

# 梯形瓣和角形瓣对引导骨再生术后黏膜血供及成骨效果的影响

陈双镇<sup>1</sup> 张贤月<sup>2</sup> 贾晓凤<sup>1</sup> 夏荣<sup>1</sup> 姜凡<sup>2</sup>

1. 安徽医科大学第二附属医院口腔科, 合肥 230601;

2. 安徽医科大学第二附属医院超声医学科, 合肥 230601

**[摘要]** **目的** 通过彩色多普勒血流成像技术 (CDFI) 及锥形束计算机断层扫描技术 (CBCT) 评估使用梯形瓣和角形瓣进行上颌前牙区引导骨再生 (GBR) 术后黏膜血管参数变化及成骨效果。**方法** 将单颗上颌前牙种植手术同期 GBR 的患者随机分为梯形瓣组和角形瓣组, 采用不同的翻瓣方式行 GBR 术后, 在不同的时间间隔 (术前, 术后 2 h、1 d、3 d、1 周、2 周和 4 周) 利用 CDFI 测量术区黏膜血管参数, 拍摄术前、术后 2 h、术后 6 月时 CBCT 图像评估骨增量效果。**结果** 缺牙区唇侧黏膜血液流速低于同颌对侧同名牙, 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ ); 缺牙区术后黏膜血液流速较术前有所增加, 术后 2 周时达到峰值流速后下降至参照牙血流水平, 2 组间差异存在统计学意义 ( $P < 0.05$ )。术后 6 月梯形瓣组和角形瓣组种植体平台颊侧牙槽嵴宽度较术后 2 h 分别减少 ( $1.3 \pm 0.9$ )、( $0.9 \pm 0.7$ ) mm; 种植体平台根方 5 mm 颊侧牙槽嵴宽度分别减少 ( $0.9 \pm 0.6$ )、( $0.3 \pm 0.6$ ) mm; 种植体平台根方 10 mm 颊侧牙槽嵴宽度分别减少 ( $0.6 \pm 0.8$ )、( $0.2 \pm 0.6$ ) mm; 牙槽嵴高度分别减少 ( $1.9 \pm 1.4$ )、( $1.4 \pm 1.3$ ) mm; 移植物体积变化分别为 ( $136 \pm 78$ )、( $114 \pm 85$ ) mm<sup>3</sup>, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。**结论** 牙齿缺失后, 缺牙区唇侧黏膜血液流速降低; 角形瓣组在上颌前牙 GBR 术后可以获得更好的术区血流微循环; 梯形瓣和角形瓣在上颌前牙区骨增量手术中均可获得预期的骨增量效果, 翻瓣方式对牙槽骨尺寸参数变化无显著影响。

**[关键词]** 引导骨再生; 彩色多普勒血流成像技术; 梯形瓣; 角形瓣

**[中图分类号]** R783 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2025.2024449



本文链接 开放科学标识码

## Effect of trapezoidal and modified triangular flaps on mucosal blood supply and osteogenesis after guided bone regeneration

Chen Shuangzhen<sup>1</sup>, Zhang Xianyue<sup>2</sup>, Jia Xiaofeng<sup>1</sup>, Xia Rong<sup>1</sup>, Jiang Fan<sup>2</sup>

1. Dept. of Stomatology, The Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China; 2. Dept. of Medical Ultrasound, The Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China

Supported by: Anhui Province Academic and Technical Leader Reserve Candidate Research Funding (2021H253)

Correspondence: Xia Rong, E-mail: xiarongqh@aliyun.com; Jiang Fan, E-mail: ahultrasound2005@126.com

**[Abstract]** **Objective** Color doppler flow imaging (CDFI) and cone-beam computed tomography (CBCT) were utilized to evaluate changes in mucosal vascular parameters and the osteogenic effects following guided bone regeneration (GBR) in the maxillary anterior region using trapezoidal or modified triangular flaps. **Methods** Patients undergoing single maxillary anterior dental implant surgery with GBR were randomly allocated into two groups: a trapezoidal flap

group and a modified triangular flap group. After GBR surgery, the mucosal vascular parameters at the surgical site were assessed at various time intervals (preoperative, 2 h, 1 and 3 days, and 1, 2, and 4 weeks postoperative) using CDFI. In addition, the effects of bone augmentation were evaluated through the analysis of CBCT images ob-

**[收稿日期]** 2024-12-12; **[修回日期]** 2025-04-16

**[基金项目]** 安徽省学术和技术带头人后备人选科研活动经费资助项目 (2021H253)

**[第一作者]** 陈双镇, 住院医师, 硕士, E-mail: doubletown@outlook.com

**[通信作者]** 夏荣, 主任医师, 博士, E-mail: xiarongqh@aliyun.com; 姜凡, 主任医师, 学士, E-mail: ahultrasound2005@126.com

tained preoperatively, 2 h, and 6 months postoperative. **Results** The buccal mucosa in the edentulous area had a lower blood flow rate than the corresponding tooth in the same jaw, and the difference was statistically significant ( $P<0.001$ ). The mucosal blood flow rate in the surgical area increased compared with that in the preoperative period. The peak flow rate was recorded at 2 weeks postoperatively and then decreased to levels comparable to those of the reference tooth. A statistically significant difference was observed between the two groups ( $P<0.05$ ). The buccal alveolar ridge width of the implant platform was reduced by  $(1.3\pm 0.9)$  mm in the trapezoidal flap group and  $(0.9\pm 0.7)$  mm in the modified triangular flap group, respectively, at 6 months postoperatively, compared with 2 h postoperative. The buccal alveolar ridge width of the 5 mm from the implant platform was reduced by  $(0.9\pm 0.6)$  mm and  $(0.3\pm 0.6)$  mm, respectively. The buccal alveolar ridge width of the 10 mm from the implant platform was reduced by  $(0.6\pm 0.8)$  mm and  $(0.2\pm 0.6)$  mm, respectively. The height of the alveolar ridge was reduced by  $(1.9\pm 1.4)$  mm and  $(1.4\pm 1.3)$  mm. The change in graft volume was  $(136\pm 78)$  mm<sup>3</sup> and  $(114\pm 85)$  mm<sup>3</sup>. However, the differences between the two groups were not statistically significant ( $P>0.05$ ). **Conclusion** When a tooth is missing, blood flow to the buccal mucosa on the side of the missing tooth is reduced. The modified triangular flap group demonstrated superior microcirculation of blood flow in the operative area after GBR of the maxillary anterior teeth. Trapezoidal and modified triangular flaps achieved the anticipated bone augmentation during bone augmentation surgery in the maxillary anterior region, with no considerable effect on the changes in alveolar bone size parameters.

