

论 著

锥形束CT测量下颌低平牙槽嵴修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度及密度与修复效果的相关性分析*

黄玉莹¹ 郑 苗² 晏志强^{1,*}
刘军艳¹1.北京市延庆区医院(北京大学第三医院
延庆医院)口腔科(北京 延庆 102100)2.北京市北京大学第三医院口腔科
(北京 海淀 100191)

【摘要】目的 观察锥形束CT(CBCT)测量下颌低平牙槽嵴修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度及密度与修复效果的相关性。方法 选取2022年1月至2023年10月下颌低平牙槽嵴患者146例,均行全口义齿修复,随访6个月,根据义齿固位效果分为修复良好组(121例)与修复不良组(25例)。比较两组基线资料、修复前CBCT测量的牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度,分析修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与牙槽嵴分级的关系及与修复效果的相关性,并评价修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度对修复效果的预测价值。结果 修复不良组牙槽嵴分级IV级比例高于修复良好组($P<0.05$);修复不良组修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度低于修复良好组($P<0.05$);牙槽嵴IV级患者修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度低于修复良好组($P<0.05$);修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与牙槽嵴分级呈负相关($P<0.05$);ROC曲线分析显示,修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度及联合预测下颌低平牙槽嵴修复效果的AUC为0.815、0.769、0.820、0.913;以ROC曲线获取的最佳截断值分为低值与高值,危险度分析,修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度低值的下颌低平牙槽嵴患者修复不良风险是高值患者的6.884倍、6.160倍、6.585倍($P<0.05$)。结论 CBCT测量下颌低平牙槽嵴修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与牙槽嵴分级、修复效果显著相关,对修复效果具有较高的预测价值,可协助临床进行早期预测,为制定可靠的修复方案提供客观依据。

【关键词】下颌低平牙槽嵴;锥形束CT;
牙槽骨高度;皮质骨厚度;皮质骨密度;
修复效果;相关性

【中图分类号】R782.6

【文献标识码】A

【基金项目】北京市自然科学基金-海淀原始创新
联合基金资助项目(L232144)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.10.013

Conical Beam CT Measurement of Alveolar Bone Height, Cortical Bone Thickness and Density before Mandibular Alveolar Ridge Restoration and the Correlation Analysis of the Restoration Effect*

HUANG Yu-ying¹, ZHENG Miao², YAN Zhi-qiang^{1,*}, LIU Jun-yan¹.

1.Department of Stomatology, Beijing Yanqing District Hospital (Yanqing Hospital of Peking University Third Hospital) Yanqing 102100, Beijing, China

2.Department of Stomatology, Peking University Third Hospital, Haidian 100191, Beijing, China

ABSTRACT

Objective To observe the correlation between the alveolar bone height, cortical bone thickness and density measured by conical beam CT (CBCT) before mandibular alveolar ridge restoration and the restoration effect. **Methods** A total of 146 patients with low flat mandibular alveolar ridge were selected from January 2022 to October 2023, all of whom underwent full denture restoration. They were followed up for 6 months, and were divided into good repair group (121 cases) and poor repair group (25 cases) according to the denture retention effect. The baseline data, alveolar bone height, cortical bone thickness and cortical bone mineral density measured by CBCT before restoration were compared between the two groups. The relationship between alveolar bone height, cortical bone thickness and cortical bone mineral density and alveolar ridge grade and the correlation with the restoration effect were analyzed, and the predictive value of the restoration effect was evaluated. **Results** The proportion of alveolar ridge grade IV in poor repair group was higher than that in good repair group ($P<0.05$). The anterior alveolar bone height, cortical bone thickness and cortical bone density in poor repair group were lower than those in good repair group ($P<0.05$). The alveolar bone height, cortical bone thickness and cortical bone density of patients with grade IV alveolar ridge before restoration were lower than those in good restoration group ($P<0.05$). Alveolar bone height, cortical bone thickness and cortical bone density were negatively correlated with alveolar ridge grade before restoration ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the AUC of anterior alveolar bone height, cortical bone thickness, cortical bone density and the combined prediction effect of mandibular alveolar ridge restoration were 0.815, 0.769, 0.820 and 0.913. The best truncation value obtained by ROC curve was divided into low value and high value. Risk analysis showed that the risk of poor repair in patients with low mandibular alveolar ridge with low value of anterior alveolar bone height, cortical bone thickness and cortical bone density was 6.884 times, 6.160 times and 6.585 times higher than that in patients with high value ($P<0.05$). **Conclusion** CBCT measurement of anterior alveolar bone height, cortical bone thickness and cortical bone density is significantly correlated with alveolar ridge grading and repair effect, which has a high predictive value for the repair effect, and can assist in early clinical prediction and provide an objective basis for making a reliable repair plan.

