

· 临床研究 ·

成年正畸患者颧牙槽嵴区微种植钉植入的位点选择

陈芯伊 蒋晓鸽 陈嵩

口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 国家口腔疾病临床医学研究中心
四川大学华西口腔医院正畸科, 成都 610041

[摘要] **目的** 对成年男性及女性正畸患者颧牙槽嵴区的骨皮质密度、骨皮质厚度及颊侧可利用的有效骨量进行分析, 为微种植钉植入时的位点选择提供参考。**方法** 采集200例年龄20~30岁患者(男女比例为1:1)的锥形束CT扫描数据, 从近中至远中依次将矢状面上右侧上颌后牙区分为6个层面, 每个层面在垂直距离为颊侧骨皮质距离釉牙骨质界8、10、12 mm处分别设置3个测量位点, 共计18个测量位点, 测量其骨皮质密度、厚度及有效骨量, 并进行统计分析。**结果** 成年男性与女性正畸患者的骨皮质密度、厚度及有效骨量的最高值均位于平分第二前磨牙与第一磨牙根间区, 其中骨皮质密度、厚度随着垂直高度增加而增大, 而有效骨量随着垂直高度增加而减少。成年男性与女性患者之间的骨皮质密度、骨皮质厚度和颊侧有效骨量存在一定的差异。**结论** 成年男性与女性正畸患者颧牙槽嵴区微种植钉的最佳植入位点均位于第二前磨牙与第一磨牙根间区, 其中男性最佳植入位点的垂直高度可以适当高于女性。

[关键词] 颧牙槽嵴; 微种植钉; 骨皮质密度; 骨皮质厚度; 有效骨量; 性别因素

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2024.2023282



本文链接 开放科学标识码

Site selection of micro-implant anchorages in the infrazygomatic crest in adult orthodontic patients

Chen Xinyi, Jiang Xiaoge, Chen Song

State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Orthodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Supported by: Sichuan Science and Technology Program (2022YFS0127)

Correspondence: Chen Song, E-mail: songchen882002@hotmail.com

[Abstract] **Objective** To determine the optimal placement of miniscrews, this study compared adult male and female patients in terms of cortical bone density, cortical bone thickness, and available bone width in the infrazygomatic crest region. **Methods** The cone beam computed tomography imaging data of 200 patients (20–30 years old; 100 males and 100 females) were collected. The right maxillary posterior teeth in the sagittal plane were divided into six levels from proximal to distal, and three measurement sites were positioned at vertical distances of 8, 10, and 12 mm from the cementum. Cortical bone density, cortical bone thickness, and available bone width were measured in 18 measurement sites in the infrazygomatic crest and analyzed statistically. **Results** The highest cortical bone density, cortical bone thickness, and available bone width in the infrazygomatic crest in adult male and female patients were at the level of the interradicular space between the maxillary second premolar and maxillary first molar. The bone cortical density and thickness increased with vertical height, whereas the available bone width decreased with increasing vertical height. Differences were observed in cortical bone density, cortical bone thickness, and available bone width between adult male and female patients. **Conclusion** The optimal implantation sites of the micro-implant anchorages in the infrazygomatic crest were at the level of the interradicular

[收稿日期] 2023-08-30; [修回日期] 2023-09-27

[基金项目] 四川省科技计划项目(2022YFS0127)

[作者简介] 陈芯伊, 博士, E-mail: xinyichen7601@foxmail.com

[通信作者] 陈嵩, 教授, 博士, E-mail: songchen882002@hotmail.com

com

ferences were observed in cortical bone density, cortical bone thickness, and available bone width between adult male and female patients. **Conclusion** The optimal implantation sites of the micro-implant anchorages in the infrazygomatic crest were at the level of the interradicular

space between the maxillary second premolar and the maxillary first molar, and the vertical height of the optimal implantation site in males was appropriately higher than that in females.