**[Key words]** guided bone regeneration; color doppler flow imaging; trapezoidal flap; modified triangular flap

缺牙后牙槽嵴的唇侧骨板会发生明显的吸收, 尤其在上颌前牙区, 这给种植修复带来了极大的挑战。因此, 无论种植的时机如何, 骨增量都已成为上颌前牙美学区种植修复的必经之路。引导骨再生 (guided bone regeneration, GBR) 是骨增量技术常用的一种方法, 其主要通过诱导成骨细胞在屏障膜的保护下形成新骨。这一过程与术区血供密切相关, 血液供应可以为骨的生成提供必要的营养支持及大量未分化的间充质细胞<sup>[1]</sup>, 血小板中的生长因子可以促进移植物的愈合并抑制其吸收<sup>[2]</sup>, 造血干细胞也同样表现出有利于骨再生和种植体骨结合的能力<sup>[3]</sup>。

上颌前牙唇侧牙槽骨的血供主要有3个来源: 牙周膜、骨膜和来自骨内的血液供应。当牙齿拔除后, 牙周膜随即消失; 上颌前牙区唇侧骨壁很薄<sup>[4]</sup>, 骨内的血液供应几乎不存在; 因此, 组织瓣的血供情况是决定其预后的重要因素之一。然而, GBR术中翻瓣过程会不可避免地形成一个或两个垂直切口, 这些切口会干扰组织瓣的血液供应, 抑制术区的充分供血<sup>[5]</sup>。Koymen等<sup>[6]</sup>通过观察人类尸体的血管系统, 主张应尽量避免使用近远中垂直切口的梯形组织瓣, 因为单个垂直切口同样可以实现术区的可视化及组织瓣的活动度。Scarano等<sup>[7]</sup>通过观察术区的肿胀和皮温, 提示角形瓣可获得更大的血流供应。但是, 由于口腔组织位置及性质的特殊性, 翻瓣术后血供的改变及微循环重建难以直接观测。

彩色多普勒血流成像技术 (color doppler flow imaging, CDFI) 是一种利用超声技术显示血管内血流的方法, 其利用跟踪颗粒通过探头时声波的变化, 并转换成二维图像, 从而得出血流模式。这种模式可用于识别血流的存在和辨别血流的方向, 并为正确测量速度提供角度校正<sup>[7]</sup>。至今, CDFI已经在甲状腺结节<sup>[8]</sup>、乳腺肿物<sup>[9]</sup>、青光眼<sup>[10]</sup>等浅表组织器官疾病的诊断和治疗中取得巨大进展。在最近的一项研究<sup>[11]</sup>中, 其在测量牙周炎患者牙龈血流参数中发挥重要作用。目前, CDFI尚未运用于骨增量后微血管的评估。本研究应用CDFI技术观测GBR术后术区血管再生情况及血供参数变化。

## 1 材料和方法

本研究是一项前瞻性队列研究。该试验已获得安徽医科大学第二附属医院伦理委员会的审查批准 (批件号: YX2023-151), 并在中国临床试验注册中心注册 (注册号: ChiCTR2400087211)。由1名经验丰富的临床医生完成所有的外科手术, 所有患者在治疗前均签署了知情同意书。

### 1.1 研究对象

研究对象为2023年8月—2024年4月于安徽医科大学第二附属医院口腔科进行单颗上颌前牙种植手术同期GBR的患者。纳入标准: 1) 年龄18~70岁; 2) 缺牙区牙槽嵴水平骨宽度不足5 mm; 3) 计划种植部位牙齿脱落或拔除大于3个月; 4)

口腔黏膜无明显异常, 缺牙区存在超过3 mm的角化龈; 5) 不存在任何可能损害伤口愈合及种植体骨结合的系统性疾病; 6) 缺牙区及邻近组织除常规拔牙除术外无任何翻瓣及其他手术史。排除标准: 1) 种植部位或邻近组织有任何疾病或感染; 2) 未控制的牙周病; 3) 重度吸烟者(每天10支以上); 4) 酗酒或滥用药物者; 5) 怀孕、哺乳期及半年内有怀孕计划者; 6) 精神异常, 无行为自主能力者。

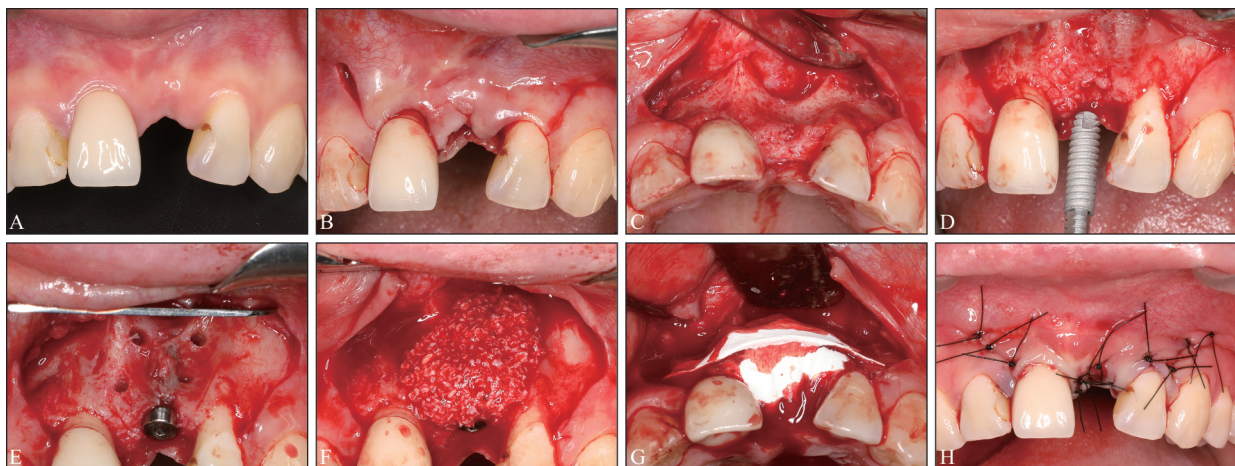
参照以往文献<sup>[12-13]</sup>, 本研究使用G-power 3.1.9.7软件计算样本量, 设 $\alpha=0.05$ ,  $1-\beta=0.8$ , 得出每组样本量 $n=11$ 。考虑到15%的脱落率, 最终确定总样本量为26例。26例患者按抽签结果随机分配至梯形瓣组和角形瓣组。

