综　述

上颌前磨牙区种植相关解剖因素及 CBCT 评价研究进展

朴丹　金航宇　玄云泽（通讯作者）

（延边大学附属医院（延边医院）　延边延吉　133000）

【摘　要】牙列缺损与牙列缺失是口腔常见的疾病，口腔种植修复具有不损伤邻牙、固位稳定及咀嚼功能良好等优势，已成为牙列缺损及牙列缺失的重要修复方式之一[1]。随着医疗技术发展，种植牙治疗的临床效果已实现大幅提升。此前已有大量报道集中在前牙美学区牙根与牙槽骨的空间位置关系，比较不同牙位、年龄、性别差异性，探讨即刻种植可行性，而对于上颌前磨牙区研究相对较少。并且，上颌前磨牙区的颊侧骨穿孔问题仍未得到有效改善，作为常见且危害较大的并发症，它会直接削弱种植体的长期稳定性，降低治疗成功概率。不同种族人群的前磨牙区域骨厚度存在差异，相关研究已有报道。开展种植体植入时，部分生理部位因解剖结构的特殊性，造成种植方向的校准与种植深度的掌控均存在困难，从而对种植体植入的最终成功率形成制约。因此，种植术前对术区骨量的精准测量和手术方式的设计成为种植成功的关键。[2]随着影像设备与技术的进步和发展，锥形束计算机体层摄影（CBCT）技术在口腔临床医学领域已被广泛应用于检查与诊断[3]，为临床医生在对上颌前磨牙周围骨组织进行测量时提供了精确依据，使其能够更直观、准确地判断该区域骨质状况，辅助种植等诊疗方案的制定。该技术的应用，使临床工作者得以更深入地认知上颌前磨牙周围骨质，以及其与相邻解剖结构间的空间关系，这对于牙槽外科手术等临床操作而言，具备显著的指导意义。因此，本文围绕上颌前磨牙区种植相关解剖特点、上颌窦气化及牙根与上颌窦的空间关系、即刻种植风险以及CBCT影像学评价等方面进行综述，以期为上颌前磨牙区种植术前风险评估和治疗方案设计提供参考。

【关键词】上颌前磨牙；牙种植；上颌窦；锥形束计算机体层摄影；即刻种植；解剖结构

Advances in Research on Anatomical Factors Related to Implantology in the Maxillary Premolar Region and Their Evaluation Using CBCT

Pu Dan　Jin Hangyu　Xuan Yunze（Corresponding Author）

（Yanbian University Affiliated Hospital (Yanbian Hospital), Yanji, Yanbian　133000）

[Abstract] Dental arch defects and tooth loss are common oral diseases. Dental implant restoration offers advantages such as minimal damage to adjacent teeth, high retention stability, and excellent masticatory function, making it one of the important restorative approaches for dental arch defects and tooth loss. With advancements in medical technology, the clinical efficacy of dental implant therapy has been significantly improved. Previous extensive literature has focused on the spatial relationship between tooth roots and alveolar bone in the anterior dentition, comparing variations across different tooth positions, ages, and genders, and exploring the feasibility of immediate implant placement; however, research specifically targeting the maxillary premolar region remains relatively limited. Furthermore, the issue of buccal bone perforation in the maxillary premolar region has not yet been effectively addressed. As a common and clinically significant complication, it can directly compromise the long-term stability of the implant and reduce the probability of treatment success. Variations in alveolar bone thickness exist among different ethnic populations, as previously reported in the literature. During implant placement, the unique anatomical characteristics of certain anatomical sites pose challenges for both the alignment of the implant insertion direction and the precise control of implant depth, thereby limiting the overall success rate of implant placement. Therefore, accurate preoperative measurement of bone volume in the surgical site and the careful design of the surgical technique are crucial for the success of implant placement. With the advancement and development of imaging equipment and technologies, cone-beam computed tomography (CBCT) has been widely adopted in the field of oral clinical medicine for examination and diagnosis. It provides clinicians with a precise basis for measuring the periapical bone tissue of the maxillary premolars, enabling them to assess the bone status in this region more intuitively and accurately, thereby aiding in the formulation of treatment and implantation plans. The application of this technology allows clinical practitioners to gain a deeper understanding of the periapical bone architecture of the maxillary premolars as well as its spatial relationship with adjacent anatomical structures, which holds significant guiding value for clinical procedures such as alveolar外科 surgery. Therefore, this article provides a comprehensive review of the anatomical characteristics relevant to implant placement in the maxillary premolar region, maxillary sinus pneumatization, the spatial relationship between dental roots and the maxillary sinus, the risks associated with immediate implant placement, and CBCT-based imaging evaluation, aiming to serve as a reference for preoperative risk assessment and treatment plan design in implantology procedures involving the maxillary premolar region.

