

论著·临床研究

上颌前牙区牙槽骨缺损形态学特征与引导骨再生手术效果的相关性研究

李 元, 史俊宇, 张 泉, 赖红昌

上海交通大学医学院附属第九人民医院·口腔医学院口腔种植科, 国家口腔疾病临床医学研究中心, 上海市口腔医学重点实验室, 上海市口腔医学研究所, 上海 200011

[摘要] **目的**·分析上颌前牙区牙槽骨缺损形态对引导骨再生(guided bone regeneration, GBR)术后效果的影响。**方法**·采用回顾性队列研究, 纳入2018年5月—2019年9月于上海交通大学医学院附属第九人民医院口腔种植科行上颌前牙区种植体植入同期GBR的患者, 利用锥形束CT(cone beam CT, CBCT)测量术后即刻到术后6个月的植骨吸收率。根据术前CBCT数据重建初始骨缺损三维结构, 定义其近远中向、颊舌向和冠根向的形态学变量。通过Spearman相关性分析、多因素Logistic回归分析及受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC曲线)分析评估初始骨缺损形态学变量与植骨吸收率的相关性, 尝试建立植骨吸收率的预测模型并通过留一法进行内部验证。**结果**·共纳入30名患者, 术后6个月植骨吸收率的中位数为52.1%。相关性分析结果显示术后植骨吸收率与多个初始骨缺损形态变量均具有相关性; 多因素Logistic回归分析结果显示初始骨缺损颊舌向距离最大值(maximum buccal-lingual distance, mBL)、冠根向距离最大值(maximum coronal-apical distance, mCA)与近远中向距离最大值(maximum mesial-distal distance, mMD)的比值($r_{mCA/mMD}$)是术后植骨吸收率的主要影响因素。ROC曲线分析结果显示基于mBL和 $r_{mCA/mMD}$ 的预测模型预判GBR术后6个月植骨吸收率的曲线下面积为0.946, 留一交叉验证结果显示总的预测准确率为76.7%, 灵敏度、特异度分别为0.714和0.813。**结论**·初始骨缺损形态对GBR术后6个月的植骨效果有显著影响; 骨缺损形态学变量对术后植骨吸收率有较好的预测作用。

[关键词] 牙槽骨缺损; 引导骨再生; 锥形束CT; 形态学插值法**[DOI]** 10.3969/j.issn.1674-8115.2020.10.020 **[中图分类号]** R782.1**[文献标志码]** A

Correlation between the morphology of alveolar bone defect in the maxillary anterior region and the outcome of guided bone regeneration

LI Yuan, SHI Jun-yu, ZHANG Xiao, LAI Hong-chang

Department of Oral and Maxillo-facial Implantology, Shanghai Ninth People's Hospital, College of Stomatology, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine; National Clinical Research Center for Oral Diseases; Shanghai Key Laboratory of Stomatology & Shanghai Institute of Stomatology, Shanghai 200011, China

[Abstract] **Objective**·To analyze the influence of the initial ridge defect morphology on the outcome of guided bone regeneration (GBR) in the maxillary anterior region. **Methods**·This retrospective study included patients being placed with simultaneous GBR in the implant in the maxillary anterior region from May 2018 to September 2019 in the Department of Oral and Maxillo-facial Implantology, Shanghai Ninth People's Hospital. Cone beam CT (CBCT) examinations of patients were used to measure the resorption rate of grafted bone from the moment to 6 months after surgery. The 3D surface rendering of initial defect was reconstructed based on preoperative CBCT, and morphological variables were defined in mesial-distal, buccal-lingual, and coronal-apical directions. The Spearman correlation, Logistic regression model and receiver operating characteristic (ROC) curve analysis were used to assess the possible association between initial defect morphological variables and the resorption rate of grafted bone. A prediction model was established and verified by the leave-one-out cross-validation method. **Results**·A total of 30 patients were included and the median value of resorption rate of grafted bone was 52.1%. The correlation analysis results showed that the resorption rate of grafted bone was significantly correlated with multiple morphological variables of initial bone defect. The results of multivariate Logistic regression analysis showed that the maximum buccal-lingual distance (mBL) of the initial bone defect and the ratio of the of maximum coronal-apical / mesial-distal distance ($r_{mCA/mMD}$) were the main factors affecting the resorption rate of grafted bone. The ROC curve analysis results showed that the area under the curve of mBL- and $r_{mCA/mMD}$ -based prediction model to predict the postoperative resorption rate of grafted bone was 0.946. The results of the leave-one-out cross-validation method showed that the prediction accuracy of the model was 76.7%, and the sensitivity and specificity were 0.714 and 0.813, respectively. **Conclusion**·The initial bone defect morphology has a significant effect on the outcome of the GBR 6 months after surgery, and bone defect morphological variables have a good predictive effect on the resorption rate of grafted bone.