[Key words] infrazygomatic crest; miniscrews; cortical bone density; cortical bone thickness; effective bone mass; gender factor

作为正畸治疗的基础，支抗一直受到广泛的关注。近年来，能够为不同类型牙移动提供绝对支抗的微种植钉被广泛运用于临床。相比起传统支抗装置如Nance托、横腭杆及口外弓等，微种植钉凭借其体积小、不需要患者配合、种植部位灵活、操作流程简单、支抗效果好、适应证广泛等优点，受到了正畸医生和患者的大力褒扬，已逐渐成为正畸治疗中支抗控制的重要选择^[1]。

颧牙槽嵴是一条从上颌骨前部颧突向下延续至上颌磨牙区颊侧牙槽突的骨嵴，青少年时期位于上颌第二前磨牙与上颌第一磨牙间牙槽骨上方，而在成人时期多向后方移位至上颌第一磨牙区^[2-4]，是支抗钉在上颌骨的常规植入部位之一，具有许多临床优势。首先，由于颧牙槽嵴高于磨牙根尖，牙根在移动过程中不会与微种植钉接触^[5]。其次，由于颧牙槽嵴与上颌骨的阻抗中心位置接近，微种植钉可以实现对上颌牙弓的整体远移^[6]。并且，颧牙槽嵴区的微种植体用于内收上颌前牙时，既可以避免上颌前牙转矩丢失，又可以对上颌前牙有较好的压低作用^[6-7]。

然而，关于成年正畸患者颧牙槽嵴区微种植钉的最佳植入位点，目前尚无统一的标准。Liou等^[8]研究认为，在上颌第一磨牙近中颊根的上方植入微种植体时可利用的骨量最大。汪钰程等^[9]则认为选择上颌第一磨牙的近远中颊根之间为植入位点更有利于微种植钉的稳定性。而李文艳等^[9]指出，在上颌第二前磨牙和第一磨牙之间的颧牙槽嵴区植入微种植钉时可保证至少6 mm的有效骨量，并且微种植钉不会触碰到上颌窦底。以上结论不同的原因可能是对于颧牙槽嵴区的研究容易受到研究对象、样本量、测量方法、参考平面等的影响。此外，这些结论主要是通过对健康人群而非正畸患者的影像资料分析而得出，并且未将性别因素纳入考虑。因此，本研究通过锥形束CT (cone beam computed tomography, CBCT) 及其分析软件，对成年男性及女性正畸患者颧牙槽嵴区的骨皮质密度、骨皮质厚度及颊侧可利用的有效骨量进行测量分析，为微种植钉在此区域植入时的位点选择提供参考，以期提高微种植钉的安全性和稳定性。

1 材料和方法

1.1 研究对象

收集2019年6月—2022年6月于四川大学华西口腔医院正畸科就诊的患者信息，采集200例年龄在20~30岁的患者（男女比例为1:1）的CBCT影像学资料，并且按照以下的纳入标准筛选研究对象。

纳入标准：1) 无全身系统性疾病或骨代谢类疾病；2) 测量区上颌后牙已经完全萌出（不包括第三磨牙）；3) 测量区牙齿无根尖周疾病或牙周病；4) 上颌窦内无严重炎症、增生物或其他病变；5) 符合安氏 I 类或安氏 II 类的各种错颌畸形。

1.2 CBCT 图像采集

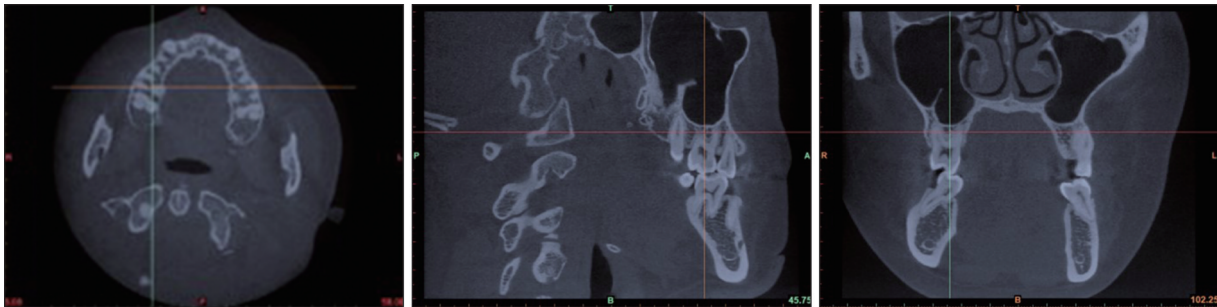
采用四川大学华西口腔医院 3D Accutomo CBCT 扫描仪 (Morita 公司, 日本)。扫描参数为：85.0 kV, 5.0 mA, 扫描时间 17.5 s, 扫描层厚 0.25 mm。扫描时患者上下颌位于牙尖交错位，调节头颅固定装置及光标定位系统，使水平扫描线与研究对象的眶耳平面重合，垂直扫描线与研究对象的正中矢状线重合，患者面部左右对称，由放射科医生采用统一的标准进行扫描。扫描后的 CT 数据以 DICOM 文件格式存储。

