传统外科增量技术与新型生物技术，为美学区种植治疗中龈乳头的保存及重建提供参考。

[关键词] 牙种植；龈乳头；美学；黑三角；影响因素；治疗计划；新型生物技术

[中图分类号] R783 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2026020



本文链接

OSID 码

Factors affecting peri-implant gingival papilla height recession in the aesthetic zone and reconstruction strategies

Liu Kunming, Zhang Zhihong

School of Stomatology, Bengbu Medical University, Bengbu 233030, China

Supported by: Key Research and Development Plan of Anhui Province (2023s07020006)

Correspondence: Zhang Zhihong, Email: zzhzqr@ustc.edu.cn

[Abstract] Restoring peri-implant papillae in the aesthetic zone is a critical step for attaining balance between aesthetics and functionality in dental implant restoration. However, substantial height recession directly affects implant functionality and aesthetic results, and the distinctive anatomical configuration of peri-implant papillae continues to pose a serious challenge to maintaining the effectiveness and long-term stability of restorations. This article examines three major aspects: the anatomical basis of the papilla, influencing factors, and reconstruction strategies. The identified key factors affecting the height of peri-implant papillae in the aesthetic zone include anatomical, surgical, prosthetic design, and patient-specific factors. Current reconstruction strategies primarily include conventional surgical augmentation techniques and novel biotechnologies, providing reference for papilla preservation and reconstruction in aesthetic zone implant therapy.

[Key words] dental implants; gingival papilla; aesthetics; black triangle; influencing factors; treatment planning; new biotechnology

随着种植修复从单纯追求功能性骨结合向美学与功能需求并重的转变，种植体周围软组织美学，尤其是龈乳头形态的协调性，已成为评价治

疗成功的重要标准。种植体周围缺乏牙周膜结构及血供差异，其龈乳头往往易受骨吸收与软组织瘢痕化的影响而发生萎缩^[1]，临床上常表现为“黑三角”^[2]、食物滞留及发音障碍，严重影响美学效果与患者满意度。近年来，针对种植体周围龈乳头退缩后的治疗研究逐步从传统外科增量技术向生物材料介导的再生策略延伸^[3]。然而，如何实现重建后龈乳头高度的长期稳定性仍是亟待突破的

[收稿日期] 2025-04-05；[修回日期] 2025-06-21

[基金项目] 安徽省重点研究与开发计划（2023s07020006）

[第一作者] 刘坤明，住院医师，硕士，Email: 3296814935@qq.com

[通信作者] 张志宏，主任医师，硕士，Email: zzhzqr@ustc.edu.cn

临床难点。本文系统解析影响种植体周围龈乳头形态的关键因素,并聚焦外科干预、新型生物技术等应用,综述其研究进展与临床转化潜力,以期为个性化重建策略的制定提供循证依据。

1 龈乳头评价指标及测量方法

评价龈乳头外形和高度有一系列指标,包括龈乳头高度(龈乳头近远中的龈缘顶点连线与龈乳头顶点之间的距离)、Jemt指数(邻牙龈缘最凸点连线和邻牙接触点垂直距离的1/2与龈乳头的高度进行比较)及粉色美学评分(pink esthetic score, PES)等。

测量前牙区龈乳头高度的方法主要有2种。

1) 龈缘连线水平法^[4],即测量龈乳头尖端到相邻前牙牙龈顶点连线的距离。该方法无创且操作方便,可以通过拍摄口内前牙区正位照^[5]、全口模型测量^[6]及带刻度的探针测量获取结果。2) 牙槽嵴顶水平法^[7],即测量龈乳头尖端到牙槽嵴顶的距离,通过带刻度的探针从龈乳头尖端垂直插入牙槽嵴顶获得。该方法创伤较大,有学者发现可以通过CBCT测量获得该距离,但存在软组织显像模糊的缺点。

2 种植体周围龈乳头的解剖与功能

种植体周围龈乳头虽在形态上与天然牙相似,但其解剖结构与生物学行为相较于天然牙龈乳头仍存在明显差异。在解剖层面上,天然牙周组织具有牙槽间隔与牙周膜双重血供系统,而种植体周围龈乳头血供主要依赖骨膜血管网,血供来源相对不足;同时种植体-骨界面为直接骨结合,缺乏牙周膜的缓冲能力,导致应力直接传导至骨组织,加剧了骨吸收风险^[8]。不仅如此,种植体周结合上皮相比天然牙更薄,细胞连接松散,易受机械刺激损伤^[9];而种植体周围龈乳头中的成纤维细胞密度降低40%~50%,胶原纤维由网状排列转为平行排列,导致软组织机械强度与再生修复能力同步下降^[10]。