[Key words] alveolar bone defect; guided bone regeneration (GBR); cone beam CT (CBCT); morphological contour interpolation**[基金项目]** 上海申康医院发展中心临床创新三年行动计划项目(16CR3033A); 上海市口腔疾病临床医学研究中心项目(19411950100); 上海交通大学医学院多中心临床研究项目(DLY201822)。**[作者简介]** 李 元(1995—), 男, 住院医师, 硕士; 电子信箱: ly9919@hotmail.com。**[通信作者]** 赖红昌, 电子信箱: lhc9@hotmail.com。**[Funding Information]** Clinical Research Plan of Shanghai Shengkang Hospital Development Center (16CR3033A); Shanghai Clinical Research Center Program for Oral Diseases (19411950100); Multicenter Clinical Research Program of Shanghai Jiao Tong University School of Medicine (DLY201822).**[Corresponding Author]** LAI Hong-chang, E-mail: lhc9@hotmail.com.

近年来,前牙区的种植牙需求与日俱增。与传统功能性修复为导向的种植牙不同,前牙区种植在保证良好咀嚼功能的前提下,提出了可预期的美学要求^[1]。要想获得前牙区种植牙的成功,必须重建该区域和谐的红白美学结构^[2-3]。但是在前牙区,缺牙位点往往存在不同程度的骨量不足,临床中唇侧骨板水平吸收非常常见^[4]。为保证种植修复的成功,在种植体的唇侧侧和舌侧侧必须保留1 mm以上的骨量^[5],这极大地限制了前牙区的种植修复,种植体植入后往往会出现唇侧骨板的裂开性骨缺损。

目前,引导骨再生(guided bone regeneration, GBR)技术是种植患者牙槽嵴局部骨缺损重建的标准方法^[6-7]。研究报道^[8]称有近60%的种植体在植入时需要进行GBR手术,在前牙区甚至达到86.2%。然而,由于颌骨缺损情况复杂多变,GBR治疗失败而造成颌骨形态不佳、牙龈软组织结构不理想,甚至种植体暴露的病例时有发生,严重影响了前牙种植修复的治疗效果。研究^[9]表明,颌骨缺损的形态特点对GBR效果具有显著影响。然而由于受到检测分析手段的限制,传统的骨缺损分类只是粗略地将缺损形态定义为水平型、垂直型及混合型3类,无法对具体的临床诊疗工作提供有效指导,因此本研究旨在定量分析上颌前牙区牙槽骨缺损形态学特征对于GBR效果的影响,为临床诊疗提供相关参考依据。

1 对象与方法

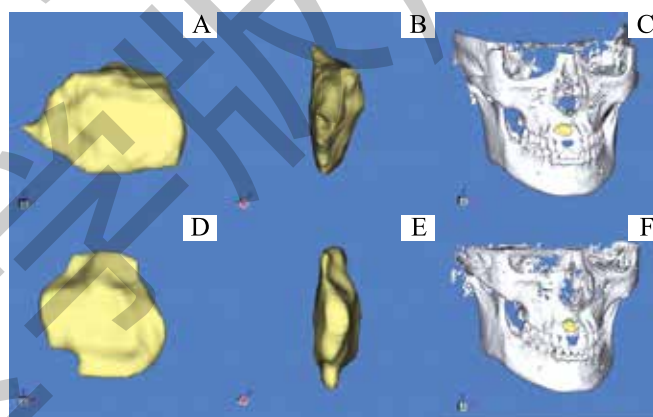
1.1 研究设计与对象

采用回顾性队列研究的方法,对2018年5月—2019年9月在上海交通大学医学院附属第九人民医院口腔种植科行上颌前牙区种植体植入同期GBR的患者的临床资料进行筛查,纳入符合以下条件的病例资料进行分析:①年龄18~60周岁。②上颌前牙区单颗牙缺失。③上颌前牙区种植体植入同期GBR手术。④术前、术后3 d内及术后6个月有锥形束CT(cone beam CT, CBCT)影像学资料。排除标准:①严重吸烟者(>10支/d)。②无法控制的牙周疾病及术后感染。③无法控制的代谢疾病(糖尿病、甲状腺疾病、肾脏和肝脏疾病)。④长期使用激素类药物。⑤面部放射治疗史。⑥使用影响骨代谢的药物,如磷酸盐类。⑦对胶原过敏。⑧怀孕期、哺乳期或1年内有怀孕计划的妇女。