[Key words] maxillary premolar; dental implantation; maxillary sinus; cone-beam computed tomography; immediate implantation; anatomical structure

1.上颌前磨牙区的解剖及种植特点

上颌前磨牙以其解剖学变异多、结构复杂为特点。上颌前磨牙位于牙弓转角过渡区域，在微笑、发音等功能活动中会有不同程度暴露，因此属于美学区或美学边缘区，存在潜在的即刻种植与即刻修复需求。同时，该区域具备独特的解剖优势：其美学要求相较于前牙更低，且颊、腭侧骨壁厚度大于前牙，牙根近远中径则小于前牙；这些特点使其较易通过根方预留骨、狭窄拔牙窝及根分叉区骨间隔获取种植体初期稳定性，从而满足即刻种植乃至即刻修复的临床条件。与上颌磨牙相比，上颌前磨牙拔牙窝复杂程度较低，牙槽骨可用骨高度相对充足，是比上颌磨牙更适合即刻种植的位点。在咀嚼功能方面，上颌前磨牙具有重要作用：当尖牙发生磨耗时，它们可与尖牙共同形成组牙功能 ，参与侧方咬合引导；处于正中咬合状态时，又能参与咬合支持，分担咬合力。而当患者计划实施全口种植修复重建时，无论采用轴向植入还是倾斜植入方式，上颌前磨牙区均为必选种植位点。这是因为该区域能帮助更好地分散咬合力，且可满足前后牙的anteroposterior（AP，前后向）距离要求，为种植修复的稳定性提供保障。

1.1 上颌前磨牙种植难点

受邻近解剖结构的直接影响，上颌前磨牙区即刻种植的风险主要来源于三个方面：一是上颌窦气化及牙槽嵴吸收导致的有效骨高度不足，上颌后牙缺失后，牙周膜丧失、束状骨板吸收，加之缺乏牙齿传递的应力刺激，这三类因素协同引发上颌窦底区剩余牙槽嵴顶的垂直与水平向吸收。该吸收过程最终使该区牙槽骨呈现窦底与嵴顶相向而行的吸收趋势，造成骨量储备不足，对种植治疗构成阻碍。二是位于根方的尖牙窝，尖牙窝位于眶下孔下方，是提口角肌的附着区域，且其下方与上颌前磨牙根尖区直接对应。由于该部位存在结构性骨凹陷，因此在上颌前磨牙种植过程中，若忽略这一解剖位点的特殊性，可能导致种植体根方侧穿的并发症。三是形态倾斜的尖牙。沈刚团队的研究结果显示，上颌牙列的牙齿倾斜特征具有明显规律：尖牙倾斜程度最大，第一前磨牙和第二前磨牙次之。尖牙根尖可能向第一前磨牙根方延伸，因此在前磨牙区种植体植入过程中需要充分评估邻牙根尖位置，以避免根尖损伤。该结果符合“上颌牙齿近远中倾斜度从中学牙开始至尖牙逐渐增大，从尖牙至第二磨牙逐渐减小”的规律。其中尖牙的近远中向倾斜度在上颌牙列中最大，其根尖可能位于第一前磨牙根方或附近区域，这意味着若第一前磨牙种植时未注意避让，可能会伤及尖牙根尖。

2.上颌窦相关解剖特点

上颌窦是位于上颌骨内的锥体状空腔，是发育最早的一组鼻窦。随着年龄的增长，上颌窦发育为不规则金字塔形，在面部轮廓的形成中起着重要作用。上颌窦底主要由上颌骨牙槽突及硬腭相关骨性结构构成，其位置与上颌后牙及前磨牙牙根密切相关。有时二者之间仅存在薄骨板或黏膜，极端情况下甚至可能出现牙根穿通黏膜，或牙体缺损直接累及黏膜的情况。其中上颌前磨牙与窦底的骨质间隔厚度存在显著个体差异，且常伴随解剖变异。这种解剖关系直接影响牙体治疗、拔牙及种植修复等临床操作的安全性与有效性。上颌磨牙和前磨牙牙根关系密切的拔除、根尖周病变以及正畸治疗都会引起上颌窦黏膜增厚、骨间隔的存在、窦内钙化和气化，从而改变上颌窦形态。