### 1.2 手术方式

首次就诊时收集患者病史和研究模型, 术前1周进行牙周基础治疗。拍摄术前锥形束计算机断层扫描技术(cone-beam computed tomography, CBCT)影像以规划理想的种植体三维位置。

术前使用0.12%复方氯己定溶液含漱3 min, 对术区常规消毒铺巾, 口内局部麻醉。梯形瓣组(图1): 由1个牙槽嵴顶靠腭侧的水平切口及2个位于相邻牙齿远中轴面角处的斜行切口组成的全厚黏膜瓣, 同时保障基底部应比游离端宽。角形

瓣组(图2): 翻瓣切口由1个牙槽嵴顶靠腭侧的水平切口及1个位于远中的斜行切口组成, 无近中斜行切口。掀起全厚黏膜瓣, 刮净骨面上残余软组织, 在预定的位置植入合适的种植体(Anthogyr公司, 法国), 并获得35 Ncm以上的初期稳定性。之后, 于患者缺牙区牙槽嵴唇侧行植骨手术, 制备滋养孔; 将患者自体血液与Bio-Oss(Geistlich Pharma AG公司, 瑞士)混合均匀, 填充至唇侧骨板, 达到理想的唇腭侧牙槽嵴水平宽度。将Bio-Gide(Geistlich Pharma AG公司, 瑞士)覆盖于植骨表面, 保证胶原膜边缘超出骨缺损边缘2~3 mm, 同时距离附加切口2~3 mm; 骨膜垂直褥式缝合(perioosteal vertical mattress suture, PVMS)技术<sup>[14]</sup>缝合固定胶原膜。制作骨膜减张切口, 经过充分的减张, 黏骨膜瓣应被动延伸至原切口线外3~5 mm处。选用4-0尼龙线和3/8弧圆针, 水平褥式加间断缝合关闭术区。术后, 为患者提供口腔卫生指导及必要的抗炎治疗; 24 h后, 开始使用0.12%复方氯己定含漱液, 每天3次。所有患者在术后7 d接受口腔检查, 术后14 d拆除缝线。术后6个月进行二期手术, 放置临时冠, 完成牙龈塑型。3周后进行终修复的印模制取, 1周后戴入氧化锆全瓷冠。



A: 术前口内照片; B: 梯形翻瓣切口; C: 梯形翻瓣后见颊侧骨缺损; D: 种植体植入; E: 滋养孔的制备; F: Bio-Oss骨粉填充颊侧骨缺损; G: Bio-Gide胶原膜覆盖所有植骨材料; H: 充分减张后, 水平褥式加间断缝合关闭术区。

图1 梯形瓣组手术过程

Fig 1 Surgical procedure of the trapezoidal flap group

### 1.3 血供参数评价

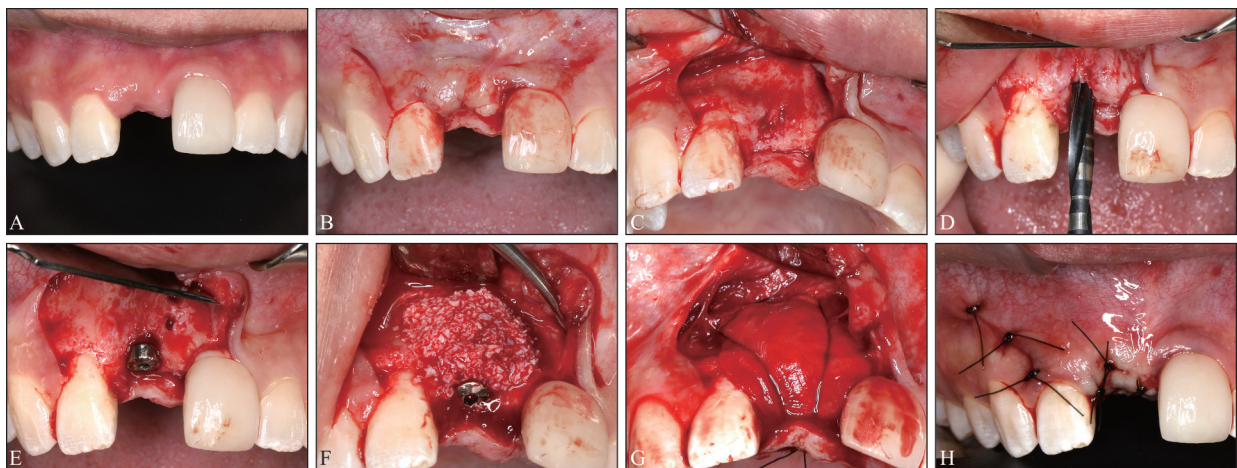
在术前的石膏模型上, 用蜡恢复理想的缺失牙体形态, 制造一个压膜式定位装置, 延伸出缺失牙部位3颗牙齿, 随后, 根据勾画的牙龈轮廓进行裁剪, 并在定位装置缺牙区的近远中外展隙缠绕

正畸结扎丝。设计该定位装置的目的是为了确保超声测量位置的一致性。所有超声图像均由1名接受专业培训且工作5年以上的超声科医生采集和记录。使用组内相关系数评估测量数据一致性。

患者在超声图像采集期间佩戴该定位装置,

于术前 (T0) 采集缺牙区及同颌对侧同名牙唇侧黏膜的超声血管图像及血供参数进行横向对比; 于术后 2 h、1 d、3 d、1 周、2 周、4 周 (分别为 T1、T2、T3、T4、T5 和 T6) 采集缺牙区黏膜超声血管图像, 监测血供变化。超声检查使用 Aplio i800 (i24CX1, Canon Medical Systems 公司, 日本), 探头型号 PLI-1205BX (4-18MHz)。被检查者仰卧于检查床上, 唇部闭合, 于缺牙区对应上唇皮肤处均匀涂抹薄层超声耦合剂, 探头平行于缺牙区牙槽嵴, 在矢状方向上平行于面部正中轴; 使用定位装置结扎丝的强回声确定采集范围。