上述差异直接转化为临床功能缺陷:在前牙美学区,龈乳头缺损形成“黑三角”,并因邻间隙暴露使食物嵌塞发生率增加^[11]。有研究^[12]表明:种植体周黏膜缺乏牙周膜来源的防御细胞,导致微生物清除能力下降,在相同微生物负荷下,种植

体周炎骨吸收速率较天然牙周炎快2~3倍。这些证据共同表明:种植体周围龈乳头的结构与功能局限性是影响长期临床疗效与患者生活质量的关键因素。

3 种植体周围龈乳头高度退缩的关键因素

3.1 解剖因素

3.1.1 邻牙/种植体间距与牙槽嵴高度

邻牙接触点至牙槽嵴顶距离(distance from the bone crest to the contact point, BC-CP)和牙槽嵴顶至龈缘的垂直向骨高度与种植体周围龈乳头的高度及长期稳定性密切相关。Choquet等^[13]发现:当BC-CP≤5 mm时,种植体周围龈乳头存在率为100%;而BC-CP>5 mm时,龈乳头缺陷比例逐渐上升。Sa-lama等^[14]进一步提出种植体与天然牙间、种植体与种植体间、种植体与桥体间的BC-CP应分别控制于4.5、3.5和5.5 mm或更小范围内。因此,通过重新设计修复体,调整修复体的接触点以减小BC-CP,可掩盖种植体周围龈乳头退缩。此外,第2届骨再生基金会共识报告^[15]明确指出:在单颗种植修复中,种植体与邻牙间的龈乳头高度主要取决于邻牙的附着水平。为降低美学并发症风险,种植体植入前必须进行全面的牙周检查,并重点评估邻牙的临床附着水平。

3.1.2 牙龈生物型

牙龈生物型是影响牙龈乳头高度的一项重要因素。2017年世界牙周病和种植体周疾病研讨会建议将牙龈生物型分为薄龈型(≤1 mm)和厚龈型(≥1 mm)^[16]。薄龈型患者种植修复后牙龈乳头退缩的风险更大^[17],牙槽嵴吸收更为显著,这可能与薄龈组织抗机械应力能力差有关^[18]。2022年的一项共识报告^[19]指出:种植体周围软组织厚度与龈乳头指数呈正相关,较厚的软组织能降低龈乳头退缩的风险。

3.1.3 角化龈宽度(keratinized mucosa width, KMW)

KMW是指龈沟底到膜龈联合之间的垂直高度,即游离龈和附着龈的宽度之和,构成种植体周围软组织顶部。足够的KMW有利于在种植体颈部形成稳定的软组织封闭。当KMW<2 mm时,薄而窄的角化龈因缺乏致密纤维束及丰富血供,机械保护能力下降,咀嚼或刷牙等日常刺激可诱发黏膜损伤,导致种植体周围更容易发生牙菌斑

积聚,从而引发慢性炎症反应,加速邻面骨吸收,最终导致龈乳头退缩^[20]。

3.2 手术因素

3.2.1 种植体植入位点

精准的种植位点包括种植位点近远中向位置、颊舌向位置、垂直向深度,这些因素对种植体周围龈乳头的恢复和成形有着重要影响。

1) 种植位点近远中向位置。种植体与邻牙或相邻种植体间应保持正常距离。种植体与相邻天然牙的水平距离应保持1.5 mm以上^[21],对于即刻种植的患者,种植体与天然牙最小距离应为2 mm。第2届骨再生基金会共识报告^[15]指出:2个相邻种植体的放置距离应为3~4 mm,以维持邻间骨高度和提高牙龈乳头的饱满度,若水平间距<3 mm,使用种植体支持的单端固定桥修复可以更好地保证龈乳头美学效果。

2) 种植位点颊舌向位置。种植位点预备完成后颊侧骨板的厚度至少应为1.5 mm,腭侧骨板的厚度应为0.5 mm,以确保良好的软组织支撑,避免修复后唇侧骨壁吸收^[22]。当种植位置偏颊侧时,颊侧龈乳头和骨组织水平退缩的风险显著增加,容易导致种植体平台暴露,修复体下方的黑色边缘显现^[23]。

3) 种植位点垂直向深度。种植体周生物学宽度通常为2.5~4.0 mm,基于此解剖特征,前牙区种植体平台的理想植入深度应位于预期修复体龈缘顶点根方3.0~4.0 mm处。若修复体龈缘顶点至骨嵴顶的垂直距离超过4 mm,则提示存在垂直向骨吸收,必要时需通过引导骨再生(guided bone regeneration, GBR)联合软组织增量技术重建骨-软组织复合体,协调牙龈生物学轮廓,保障红白美学协调性。

近年来,计算机辅助种植技术(静态导板系统、动态导航系统和种植机器人系统)逐渐兴起,该技术能够使种植规划系统与手术实时结合,实现术中影像合成,相比于自由手种植,显著提高了种植体植入的三维精准度^[24]。但目前计算机辅助种植技术相关研究主要聚焦于三者的精度对比,尚缺乏植入后龈乳头高度变化的研究,未来需要进一步关注术后软硬组织的变化。

