

牙周炎患者不同程度牙槽骨吸收对不同缺牙区骨密度的影响

倪艳¹, 吴阳², 侯文辉²✉

【摘要】目的 采用锥形束 CT(CBCT)评估缺牙区骨密度与骨吸收程度的关系,为种植术前评估提供参考。**方法** 选择 2020-11 至 2021-11 就诊于解放军总医院第三医学中心口腔科的 460 例牙列缺损患者,拍摄 CBCT 后根据牙槽骨吸收程度将所有患者分为无牙槽骨吸收组、I 度牙槽骨吸收组、II 度牙槽骨吸收组和 III 度牙槽骨吸收组,分别测量各组前牙、前磨牙和磨牙缺牙区的平均骨密度数值并进行比较。**结果** 对于前牙、前磨牙区,四组之间骨密度值差异具有统计学意义($P < 0.05$),且牙槽骨吸收程度与骨密度相关($r = -0.42, r = -0.37; P < 0.01$);磨牙缺牙区四组骨密度无统计学差异。在前牙区,41~60 岁组的骨密度和年龄呈负相关($r = -0.31, P < 0.05$);在前磨牙区和磨牙缺牙区,年龄、性别与骨密度均不相关($P > 0.05$)。**结论** 除 III 度骨吸收外,前牙和前磨牙缺牙区骨密度随牙槽骨吸收程度增加而减少。

【关键词】 骨密度;牙槽骨吸收;水平吸收;年龄;锥形束 CT

【中国图书分类号】 R783.3

【引用本文】 倪艳,吴阳,侯文辉. 牙周炎患者不同程度牙槽骨吸收对不同缺牙区骨密度的影响[J]. 武警医学, 2026,37(1):10-13,18.

The impact of different degrees of alveolar bone resorption on bone density in edentulous areas

NI Yan¹, WU Yang², and HOU Wenhui²✉. 1. Stomatology Department of Sihaiqiao Outpatient Clinic of Jingxi Medical Area, PLA General Hospital, Beijing 100097, China; 2. Department of Stomatology, the Third Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100039, China

【Abstract】 Objective To evaluate the relationship between bone density and bone resorption degree in the tooth-removal area using cone-beam computed tomography (CBCT), and to provide effective basis for clinical implant preoperation evaluation. **Methods** A total of 460 patients with missing teeth who were admitted to the Department of Stomatology, the Third Medical Center of PLA General Hospital from November 2020 to November 2021 were selected. After CBCT imaging, all patients were divided into groups no alveolar bone resorption group, degree I alveolar bone resorption group, degree II alveolar bone resorption group and degree III alveolar bone resorption group, based on the degree of alveolar bone resorption. The average bone density values of the anterior teeth, premolars and molars of each group were measured and statistically analyzed. **Results** For the anterior teeth and premolars, there were significant differences in bone density values among the four groups ($P < 0.05$), and the degree of alveolar bone resorption was correlated with bone density ($r = -0.42, r = -0.37; P < 0.01$); there was no statistically significant difference in bone density in the molars. The anterior teeth area showed a significant negative correlation ($r = -0.31$) in the 41-60 years age group. There was no significant correlation between age and bone mineral density in the anterior molars area and molars area groups, nor was there a significant correlation between gender and bone mineral density. **Conclusions** Except for grade III bone resorption, the bone density in the missing areas of anterior teeth and premolars decreases with the increase of the degree of alveolar bone resorption.

【Key words】 bone density; alveolar bone resorption; horizontal resorption; age; CBCT

牙周炎是导致牙槽骨吸收和牙齿缺失的主要原因之一,其病理过程不仅影响牙齿的稳固性,还可能降低种植术的成功率。牙周炎引起的牙槽骨吸收会导致骨高度和骨密度的改变,进而影响种植体的初

期稳定性(ISQ 值)和长期成功率。研究表明,骨密度是预测种植体稳定性和评估骨骼质量的重要指标,与种植体的初期稳定性呈正相关^[1-3]。以往研究多集中在骨高度与种植成功率的关系^[4-6],但骨密度在种植术前评估中的作用尚未得到充分探讨。本研究通过锥形束 CT(cone beam CT, CBCT)测量不同牙槽骨吸收程度下缺牙区的骨密度,旨在探讨牙周炎患者牙槽骨吸收与骨密度之间的相关性,为种植术前设计和术后初步稳定性预测提供理论