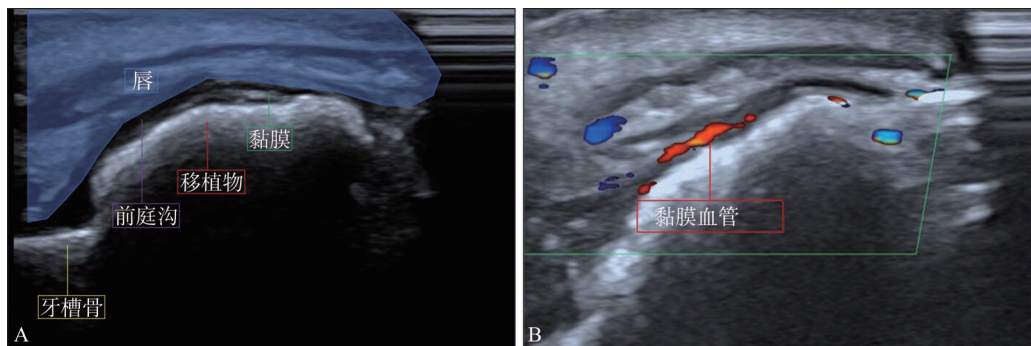
用超声探头连续扫描, 观察口腔组织结构 (图 3)。在采集区二维定位的基础上, 采用线阵传感器的多普勒模式测量血管参数。首先对测量区域进行多角度、多层面扫描, 确定血流最丰富的平面, 在血管的最大横截面处拍摄图像及采集频谱, 由系统自动追踪计算出平均流速 (mean velocity, Vm)、最大流速 (maximal velocity, Vmax)、收缩期和舒张期血流速度的比值 (systolic velocity/diastolic velocity, S/D)、搏动指数 (pulsatility index, PI) 和阻力指数 (resistance index, RI)。每次测量时多次采集。测量的环境参数标准化。



A: 术前口内照片; B: 角形翻瓣切口; C: 角形翻瓣后见颊侧骨缺损; D: 种植位点的逐级备洞; E: 种植体植入后滋养孔的制备; F: Bio-Oss 骨粉填充颊侧骨缺损; G: Bio-Gide 胶原膜的覆盖及 PVMS 技术缝合固定胶原膜; H: 充分减张后, 水平褥式加间断缝合关闭术区。

图 2 角形瓣组手术过程

Fig 2 Surgical procedure of the modified triangular flap group



A: 口腔组织超声图像; B: 黏膜血流超声图像。

图 3 超声图像

Fig 3 Ultrasound image

1.4 影像资料分析

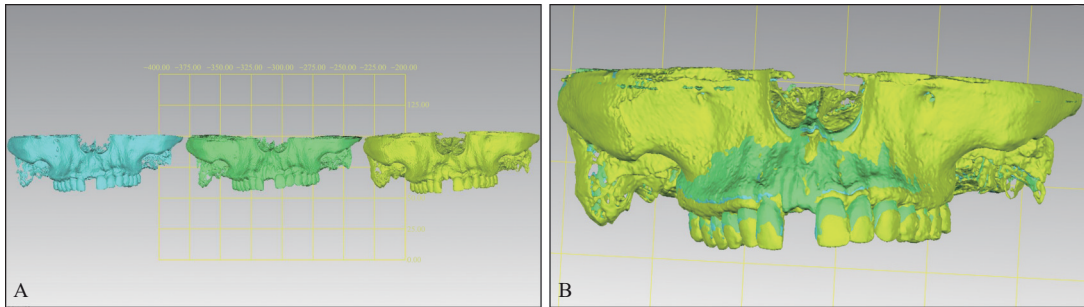
在术前 (T0)、术后 2 h (T1)、术后 6 月 (T7) 拍摄 CBCT (i-CAT 17-19, Kavo 公司, 德国) 图像, 评估植骨区牙槽嵴水平及垂直变化。

将 T0、T1、T7 的 CBCT 图像导入 Mimics 21.0

软件, 对图像的阈值进行调整, 建立蒙版; 提取出上颌骨, 对上颌骨的蒙版进行编辑以消除散射缺陷并获得最佳图像质量, 于种植体中轴的唇腭侧截面上评估牙槽嵴的水平变化和垂直变化。而后, 生成数字化模型, 导出模型为 STL 格式。将术前

术后 STL 文件导入 Geomagic Wrap 2021 软件, 用软件中的整体配准功能将术前和术后的颌骨模型重叠在一起 (图4); 裁剪出目标区域, T0-T1 的体

积变化值即引导骨再生手术中移植的骨替代材料的体积; T0-T7 的体积变化即为新生骨的体积。



A: 3个时间点的实体模型; B: STL 叠加结果。T0: 蓝色; T1: 绿色; T7: 黄色。

图 4 轮廓外形分析

Fig 4 Contour change analysis

骨测量的标志点见图5。种植体唇侧的3个标志点分别为种植体平台 (B)、种植体平台根方 5 mm (M) 及种植体平台根方 10 mm (A)。垂直于种植体长轴的3个相应的牙槽嵴唇侧表面标志点分别为 EB、EM、EA。缺牙区牙槽嵴的水平骨宽度即为 B-EB、M-EM、A-EA; 牙槽嵴骨高度即为牙槽嵴顶点 (C) 至种植体平台平面的垂直距离即 C-P。所有数据由同1名研究员在2个不同的时间点测量2次取平均值。

## 2 结果

### 2.1 基本情况

本研究共招募26例患者, 其中4例患者因个人原因退出, 没有有效的随访数据。共纳入22例患者, 年龄为20~67岁, 平均年龄35.5岁, 具体患者特征见表1。最常见的种植部位是中切牙, 其次是侧切牙。2组患者间年龄、性别、缺牙位置、缺牙原因、缺牙时间、牙龈生物型、种植体尺寸、唇侧剩余骨壁厚度差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。CDFI 及 CBCT 测量者均达到理想的复测信度, 组内相关系数分别为 0.89 和 0.81。在随访期间没有观察到种植体脱落及其他不良并发症。

### 2.2 血供变化分析结果

在 CDFI 二维超声模式下, 可以清晰观测到牙槽骨、移植物、黏膜及相邻牙齿; 移植骨粉呈帐篷式附着于植骨区, 表面略粗糙; 胶原膜位于骨粉及组织瓣之间, 呈低密度影。为了评估缺牙后唇侧黏膜血供变化, 本研究对总体样本术前缺牙区与同颌对侧同名参照牙唇侧黏膜血供数据进行了测量, 结果表明  $V_m$  及  $V_{max}$  呈现出显著差异 ( $P<0.001$ ) (表2、图6A)。