3.2.2 手术时机

种植体植入时机主要分为3种:即刻种植(拔牙后24 h内)、早期种植(拔牙后4~8周,软组织初步愈合)和延期种植(拔牙后3~6个月,

骨组织改建初步稳定)。在前牙美学区,即刻种植因能最大程度保留天然牙槽嵴轮廓及软组织生物学封闭而成为主要的种植方式^[25]。但该技术敏感性强,当患者为薄牙龈生物型、唇侧骨壁厚度小于1 mm时即刻种植的美学效果不可预测。Raj等^[26]的研究发现:即刻种植相比延期种植龈乳头高度恢复更低,牙槽嵴高度吸收更明显,这可能与即刻种植美学效果的长期稳定性易受拔牙窝骨改建不足等因素影响有关。

近年来,有学者提出采用根盾技术(保留拔牙后部分牙根片段,维持牙周膜完整性及牙槽嵴血供,减少美学区即刻种植中软组织退缩的风险)即刻种植维持前牙区龈乳头形态。根盾技术通过残留牙根的“生物学屏障”作用,可减少50%以上的骨吸收,并促进种植体周软组织仿生性附着^[27]。目前仍无法确定根盾技术能否提供长期稳定的效果。在种植体与残存的根片接触的情况下,种植体周围存在炎症组织,可能会导致感染以及最终种植失败^[27]。

3.2.3 种植体尺寸

种植体尺寸对前牙美学区龈乳头形态的稳定性具有显著影响,窄直径种植体(3.0~3.3 mm)具有减少邻间隙侵占、保留天然骨轮廓的优势,可促进龈乳头的自然形态恢复。Mac-Lean等^[28]在45例患者的58个部位植入3.0 mm的窄直径种植体,至少随访1年,发现所有种植体周围的龈乳头均出现再生,61.3%的病例Jemt评分达到3分。需要注意的是,窄直径种植体在咬合负载较大的情况下应力折断的风险较高,从而增加骨吸收的风险^[22]。

3.2.4 翻瓣与切口设计

在种植美学区,翻瓣与切口设计尤为重要。传统翻瓣技术是在牙槽嵴顶做切口,充分暴露种植区牙槽嵴形态。这种切口会使骨膜上的血供消失,最终导致种植体周围牙龈乳头退缩。不翻瓣设计保留了牙槽骨与周围黏膜的血液循环,降低了周围软硬组织的吸收率^[29],但该方法无法让临床医生获得足够清晰的手术视野,临床适用范围较少。

多数学者认为在种植二期手术中采用保留牙龈乳头切口的设计可以避免种植体周围龈乳头退缩。Froum等^[30]在种植二期采用U型切口,并将切口设计在腭侧,在平均7.25年的随访时间内观察到90.9%种植体周围龈乳头Jemt评分>2或3,并

认为这样可以避免唇侧软组织塌陷和瘢痕组织形成。还有学者在采用“十字形”切口、“I型”切口、牙槽嵴中切口和“U型”切口等保留牙龈乳头技术,术后均能获得较高的Jemt评分和满意的龈乳头高度^[31-33]。不利的是上述切口都会不同程度地形成瘢痕,影响美观。另有学者^[34]发现无可视切口的隧道技术也可用于防止种植体周围龈乳头退缩。

种植二期手术中采用激光切口也可以重塑牙龈乳头高度。激光治疗能在没有麻醉的情况下对组织产生切割、气化、凝固和修复的效果,还可减轻术后疼痛和肿胀,促进软组织修复。目前临床上较为常用的是二极管激光,常见波长为810 nm和980 nm。Kamakshi等^[35]在种植二期手术使用810 nm二极管激光对植入部位以2 W功率、每20~30 s间歇性照射,直到其切口能完全暴露覆盖螺丝并安装愈合基台,术后6个月观察到Jemt评分=3的种植体周围龈乳头数量大于66.6%,相比于传统手术切口有显著提高。

3.3 修复体设计

3.3.1 牙冠外形

人类前牙的形状可分为方圆形、卵圆形和尖圆形。Kois^[36]认为邻面接触区的形态影响龈乳头的高度。方圆形的邻面接触区大,龈乳头占据空间小,龈乳头高度恢复简单;而尖圆形的邻面接触区相对于方圆形更近冠方,龈乳头占据的位置较大,种植修复要求龈乳头重建高度较高,易出现“黑三角”。