1.3 测量方法

将 DICOM 格式数据输入 Mimics Research 16.0 软件进行三维重建 (图 1)。从近中至远中依次将矢状面上右侧上颌后牙区分为 6 个层面 (图 2)：层面 A 为平分第二前磨牙与第一磨牙根间区的层面；层面 B 为第一磨牙近颊根根尖所在层面；层面 C 为平分第一磨牙颊根分叉区的层面；层面 D 为第一磨牙远颊根根尖所在层面；层面 E 为平分第一、二磨牙根间区的层面；层面 F 为第二磨牙近颊根根尖所在层面。每个层面在垂直距离为颊侧骨皮质距离釉牙骨质界 8 mm (a)、10 mm (b)、12 mm (c) 处设置 3 个测量位点，共计 18 个测量位点，分别用 Aa、Ab、Ac、Ba、Bb、Bc、Ca、Cb、Cc、Da、Db、Dc、Ea、Eb、Ec、Fa、Fb、Fc 表示。以紧靠颊侧骨皮质边缘的测量位点为颊

侧边长中点画出面积为 0.45 mm^2 的小正方形,利用 Mimics 软件的 Measure Density 功能来测量该正方形区域的平均密度值,即骨皮质密度(图3)。

与水平面成 60° 方向,测量各位点的骨皮质厚度(图3)。与水平面成 60° 方向得到各位点距上颌窦底的直线距离,记为有效骨量(图4)。



左:水平面;中:矢状面;右:冠状面。

图1 三维重建

Fig 1 Three-dimensional reconstruction

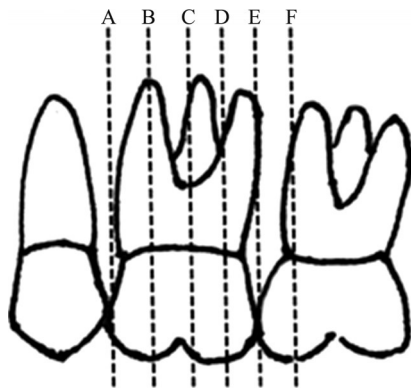


图2 矢状向6个测量层面

Fig 2 Six sagittal measurement levels

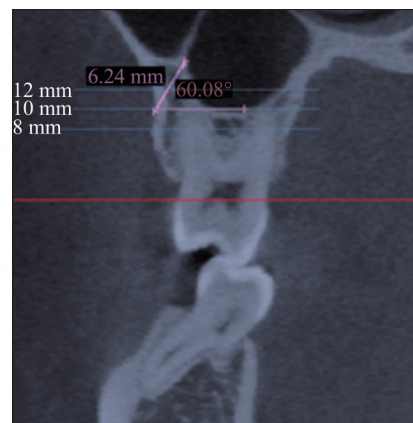


图4 有效骨量测量

Fig 4 Measurement of available bone width

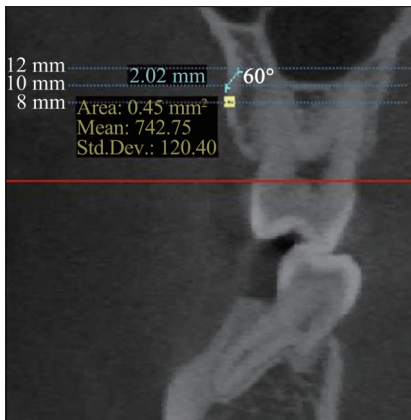


图3 骨皮质密度及骨皮质厚度测量

Fig 3 Measurement of cortical bone density and cortical bone thickness

以上所有测量数据均由同一研究者严格按照选取标准选取并重复测量2次。重复测量的数据与首次测量的数据进行配对 t 检验,得到 $P>0.05$,表明两次测量的差异无统计学意义,本研究采用的测量方法重复性良好。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件进行数据录入及统计分析。取2次测量的平均值作为最终测量值,分别计算各测量位点骨皮质密度、厚度及颊侧有效骨量的平均数和标准差,数据以平均数 \pm 标准差表示。采用 Kolmogorov-Smirnow 法对各组的数据进行正态性检验, Homogeneity of Variance 法证实数据方差齐。各测量位点的差异通过单因素方差分析比较,两两比较采用 LSD 法。各测量位点的性别差异通过配对 t 检验比较。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 颧牙槽嵴区骨皮质密度的测量