Keywords: Low Flat Mandibular Alveolar Ridge; Conical Beam CT; Alveolar Bone Height; Cortical Bone Thickness; Cortical Bone Density; Repair Effect; Correlation

近年来,随着社会老龄化不断加剧,下颌低平牙槽嵴发生率逐渐升高,主要是由于老年或者高龄患者下颌牙槽骨出现中重度吸收所致,此类患者一直是口腔科修复的难点^[1-2]。传统全口义齿能改善患者咀嚼效率,但存在固位不良、易脱落风险^[3]。种植附着体全口覆盖义齿日益成为临床修复下颌低平牙槽嵴的主要方式,虽然能有效提高修复效果,但其价格昂贵,患者接受度不高^[4]。因此,需及早识别下颌低平牙槽嵴修复难度较高的患者,以选择较为可靠的修复方式,保障修复效果。锥形束CT(cone beam computer tomography, CBCT)是临床观察和评估口腔结构、牙齿形态的影像学方式,具有辐射量小、操作简便、扫描耗时短、图像精确度高等优点,在口腔各个专业领域得到广泛应用^[5]。既往有研究显示,通过锥形束CT测量修复前牙槽嵴形态与后期修复效果有关^[6]。但关于牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与下颌低平牙槽嵴修复效果之间的关系仍缺乏充足的循证依据。鉴于此,本研究拟探究CBCT测量下颌低平牙槽嵴修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度及密度与修复效果的相关性,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 前瞻性分析2022年1月至2023年10月146例下颌低平牙槽嵴患者资料。

纳入标准:均为下颌低平牙槽嵴;牙槽嵴分级III~IV级;开口度正常,无偏斜,双侧颞颌关节均无弹响疼痛;均可正常沟通,精神状态良好;均愿意配合本研究,签订知情同意书。排除标准:合并对刃颌、反颌者;无法正常表达者;丧失自主行为能力者;存在明显骨突或系带过短等干扰义齿固位稳定性的组织结构者;存在未控制的严重高血压、糖尿病者;合并恶性肿瘤者。146例患者中男78例,女68例,年龄55~78岁,平均(67.75±3.03)岁,牙槽嵴分级:III级106例,IV级40例。

1.2 方法 所有患者均选择全口义齿修复。

【第一作者】黄玉莹,女,住院医师,主要研究方向:口腔相关影像的口腔全科诊疗。E-mail: 452667929@qq.com

郑 苗,女,主治医师,主要研究方向:数字化口腔医学、以美学为导向的口腔全科诊疗、等离子体医学。E-mail: zhengmiao13@foxmail.com

【通讯作者】晏志强,男,副主任医师,主要研究方向:口腔相关影像的手术治疗牙槽外科、口腔修复、各类错合畸形的矫治等。E-mail: yanzhiqiang111@126.com 37

CBCT检查：采用德国KaVo 3D eXam公司的CBCT机进行扫描检查，扫描口腔颌面时确保患者牙尖交错位眶耳平面平行于地面，扫描参数为：球管电压120 kV，球管电流5 mA，重建层厚0.25mm。