3.3.2 基台穿龈轮廓设计

基台穿龈轮廓设计是影响美学区种植体周软组织形态与稳定性的关键因素。目前普遍认为,当种植体植入位置比较理想或者偏颊侧时,凹面型穿龈下方轮廓可以为软组织提供足够的生长潜力,降低牙龈黏膜和龈乳头退缩的风险^[37];相反,当种植体植入位置偏向舌侧或邻面软组织高度不足时,凸面型穿龈下方轮廓能提供更大的软组织生长空间,使龈乳头高度增加0.5~1 mm^[38-39]。

近年来,计算机辅助设计与辅助制作(computer aided design and computer aided manufacture, CAD/CAM)个性化基台通过制造个性化修复体,能够确保穿龈高度与周围牙龈一致,从而能够使种植体周围龈乳头达到最佳形态^[40]。Wang等^[41]对20例上颌前牙缺失的患者分别运用CAD/CAM个性化基台和常规成品基台进行二期修复,术后1

年后发现CAD/CAM个性化基台能充分塑造龈乳头形态,比传统的成品基台表现出更佳的美学效果。

3.4 患者因素

种植体周围龈乳头的稳定性与患者个体因素密切相关。患者菌斑控制不良可诱发种植体周黏膜炎,增加龈乳头退缩风险,加速周围骨吸收;吸烟者因尼古丁引起的微循环障碍可以使种植体周血管密度降低,增加炎症细胞因子的水平,进而促进牙周病及种植体周围疾病的发生发展^[42]。系统性疾病如糖尿病等也会对牙龈乳头的恢复产生影响。因此,术前需综合评估患者的口腔卫生习惯和全身状况,针对性制定口腔卫生教育、戒烟干预及咬合调整策略,以优化软组织的长期稳定性。

4 种植体周围龈乳头退缩的治疗方法

4.1 外科治疗技术

4.1.1 软组织增量

单纯软组织增量技术是美学区种植中治疗龈乳头退缩最常用的方法之一,主要通过移植自体结缔组织或替代材料直接增加局部软组织体积,改善龈乳头形态。此手术可以和种植前的骨增量手术、种植I期和II手术同期进行,也可以在种植修复后进行。经典术式包括上皮下结缔组织移植和隧道技术。Stefanini等^[43]对20例种植体周围龈乳头缺陷患者实施两次自体结缔组织移植:首次手术从患者腭部获取厚度约1.5 mm的结缔组织移植体,修剪后通过龈沟切口植入种植体邻间隙骨膜上,缝合固定;6个月后对未完全恢复的病例进行二次移植,术后5年时间内龈乳头高度保持稳定。Urban等^[44]针对垂直向软组织缺损设计“冰山”技术:从患者的上颌结节及腭侧黏膜分别获取两块楔形结缔组织移植体,通过垂直切口暴露种植体平台,将移植体分层叠加缝合于种植体颈部颊侧及邻面骨膜上,形成“冰山”状支撑结构,并在1名35岁的患者中成功重建龈乳头高度。

隧道技术的优势在于避免开放翻瓣,减少术后瘢痕。Yi等^[45]报告了3例上皮下结缔组织移植体结合隧道皮瓣技术修复种植体周围龈乳头缺损的病例:先于种植体基台周围行龈沟内水平切口,在骨膜与黏膜间建立垂直向隧道,随后将腭部来源的结缔组织移植体通过隧道推送至邻间隙区域,

并固定于骨膜,1年后获得良好的美学效果。Marques等^[46]采用混合厚度隧道技术(mixed-thickness tunnel access, MiTT)在龈乳头缺损区行线性垂直切口,制备包含部分骨膜的带蒂瓣,将其旋转至邻间隙并与对侧黏膜缝合,同时植入脱细胞真皮基质增强体积,术后软组织高度显著增加。但目前关于软组织移植治疗种植体周围龈乳头退缩的文献多以病例报告或病例系列为主,缺乏高等级的临床证据,还需要进一步的临床研究验证其治疗的可靠性。

自体结缔组织移植需要通过第2个手术部位收集移植,这种方式会导致手术时间延长、术后并发症增多和药物摄入量增加。同种异体或异种移植可以作为自体结缔组织移植的替代物,最常使用的是脱细胞真皮基质,该术式不形成额外手术创面,术后也能重建龈乳头高度^[47]。对于某些特殊患者,例如有凝血功能障碍的患者、糖尿病患者、腭部组织不足的患者以及疼痛敏感度高的患者,应该优先考虑结缔组织替代物^[48]。