成年男性与成年女性患者的颧牙槽嵴区骨皮质密度见表1。成年男性与女性患者的骨皮质密度最高值均在平分第二前磨牙与第一磨牙根间区的层面,垂直高度为距离釉牙骨质界 12 mm;最低

值均在第二磨牙近颊根根尖所在层面，垂直高度为距离釉牙骨质界 8 mm。除第二磨牙近颊根根尖区距离釉牙骨质界 12 mm 测量位点外，其余 17 个测量位点的骨皮质密度均为女性大于男性，二者间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

表 1 成年男性与成年女性患者的颧牙槽嵴区骨皮质密度
Tab 1 The cortical bone density of infrazygomatic crest region in adult male and female patients

HU				
测量位点	男性	女性	t 值	P 值
Aa	753.21±184.32	840.09±189.89	-3.267	0.001
Ab	826.35±209.08	939.00±193.99	-3.930	0.000
Ac	897.89±203.47	993.06±195.03	-3.360	0.001
Ba	748.70±184.38	830.42±206.45	-2.938	0.004
Bb	809.30±183.84	918.11±217.95	-3.797	0.000
Bc	870.81±214.47	968.94±194.16	-3.375	0.001
Ca	748.70±174.39	871.55±180.58	-4.869	0.000
Cb	824.22±199.14	946.00±184.41	-4.464	0.000
Cc	868.20±221.82	960.24±205.33	-3.030	0.003
Da	749.79±154.61	855.78±193.56	-4.257	0.000
Db	801.48±175.06	914.51±182.76	-4.444	0.000
Dc	844.88±218.71	913.54±185.09	-2.384	0.018
Ea	733.37±176.71	835.51±178.60	-4.045	0.000
Eb	789.74±189.83	881.00±185.46	-3.421	0.001
Ec	806.12±200.56	870.36±177.60	-2.386	0.018
Fa	707.62±172.82	813.93±203.00	-3.968	0.000
Fb	758.87±185.00	846.65±198.37	-3.220	0.001
Fc	763.23±198.88	816.53±191.14	-1.923	0.056

2.2 颧牙槽嵴区骨皮质厚度的测量

成年男性与成年女性患者的颧牙槽嵴区骨皮质厚度见表 2。成年男性与女性患者的骨皮质厚度最高值均在平分第二前磨牙与第一磨牙根间区的层面，垂直高度为距离釉牙骨质界 12 mm；最低值均在第二磨牙近颊根根尖所在层面，垂直高度为距离釉牙骨质界 8 mm。除第一磨牙近颊根根尖区且距离釉牙骨质界 8 mm 和第二磨牙近颊根根尖区且距离釉牙骨质界 8 mm 测量位点外，其余 16 个测量位点骨皮质厚度的性别差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.3 颧牙槽嵴区有效骨量的测量

成年男性与成年女性患者的颧牙槽嵴区有效骨量见表 3。成年男性及女性组颧牙槽嵴区可利用的有效骨量最高值均在平分第二前磨牙与第一磨牙根间区的层面，垂直高度为距离釉牙骨质界 8 mm，其中男性最高值为 13.88 mm±7.48 mm，女性最高值为 10.81 mm±6.72 mm。颧牙槽嵴区可利用的有效骨量男性最低值为 2.42 mm±1.39 mm，

位于第一磨牙近颊根根尖所在层面，垂直高度为距离釉牙本质界 8 mm；女性最低值为 2.64 mm±2.24 mm，位于第二磨牙近颊根根尖所在层面，垂直高度为距离釉牙本质界 12 mm。8 个测量位点有效骨量的性别差异有统计学意义，在第二前磨牙与第一磨牙根间区、第一磨牙两颊根根分叉区的 3 个测量高度上，男性的有效骨量均大于女性 ($P < 0.05$)。成年男性有效骨量平均值超过 6 mm 的测量位点数也多于成年女性患者。