图像重建：将扫描数据上传至Mimics16软件，重建矢状向平面。

测量位置与方法：根据牙列组确定下颌中线、两侧第一前磨牙、第一磨牙，标记下颌低平牙槽嵴的测量点，测量牙槽嵴顶与下颌下缘平面的垂直距离(如图1所示)，即为牙槽骨高度；经由此连线取与牙弓垂直的颌骨纵断面，在纵断面距离牙槽嵴顶5mm的位置测量皮质骨厚度、皮质骨密度(如图2所示)。所有测量均由同一名医师操作，均测量3次，取平均值作为最终结果。

修复效果评估：修复后通过口腔门诊定期复查的方式进行随

访，于修复6个月后采用自拟的《义齿修复评价调查问卷》评估修复效果，1级：说话和咀嚼运动时义齿基本不脱落，患者对修复效果非常满意；2级：说话和咀嚼运动时义齿偶尔脱落，患者对修复效果基本满意；3级：说话时偶尔脱落，咀嚼运动时容易脱落，患者对修复效果不太满意；4级：进食和咀嚼运动时经常脱落，患者对修复效果不满意。将1~2级判定为修复良好，3~4级判定为修复不良。本调查问卷经预实验，问卷内容评估一致性信度Cronbach's α 为0.88，效度系数为0.86。提示本调查问卷具有可靠的信效度。

1.3 观察指标 比较两组基线资料、修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度、不同牙槽嵴分级患者修复前牙槽骨高度、皮质

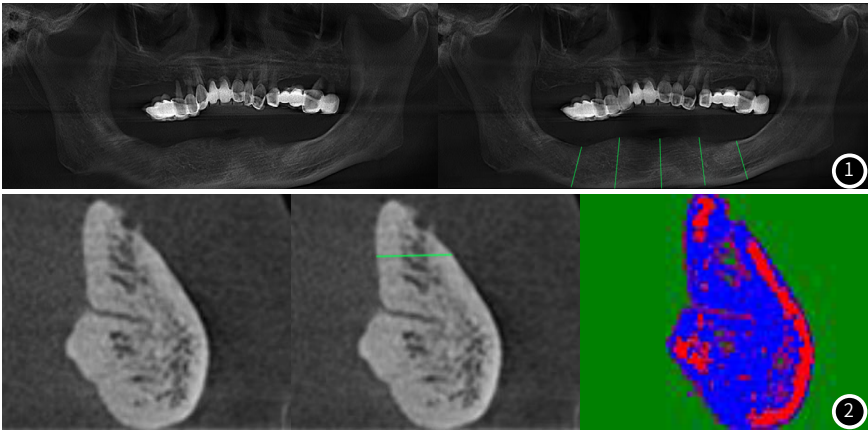


图1 牙槽嵴顶与下颌下缘平面的垂直距离示意图(即为牙槽骨高度)。
图2 皮质骨厚度、皮质骨密度测量位置定点示意图。

骨厚度、皮质骨密度，分析修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与牙槽嵴分级、修复效果的关系，修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度对修复效果的预测价值。

1.4 统计学方法 采用SPSS 27.0统计学软件处理数据，计数资料以例数或百分比(%)表示，行卡方检验；计量数据以($\bar{x} \pm s$)表示，行t检验，修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与牙槽嵴分级的关系采用Spearman相关系数分析；修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度对修复效果的预测价值采用受试者工作特征(ROC)曲线分析；修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与修复效果的相关性采用相对危险度(RR)分析，以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组基线资料对比 两组年龄、性别比较，差异均无统计学意义($P > 0.05$)；修复不良组牙槽嵴分级Ⅳ级比例高于修复良好组($P < 0.05$)，见表1。

2.2 两组修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度对比 修复不良组修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度低于修复良好组($P < 0.05$)，见表2。

2.3 不同牙槽嵴分级患者修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度对比 牙槽嵴Ⅳ级患者修复前牙槽骨高度、皮质骨厚

度、皮质骨密度低于修复良好组($P < 0.05$)，见表3。

2.4 修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与牙槽嵴分级的关系 Spearman相关性分析，修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与牙槽嵴分级呈负相关($P < 0.05$)，见表4。