4.1.2 骨增量+软组织移植的协同应用

软组织移植能重建一定的龈乳头高度及牙龈厚度,但该方法只对单纯软组织缺损引起的龈乳头缺陷有可预测的结果,当龈乳头退缩合并牙槽骨吸收时,长期稳定的龈乳头高度应该结合骨组织重建。Urban等^[49]介绍了一种软硬组织相结合的修复方法重建种植体周围龈乳头。首先进行牙槽嵴保存,即在种植体植入前将自体骨移植与无机牛骨基质以6:4的比例混合后植入缺损区,再置入人工膜覆盖,然后于术后9个月植入种植体,最后分2次间隔3个月进行结缔组织移植。有学者^[50]对20例患者采用相似的牙槽嵴保存技术结合结缔组织移植修复种植体周软硬组织缺损,5年后PES平均7.8分,其中11例患者近乎达到完美的美学结果(PES>8)。牙槽嵴保存的主要目标是在拔牙时进行骨组织移植,从而避免拔牙后的牙槽骨吸收,但该方法通常需要在种植区进行额外的软组织手术,以重建种植体周软组织轮廓,这可能会增加软组织瘢痕形成的风险。

4.2 新型生物技术的应用

4.2.1 生长因子疗法

生长因子在治疗种植体周围龈乳头退缩中展现出显著的再生潜力,通过调控细胞增殖、血管生成及胶原合成等关键生物学过程促进软组织再生^[51]。Sharma等^[52]将10 mL全静脉血以3 000 r/min

的速度离心10 min,分离出富血小板纤维蛋白,并设计了一项对照研究,术后6~9个月发现富血小板纤维蛋白组Jemt指数和牙槽嵴水平均高于非富血小板纤维蛋白组,差异存在统计学意义,证实了富血小板纤维蛋白不仅可以促进龈乳头生长的能力,还能刺激骨形成。Tavelli等^[53]将重组人血小板衍生生长因子负载到胶原支架上并覆盖在种植体颊侧,1年后可见软组织厚度明显增加。但这些生物材料通常吸收较快,持久性不足,缺乏长期治疗稳定性^[54]。

4.2.2 透明质酸钠注射疗法

透明质酸钠具有良好的生物相容性及安全性,能促进胶原纤维、血管和牙槽骨新骨形成,具有良好的重建龈乳头的潜力^[55]。Becker等^[56]在14个位点周围的(包括4个天然牙位点和10个种植位点)龈乳头缺损区顶部2~3 mm处注射0.2 mL透明质酸钠,3周后发现4个注射位点(包括1个天然牙位点和3个种植位点)得到了100%改善,剩余10个注射位点改善率为88%~97%。该临床试验初步证明了通过注射透明质酸钠可以改善种植体和天然牙之间龈乳头缺损。但Bertl等^[57]对22例龈乳头退缩的患者分别注射2%透明质酸钠和生理盐水,一次注射量为0.18 mL,结果显示黑三角面积及种植体周围龈乳头体积在组间及不同随访时间点差异均无统计学意义,提示注射透明质酸钠不能使种植体周的种植体周围龈乳头体积增大,与前者研究结果相矛盾,这可能与透明质酸钠的交联度、注射部位以及注射方法有关。除此之外,有学者^[58]发现注射透明质酸钠后可能出现肿胀和触痛,注射区域附近有烧灼感,这可能是因为透明质酸钠在吸水后逐渐压迫外部血管导致邻近血管的部分闭塞。

4.2.3 组织工程技术的应用

基于组织工程技术促进种植体周围龈乳头重建的方法主要包括细胞疗法、信号分子与支架材料的联合应用。细胞疗法通过采集自体或异体成纤维细胞、间充质干细胞(如骨髓或牙周韧带来源)进行体外扩增后,将其负载于胶原支架或脱细胞真皮基质中,植入缺损区域以促进组织再生。McGuire等^[59]的研究显示:新生儿包皮来源的异体成纤维细胞与胶原膜结合可有效增加角化龈宽度,且美学满意度显著优于传统软组织移植。

支架材料的选择注重仿生结构与降解特性。三维打印的生物可吸支架(如聚己内酯)通过

定向纤维结构引导牙周韧带细胞有序生长,而交联型异种胶原基质则通过缓慢降解维持体积稳定性^[60]。负载生长因子的胶原基质在龈乳头重建中可提高组织厚度和颜色匹配度,术后疼痛较轻,改善患者生活质量^[53]。

尽管新型生物技术正以微创、低并发症和高美学效果等优势逐渐替代传统软组织移植技术,但目前的疗效缺乏不确定性及长期稳定性,临床研究相对不足,还需要更高等级临床数据证明其可靠性。

5 总结

种植体周围龈乳头高度的恢复是实现前牙区种植修复美学与功能协调的核心挑战。本文系统梳理了种植体周围龈乳头的解剖-生物学特性、影响其形态的关键因素及临床处理策略。天然牙与种植体周围龈乳头在血供、机械缓冲及再生能力上存在显著差异,导致后者更易因骨吸收、软组织瘢痕化等因素发生退缩。