表 2 成年男性与成年女性患者的颧牙槽嵴区骨皮质厚度
Tab 2 The cortical bone thickness of infrazygomatic crest region in adult male and female patients

mm				
测量位点	男性	女性	t 值	P 值
Aa	1.61±0.36	1.61±0.39	0.030	0.976
Ab	1.70±0.30	1.77±0.52	-1.168	0.244
Ac	1.89±0.38	1.90±0.50	-0.101	0.920
Ba	1.32±0.38	1.21±0.38	2.105	0.037
Bb	1.35±0.42	1.39±0.44	-0.579	0.564
Bc	1.55±0.49	1.65±0.54	-1.382	0.168
Ca	1.40±0.32	1.42±0.39	-0.507	0.613
Cb	1.51±0.36	1.57±0.46	-1.000	0.318
Cc	1.65±0.45	1.62±0.46	-0.513	0.608
Da	1.35±0.30	1.33±0.39	0.431	0.667
Db	1.43±0.36	1.49±0.45	-1.141	0.255
Dc	1.67±1.00	1.59±0.53	-0.203	0.839
Ea	1.41±0.40	1.40±0.39	0.036	0.971
Eb	1.50±0.44	1.54±0.45	-0.507	0.612
Ec	1.53±0.41	1.59±0.49	-0.918	0.360
Fa	1.27±0.31	1.38±0.43	-2.001	0.047
Fb	1.37±0.38	1.48±0.46	-1.771	0.078
Fc	1.48±0.41	1.52±0.51	-0.527	0.599

3 讨论

微种植钉在颧牙槽嵴区的应用广泛，其初期稳定性的关键在于支抗钉与骨组织的机械结合。多项研究^[10-11]均证实骨皮质是微种植钉的主要应力集中区，能提供较大的机械嵌合力。因此骨皮质的密度和厚度与微种植钉的稳定性息息相关^[12]。为确保较好的初期稳定性，颊侧骨皮质厚度应至少超过 1 mm^[13-14]。本研究中，成年男性及女性颧牙槽嵴区各测量位点的骨皮质厚度平均值均超过 1 mm，满足微种植钉植入的最低要求，可以保障微种植钉的稳定性。

然而，尽管颧牙槽嵴区总体有较厚的骨皮质和较高的骨密度，但该区域范围广、个体差异大，

所以测量统计颧牙槽嵴不同部位骨皮质密度和厚度对于选择植入微种植钉的适当位置仍十分重要。以往的研究^[15-17]均表明,颧牙槽嵴区骨皮质厚度、骨皮质密度及有效骨量在左右两侧差异无统计学意义,为了降低研究的复杂性,本试验的研究对象为患者右侧颧牙槽嵴区域。

表 3 成年男性与成年女性患者的颧牙槽嵴有效骨量

Tab 3 The available bone width of infrazygomatic crest region in adult male and female patients

测量位点	男性	女性	t值	P值
Aa	13.88±7.48	10.81±6.72	3.035	0.003
Ab	10.40±6.67	7.14±5.30	3.819	0.000
Ac	7.83±5.91	4.54±3.78	4.669	0.000
Ba	2.42±1.39	3.30±7.25	-1.181	0.239
Bb	3.05±3.04	2.99±3.02	0.150	0.881
Bc	3.99±4.67	3.24±2.93	1.349	0.179
Ca	9.71±6.42	7.50±5.56	2.587	0.010
Cb	6.96±5.92	4.75±3.88	3.106	0.002
Cc	4.89±4.66	3.41±3.40	2.563	0.011
Da	3.75±3.00	3.23±2.55	1.305	0.193
Db	4.17±4.38	3.91±4.51	0.407	0.684
Dc	4.12±4.62	2.98±2.97	2.050	0.042
Ea	8.94±6.36	7.39±5.07	1.886	0.061
Eb	6.38±5.90	4.80±3.88	2.219	0.028
Ec	4.13±4.36	3.24±3.36	1.603	0.110
Fa	4.49±2.58	3.89±2.19	1.751	0.082
Fb	4.06±3.54	3.41±2.51	1.485	0.139
Fc	3.30±3.49	2.64±2.24	1.564	0.119

大量研究^[16,18-19]表明,颧牙槽嵴区颊侧的有效骨量及颊侧皮质骨在支抗钉与水平面呈60°左右时较厚,种植钉植入成功率较高。因此本研究以60°为植入角度,测量分析颧牙槽嵴区各位点的骨密度,结果表明,位点越靠近中、垂直高度越大,骨皮质密度及厚度越大,此结论与沈月腾等^[20]、王玉俏等^[21]的研究结果一致。就性别因素而言,在17个测量位点上,成年女性的骨皮质密度平均值均大于成年男性,具有统计学意义,这和一部分文献^[5,8]结论相反,这可能与测量的部位及纳入的研究对象差异有关。但在针对上颌骨其他部位骨皮质密度的研究中,存在与本研究相似的性别差异^[22]。张光等^[23]研究认为,40岁之前女性骨密度状况好于男性,可能的原因是青春期男性的发育比女性晚和慢,在此期间男性骨量积累更少,所以骨密度状况在这段时间内不如女性。