作者简介:倪艳,硕士,主治医师。

作者单位:1. 100097 北京,解放军总医院京西医疗区四海桥门诊部口腔科;2. 100039 北京,解放军总医院第三医学中心口腔科

✉ 通信作者

依据。

1 对象与方法

1.1 对象 选取2020-11至2021-11就诊于解放军总医院第三医学中心口腔科的牙列缺损患者。纳入标准:(1)年龄18~80岁,按年龄分层(18~40岁、41~60岁、61~80岁)来评估年龄对骨密度的潜在影响;(2)口内余留牙数>6颗;(3)缺牙区牙齿缺失时间超过6个月,且近6个月内未接受过牙周治疗,也未服用过影响骨代谢的药物(如激素类药物、双膦酸盐等)。排除标准:(1)半口或全口牙列缺失者;(2)患有系统性骨代谢疾病或严重吸烟(>10支/d)的患者;(3)患有糖尿病、颌骨疾病,以及半年内发生过心肌梗死的患者;(4)处于妊娠期、哺乳期和围绝经期的患者。

最终纳入研究的患者共460例,年龄34~72岁,平均(48.3±5.4)岁,男253例,女207例。所有患者共缺失牙齿1264颗,其中磨牙583颗(46.1%),前磨牙386颗(30.5%),前牙295颗(23.3%)。所有纳入研究的患者中,缺牙时间最短为6个月,最长为10年。缺牙时间6~12个月的患者占20%;缺牙时间1~5年占60%;缺牙时间超过5年的占20%。根据CBCT检查结果,患者的牙槽骨吸收程度按牙位数量分布如下:无牙槽骨吸收组48例,缺失牙位数为120颗(9.5%),均为外伤导致的缺牙或因治疗需要进行的拔牙。I度牙槽骨吸收组162例,缺失牙位数为405颗(32.0%),包括外伤导致的缺牙、因治疗需要进行的拔牙以及牙周炎患者。II度牙槽骨吸收组125例,缺失牙位数为316颗(25.0%),包括外伤导致的缺牙、因治疗需要进行的拔牙以及牙周炎患者。III度牙槽骨吸收组125例,缺失牙位数为423颗(33.5%),包括因治疗需要进行的拔牙和牙周炎患者。本研究经解放军总医院京西医疗区医学伦理审批(20251108)。

1.2 方法

1.2.1 CBCT拍摄 采用KaVo3D eXam CT扫描仪拍摄扫描所有纳入患者的口腔中视野CT,受试者眶耳平面与地面平行,上下唇处于自然闭合状态,双侧后牙轻咬至牙尖交错位,避免吞咽,使用头架和颞兜固定头颅位置,扫描基线位于殆平面,扫描参数为:可视范围(FOV)15 cm×8 cm,管电压89 kV,管电流5 mA,体素0.3 mm,扫描时间26.9 s,扫描后以DICOM格式存储,再使用NNTViewer软件打开多层面重建后的图像,重建层厚为0.3 mm。

1.2.2 牙槽骨吸收程度测量 在CBCT重建下的全景片测量缺牙区所在牙弓的牙槽骨吸收程度,其标准根据缺牙区牙槽骨嵴顶线与距离最近的邻牙釉牙骨质界线的距离判断,具体方法:无牙槽骨吸收,牙槽骨嵴顶在釉牙骨质界下2 mm内;I度牙槽骨吸收,牙槽骨嵴顶在釉牙骨质界下2 mm外,牙根颈1/3以内;II度牙槽骨吸收,牙槽骨嵴顶超过根长1/3,不超过根中2/3;III度牙槽骨吸收,牙槽骨嵴顶在根长2/3以上。当同一患者的缺牙区分布在不同象限时,分别计算相应象限的牙槽骨吸收程度。当牙齿缺失集中在同一象限,邻牙无法作为参考时,选择同名牙的釉牙骨质界作为参考线。