分析2组患者术后各个时间点 (T0~T6) 血供参数变化 (表3、图6B)。t 检验表明, T0 时梯形瓣与角形瓣组间血供数据差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。  $V_m$  和  $V_{max}$  在植骨术后 (T0~T5) 逐渐增加, T5 时达到最大值后下降, 2 组均表现出相同趋势, 角形瓣组于 T0~T1 期间变化幅度更为显著, 但角形瓣组  $V_{max}$  变化趋势略有不同,  $V_{max}$  术后 (T0~T4) 逐渐增加, 在 T4 时达到最大值。

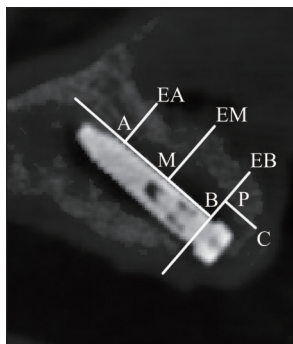


图 5 CBCT 标志点及测量方法

Fig 5 CBCT marker points and measurements

### 1.5 统计分析

使用 SPSS 27.0 软件进行统计分析。计量资料以均数±标准差表示; 采用 Shapiro-Wilk 检验和 Levene 方差检验评估数据的正态性; 对定量资料进行独立样本 t 检验, 对定性资料进行卡方检验。采用重复测量方差分析和 Bonferroni 事后比较衡量组间及组内差异。进行多元线性回归分析, 研究年龄、缺牙位置、牙龈生物型、植体唇侧剩余骨壁厚度对骨增量效果的影响。  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

重复测量的方差分析显示，2组之间不同时间Vm和Vmax差异存在统计学意义 (Vm:  $P=0.044$ ; Vmax:  $P=0.036$ )。2组S/D、PI及RI的变化不显著 ( $P>0.05$ )。S/D随时间变化，于T1时略有增加，随后在T2时减小，于T5时达到最小值，后回归基线水平。PI及RI呈现出相似变化。

2.3 植骨效果分析结果

CBCT测量数据见表4。方差分析表明，2组均发生水平骨吸收，A-EA尺寸变化最小，M-EM次之；梯形瓣组相比于角形瓣组展现出更大的变化幅度，但差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。T1时2组种植体平台距牙槽嵴顶均大于3 mm (梯形瓣组:  $3.8\text{ mm}\pm 1.5\text{ mm}$ ; 角形瓣组:  $3.3\text{ mm}\pm 1.2\text{ mm}$ )，T7时均出现吸收 (梯形瓣组:  $1.9\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ ; 角形瓣组:  $1.9\text{ mm}\pm 0.6\text{ mm}$ )，处理技术对C-P维度变化的影响并无相关性 ( $P=0.460$ )。总体移植物体积变化率为29.1%，2组间差异无统计学意义 ( $P=0.601$ )。根据线性回归分析显示，厚龈生物型 ( $P=0.047$ )对M-EM减少有潜在影响；患者年龄、缺牙位置及植体唇侧剩余骨壁厚度与骨的尺寸变化

之间无显著的相关性 ( $P>0.05$ )。

表 1 患者特征

**Tab 1 Characteristics of patients**

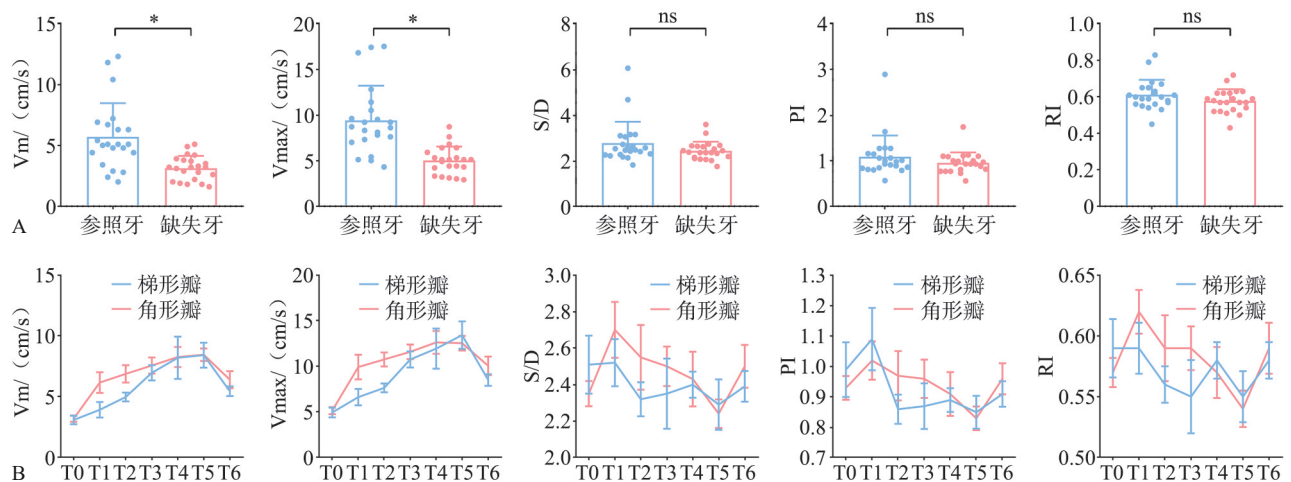
特征	梯形瓣组	角形瓣组	P值
年龄/岁	36.1±14.1	34.8±13.0	0.828
性别			
男	4 (36.4%)	6 (54.5%)	0.392
女	7 (63.6%)	5 (45.5%)	
缺失位置			
中切牙	7 (63.6%)	7 (63.6%)	0.565
侧切牙	3 (27.3%)	4 (36.4%)	
尖牙	1 (9.1%)	0 (0%)	
牙龈生物型			
厚龈生物型	4 (36.4%)	3 (27.3%)	0.647
薄龈生物型	7 (63.6%)	8 (72.7%)	
缺牙原因			
外伤	5 (54.5%)	6 (54.5%)	0.700
先天缺失	3 (27.3%)	1 (9.1%)	
龋病	1 (9.1%)	2 (18.2%)	
根尖周疾病	2 (18.2%)	2 (18.2%)	
缺牙时间/年	3.7±6.4	4.4±7.8	0.809
种植体尺寸			
3.4 mm×12 mm	9 (81.8%)	9 (81.8%)	1.000
3.4 mm×14 mm	2 (18.2%)	2 (18.2%)	
唇侧骨壁厚 度/mm	0.41±0.32	0.55±0.22	0.345