颧牙槽嵴区可利用的有效骨量也是微种植钉稳定性的影响因素之一。充足的骨量能够确保支

抗钉与周围骨组织有良好接触,并降低支抗钉损伤牙根、穿通上颌窦底的风险。以往的研究^[3,9,24-27]表明,6 mm是颧牙槽嵴维持微种植钉的稳定性且能避免损伤邻近组织的最低骨厚度。本研究发现,在层面A、C、E、F均存在有效骨量随垂直高度增加而减小的趋势,其他层面不明显。此结论与吴军等^[28]的研究结果基本一致。从矢状面来看,两牙之间的A、E层面或根分叉区的C层面的有效骨量显著增大,微种植钉在此区间植入时损伤牙根的风险更小。在根尖区植入微种植钉时,导致牙根损伤或穿破上颌窦的风险更大,也很难满足支抗钉的最低长度及安全距离的要求。与郭丽娜等^[29]的研究结果一致,本研究认为,对于大部分患者而言,选择两牙之间或根分叉区植入种植钉,可减小伤及相邻结构的风险。此外,本研究发现颧牙槽嵴部分测量位点的有效骨量存在明显的性别差异,男性的有效骨量显著大于女性。成年男性有效骨量平均值超过6 mm的测量位点数也多于成年女性,成年男性可选择的植入位点更多。Jin等^[30]认为可能是男性的咬合力更大,使颧牙槽嵴发生功能性改建,导致有效骨量男性大于女性以负载更大的咬合力。但男女咬合力的大小差异究竟如何,尚缺乏深入的研究。

此外,Moss功能基质理论认为肌肉组织的功能会刺激颅颌面骨发生相应的改建^[31]。由于低角患者的咀嚼肌力大于均角及高角患者,许多研究^[21,32]认为垂直骨面型会影响颧牙槽嵴区的骨质情况,并通过实验证实低角患者的颧牙槽嵴区的骨密度大于均角及高角患者。然而,也有一些学者^[5,33]认为不同垂直骨面型患者颧牙槽嵴区域的有效骨量并无差异。由于本研究的样本数量有限,筛选CBCT资料时未能加入同等数量的三类垂直骨面型患者,均角患者远多于高角、低角患者,因此本研究未能进行不同垂直骨面型患者之间的颧牙槽嵴区骨质情况对比。今后的研究应进一步完善针对不同垂直骨面型患者颧牙槽嵴区的骨质情况的研究。此外,本研究仅将成年正畸患者作为重点探讨对象,近年来随着医疗技术不断提高,青少年正畸患者对于微种植钉的需求也日益增加,今后可以将青少年作为研究目标,探索成年人与青少年的颧牙槽嵴是否存在同样的变化规律。

尽管颧牙槽嵴的解剖结构复杂,存在性别及个体差异,但是其骨皮质密度及厚度、可利用的有效骨量还是呈现出一定的规律。本研究发现,成年男性患者颧牙槽嵴区微种植的最佳植入位点

为第二前磨牙与第一磨牙根间区且距离釉牙骨质界 12 mm, 此位点不仅有最高的骨皮质密度及厚度, 且保证有效骨量至少 6 mm, 能避免损伤邻近组织。成年女性患者的最佳植入位点为第二前磨牙与第一磨牙根间区且距离釉牙骨质界 10 mm, 此时既可以保证 6 mm 的有效骨量, 且骨皮质的密度及厚度也较高。有时患者上颌窦的位置过低, 或牙根长度过大, 理想的植入位点不适用时, 在满足 6 mm 有效骨量的前提下, 应选择颧牙槽嵴区更靠近中且垂直高度更大的植入位点。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