1.2.3 缺牙区骨密度测量 拍摄CBCT后,在NNTViewer软件中打开,首先选择最左侧的多平面重建图像(multi-planar reformatting, MPR),在MPR模式下确定测量平面,以缺牙区为中心,首先在重建的3D图像上调整水平面参考线与殆平面平行,位置移动至缺牙区牙槽骨嵴顶;接着在水平位图像上,将垂直向参考线与矢状面参考线的交点移动至缺牙区中心,矢状面参考线方向调整为与缺牙区牙弓平行。调整完成后,前磨牙和磨牙的骨密度值在矢状位上进行测量,前牙的骨密度值在冠状位上进行测量。测量的范围:上界为缺牙区牙槽嵴顶,下界为邻牙根尖点连线,左右为邻牙边缘,若一侧无邻牙则将缺牙间隙均分进行测量,第一种测量方法为采用面积测量工具测量得缺牙区范围的平均骨密度;第二种测量方法为线距测量,在测量范围内随意点击两点得到线距,测得两个骨密度值,如此进行三次,求得缺牙区范围内的平均骨密度值,骨密度采用亨氏菲尔德(Hounsfield units, HU)表示。四组患者(牙槽骨吸收程度不同)采用两种方法分别按照前牙、前磨牙和磨牙区域分别测量统计求得缺牙区平均骨密度。

1.3 统计学处理 采用SPSS 20.0软件进行数据分析,呈正态分布的计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示,四组间比较采用多因素方差分析,两两比较采用LSD检验;计数资料用%描述,进行 χ^2 检验;计算不同牙位区域与骨密度的Pearson相关系数。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同牙槽骨吸收程度下缺牙区骨密度值变化 通过面积测量法和平均值法测量结果显示,四组磨牙区骨密度差异无统计学意义,前牙、前磨牙区四组

之间骨密度值差异有统计学意义($P < 0.05$, 表1)。与无牙槽骨吸收组相比, I度、II度牙槽骨吸收组骨密度值显著减少($P < 0.01$), III度牙槽骨吸收组骨密度值

与I度牙槽骨吸收组比较无统计学差异($P > 0.05$); 前牙和前磨牙区域, 牙槽骨吸收程度与骨密度的 Pearson 相关系数 r 分别为-0.42 和-0.37($P < 0.01$)。

表1 不同牙槽骨吸收程度下缺牙区骨密度值

(HU; $\bar{x} \pm s$)

牙位	缺失牙数	无牙槽骨吸收组 ($n=48$)	I度牙槽骨吸收组 ($n=162$)	II度牙槽骨吸收组 ($n=125$)	III度牙槽骨吸收组 ($n=125$)	F	P
面积测量法							
前牙	295	1277.137±277.137	990.069±328.441 ^①	536.32±261.505 ^{①②}	977.943±356.562 ^①	4.226	0.014
前磨牙	386	932.906±384.8	764.509±343.068 ^①	633.71±337.515 ^{①②}	766.066±304.087 ^①	9.857	0.010
磨牙	583	528.646±407.22	622.827±527.031	622.061±439.389	559.773±285.282	0.053	0.982
平均值法							
前牙	295	978.000±238.743	816.278±326.041 ^①	562.429±477.532 ^{①②}	893.206±379.339 ^③	6.733	0.024
前磨牙	386	717.167±313.305	634.975±311.237 ^①	577.852±427.136 ^{①②}	614.972±465.682 ^①	4.920	0.013
磨牙	583	560.389±455.17	639.868±410.929	617.581±536.618	506.357±318.314	0.125	0.942

注:与牙槽骨无吸收组比较,① $P < 0.05$;与I度吸收组比较,② $P < 0.05$;与II度吸收组比较,③ $P < 0.05$ 。

2.2 年龄和性别对骨密度的影响 本文按年龄分层、性别进行 Pearson 相关性分析,结果显示,前牙区仅在41~60岁组呈显著负相关($r = -0.31$),提示该年龄段每增加1岁,骨密度平均下降约15.2 HU (95% CI: -23.8~-6.6)。在前磨牙区和磨牙区,年龄、性别与骨密度不相关($P > 0.05$)。