1.2 CBCT数据收集和植骨区体积测量

本研究采用之前的研究方法^[10]进行植骨区三维形态测量。将患者术后即刻(T0)和术后6个月时(T1)的

CBCT数据导入联合研发的医疗图像三维重建Medraw[®]软件进行图像处理,完成植骨区分割、骨粉三维结构重建以及骨粉体积测量计算。其中,植骨区分割是重要的操作环节,利用Medraw[®]软件内置的形态学插值算法可实现目标区域半自动分割,提高分割精确度的同时减少操作时间。该步骤主要包括以下2个操作:①通过调整窗位、窗宽,跳过金属伪影干扰严重的截面,利用软件中的绘图工具在金属伪影干扰不明显的冠状面上手动绘制植骨区,并在矢状面和横截面上校准。在植骨区填充颜色以作区分,将每层手动分割出的植骨区作为形态学插值法的输入截面。②在软件默认条件下将输入片段进行基于最小位移实现最大区域间重叠的启发式对齐方式,随后在相应区域之间进行层间插值。多次迭代形态学插值法后自动计算出与输入片段对应的转换片段,该片段可以逐步转换形状,并识别出与输入片段中形态与灰度相似的部分。采用图像中值滤波技术提高图像分割质量。最后,在三维可视化窗口中可视化重建植骨区三维结构(图1),并统计重建模型的体素值,计算骨粉体积。植骨吸收率=(术前骨粉体积-术后骨粉体积)/术前骨粉体积×100%。



Note: A-C. Reconstruction model of grafted bone area at T0. D-F. Reconstruction model of grafted bone area at T1.

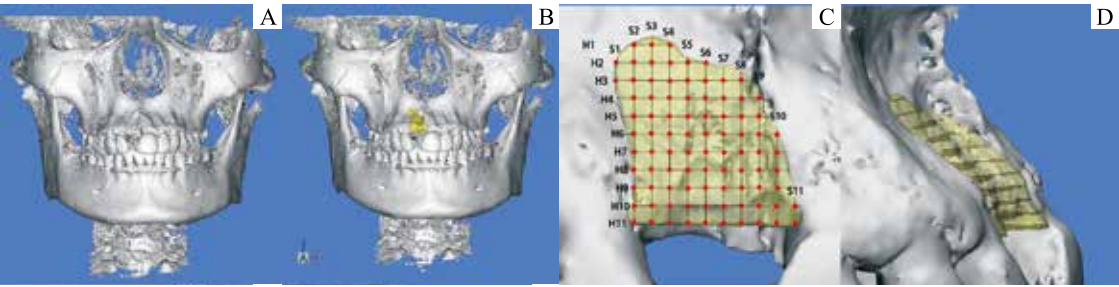
图1 基于CBCT数据重建的T0和T1植骨区三维重建模型

Fig 1 3D reconstruction models of grafted bone area at T0 and T1 based on CBCT data

1.3 初始骨缺损形态的定义

在术前CBCT数据中,通过镜像对侧牙槽嵴获取初始骨缺损区三维结构,并从近远中、颊舌向及冠根向定义初始牙槽嵴缺损形态(图2)。

1.3.1 初始骨缺损的近远中向距离 初始骨缺损区重建后,在矢状面上每隔0.25 mm从近中至远中获取截面(S_1 、 S_2 至 S_n)。计算在矢状面上的截面数,并计算每位患者的近远中向距离最大值(maximum mesial-distal distance, mMD)。



Note: A. Reconstruction model based on preoperative CBCT data. B. Reconstruction model of initial bone defect through mirror image of contralateral alveolar ridge. C. Initial bone defect divided into slices from mesial to distal at the sagittal plane (S_1 to S_{11}) and from coronal to apical at the horizontal plane (H_1 to H_{11}). D. Buccal-lingual distance of initial bone defect.