- [1] Chung KR, Nelson G, Kim SH, et al. Severe bidentoalveolar protrusion treated with orthodontic microimplant-dependent en-masse retraction[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007, 132(1): 105-115.
- [2] Chang CH, Lin JH, Roberts WE. Success of infrazygomatic crest bone screws: patient age, insertion angle, sinus penetration, and terminal insertion torque[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 161(6): 783-790.
- [3] Liou EJ, Chen PH, Wang YC, et al. A computed tomographic image study on the thickness of the infrazygomatic crest of the maxilla and its clinical implications for miniscrew insertion[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007, 131(3): 352-356.
- [4] Murugesan A, Jain RK. A 3D comparison of dimension of infrazygomatic crest region in different vertical skeletal patterns: a retrospective study[J]. *Int Orthod*, 2020, 18(4): 770-775.
- [5] Tavares A, Crusóé-Rebello IM, Neves FS. Tomographic evaluation of infrazygomatic crest for orthodontic anchorage in different vertical and sagittal skeletal patterns[J]. *J Clin Exp Dent*, 2020, 12(11): e1015-e1020.
- [6] Arslan Çarpar K, Sezen Erhamza T. Comparison of zygoma plates and infrazygomatic crest miniscrews used open bite treatment: a 3-dimensional finite element study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 161(5): e466-e474.
- [7] Golshah A, Moradi P, Nikkardar N. Efficacy of microosteoperforation of the alveolar bone by using miniscrew for acceleration of maxillary canine retraction in young adult orthodontic patients: a split-mouth randomized clinical trial[J]. *Int Orthod*, 2021, 19(4): 601-611.
- [8] 汪钰程, 邢斌, 孙志涛, 等. 成人与青少年颧牙槽嵴区骨皮质密度的三维重建对比研究[J]. *实用口腔医学杂志*, 2019, 35(2): 249-252.
Wang YC, Xing B, Sun ZT, et al. A comparative study on 3D reconstruction of cortex bone density in zygomatic alveolar ridge between adults and teenagers[J]. *J Pract Stomatol*, 2019, 35(2): 249-252.
- [9] 李文艳, 彭嘉琪, 林巍, 等. 微种植体颌骨植入区的 CBCT 测量分析[J]. *口腔医学*, 2015, 35(1): 29-33.
Li WY, Peng JQ, Lin W, et al. Structure analysis around mini-implants plantation area with CBCT[J]. *Stomatology*, 2015, 35(1): 29-33.
- [10] Albogha MH, Takahashi I. Effect of loaded orthodontic miniscrew implant on compressive stresses in adjacent periodontal ligament[J]. *Angle Orthod*, 2019, 89(2): 235-241.
- [11] Negrisoli S, Angelieri F, Gonçalves JR, et al. Assessment of the bone thickness of the palate on cone-beam computed tomography for placement of miniscrew-assisted rapid palatal expansion appliances[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 161(6): 849-857.
- [12] Zhang S, Choi Y, Li W, et al. The effects of cortical bone thickness and miniscrew implant root proximity on the success rate of miniscrew implant: a retrospective study[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2022, 25(3): 342-350.
- [13] Motoyoshi M, Yoshida T, Ono A, et al. Effect of cortical bone thickness and implant placement torque on stability of orthodontic mini-implants[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2007, 22(5): 779-784.
- [14] Ono A, Motoyoshi M, Shimizu N. Cortical bone thickness in the buccal posterior region for orthodontic mini-implants[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2008, 37(4): 334-340.
- [15] 周婷婷, 雷勇华, 谢尔婷, 等. 成人骨性 II 类错殆颧牙槽嵴区骨质厚度的 CBCT 研究[J]. *中国美容医学*, 2016, 25(6): 77-81.
Zhou TT, Lei YH, Xie ET, et al. A cone-beam computed tomographic study on the thickness of infrazygomatic crest (IZ crest) at different angles and positions in adults of skeletal Class II malocclusion[J]. *Chin J Aesthetic Med*, 2016, 25(6): 77-81.
- [16] 赵岩, 屈振宇, 韩文利, 等. 应用锥形束 CT 探查颧牙槽嵴处微种植钉植入的安全范围[J]. *口腔医学研究*, 2013, 29(2): 145-147.
Zhao Y, Qu ZY, Han WL, et al. Quantitative investiga-