2.5 修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度对修复效果的预测价值 ROC曲线分析，修复前牙槽骨高度预测下颌低平牙槽嵴修复效果的AUC为0.815(95%CI: 0.742~0.874)，最佳截断值为4.86mm，约登指数为0.537，敏感度为76.00%，特异度为77.69%；修复前皮质骨厚度预测下颌低平牙槽嵴修复效果的AUC为0.769(95%CI: 0.692~0.835)，最佳截断值为1.77mm，约登指数为0.513，敏感度为72.00%，特异度为79.34%；修复皮质骨密度预测下颌低平牙槽嵴修复效果的AUC为0.820(95%CI: 0.748~0.879)，最佳截断值为1089.39 HU，约登指数为0.530，敏感度为72.00%，特异度为80.99%；三者联合预测下颌低平牙槽嵴修复效果的AUC为0.913(95%CI: 0.855~0.953)，约登指数为0.748，敏感度为88.00%，特异度为86.78%，预测价值较优，见图3。

2.6 修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与修复效果的相关性 以ROC曲线获取的修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度最佳截断值分为低值与高值。危险度分析，修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度低值的下颌低平牙槽嵴患者修复不良风险是高值患者的6.884倍、6.160倍、6.585倍($P < 0.05$)，见表5。

表1 两组基线资料对比[n(%)]

组别	例数	年龄(岁)	性别		牙槽嵴分级	
			男	女	Ⅲ级	Ⅳ级
修复不良组	25	68.02±2.56	13(52.00)	12(48.00)	11(44.00)	14(56.00)
修复良好组	121	67.69±2.28	65(53.72)	56(46.28)	95(78.51)	26(21.49)
t/ χ^2		0.645	0.025		12.407	
P		0.520	0.875		<0.001	

表2 两组修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度对比

组别	例数	牙槽骨高度(mm)	皮质骨厚度(mm)	皮质骨密度(HU)
修复不良组	25	4.57±0.53	1.48±0.47	1026.53±206.19
修复良好组	121	5.21±0.66	2.03±0.65	1214.27±251.48
t		4.551	4.015	3.495
P		<0.001	<0.001	0.001

表3 不同牙槽嵴分级患者修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度对比

组别	例数	牙槽骨高度(mm)	皮质骨厚度(mm)	皮质骨密度(HU)
牙槽嵴Ⅳ级患者	40	4.73±0.55	1.61±0.43	1087.44±141.52
牙槽嵴Ⅲ级患者	106	5.24±0.61	2.06±0.58	1217.85±204.27
t		4.624	4.462	3.712
P		<0.001	<0.001	<0.001

表4 修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与牙槽嵴分级的关系

指标	牙槽嵴分级	
	r	P
牙槽骨高度	-0.716	<0.001
皮质骨厚度	-0.654	<0.001
皮质骨密度	-0.618	<0.001

表5 修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与修复效果的相关性

指标	修复不良组(n=25)	修复良好组(n=121)	RR(95%CI)	U	P
牙槽骨高度 低值	19	27	6.884(2.946~16.087)	4.789	<0.001
高值	6	94			
皮质骨厚度 低值	18	25	6.160(2.775~13.670)	4.667	<0.001
高值	7	96			
皮质骨密度 低值	18	23	6.585(2.974~14.582)	4.886	<0.001
高值	7	98			

3 讨 论

目前,全口义齿是下颌低平牙槽嵴患者最主要的修复方法,研究显示,该修复方式在牙槽嵴条件较好的患者中能取得理想的修复效果,但若牙槽嵴条件欠佳,患者义齿固位不稳的概率在50%以上,可导致患者出现黏膜压痛、咀嚼困难、口腔生活质量下降等问题^[7-8]。因此,积极探索牙槽嵴条件相关量化参数与修复效果之间的具体关系和预测价值成为临床重要研究方向。