图 2 基于术前 CBCT 数据重建初始骨缺损区并从 3 个维度定义该区域
Fig 2 Definition of initial bone defect from three dimensions based on preoperative CBCT

1.3.2 初始骨缺损的冠根向距离 初始骨缺损区重建后，在水平面上每隔 0.25 mm 从冠方到根方获取截面 (H_1 、 H_2 至 H_n)。计算在水平面上的截面数，并计算每位患者的冠根向距离最大值 (maximum coronal-apical distance, mCA)。

1.3.3 初始骨缺损的颊舌向距离 初始骨缺损区重建后，在其三维结构颊舌向的外表面上标记上述矢状和水平向上截面的交点并投影到天然骨面，记录所有投影线的距离，计算每位患者颊舌向距离最大值 (maximum buccal-lingual distance, mBL)、均值 (BL_{mean}) 及标准差 (BL_{SD})。

此外，本研究将 mCA 与 mMD 的比值 ($r_{mCA/mMD}$)、mCA 与 mBL 的比值 ($r_{mCA/mBL}$)、mBL 与 mMD 的比值 ($r_{mBL/mMD}$) 纳入骨缺损形态学变量。

1.4 统计学分析

使用 SAS 9.4 软件进行数据管理与统计学分析。符合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 描述，不符合正态分布的定量资料采用 $M(Q_1, Q_3)$ 描述，定性资料采用百分比描述。初始骨缺损形态学特征指标和植骨吸收率之间的相关性采用 Spearman 相关性分析。采用多因素 Logistic 回归分析探索植骨吸收率的影响因素并建立预测模型。通过受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic curve,

ROC 曲线) 分析计算曲线下面积 (area under curve, AUC)，了解预测模型对植骨吸收率大小的诊断能力。采用留一交叉验证法对预测模型进行交叉验证。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 人口学资料

共计纳入符合条件的研究对象 30 例，其中男 19 例，女 11 例，平均年龄 (30.9 ± 8.6) 岁。

2.2 植骨吸收率

研究对象术后 6 个月的植骨区均出现不同程度的植骨吸收现象，吸收率呈非正态分布， $M(Q_1, Q_3)$ 为 52.1% (28.3%, 55.0%)。

2.3 初始骨缺损形态学特征指标与植骨吸收率的单因素分析

初始骨缺损形态学特征指标与植骨吸收率的相关性分析结果显示，mMD、mBL、 BL_{mean} 、 BL_{SD} 、 $r_{mCA/mMD}$ 、 $r_{mCA/mBL}$ 与植骨吸收率存在显著的相关性 ($P < 0.05$)，其中，mMD、mBL、 BL_{mean} 及 BL_{SD} 与植骨吸收率呈负相关， $r_{mCA/mMD}$ 和 $r_{mCA/mBL}$ 与植骨吸收率呈正相关 (表 1)。

表 1 初始骨缺损形态学变量与植骨吸收率的 Spearman 相关性分析
Tab 1 Spearman correlation analysis of initial bone defect morphological variables and resorption rate of grafted bone

Variable	mMD		mBL		BL_{mean}		BL_{SD}		$r_{mCA/mMD}$		$r_{mCA/mBL}$		$r_{mBL/mMD}$		Resorption rate of grafted bone	
	<i>r</i> value	<i>P</i> value	<i>r</i> value	<i>P</i> value	<i>r</i> value	<i>P</i> value	<i>r</i> value	<i>P</i> value	<i>r</i> value	<i>P</i> value	<i>r</i> value	<i>P</i> value	<i>r</i> value	<i>P</i> value	<i>r</i> value	<i>P</i> value
mCA	0.098	0.607	0.203	0.282	0.263	0.160	0.122	0.522	0.719	0.000	0.758	0.000	0.090	0.635	0.278	0.138
mMD			0.305	0.101	0.286	0.125	0.294	0.115	-0.570	0.001	-0.105	0.580	-0.638	0.000	-0.497	0.005
mBL					0.931	0.000	0.941	0.000	-0.055	0.771	-0.430	0.018	0.446	0.014	-0.460	0.011
BL_{Mean}							0.849	0.000	0.001	0.994	-0.334	0.071	0.433	0.017	-0.366	0.046

Continued Tab

Variable	mMD		mBL		BL _{mean}		BL _{SD}		r _{mCA/mMD}		r _{mCA/mBL}		r _{mBL/mMD}		Resorption rate of grafted bone	
	r value	P value	r value	P value	r value	P value	r value	P value	r value	P value	r value	P value	r value	P value	r value	P value
BL _{SD}									- 0.097	0.609	- 0.450	0.013	0.432	0.017	- 0.426	0.019
r _{mCA/mMD}											0.705	0.000	0.461	0.010	0.642	0.000
r _{mCA/mBL}													- 0.218	0.247	0.575	0.000
r _{mBL/mMD}															0.137	0.471