- tion the bone depth and buccal cortical bone thickness of maxillary posterior area for microscrews placement using cone beam CT[J]. *J Oral Sci Res*, 2013, 29(2): 145-147.
- [17] Murugesan A, Jain RK. Comparison of infrazygomatic crest dimension above mesiobuccal roots of maxillary molars in South Indian subjects: a retrospective cone beam computed tomography study[J]. *J Indian Orthod Soc*, 2023, 57(2): 70-74.
- [18] He Y, Liu J, Huang R, et al. Clinical analysis of successful insertion of orthodontic mini-implants in infrazygomatic crest[J]. *BMC Oral Health*, 2023, 23(1): 348.
- [19] Du B, Zhu J, Li L, et al. Bone depth and thickness of different infrazygomatic crest miniscrew insertion paths between the first and second maxillary molars for distal tooth movement: a 3-dimensional assessment[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2021, 160(1): 113-123.
- [20] 沈月腾, 胡露露, 宋锦璘, 等. 模拟微种植体植入上颌后牙区外周骨密度的锥形束CT测量分析[J]. *第三军医大学学报*, 2013, 35(19): 2081-2083.
- Shen YT, Hu LL, Song JL, et al. Surrounding bone density of maxillary posterior region with inserted micro implant by cone beam computed tomography[J]. *J Third Mil Med Univ*, 2013, 35(19): 2081-2083.
- [21] 王玉俏, 迟敬文, 刘铁凡, 等. 成人不同垂直骨面型颧牙槽嵴区骨皮质密度分析[J]. *上海口腔医学*, 2019, 28(6): 652-656.
- Wang YQ, Chi JW, Liu YF, et al. Analysis of cortical density in zygomatic alveolar ridge of different vertical facial types[J]. *Shanghai J Stomatol*, 2019, 28(6): 652-656.
- [22] 刘恒朗, 范小平, 那毕, 等. 成人腭部微种植体植入区域骨皮质密度的锥形束CT测量分析[J]. *重庆医科大学学报*, 2015, 40(8): 1143-1147.
- Liu HL, Fan XP, Na B, et al. Evaluation on palatal cortical bone density for mini-implant placement in adults by cone beam computed tomography[J]. *J Chongqing Med Univ*, 2015, 40(8): 1143-1147.
- [23] 张光, 李祎, 吕俊峰, 等. 正常人骨密度定量CT测量分析[J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2003, 29(1): 112-114.
- Zhang G, Li Y, Lü JF, et al. Measurement and analysis of BMD in lumbar vertebral in normal individuals through QCT[J]. *J Jilin Univ (Med Ed)*, 2003, 29(1): 112-114.
- [24] Wehrbein H, Glatzmaier J, Yildirim M. Orthodontic anchorage capacity of short titanium screw implants in the maxilla. An experimental study in the dog[J]. *Clin Oral Implants Res*, 1997, 8(2): 131-141.
- [25] Lin JC, Liou EJ. A new bone screw for orthodontic anchorage[J]. *J Clin Orthod*, 2003, 37(12): 676-681.
- [26] Lin JC, Liou EJ, Yeh CL. Intrusion of overerupted maxillary molars with miniscrew anchorage[J]. *J Clin Orthod*, 2006, 40(6): 378-383; quiz 358.
- [27] Baumgaertel S, Hans MG. Assessment of infrazygomatic bone depth for mini-screw insertion[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2009, 20(6): 638-642.
- [28] 吴军, 陈振琦. 上颌第一恒磨牙根方颧牙槽嵴宽度的解剖分析[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2014, 12(6): 521-524.
- Wu J, Chen ZQ. Anatomic analysis of the infrazygomatic crest width[J]. *China J Oral Maxillofac Surg*, 2014, 12(6): 521-524.
- [29] 郭丽娜, 刘玲, 袁小平. 青少年骨性II类颧牙槽嵴骨厚度的CBCT研究[J]. *重庆医学*, 2017, 46(25): 3536-3538, 3541.
- Guo LN, Liu L, Yuan XP. Study on cone beam computed tomography for detecting bone thickness of skeletal class II infrazygomatic crest in teenagers[J]. *Chongqing Med*, 2017, 46(25): 3536-3538, 3541.
- [30] Jin GC, Kim KD, Roh BD, et al. Buccal bone plate thickness of the Asian people[J]. *J Endod*, 2005, 31(6): 430-434.
- [31] Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. 当代口腔正畸学[M]. 5版. 王林, 译. 北京: 人民军医出版社, 2014.
- Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary orthodontics*[M]. 5th ed. Translated by Wang Lin. Beijing: People's Military Medical Press, 2014.
- [32] Husseini B, Younes R, Baumgaertel S, et al. Assessment of infrazygomatic crest dimensions in different vertical facial growth types for miniscrew insertion: a cone-beam computed tomography study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 162(6): 917-926.
- [33] 仲伟洁, 叶俊杰, 王华, 等. 不同垂直骨面型成年患者颧牙槽嵴有效骨量的CBCT研究[J]. *口腔医学*, 2021, 41(12): 1077-1080, 1093.
- Zhong WJ, Ye JJ, Wang H, et al. CBCT analysis of bone thickness of infrazygomatic crest in adults with different vertical skeletal patterns[J]. *Stomatology*, 2021, 41(12): 1077-1080, 1093.