在口腔颌面部成像方面,与普通CT相比,CBCT具有明显优势,包括伪影影响小、成像精度高、图像分辨率高等,能清晰显示所有口腔颌面部的骨关节和结构影响,且经由三维重建的图像能呈现整个颞下颌关节,在牙齿矫治修复中具有较高的指导价值^[9-10]。同时,国内外报道均指出,CBCT扫描范围灵活,能按照1:1的比例扫描特定区域与被投照物,从而进行实际测量和相关量化分析^[11-12]。近年来,临床实践中逐渐将CBCT应用于下颌低平牙槽嵴患者的诊治中。为此,本研究选择CBCT测量牙槽嵴量化参数,结果显示,修复不良组修复前牙槽骨高度低于修复良好组,且与牙槽嵴分级呈负相关,提示修复前牙槽骨高度与下颌低平牙槽嵴患者牙槽嵴分级显著相关,还对修复效果有一定影响。分析原因,是因为牙槽嵴分级越高,剩余牙槽骨越低,从而难以以为义齿提供充足的支持,还会影响义齿的咬合力和咀嚼功能,而牙槽骨越高,牙槽嵴形态越丰满,其所拥有的义齿基托面积就越大,能为义齿修复后提供较好的稳定和支持作用,从而提高义齿固位稳定性^[13-14]。同时,Di Stefano DA等^[15]报道指出,颌骨骨质和骨量是种植体远期稳定性的重要影响因素。耿琪等^[16]研究表明,皮质骨厚度和皮质骨密度与种植体稳定性密切相关。本研究则发现,皮质骨厚度和皮质骨密度与牙槽嵴分级呈负相关,修复不良组修复前皮质骨厚度、皮质骨密度低于修复良好组,这与上述文献的结果相符。一方面,皮质骨是承受应力的主要区域,其厚度增加实质上是增加了义齿基托与皮质骨的接触面积,在一定的载荷作用下,接触面积增加,皮质骨单位面积的应力减小,从而有利于维持义齿的固位稳定性^[17-18]。另一方面,皮质骨密度是骨量的体现,骨量越多越能提供较强的机械锁结作用,因此皮质骨密度越高,义齿固位稳定性越好^[19-20]。

ROC曲线分析显示,修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度预测下颌低平牙槽嵴修复效果的AUC为0.815、0.769、0.820,提示三者均具有预测下颌低平牙槽嵴修复效果的能力。但仅测量某一个量化参数去预测整体的修复效果在临床实际中仍会受到诸多干扰。因此,本研究探讨了修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度预测下颌低平牙槽嵴修复效果的价值,结果发现,三者联合预测的AUC为0.913,能有效预测接近90%患者的修复效果,其预测准确度是比较高的。此外,本研究利用ROC曲线获取的最佳截断值分析了修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与修复效果的相关性,数据显示,修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度低值下的下颌低平牙槽嵴患者修复不良风险是高值患者的6.884倍、6.160倍、6.585倍,能为临床早期预测修复效果提供客观依据。不足之处是本研究样本量偏少,今后需继续收集病例,做进一步探究。

综上所述,CBCT测量下颌低平牙槽嵴修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度与牙槽嵴分级、修复效果显著相关,对