2.1 上颌窦气化

随着个体的生长发育，上颌窦腔内的液体吸收并替换为气体，在成骨、破骨程序的相互作用下主要向外侧和下方扩展。随着恒牙依次萌出，上颌窦呈现出渐进性扩大的趋势，待生长发育完成后，其规模可达到成年人的水平。进入青春期后，面部生长节奏逐渐放缓，上颌窦的扩展速度也因此相应减慢，不过其扩大过程不会就此停止，而是会贯穿人的一生，这一特定的生理变化被称作上颌窦气化。文献指出，上颌窦气化是一种与年龄相关的现象，且会影响牙根与窦底的邻近程度。研究发现，女性的上颌窦气化过程持续至 20 岁左右（第二个十年），而男性则持续至 30 岁左右（第三个十年）。当上颌窦过度气化时，根尖紧邻窦底、牙根侵入窦腔内的情况并不少见，也正因为如此，上颌窦底壁的位置信息与气化程度，在口腔多个学科的临床诊疗过程中，都具备十分关键的参考价值。影响上颌窦气化的因素众多，像种族差异、性别不同、年龄增长、生长激素分泌情况、面中部维度尺寸，还有鼻腔及鼻窦的病理改变、鼻腔通气障碍与结构异常等，均可能产生作用。但从当前临床观察来看，青少年上颌窦过度气化现象较为普遍，而针对这一现象的具体影响因素及发病机制，目前仍未明确。上颌后牙缺失后，上颌窦底可能进一步向牙槽嵴方向扩展，该变化可能与拔牙后局部骨改建及牙周膜应力刺激丧失有关。与此同时，牙周膜丧失、束状骨板吸收及牙齿应力刺激缺失，共同引发上颌窦底区剩余牙槽嵴顶的垂直与水平向吸收。两种机制叠加作用下，该区牙槽骨最终呈现窦底与嵴顶相向而行的吸收趋势，导致骨量不足，对种植治疗构成阻碍。

2.2 上颌前磨牙与上颌窦的关系

上颌前磨牙位于上颌前牙与上颌磨牙的过渡部位，在上颌前磨牙区制备种植窝时，该区域牙齿根尖至上颌窦下壁的距离，是极具价值的参考指标，因此需要考虑其与上颌窦的关系。基于锥形束计算机断层扫描（cone-beam computed tomography，CBCT）的高分辨率成像优势，学者们得以精准观察上颌前磨牙牙根与上颌窦底的微观解剖关联，并提出了系统的分类体系。在 Yun 等人的研究中将二者关系明确划分为四类：0 型为牙根与上颌窦底完全分离，二者间存在完整牙槽骨间隔；1 型表现为牙根与上颌窦底紧密接触，无明显骨组织间隔，但牙根未突破窦底骨质；2 型的特征是上颌窦底水平低于牙根根尖，但根尖未向窦腔内突出；3 型则为牙根直接突入上颌窦腔内。结果表明在上颌第一前磨牙中，0 型关系最为常见（占比 83.0%）；该类型在上颌第二前磨牙中同样最为常见（占比 40.2%），其次为 1 型关系（占比 36.0%）。上颌第二前磨牙与窦底的距离显著小于上颌第一前磨牙，且在上颌后牙中，上颌第一前磨牙牙根与上颌窦的距离最远。Jaisree 等人则将牙根与上颌窦关系的评估评分标准

规定为：0 分表示后牙任何牙根均未与上颌窦底皮质骨边界接触；1 分表示后牙有一个或多个牙根与上颌窦底皮质骨边界接触；2 分表示后牙有一个或多个牙根向窦腔内横向突出，但根尖仍位于窦腔边界之外；3 分表示后牙有一个或多个根尖突入窦腔内，但突出距离不足 2mm；最后，4 分表示后牙有一个或多个根尖突入窦腔内，且突出距离超过 2mm。研究结果显示为大多数前磨牙与上颌窦的邻近度评分较低（为 0 分或 1 分），这表明前磨牙与上颌窦底在解剖位置上距离较远。造成该现象的原因可能在于：前磨牙与前牙的牙根较短，且解剖位置更偏向颌骨前部；此外，上颌前部区域的牙槽骨密度更高，这层致密骨组织可作为物理屏障，阻隔牙根与上颌窦的直接接触。还有研究发现，不同人群间牙根与上颌窦的邻近程度存在差异，这一现象凸显了种族和地域因素的影响。另外，遗传易感性、饮食习惯也会显著影响颌骨发育，并在这类差异的形成中发挥重要作用。基于性别的颅面形态差异、上颌窦尺寸大小以及牙槽骨密度，是导致牙根与上颌窦邻近关系呈现出不同解剖特征的重要原因。