3 讨论

骨密度是预测种植体稳定性、评价骨骼质量的重要指标^[7-10]。牙周炎患者牙槽骨吸收后,骨高度降低;同时牙周炎患者种植术后初期稳定性降低,缺牙区骨密度降低^[10]。Sugiura等^[11]认为,牙槽嵴骨高度可以显著影响松质骨的运动范围和种植体周围骨应变,种植体周围骨应变与骨密度值密切相关。那么骨高度与骨密度是否相关,骨高度降低是否意味着骨密度也发生了改变呢?相比于在组织上切取活检等有创方法,本研究采用的CBCT相对定量骨密度测量法更加简便容易。虽然CBCT测量精确度高,辐射剂量小,但对于颌骨,尤其是牙槽骨等小范围骨骼测量容易受周围结构影响,为了尽可能减小测量时的系统误差,所有测量均由同一名口腔医师完成,同时使用两种常用密度测量方法进行测量,结果显示,两种测量方法无统计学差异。

3.1 牙槽骨吸收程度与骨密度的关系 研究结果显示,除III度牙槽骨吸收外,随牙槽骨吸收程度增加,前牙和前磨牙缺牙区松质骨密度逐渐降低,提示在一定范围内,前牙和前磨牙区的骨高度与骨密度可能存在正相关关系。多个研究结果也发现,骨质

疏松症患者的颌骨密度改变可能是引起牙槽骨高度降低的重要原因,文献[12,13]使用micro-CT检测人类尸体下颌骨,发现颌骨吸收和施加在骨上的机械应力变化综合作用,能够引起骨小梁微结构发生重塑,导致骨密度的改变,提示骨高度的变化也能影响骨密度。当牙槽骨严重吸收时,骨高度和宽度降低至基骨^[14],基骨骨皮质含量丰富,占比增加导致骨密度增加^[15],因此,III度牙槽骨吸收时骨密度接近I度牙槽骨吸收时的骨密度值。磨牙缺牙区骨密度与骨高度降低无显著相关性,这可能由磨牙区骨质特点与前牙区和前磨牙区不同导致^[16,17]。Dekker等^[18]发现与前牙区相比,磨牙区骨体积分数和骨小梁数量较低,骨小梁分离程度、各向异性程度和皮质骨密度较高^[19],此外,生物力学载荷在骨重建中起着重要的作用,对骨密度有位点特异性的影响^[11],磨牙区平均受力较前牙和前磨牙区大,骨小梁数量、分布和结构等可能存在一定差异^[20]。但具体何种因素主要影响磨牙区骨密度以及如何影响仍需进一步实验研究。对于前牙区III度吸收患者,种植术前需谨慎评估骨密度,必要时结合骨增量技术或选择短种植体以提高初期稳定性。磨牙区种植可优先考虑骨宽度和高度,骨密度影响较小。

3.2 年龄和性别对骨密度的影响 本研究结果显示,前牙区骨密度仅在41~60岁年龄段与年龄呈负相关,而前磨牙区和磨牙区则未显示与年龄的显著相关性。性别间比较也未发现骨密度存在统计学差异。这些发现表明,前牙区骨密度可能更易受年龄因素的影响;前磨牙区和磨牙区对年龄变化的敏感

性较低,可能主要受局部因素调控。临床建议对于中年患者,尤其是前牙区种植治疗时,应重视年龄相关的骨密度变化评估。

3.3 病理机制 对于牙槽骨高度与骨密度的关系可能涉及多方面的机制。首先,骨改建与机械应力密切相关;牙槽骨吸收初期,骨高度降低导致机械应力分布改变,骨小梁可能发生适应性重塑。应力减少的区域(如前牙区)骨吸收加速,骨小梁数量减少、间距增大,导致骨密度降低,符合沃尔夫(Wolff)定律。其次,炎症介导的骨代谢失衡也起关键作用:牙周炎患者的炎症微环境(如IL-1 β 、TNF- α 水平升高)可激活破骨细胞,同时抑制成骨细胞功能,导致骨吸收与形成失衡。随着骨吸收程度加重(Ⅱ度),松质骨区域进一步减少,骨密度显著下降;而Ⅲ度吸收时,基骨(皮质骨为主)占比增加,可能部分代偿了松质骨的密度损失。此外,血供变化也可能影响骨密度,严重牙槽骨吸收可能破坏局部血管网络,影响骨组织的营养供应和修复能力,进一步加剧骨密度的异质性。