龈乳头重建策略正从传统外科增量技术向新型生物技术方向过渡。解剖因素的精准评估是治疗成功的前提;翻瓣切口设计的改良及软组织增量术能有效恢复龈乳头高度,但长期稳定性仍需验证;窄直径种植体与CAD/CAM个性化基台的应用可改善美学效果,但其力学风险需权衡;新型生物技术虽展现出再生潜力,但疗效持久性及适应证范围仍需更多循证支持。未来研究应聚焦于微创化与个性化技术,实现“形态-功能-美学”精准重建。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

6 参考文献

- [1] Tavelli L, Barootchi S, Avila-Ortiz G, et al. Peri-implant soft tissue phenotype modification and its impact on peri-implant health: a systematic review and network meta-analysis[J]. *J Periodontol*, 2021, 92(1): 21-44.
- [2] Mahasneh SA, Goodwin M, Pretty I, et al. The use of radiographs to assess the impact of the distance between the contact area and the crest of the bone to predict the presence or absence of interdental papilla: an *in vivo* study[J]. *Br Dent J*, 2023. doi: 10.1038/s41415-023-6184-z.
- [3] Godani A, Iyer J, Nadgere J, et al. Impact of immediate interim restoration on peri-implant tissues around immediately placed single dental implants in the esthetic region: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Prosthet Dent*, 2025, 134(4): 1075-1088.
- [4] Berlucchi I, Francetti L, Del Fabbro M, et al. The influence of anatomical features on the outcome of gingival recessions treated with coronally advanced flap and enamel matrix derivative: a 1-year prospective study[J]. *J Periodontol*, 2005, 76(6): 899-907.
- [5] Noverraz S, Noverraz Y, Xi T, et al. Influence of surgically assisted rapid maxillary expansion on the interdental papilla height of maxillary central incisors [J]. *J Orofac Orthop*, 2021, 82(6): 372-381.
- [6] Xiao YZ, Lin ZQ, Wang PS, et al. Relationship of gingival phenotypes and faciolingual thickness, papilla height, and gingival angle in a Chinese population[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2021, 41(1): 127-134.
- [7] Yang G, Cao J, Hu WJ, et al. Measurements of the gingival papillae architecture using cone-beam computed tomography in young Chinese adults[J]. *Peer-J*, 2020, 8: e10006.
- [8] Albrektsson T, Johansson C. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration[J]. *Eur Spine J*, 2001, 10(Suppl 2): S96-S101.
- [9] Yuan X, Pei XB, Chen JL, et al. Comparative analyses of the soft tissue interfaces around teeth and implants: insights from a pre-clinical implant model [J]. *J Clin Periodontol*, 2021, 48(5): 745-753.
- [10] Abrahamsson I, Berglundh T, Wennström J, et al. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog[J]. *Clin Oral Implants Res*, 1996, 7(3): 212-219.
- [11] Chanthasan S, Mattheos N, Pisarnurakit PP, et al. Influence of interproximal peri-implant tissue and prosthesis contours on food impaction, tissue health and patients' quality of life[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2022, 33(7): 768-781.
- [12] Berglundh T, Armitage G, Araujo MG, et al. Peri-implant diseases and conditions: consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the