表 2 基线血管参数

Tab 2 Baseline values of vascular parameters

指标	总体	缺失牙	参照牙	平均差值	95%置信区间
Vm/ (cm/s)	4.42±2.43	3.14±1.00	5.71±2.77	-2.57±2.78*	1.30, 3.84
Vmax/ (cm/s)	7.22±3.61	5.02±1.52	9.41±3.79	-4.39±3.88*	2.64, 6.15
S/D	2.60±0.73	2.43±0.40	2.77±0.93	-0.34±0.77	-0.09, 0.78
PI	1.02±0.37	0.96±0.23	1.09±0.46	-0.13±0.34	-0.09, 0.36
RI	0.59±0.08	0.58±0.06	0.61±0.08	-0.03±0.08	-0.01, 0.08

注: \*为 $P<0.001$ 。



A: 基线血管参数柱状图, ns为 $P>0.05$ , \*为 $P<0.001$ ; B: 翻瓣术后组织瓣血管参数折线图。

图 6 血管动力参数统计图

Fig 6 Vascular parameters statistical charts

表 3 翻瓣术后组织瓣的血管参数

Tab 3 Vascular parameters of human gingival after flap surgery

组别	时间	Vm/ (cm/s)	Vmax/ (cm/s)	S/D	PI	RI
梯形瓣	T0	3.08±1.16	4.93±1.77	2.51±0.53	0.99±0.30	0.59±0.08
	T1	3.92±2.10	6.60±3.04	2.52±0.43	1.09±0.34	0.59±0.07
	T2	4.97±1.20	7.63±1.62	2.32±0.31	0.86±0.16	0.56±0.05
	T3	6.96±2.10	10.74±2.95	2.35±0.64	0.87±0.25	0.55±0.10
	T4	8.19±5.79	11.93±7.32	2.40±0.24	0.89±0.13	0.58±0.05
	T5	8.41±3.43	13.41±4.99	2.29±0.46	0.85±0.18	0.55±0.07
	T6	5.44±1.34	8.49±2.08	2.39±0.28	0.91±0.14	0.58±0.05
角形瓣	T0	3.19±0.87	5.12±1.31	2.35±0.23	0.93±0.13	0.57±0.04
	T1	6.16±2.82	9.91±4.51	2.70±0.51	1.02±0.21	0.62±0.06
	T2	6.87±2.36	10.74±2.53	2.55±0.59	0.97±0.27	0.59±0.09
	T3	7.56±2.22	11.57±2.67	2.50±0.36	0.96±0.21	0.59±0.06
	T4	8.26±2.74	12.61±4.16	2.43±0.50	0.91±0.24	0.57±0.07
	T5	8.44±1.70	12.53±2.68	2.24±0.26	0.83±0.13	0.54±0.05
	T6	6.39±2.35	10.04±3.38	2.50±0.39	0.96±0.17	0.59±0.07

表 4 牙槽骨参数变化

Tab 4 Alveolar bone parameter changes

测量参数及时间点	梯形瓣组	角形瓣组	P 值	
A-EA/mm	T1	3.4±0.8	3.2±0.9	0.850
	T7	2.9±0.7	3.0±0.8	0.468
	T7-T1	-0.6±0.8	-0.2±0.6	0.347
M-EM/mm	T1	4.4±0.8	4.1±0.8	0.390
	T7	3.6±0.3	3.8±0.9	0.587
	T7-T1	-0.9±0.6	-0.3±0.6	0.075
B-EB/mm	T1	3.6±0.9	3.6±0.6	0.618
	T7	2.3±0.7	2.6±1.0	0.645
	T7-T1	-1.3±0.9	-0.9±0.7	0.303
C-P/mm	T1	3.8±1.5	3.3±1.2	0.449
	T7	1.9±0.5	1.9±0.6	1.000
	T7-T1	-1.9±1.4	-1.4±1.3	0.460
体积/mm <sup>3</sup>	T1-T0	448±48	418±120	0.521
	T7-T0	312±70	304±141	0.884
	T7-T1	-136±78	-114±85	0.601

作流程复杂, 术中对软组织的创伤程度较高; 角形瓣具有操作便捷及对周边软组织损伤较小等优势, 然而其局限性在于所能覆盖的创口面积相对狭小。因此, GBR 手术中翻瓣方式的合理抉择是确保手术成功的关键环节之一, 其应尽量减少对血液供应的干扰, 保障初级伤口的良好闭合。

先前的研究<sup>[15-16]</sup>尝试使用激光多普勒流量测量技术 (laser doppler flowmetry, LDF) 量化血液流动速率, 其原理是激光束通过光纤发射到待研究的组织以监测血细胞的流动, 缺点是无法以绝对单位测量记录, 而且容易遭受邻近组织的影响<sup>[17]</sup>。本研究结果表明, CDFI 技术可能是评估组织瓣微血管血流大小的有效工具。

牙齿拔除后, 随着束状骨及牙周膜的消失, 牙槽骨发生失用性吸收, 血液循环进一步受阻, 本实验结果证实了这一现象。研究发现, 缺牙区唇侧黏膜血液 Vm 仅为参照牙的 55%, Vmax 仅为参照牙最大流速的 53%。

实验结果表明, GBR 术后 2 h, Vm 和 Vmax 均有不同程度增大, 这可能是微血管对伤口的防御性反应<sup>[18]</sup>; 血管调节因子的存在诱导组织瓣中血管扩张, 产生主动性充血。与此同时, 植骨术中翻瓣操作虽会切断骨膜-骨内血管丛, 但这在一定程度上却有助于灌注量的增加。角形瓣组血液流速变化更大, 可能是由于其减少了黏膜纤维的离断<sup>[19]</sup>, 进而更好地保护了组织瓣的微血管所致。此外, 有研究<sup>[16-17]</sup>观测到牙周翻瓣术后血液灌注量较基线降低, 这可能是受局麻药物中血管收缩剂影响所致, 肾上腺素可以收缩皮肤黏膜血管, 减

### 3 讨论

本实验探索了翻瓣方式对 GBR 术后血供及成骨的影响。结果表明, 黏膜微血管在植骨术后伤口愈合早期发生反应性变化, 进一步影响移植物的吸收与改建。骨增量手术中选择合理的翻瓣方式非常重要<sup>[5]</sup>, 其应维持骨移植材料环境稳定, 保障骨再生, 优化组织血供, 加速组织愈合。翻瓣方式的选择应综合骨缺损情况、软组织条件、手术操作便利性及术后效果等因素确定。梯形瓣于临床应用中展现出较大的覆盖区域, 但其手术操