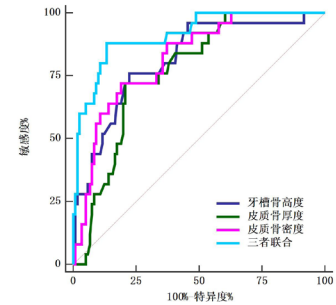


图3 修复前牙槽骨高度、皮质骨厚度、皮质骨密度对修复效果的预测价值。

修复效果具有较高的预测价值,可协助临床进行早期预测,为制定可靠的修复方案提供客观依据。

参考文献

- [1] Pandey KP, Kherdekar RS, Advani H, et al. Mandibular alveolar ridge split with simultaneous implant placement: a case report [J]. Cureus, 2022, 14(11): e31156.
- [2] 王栋, 张红, 周文富. 生物功能性修复系统应用于下颌低平牙槽嵴的修复效果初探 [J]. 口腔材料器械杂志, 2021, 30(4): 235-240.
- [3] Del Barrio RAL, de Souza ER, Al Houch AO, et al. Rehabilitation of severely atrophic mandible: a 3-year follow-up protocol [J]. J Oral Implantol, 2022, 48(6): 475-479.
- [4] 赵奇, 吴刘中, 洛伟听, 等. 种植附着体全口覆盖义齿修复下颌低平牙槽嵴临床效果观察 [J]. 临床军医杂志, 2021, 49(12): 1397-1399.
- [5] Hamilton A, Singh A, Friedland B, et al. The impact of cone beam computer tomography field of view on the precision of digital intra-oral scan registration for static computer-assisted implant surgery: a CBCT analysis [J]. Clin Oral Implants Res, 2022, 33(12): 1273-1281.
- [6] Valizadeh S, Baharestani M, Amid R, et al. Evaluation of maxillary alveolar ridge morphology and residual bone for implant placement by cone beam computed tomography (CBCT) [J]. J Long Term Eff Med Implants, 2022, 32(2): 61-71.
- [7] Pohl S, Buljan M. Bone shell technique with relocated crestal ridge segment for anterior horizontal mandibular ridge atrophy: a case series [J]. Int J Periodontics Restorative Dent, 2023, 43(5): 596-605.
- [8] Testori T, Clauser T, Scaini R, et al. Long-term results of intraforaminal immediately loaded implants and posterior mandibular regrowth evaluation in severely atrophic mandibles [J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2022, 37(1): 199-207.
- [9] Ayres LCG, Dos Santos MAL, da Mota Santana LA, et al. Comparative evaluation of mutagenic effects of two cone-beam computed tomography in oral mucosa cells [J]. Diagn Cytopathol, 2023, 51(12): 729-734.
- [10] Tan AY, Poon L, Ng ELM, et al. Cone beam computed tomography analysis of residual dentin thickness after virtual post placement in the palatal roots of maxillary first molars [J]. J Prosthet Dent, 2022, 128(4): 702-708.
- [11] 辜赵娜, 程进强, 刘应凯. DR与CBCT在牙齿长度测量准确性中的对比研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(4): 36-38.
- [12] Cho MH, Hegazy MAA, Cho MH, et al. Cone-beam angle dependency of 3d models computed from cone-beam CT images [J]. Sensors (Basel), 2022, 22(3): 1253.
- [13] Li Y, Zhang XM, Qian SJ, et al. The influence of initial defect morphology of alveolar ridge on volumetric change of grafted bone following guided bone regeneration in the anterior maxilla region: an exploratory retrospective study [J]. Ann Transl Med, 2020, 8(23): 1592.
- [14] 石宇彤, 张浩筠, 胡文杰, 等. 罹患牙周牙髓联合病变下颌磨牙拔除后运用牙槽嵴保存术提高种植治疗安全性的效果观察 (附1例随访报告) [J]. 中国实用口腔杂志, 2022, 15(2): 145-150.
- [15] Di Stefano DA, Piattelli A, Iezzi G, et al. Cortical thickness, bone density, and the insertion torque/depth integral: a study using polyurethane foam blocks [J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2021, 36(3): 423-431.
- [16] 耿琪, 张志宏, 刘红红, 等. 后牙区皮质骨松质骨厚度比率与种植体稳定性的相关性研究 [J]. 口腔医学研究, 2022, 38(11): 1033-1036.
- [17] Huppke CM, Fahlbusch H, Frosch KH, et al. Cortical bone thickness on preoperative CT scans as predictor of bone quality in distal femur fractures: a retrospective study in Caucasians [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2024, 144(2): 731-740.
- [18] 王璨, 顾卫平, 朱琳, 等. All-on-4与穿颧种植在不同皮质骨厚度中的生物力学研究 [J]. 口腔医学, 2021, 41(8): 685-691.
- [19] Tlacuilo-Parra A, Soto-Padilla J, Toro-Castro L, et al. Diminished cortical bone density of long bones among children with haemophilic arthropathy [J]. Haemophilia, 2023, 29(1): 274-281.
- [20] Hsu SN, Stephen LA, Dillon S, et al. Increased PHOSPHO1 expression mediates cortical bone mineral density in renal osteodystrophy [J]. J Endocrinol, 2022, 254(3): 153-167.

(收稿日期: 2024-06-05)

(校对编辑: 江丽华)