- classification of periodontal and peri-implant diseases and conditions[J]. *J Clin Periodontol*, 2018, 45 (Suppl 20): S286-S291.
- [13] Choquet V, Hermans M, Adriaenssens P, et al. Clinical and radiographic evaluation of the papilla level adjacent to single-tooth dental implants. A retrospective study in the maxillary anterior region[J]. *J Periodontol*, 2001, 72(10): 1364-1371.
- [14] Salama H, Salama MA, Garber D, et al. The interproximal height of bone: a guidepost to predictable aesthetic strategies and soft tissue contours in anterior tooth replacement[J]. *Pract Periodontics Aesthet Dent*, 1998, 10(9): 1131-1141, 1142.
- [15] Jung RE, Heitz-Mayfield L, Schwarz F, et al. Evidence-based knowledge on the aesthetics and maintenance of peri-implant soft tissues: osteology foundation consensus report part 3— aesthetics of peri-implant soft tissues[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2018, 29(Suppl 15): 14-17.
- [16] Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, et al. Periodontitis: consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions [J]. *J Periodontol*, 2018, 89(Suppl 1): S173-S182.
- [17] Fischer KR, Büchel J, Testori T, et al. Gingival phenotype assessment methods and classifications revisited: a preclinical study[J]. *Clin Oral Investig*, 2021, 25(9): 5513-5518.
- [18] Di Gianfilippo R, Valente NA, Toti P, et al. Influence of implant mucosal thickness on early bone loss: a systematic review with meta-analysis[J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2020, 50(4): 209-225.
- [19] Jung RE, Becker K, Bienz SP, et al. Effect of peri-implant mucosal thickness on esthetic outcomes and the efficacy of soft tissue augmentation procedures: consensus report of group 2 of the SEPA/DGI/OF workshop[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2022, 33(Suppl 23): 100-108.
- [20] Souza AB, Tormena M, Matarazzo F, et al. The influence of peri-implant keratinized mucosa on brushing discomfort and peri-implant tissue health [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2016, 27(6): 650-655.
- [21] Chen ST, Buser D, Sculean A, et al. Complications and treatment errors in implant positioning in the aesthetic zone: diagnosis and possible solutions[J]. *Periodontol 2000*, 2023, 92(1): 220-234.
- [22] Monje A, Rocuzzo A, Buser D, et al. Influence of buccal bone wall thickness on the peri-implant hard and soft tissue dimensional changes: a systematic review[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2023, 34(3): 157-176.
- [23] Chen ST, Darby IB, Reynolds EC. A prospective clinical study of non-submerged immediate implants: clinical outcomes and esthetic results[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2007, 18(5): 552-562.
- [24] Chandran KRS, Goyal M, Mittal N, et al. Accuracy of freehand versus guided immediate implant placement: a randomized controlled trial[J]. *J Dent*, 2023, 136: 104620.
- [25] 任帅吉, 杜静冰. 美学区单颗牙缺失即刻种植与拔牙位点保存后延期种植的临床效果分析[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2024, 29(6): 561-567.
- Ren SJ, Du JB. Comparison of clinical outcomes between immediate implantation and delayed implantation following alveolar ridge preservation for single-tooth loss in the aesthetic zone[J]. *Chin J Oral Implantol*, 2024, 29(6): 561-567.
- [26] Raj A, Pradhan S, Shetty P, et al. Comparison of crestal bone loss and papilla fill after conventional and immediate implant placement: a 12 month clinical and radiographic prospective study[J]. *F1000-Res*, 2023, 12: 821.
- [27] Atieh MA, Shah M, Abdulkareem M, et al. The socket shield technique for immediate implant placement: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2021, 33(8): 1186-1200.
- [28] MacLean S, Hermans M, Villata L, et al. A retrospective multicenter case series evaluating a novel 3.0-mm expanding tapered body implant for the rehabilitation of missing incisors[J]. *Quintessence Int*, 2016, 47(4): 297-306.
- [29] Frizzera F, Calazans NNN, Pascoal CH, et al. Flapless guided implant surgeries compared with conventional surgeries performed by nonexperienced individuals: randomized and controlled split-mouth clinical trial[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2021, 36(4): 755-761.
- [30] Froum SJ, Wang WC, Hafez T, et al. Incision design

- and soft tissue management to maintain or establish an interproximal papilla around integrated implants: a case series[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2018, 38(1): 61-69.
- [31] Luo W, Wang XY, Chen YQ, et al. Radiographic evaluation of a cross-shaped incision technique for thick-gingiva and thin-gingiva patients treated with implant-supported fixed prosthesis[J]. *BMC Oral Health*, 2021, 21(1): 655.
- [32] Lee EK, Herr Y, Kwon YH, et al. I-shaped incisions for papilla reconstruction in second stage implant surgery[J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2010, 40(3): 139-143.
- [33] Parihar AS, Manas A, Gopinath PV, et al. A comparative study of mid-crestal incision and diode laser shaped incision to assess papilla level in second stage dental implant surgery[J]. *J Pharm Bioallied Sci*, 2022, 14(Suppl 1): S236-S238.
- [34] Saleh MHA, Urban IA, Alrmali A, et al. Papilla reconstruction using a vertical interproximal tunnel approach[J]. *Int J Oral Implantol*, 2023, 16(1): 55-64.
- [35] Kamakshi LNVA, Uppoor AS, Nayak DG, et al. Evaluation of papilla levels following three different techniques for the second stage of implants—a clinical and radiographic study[J]. *J Indian Soc Periodontol*, 2021, 25(2): 120-127.
- [36] Kois JC. Predictable single-tooth peri-implant esthetics: five diagnostic keys[J]. *Compend Contin Educ Dent*, 2004, 25(11): 895-896, 898, 900, 906-907.
- [37] Siegenthaler M, Strauss FJ, Gamper F, et al. Anterior implant restorations with a convex emergence profile increase the frequency of recession: 12-month results of a randomized controlled clinical trial [J]. *J Clin Periodontol*, 2022, 49(11): 1145-1157.
- [38] González-Martín O, Lee E, Weisgold A, et al. Contour management of implant restorations for optimal emergence profiles: guidelines for immediate and delayed provisional restorations[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2020, 40(1): 61-70.
- [39] Chu SJ. Inverted body-shift concept in macroimplant design to enhance biologic and esthetic outcomes: a clinical report[J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 126(6): 720-726.
- [40] Lops D, Romeo E, Mensi M, et al. CAD/CAM abutments in the esthetic zone: a systematic review and meta-analysis of soft tissue stability[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(11): 3847.
- [41] Wang LN, Wang TT, Lu YF, et al. Comparing the clinical outcome of peri-implant hard and soft tissue treated with immediate individualized CAD/CAM healing abutments and conventional healing abutments for single-tooth implants in esthetic areas over 12 months: a randomized clinical trial[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2021, 36(5): 977-984.
- [42] BinShabaib MS, Mehmood A, Akram Z, et al. Peri-implant clinical and radiographic status and whole salivary cotinine levels among cigarette and water-pipe smokers and never-smokers[J]. *J Oral Sci*, 2018, 60(2): 247-252.
- [43] Stefanini M, Marzadori M, Tavelli L, et al. Peri-implant papillae reconstruction at an esthetically failing implant[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2020, 40(2): 213-222.
- [44] Urban IA, Mancini L, Wang HL, et al. The ‘iceberg’ connective tissue graft technique for peri-implant papilla augmentation following interproximal bone reconstruction[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2024, 44(5): 510-519.
- [45] Yi ZM, Miao XH, Wang L, et al. A customized sub-epithelial connective tissue graft for interdental papilla reconstruction and soft tissue augmentation[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2022, 34(3): 451-460.
- [46] Marques T, Santos NBMD, Sousa M, et al. Mixed-thickness tunnel access (MiTT) through a linear vertical mucosal incision for a minimally invasive approach for root coverage procedures in anterior and posterior sites: technical description and case series with 1-year follow-up[J]. *Dent J*, 2023, 11(10): 235.
- [47] Happe A, Schmidt A, Neugebauer J. Peri-implant soft-tissue esthetic outcome after immediate implant placement in conjunction with xenogeneic acellular dermal matrix or connective tissue graft: a randomized controlled clinical study[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2022, 34(1): 215-225.
- [48] Panwar M, Kosala M, Malik D, et al. Comparison of acellular dermal matrix allografts and connective