少术区出血,作用可维持10~30 min。微血管血流在术后2周仍保持增加可能与活跃的血管生成有关;术后1 d,胶原膜和骨移植材料维持的空间中形成血凝块<sup>[20]</sup>,纤维组织开始促进血凝块有机化,术后3 d骨膜血管丛开始萌发新血管,术后7 d黏骨膜瓣与牙槽骨接触的区域可以观察到明显的血管新生<sup>[21]</sup>。这些结果与术后7 d组织瓣血流灌注增加的证据相一致<sup>[16]</sup>。术后2周时血液流速达到峰值,以往的研究<sup>[22]</sup>中也有类似发现,这可能与移植骨愈合的初始阶段有关。大量与组织再生、骨骼形成、间充质细胞分化、血管生成和神经发生等生物学相关过程的基因均在创面闭合后14 d受到不同程度的调控;与骨形成有关的生长因子和激素,如骨形态发生蛋白(bone morphogenetic protein, BMP) 3、4和成纤维细胞生长因子受体2也大量表达<sup>[23]</sup>。角形瓣组Vmax峰值前移可能是因为软组织一期愈合更早发生。最后,术区血流在术后4周时降低至参照牙黏膜血流水平,这意味着血液循环于4周内完成重塑,先于牙槽骨的改建<sup>[24]</sup>,且移植物的存在改善了骨缺损术区的血液循环。

在使用不同技术的研究中,报告的牙槽嵴唇侧骨壁水平吸收的幅度也略有不同;Botticelli等<sup>[25]</sup>计算出平均吸收量为1.9 mm, Sanz等<sup>[26]</sup>的报告值为1.1 mm, Grassi等<sup>[27]</sup>的报告值为0.1~1.2 mm,与本研究报告范围基本一致。尽管统计学分析2组间的总体差异不显著,但梯形瓣组的水平骨吸收量(0.9 mm±0.8 mm)还是高于角形瓣组(0.5 mm±0.7 mm)。这一结果表明上颌前牙美学区骨增量手术中的角形瓣可能有利于降低术区损伤、维持血液循环,以减少牙槽嵴的水平骨吸收。此外,在上颌窦提升术中也呈现出同样的规律,实验证明角形瓣相较于梯形瓣能够显著减轻患者术后疼痛和肿胀<sup>[5]</sup>。A-EA尺寸变化最小,这可能是由于其位于骨缺损区的边缘位置,术中移植的骨粉相对较少。在骨高度变化方面,2组术后6月均能维持1.9 mm的骨高度,2组间骨高度变化差异无统计学意义。先前的研究<sup>[27]</sup>同样报告了翻瓣操作对垂直牙槽骨的降低无积极影响。Degidi等<sup>[28]</sup>报告骨增量手术中异种植物的总体吸收率达29.3%,这与本实验中总体29.1%的体积变化率极为相近。因此,骨增量手术中应将移植物的成骨率纳入考量,避免二次植骨的发生。

本研究同时探讨了患者年龄、缺牙位置、牙龈生物型以及植体唇侧剩余骨壁厚度对骨增量手

术的影响。研究发现,薄龈生物型对M-EM的减小具有显著影响,这一结果与先前的研究<sup>[27,29-30]</sup>相一致,相关报告指出牙龈生物型与牙槽骨的垂直和水平尺寸变化有关。此外,本研究尚未发现植体唇侧剩余骨壁厚度在骨增量手术过程中对骨改建有显著影响。目前,学术界对于植入物唇侧薄的骨壁是否有利于骨再生尚未达成统一共识。唇侧骨壁较薄(<1.5 mm)的种植体周围可观察到由缺血性坏死引起的骨质流失,不足以在8周的愈合期内维持原有骨壁厚度<sup>[31]</sup>;因此,如果植入物唇侧剩余骨壁厚度不足1.5 mm,血液供应可能不足以修复唇侧骨板<sup>[32]</sup>。

本研究设计为随机临床试验,纳入标准适用于大多数患者,这对日常临床实践中选择合理的组织瓣设计具有良好的指导意义,有望为临床合理选择GBR切口设计及改进手术方法提供参考。然而,考虑到本研究是在种植体未负载的情况下评估骨组织的放射学参数变化,上颌前牙相关的美学参数未纳入统计分析。此外,通过CBCT评估骨增量手术的效果难以观测种植体表面骨结合和新形成骨组织的质量,这可能会限制其临床相关性,后续还需要进一步的组织学研究。

本研究将CDFI技术应用于人类牙槽骨骨增量手术过程中观测术区血供状况及微循环的重建过程。这项技术不仅能够使分支血管可视化,还能量化微血流动力参数,而这些都与植骨术后的软组织愈合过程及远期效果密切相关。然而,鉴于创口的清洁需要及超声探头的存在,CDFI需透过唇部组织监测术区黏膜相关参数,操作中需避免唇部血流对监测结果的影响。此外,在实际操作中,CDFI的准确度亦会受多种因素影响。从仪器设备方面,探头频率高低、仪器性能优劣及检测过程中血流角度差异,均会在一定程度影响CDFI测量数据的准确性。故而,定期校准超声诊断仪、合理选用探头,并控制好超声束与血流方向的夹角至关重要。操作人员的技术水平与经验状况,以及检查时的外部环境因素同样不可忽视。在操作技巧方面,应确保手法规范、角度优化并熟悉解剖结构;在环境管理方面,需营造稳定的环境条件,以此保障检查的精准性。

综上,CDFI技术可以评估黏膜微血管的动态变化。角形瓣有助于降低术区损伤,在上颌前牙骨增量术后可使组织瓣血流微循环更佳。梯形瓣和角形瓣均可获得预期的骨增量效果,二者间差异无统计学意义,对牙槽骨尺寸参数变化无显著

影响。但术后血管新生、组织改建应充分考虑,以降低潜在风险。临床医生需在充分考量骨缺损、软组织及手术操作等多方面因素的基础上,谨慎选择合理的翻瓣方式。在未来,迫切需要更多的研究来优化植骨术中组织瓣的设计。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