2.3 上颌窦提升术

在现代牙科学中，种植修复已成为部分牙列缺失和全口牙列缺失的主要治疗方案之一。在上颌后牙区，常因可用骨量不足而面临挑战；为克服这一限制，上颌窦底提升术（sinus floor elevation, SFE）往往必不可少。当上颌前磨牙区因上颌窦气化导致剩余骨高度不足时，可根据剩余骨高度、种植体长度及上颌窦解剖条件选择经牙槽嵴顶或侧壁开窗式上颌窦底提升等辅助治疗措施。

3.即刻种植

随着引导骨再生（guided bone regeneration, GBR）技术在种植外科领域的逐步应用与成熟，即刻种植的临床适应证范围已得到逐步扩大。受邻近解剖结构的影响，上颌前磨牙区即刻种植的手术风险主要与上颌窦过度气化、根方尖牙窝及尖牙倾斜等解剖因素有关。而即刻种植可减少上颌前磨牙拔牙后上颌窦的继发性气化。

3.1 种植中锥形束计算机断层扫描的相关应用研究

影像学在评估种植体周围骨量中的重要性毋庸置疑。从这一角度而言，牙种植体的术后影像学评估，以及不同影像学检查方式的优缺点，均具有重要意义。CBCT 具备可测量三维数据、分辨率高、辐射量低的特点，其影像与被投照对象呈等比例关系；配合计算机辅助软件构建三维图像后，能帮助术者精准完成测距，因此在口腔种植领域应用极为广泛。在种植前，CBCT 可以帮助术者精准判断上颌前磨牙区的有效骨量并充分加以利用，同时避开尖牙窝、上颌窦等重要解剖结构；此外，借助 CBCT 还能设计出定位精准的种植导板，从而最大程度把控植体植入的位点、角度与深度，有效降低上颌窦穿通、骨凹陷区植体暴露及邻牙牙根损伤等并发症的发生风险。凭借高精度与三维影像的不可替代性，CBCT 在种植相关研究中应用广泛。Costa 等人的研究结果表明，CBCT 图像在检测种植体周围骨缺损时诊断精度较高，其测量结果与缺损实际大小的平均偏差不足 1mm。此外，CBCT 还能提供种植体周围骨组织在各个维度的相关信息。可以通过 CBCT 检测种植体周围骨丢失形态，如骨开窗、骨裂开、边缘骨吸收等，从而帮助选择最合适的治疗方案，改善种植体受损患者的整体预后，不过其信息准确性会受多种因素影响而存在差异。

总结与展望

上颌前磨牙区处于上颌前牙与后牙的过渡区域，具有较为复杂的局部解剖特点，其种植治疗既需要满足功能与美学需求，又受到邻近解剖结构的限制。随着 CBCT 三维影像技术、数字化种植规划及计算机辅助种植技术的发展，上颌前磨牙区种植治疗将逐渐由基于二维影像和经验判断的方案设计向基于三维解剖定量分析和个体化数字化规划转变。进一步明确上颌窦气化、局部骨量及邻近解剖结构之间的关系，并建立具有临床指导价值的影像学评价体系，对于提高上颌前磨牙区种植治疗的安全性、可预测性及长期稳定性具有重要意义。

参考文献：

[1]Lee CT，Huang YW，Zhu L，et al.Prevalences of peri-im plantitis and peri-implant mucositis：systematic review and meta-analysis[J].J Dent，2017，62：1-12.

[2]韦丽宾，赵云转，王璞，等.上颌前牙及上颌第一前磨牙唇 侧和腭侧骨壁厚度的螺旋 CT 测量与种植应用分析[J]. 现代口腔医学杂志，2016，30（3）：173-175.

[3]Assouline S L, Meyer C, Weber E, et al. How useful is intraoperative cone beam computed tomography in maxillofacial surgery? An overview of the current literature[J]. International journal of oral and maxillofacial surgery, 2021, 50(2): 198-204.

作者简介：朴丹，女，朝鲜族，延边大学附属医院，硕士研究生，口腔颌面外科学；

金航宇，性别男，朝鲜族，延边大学附属医院，医师，口腔颌面外科学；

通讯作者简介：玄云泽，男，朝鲜族，延边大学附属医院，主任医师，口腔颌面外科学。