2.4 初始骨缺损形态学特征指标与植骨吸收率的多因素 Logistic 回归分析

目前植骨吸收率尚未形成公认的分类标准, 本研究按植骨吸收率是否超过中位数 (52.1%) 进行分类。将年龄、性别以及和植骨吸收率显著相关的初始骨缺损形态学特征指标代入 Logistic 多因素回归模型, 采用 Stepwise 逐步回归法筛选变量, 分析结果显示 r_{mCA/mMD} 和 mBL 是植骨吸收率的主要影响因素 (表 2)。

表 2 初始骨缺损形态学变量对植骨吸收率影响的多因素 Logistic 回归分析

Tab 2 Multivariate Logistic regression analysis of the influence of initial bone defect morphology variables on the resorption rate of grafted bone

Factor	β value	SE	OR (95%CI)	P value
Intercept	- 5.432	3.641		
r _{mCA/mMD}	- 9.073	4.145	0.001 (0.000, 0.387)	0.029
mBL	2.374	1.024	10.745 (1.444, 79.964)	0.020

ROC 分析结果显示 r_{mCA/mMD} 联合 mBL 诊断植骨吸收率大小的 AUC 为 0.946, 诊断性能较好 (图 3)。

2.5 预测模型交叉验证

采用留一交叉验证法对预测模型进行内部验证。依次选取 1 条记录作为预测样本, 以剩下的其他样本作为训练样本建立预测模型对预测样本进行分类预测, 根据公式

表 3 r_{mCA/mMD} 与 mBL 的 Logistic 回归模型的留一交叉验证

Tab 3 Validation of Logistic regression model based on r_{mCA/mMD} and mBL with leave-one-out method

Training sample number	Test sample number	Probability of resorption rate of grafted bone ≥ 52.1%	Predicted resorption rate of grafted bone	Actual resorption rate of grafted bone	Whether the prediction is correct or not
1-29	30	96.9%	≥ 52.1%	53.3%	yes
1-28, 30	29	1.3%	< 52.1%	6.0%	yes
1-27, 29-30	28	27.2%	< 52.1%	52.3%	no
1-26, 28-30	27	0.2%	< 52.1%	28.6%	yes
1-25, 27-30	26	39.8%	< 52.1%	28.9%	yes
1-24, 26-30	25	98.6%	≥ 52.1%	59.8%	yes
1-23, 25-30	24	0.3%	< 52.1%	16.5%	yes
1-22, 24-30	23	87.2%	≥ 52.1%	60.0%	yes

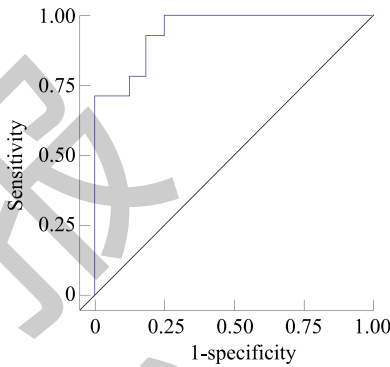


图 3 r_{mCA/mMD} 与 mBL 联合预测植骨吸收率 ≥ 52.1% 的 ROC 曲线分析
Fig 3 ROC curve analysis of r_{mCA/mMD} and mBL-based prediction model to predict the resorption rate of grafted bone ≥ 52.1%

$$P = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2}}$$
 计算植骨吸收率较大 (≥ 52.1%) 的概率

(其中 P 为预测概率, e 为自然常数, β₀、β₁、β₂ 为 Logistic 分析的回归系数, X₁、X₂ 分别为 r_{mCA/mMD} 和 mBL)。预测结果按 50.0% 进行分类。结果显示, 总体预测的准确率为 76.7% (23/30), 实际植骨吸收率 ≥ 52.1% 的患者被准确预测的占 71.4% (10/14), 实际植骨吸收率 < 52.1% 的患者被准确预测的占 81.3% (13/16) (表 3); 预测模型的灵敏度、特异度分别为 0.714 和 0.813。