- tissue autografts in soft-tissue augmentation around immediate implants: a pilot study[J]. *Med J Armed Forces India*, 2022, 78(Suppl 1): S251-S257.
- [49] Urban IA, Barootchi S, Urban IA, et al. Hard- and soft-tissue reconstruction in the anterior maxilla for esthetic implant therapy[J]. *Compend Contin Educ Dent*, 2023, 44(7): 385-389, 390.
- [50] Wessels R, Vervaeke S, Seyssens L, et al. A 5-year cohort study on early implant placement with guided bone regeneration or alveolar ridge preservation with connective tissue graft[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2020, 22(6): 697-705.
- [51] Miron RJ, Pikos MA, Estrin NE, et al. Extended platelet-rich fibrin[J]. *Periodontol 2000*, 2024, 94(1): 114-130.
- [52] Sharma K, Roy S, Kumari A, et al. A comparative evaluation of soft and hard tissue changes around dental implants placed with and without platelet-rich fibrin[J]. *Cureus*, 2023, 15(3): e36908.
- [53] Tavelli L, Barootchi S, Rasperini G, et al. Clinical and patient-reported outcomes of tissue engineering strategies for periodontal and peri-implant reconstruction[J]. *Periodontol 2000*, 2023, 91(1): 217-269.
- [54] Latimer JM, Maekawa S, Yao Y, et al. Regenerative medicine technologies to treat dental, oral, and craniofacial defects[J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2021, 9: 704048.
- [55] Ebrahimi R, Khorshidi H, Boroumand R, et al. Evaluation of the effect of hyaluronic acid injection on the reconstruction of reduced interdental papillae in patients referred to Shiraz school of dentistry[J]. *J Dent*, 2023, 24(3): 305-311.
- [56] Becker W, Gabitov I, Stepanov M, et al. Minimally invasive treatment for papillae deficiencies in the esthetic zone: a pilot study[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2010, 12(1): 1-8.
- [57] Bertl K, Gotfredsen K, Jensen SS, et al. Can hyaluronan injections augment deficient papillae at implant-supported crowns in the anterior maxilla? A randomized controlled clinical trial with 6 months follow-up[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2017, 28(9): 1054-1061.
- [58] Bertl K, Gotfredsen K, Jensen SS, et al. Adverse reaction after hyaluronan injection for minimally invasive papilla volume augmentation. A report on two cases[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2017, 28(7): 871-876.
- [59] McGuire MK, Scheyer ET. A randomized, double-blind, placebo-controlled study to determine the safety and efficacy of cultured and expanded autologous fibroblast injections for the treatment of interdental papillary insufficiency associated with the papilla priming procedure[J]. *J Periodontol*, 2007, 78(1): 4-17.
- [60] Wu DT, Munguia-Lopez JG, Cho YW, et al. Polymeric scaffolds for dental, oral, and craniofacial regenerative medicine[J]. *Molecules*, 2021, 26(22): 7043.

(本文编辑 吴爱华)