本研究发现,磨牙区骨密度与牙槽骨吸收程度无显著相关性,而前牙和前磨牙区则呈现明显变化,这可能归因于解剖结构和生物力学差异。磨牙区皮质骨占比较高,尤其在基骨部分,其密度受吸收程度影响较小;此外,磨牙区骨小梁较稀疏且排列方向各异(各向异性),可能对力学负荷的适应性更强,缓冲了骨高度降低对密度的直接影响。在生物力学方面,磨牙区承受的咀嚼力更大且方向复杂,可能通过动态负荷刺激维持局部骨密度,而前牙区以垂直向力为主,负荷减少时骨流失更明显。此外,牙周炎的炎症分布和愈合能力也可能存在区域差异:前牙区可能更易受菌斑堆积和咬合创伤影响,而磨牙区血供丰富(如下颌骨近下颌管区域),可能具有更强的骨修复潜力。

此外,不同原因导致的牙齿缺失可能对牙槽骨密度产生不同影响。例如,外伤性缺牙通常不会引起严重的牙槽骨吸收,而牙周炎患者则可能表现出不同程度的骨吸收。本研究未对不同原因导致的缺牙进行分层分析,主要是因为若进一步分层,可能导致各亚组样本量过小,影响统计分析的可靠性。且本研究的主要目的是探讨牙周炎患者牙槽骨吸收程度与骨密度的关系,而非单纯比较不同缺牙原因对骨密度的影响。在收集的样本中,牙周炎导致的牙槽骨吸收和牙齿缺失占比在95%以上,因此,将不

同原因导致的缺牙患者纳入同一组别,有助于更全面地反映牙周炎患者群体的骨密度变化情况。本研究的局限性:未分层分析绝经状态或激素治疗对女性的影响;横断面设计无法确定因果关系,需纵向研究验证。未来需结合Micro-CT或组织学进一步明确微观结构变化。

综上,本临床试验初步探索了缺牙区骨密度与牙槽骨吸收的相关关系,发现除严重牙槽骨吸收外,前牙和前磨牙缺牙区骨密度与牙槽骨吸收程度可能呈正相关。这提示医师在牙周炎严重的患者种植时,除关注骨宽度和高度外,还需关注缺牙区骨密度,以便选择合适的种植体品牌和型号,以提高种植体初期稳定性。

【参考文献】

- [1] Doyle R, Arkel R J V, Muirhead-Allwood S, *et al*. Impaction technique influences implant stability in low-density bone model[J]. *Bone Joint Res*, 2020, 9(7): 386-393.
- [2] Chaushu L, Silva E R, Balan V E, *et al*. Sinus augmentation-autograft vs. fresh frozen allograft: bone density dynamics and implant stability [J]. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*, 2021, 122(5): 467-471.
- [3] Palaskar J N, Joshi N. Influence of different implant placement techniques to improve primary implant stability in low-density bone: a systematic review[J]. *J Indian Prosthodont Soc*, 2020, 20(1): 11-16.
- [4] Sgolastra F, Petrucci A, Severino M, *et al*. Periodontitis, implant loss and peri-implantitis: a meta-analysis [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2015, 26(4): e8-e16.
- [5] Smith M M, Knight E T. Chronic periodontitis and implant dentistry[J]. *Periodontol*, 2017, 74(1): 63-73.
- [6] Monje A, Alcoforado G, Padiar-Molina M, *et al*. Generalized aggressive periodontitis as a risk factor for dental implant failure: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Periodontol*, 2014, 85(10): 1398-1407.
- [7] Patel R M. Dental implants for patients with periodontitis[J]. *Prim Dent J*, 2020, 8(4): 54-61.
- [8] Schou S. Implant treatment in periodontitis-susceptible patients: a systematic review [J]. *J Oral Rehabil*, 2008, 35(Suppl 1): 9-22.
- [9] Kido H, Schulz E E, Kumar A, *et al*. Implant diameter and bone density: effect on initial stability and pull-out resistance [J]. *J Oral Implantol*, 1997, 23(4): 163-169.