Continued Tab

Training sample number	Test sample number	Probability of resorption rate of grafted bone $\geq 52.1\%$	Predicted resorption rate of grafted bone	Actual resorption rate of grafted bone	Whether the prediction is correct or not
1-21, 23-30	22	4.7%	$< 52.1\%$	22.5%	yes
1-20, 22-30	21	91.0%	$\geq 52.1\%$	52.7%	yes
1-19, 21-30	20	74.5%	$\geq 52.1\%$	10.0%	no
1-18, 20-30	19	31.9%	$< 52.1\%$	64.9%	no
1-17, 19-30	18	52.1%	$\geq 52.1\%$	10.6%	no
1-16, 18-30	17	80.9%	$\geq 52.1\%$	82.0%	yes
1-15, 17-30	16	1.4%	$< 52.1\%$	24.9%	yes
1-14, 16-30	15	98.7%	$\geq 52.1\%$	70.2%	yes
1-13, 15-30	14	0.1%	$< 52.1\%$	12.3%	yes
1-12, 14-30	13	12.6%	$< 52.1\%$	54.4%	no
1-11, 13-30	12	1.2%	$< 52.1\%$	52.0%	yes
1-10, 12-30	11	99.1%	$\geq 52.1\%$	55.0%	yes
1-9, 11-30	10	93.8%	$\geq 52.1\%$	43.7%	no
1-8, 10-30	9	2.5%	$< 52.1\%$	31.8%	yes
1-7, 9-30	8	0.3%	$< 52.1\%$	33.9%	yes
1-6, 8-30	7	84.0%	$\geq 52.1\%$	53.9%	yes
1-5, 7-30	6	30.8%	$< 52.1\%$	33.9%	yes
1-4, 6-30	5	40.4%	$< 52.1\%$	53.7%	no
1-3, 5-30	4	12.2%	$< 52.1\%$	28.3%	yes
1-2, 4-30	3	92.6%	$\geq 52.1\%$	83.4%	yes
1, 3-30	2	99.8%	$\geq 52.1\%$	73.1%	yes
2-30	1	18.3%	$< 52.1\%$	52.1%	yes

3 讨论

本研究旨在探索上颌前牙区牙槽骨缺损形态对于种植体周围行 GBR 术后效果的影响,发现初始骨缺损 mBL 和 $r_{mCA/mMD}$ 是种植术后植骨吸收率的主要影响因素, $r_{mCA/mMD}$ 和 mBL 对植骨吸收率有较好的预测作用。

由于种植体的存在,CBCT 图像中金属伪影干扰明显。针对植骨区的三维体积测量,本研究采用了既往研究^[10]中提出的基于形态学插值法的图像分割流程:在种植体金属伪影干扰较小的截面,将采用作为图像分割金标准的手动分割获得的分割层作为形态插值算法的输入片段;该算法根据输入层的形态和灰度值,可自动生成插入层,从而重建目标区域三维结构。手动分割和形态学插值算法的联合应用避免了在金属伪影干扰严重的截面进行不准确分割,有效地提高了分割精度和操作效率。

多因素 Logistic 回归分析结果显示, $r_{mCA/mMD}$ 对植骨吸收率有显著影响,二者呈正相关;提示初始骨缺损的冠根向距离越大或近远中向距离越小,则植骨吸收率越大。

GBR 技术的原理是通过屏障膜建立一个隔离空间,使得骨组织在一个无干扰、受保护条件下发挥其自然愈合能力;大量未分化的骨髓间充质干细胞的快速迁移是 GBR 成功的关键^[11]。上颌前牙骨缺损区的近远中向距离较大,意味着来自种植体周围骨基质的未分化的骨髓间充质干细胞越多,这可能对预后起到了积极作用。此外,本研究中 GBR 术中未采用膜钉固定屏障膜,骨缺损区较大的冠根向距离可能导致植骨区存在更高的软组织压力,从而增加了屏障膜塌陷的风险。

多因素 Logistic 回归分析结果显示,mBL 也是植骨吸收率的影响因素,二者呈负相关;提示初始骨缺损的颊舌向最大距离越大,则植骨吸收率越小,这可能是由于颊舌向较深的骨缺损形态更利于屏障膜维持骨再生的空间。这一结果也印证了既往研究^[12-13]的结果,即矢状面上牙槽嵴缺损凹度较大时,骨增量术后效果较好。

本研究结果显示基于 $r_{mCA/mMD}$ 和 mBL 建立的多因素 Logistic 回归模型对植骨吸收率有较好的预测作用,ROC 曲线分析的 AUC 为 0.946。研究结果提示能够通过术前骨