### [参考文献]

- [1] Ramasamy SK, Kusumbe AP, Schiller M, et al. Blood flow controls bone vascular function and osteogenesis [J]. *Nat Commun*, 2016, 7: 13601.
- [2] Huang L, Zou R, He J, et al. Comparing osteogenic effects between concentrated growth factors and the acellular dermal matrix[J]. *Braz Oral Res*, 2018, 32: e29.
- [3] Feng SW, Su YH, Lin YK, et al. Small blood stem cells for enhancing early osseointegration formation on dental implants: a human phase I safety study[J]. *Stem Cell Res Ther*, 2021, 12(1): 380.
- [4] Braut V, Bornstein MM, Belser U, et al. Thickness of the anterior maxillary facial bone wall—a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2011, 31(2): 125-131.
- [5] Scarano A, Lorusso F, Arcangelo M, et al. Lateral sinus floor elevation performed with trapezoidal and modified triangular flap designs: a randomized pilot study of post-operative pain using thermal infrared imaging[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15(6): 1277.
- [6] Koymen R, Karacayli U, Gocmen-Mas N, et al. Flap and incision design in implant surgery: clinical and anatomical study[J]. *Surg Radiol Anat*, 2009, 31(4): 301-306.
- [7] Bhide A, Acharya G, Baschat A, et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): use of Doppler velocimetry in obstetrics[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2021, 58(2): 331-339.
- [8] Jiang L, Zhang D, Chen YN, et al. The value of conventional ultrasound combined with superb microvascular imaging and color Doppler flow imaging in the diagnosis of thyroid malignant nodules: a systematic review and meta-analysis[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1182259.
- [9] Yu TF, He W, Gan CG, et al. Deep learning applied to two-dimensional color Doppler flow imaging ultrasound images significantly improves diagnostic performance in the classification of breast masses: a multicenter study [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2021, 134(4): 415-424.
- [10] Zarzecki M, Obuchowska I, Ustymowicz A, et al. Glaucoma surgery and ocular blood flow in colour Doppler imaging: is there a link[J]. *Clin Ophthalmol*, 2024, 18: 49-60.
- [11] Xue F, Wu BZ, Zhang R, et al. Analyses of gingival papilla blood flow via color doppler flow imaging and micro-flow imaging in patients with advanced periodontitis: a clinical pilot study[J]. *Eur J Med Res*, 2024, 29(1): 527.
- [12] Wu C, Liu X, Zhang H, et al. Response of human periodontal ligament to orthodontic force using superb microvascular imaging[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 162(5): e257-e266.
- [13] Abu Alhaija ES, Taha NA. A comparative study of initial changes in pulpal blood flow between conventional and self-ligating fixed orthodontic brackets during leveling and alignment stage[J]. *Clin Oral Investig*, 2021, 25(3): 971-981.
- [14] Urban IA, Lozada JL, Wessing B, et al. Vertical bone grafting and periosteal vertical mattress suture for the fixation of resorbable membranes and stabilization of particulate grafts in horizontal guided bone regeneration to achieve more predictable results: a technical report[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2016, 36(2): 153-159.
- [15] Guo R, Yu Q, Lin Y, et al. Pulp blood flow changes in maxillary and mandibular anterior teeth after orthodontic retraction: a prospective study[J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1): 508.
- [16] Retzepi M, Tonetti M, Donos N. Gingival blood flow changes following periodontal access flap surgery using laser Doppler flowmetry[J]. *J Clin Periodontol*, 2007, 34(5): 437-443.
- [17] Kijsamanmith K, Vongsavan N, Matthews B. Pulpal blood flow recorded from exposed dentine with a laser Doppler flow meter using red or infrared light[J]. *Arch Oral Biol*, 2018, 87: 163-167.
- [18] Rendell MS, Johnson ML, Smith D, et al. Skin blood flow response in the rat model of wound healing: expression of vasoactive factors[J]. *J Surg Res*, 2002, 107(1): 18-26.
- [19] Ahmed MV, Rastogi S, Baad RK, et al. Comparative

- study between two flaps—trapezoidal flap (TZF) and oshenbein-leubke flap (OLF) in periapical surgeries[J]. *J Maxillofac Oral Surg*, 2013, 12(4): 440-446.
- [20] Schenk RK, Buser D, Hardwick WR, et al. Healing pattern of bone regeneration in membrane-protected defects: a histologic study in the canine mandible[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1994, 9(1): 13-29.
- [21] Nobuto T, Suwa F, Kono T, et al. Microvascular response in the periosteum following mucoperiosteal flap surgery in dogs: 3-dimensional observation of an angiogenic process[J]. *J Periodontol*, 2005, 76(8): 1339-1345.
- [22] Pazzaglia UE. Periosteal and endosteal reaction to reaming and nailing: the possible role of revascularization on the endosteal anchorage of cementless stems[J]. *Biomaterials*, 1996, 17(10): 1009-1014.
- [23] Donos N, Akcali A, Padhye N, et al. Bone regeneration in implant dentistry: Which are the factors affecting the clinical outcome[J]. *Periodontol 2000*, 2023, 93(1): 26-55.
- [24] Marenzi G, Riccitiello F, Tia M, et al. Influence of leukocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF) in the healing of simple postextraction sockets: a split-mouth study[J]. *Biomed Res Int*, 2015, 2015: 369273.
- [25] Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites[J]. *J Clin Periodontol*, 2004, 31(10): 820-828.
- [26] Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, et al. A prospective, randomized-controlled clinical trial to evaluate bone preservation using implants with different geometry placed into extraction sockets in the maxilla[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2010, 21(1): 13-21.
- [27] Grassi FR, Grassi R, Rapone B, et al. Dimensional changes of buccal bone plate in immediate implants inserted through open flap, open flap and bone grafting and flapless techniques: a cone-beam computed tomography randomized controlled clinical trial[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2019, 30(12): 1155-1164.
- [28] Degidi M, Daprile G, Nardi D, et al. Buccal bone plate in immediately placed and restored implant with Bio-Oss® collagen graft: a 1-year follow-up study[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2013, 24(11): 1201-1205.
- [29] Fu JH, Yeh CY, Chan HL, et al. Tissue biotype and its relation to the underlying bone morphology[J]. *J Periodontol*, 2010, 81(4): 569-574.
- [30] Nagaraj KR, Savadi RC, Savadi AR, et al. Gingival biotype—Prosthodontic perspective[J]. *J Indian Prosthodont Soc*, 2010, 10(1): 27-30.
- [31] Barone A, Alfonsi F, Derchi G, et al. The effect of insertion torque on the clinical outcome of single implants: a randomized clinical trial[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2016, 18(3): 588-600.
- [32] 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.

(本文编辑 杜冰)