缺损形态的三维重建测量对术后6个月的植骨吸收率进行有效的预测。留一交叉验证结果显示预测模型的准确率为76.7%，即大多数患者可通过术前骨缺损形态学特征准确预测其术后6个月的植骨吸收率范围。

本研究预测模型的灵敏度和特异度分别为0.714和0.813。灵敏度代表实际术后6个月植骨吸收率较多的患者能够通过术前骨缺损形态学特征准确诊断预测的比例，该研究结果提示术后6个月植骨吸收率较多的患者中有71.4%能够通过术前骨缺损形态学特征准确诊断预测。特异度代表实际术后6个月植骨吸收率较少的患者能够通过术前骨缺损形态学特征准确诊断预测的比例，植骨吸收率较少的患者中有81.3%能够通过术前骨缺损形态学特

征准确诊断预测。灵敏度低于特异度的结果提示除了骨缺损形态学变量之外可能还存在其他导致植骨吸收率增加的因素。

本研究存在一定的局限性。由于样本量较小，预测模型的稳定性和准确性尚有待更大样本的研究进一步确认。此外，本研究中的交叉验证属于内部验证，预测模型是否可推广应用仍需外部验证。

综上，本研究发现上颌前牙区骨缺损颊舌向、近远中向及冠根向3个维度的形态学特征指标均会显著影响GBR术后效果，这不仅为术前分析牙槽骨缺损提供了新思路，还为预测植骨术后效果提供了数据参考。

参·考·文·献

- [1] Zhao X, Qiao SC, Shi JY, et al. Evaluation of the clinical and aesthetic outcomes of Straumann® Standard Plus implants supported single crowns placed in non-augmented healed sites in the anterior maxilla: a 5-8 years retrospective study[J]. Clin Oral Implants Res, 2016, 27(1): 106-112.
- [2] Belser UC, Schmid B, Higginbottom F, et al. Outcome analysis of implant restorations located in the anterior maxilla: a review of the recent literature[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2004, 19(Suppl): 30-42.
- [3] 史俊宇, 赖红昌. 美学区种植修复的软组织稳定性研究进展[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2014, 12(1): 87-90.
- [4] Cardaropoli G, Lekholm U, Wennström JL. Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study[J]. Clin Oral Implants Res, 2006, 17(2): 165-171.
- [5] Goldberg S, Kozlovsky A, Gordon D, et al. Cadaverine as a putative component of oral malodor[J]. J Dent Res, 1994, 73(6): 1168-1172.
- [6] Chiapasco M, Zaniboni M. Clinical outcomes of GBR procedures to correct peri-implant dehiscences and fenestrations: a systematic review[J]. Clin Oral Implants Res, 2009, 20(Suppl 4): 113-123.
- [7] 李德华. 引导骨再生理论和技术[J]. 实用口腔医学杂志, 2004, 20(4): 507-509.
- [8] Brügger OE, Bornstein MM, Kuchler U, et al. Implant therapy in a surgical specialty clinic: an analysis of patients, indications, surgical procedures, risk factors, and early failures[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2015, 30(1): 151-160.
- [9] Khojasteh A, Motamedian SR, Sharifzadeh N, et al. The influence of initial alveolar ridge defect morphology on the outcome of implants in augmented atrophic posterior mandible: an exploratory retrospective study[J]. Clin Oral Implants Res, 2017, 28(10): E208-E217.
- [10] Li Y, Qiao SC, Gu YX, et al. A novel semiautomatic segmentation protocol to evaluate guided bone regeneration outcomes: a pilot randomized, controlled clinical trial[J]. Clin Oral Implants Res, 2019, 30(4): 344-352.
- [11] Nishimura I, Shimizu Y, Ooya K. Effects of cortical bone perforation on experimental guided bone regeneration[J]. Clin Oral Implants Res, 2004, 15(3): 293-300.
- [12] Garaicoa C, Suarez F, Fu JH, et al. Using cone beam computed tomography angle for predicting the outcome of horizontal bone augmentation[J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2015, 17(4): 717-723.
- [13] Park SH, Brooks SL, Oh TJ, et al. Effect of ridge morphology on guided bone regeneration outcome: conventional tomographic study[J]. J Periodontol, 2009, 80(8): 1231-1236.

[收稿日期] 2020-07-01

[本文编辑] 崔黎明