

• 解剖学专栏 •

上颌窦解剖结构及其与上颌后牙显微根尖手术的关系

成应琪 黄正蔚

上海交通大学医学院附属第九人民医院牙体牙髓科 上海 200011

[摘要] 上颌后牙区与上颌窦关系密切,解剖结构复杂,因而该区域显微根尖手术难度较大。上颌窦的一些解剖特征也使得显微根尖手术对临近解剖结构造成伤害的风险增加,影响手术的过程和预后。因此,本文对上颌窦的解剖特征包括其形态与发育、上颌窦口、施耐德黏膜、上颌窦分隔、上牙槽后动脉及其与上颌后牙的关系等进行简要综述,同时就上颌窦对上颌后牙区显微根尖手术的术前准备、手术方式、并发症、手术后及成功率等的影响进行简要讨论。

[关键词] 显微根尖手术; 上颌窦; 上颌后牙区; 解剖关系; 根尖周疾病; 手术入路; 预后因素

[中图分类号] R781.3 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2024023



开放科学(资源服务)
标识码(OSID)

Anatomical structure of maxillary sinus and its relationship with endodontic microsurgery in maxillary posterior area

Cheng Yingqi, Huang Zhengwei

Dept. of Cariology and Endodontics, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China

Supported by: Shanghai Science and Technology Innovation Action Plan (22Y21901000)

Correspondence: Huang Zhengwei, Email: huangzhengwei@shsmu.edu.cn

[Abstract] The maxillary posterior teeth, where the anatomy is complicated, have a close relationship with the maxillary sinus, so endodontic microsurgery can be difficult in this area. Some anatomical features of the maxillary sinus increase the operative risk of injuring adjacent anatomical structures, which may affect the surgical process and prognosis. This review summarizes the anatomical characteristics of the maxillary sinus, including its development and morphology, maxillary sinus ostium, Schneiderian mucosa, maxillary sinus septa, posterior alveolar artery, and its relationship with maxillary posterior teeth. From the aspects of preoperative preparation, surgical approaches, complications, prognosis, and success rate, the influence of the maxillary sinus on endodontic microsurgery in the area of maxillary posterior teeth is discussed briefly.

[Key words] endodontic microsurgery; maxillary sinus; maxillary posterior area; anatomical relationship; periapical lesion; operative approach; prognostic factors

目前,在牙髓和根尖周疾病的治疗中,根管治疗术(root canal therapy, RCT)是最常用、最有效的方法,但由于根管系统的复杂性,常规的根管治疗有时无法彻底控制感染,导致根尖周病

变继续存在或进一步发展,而根管再治疗(root canal retreatment)的成功率往往低于初次根管治疗。此外,在一些特殊情况中,例如已行桩核冠修复的患牙,如果根尖周发生病变,与拆除修复体进行根管再治疗相比,显微根尖手术(endodontic microsurgery)风险更小,成功率更高^[1]。因此,在根管治疗和根管再治疗等非手术治疗失败或不适用时,根尖手术可以作为保护天然牙齿的另一种选择。随着现代显微外科设备和生物相容性充填材料的发展,显微根尖手术成功率显著增

[收稿日期] 2023-05-24; [修回日期] 2023-11-24

[基金项目] 上海市科技创新行动计划(22Y21901000)

[作者简介] 成应琪, 学士, Email: cyq20000707@163.com

[通信作者] 黄正蔚, 主任医师, 博士, Email: huangzhengwei@shsmu.edu.cn

edu.cn

高。在术后1年和5~7年的随访中,显微根尖手术的成功率分别高达96.8%和91.5%^[2]。

随着患者保留天然牙的需求不断增长,上颌后牙区的显微根尖手术数量也在逐年增长,但由于上颌后牙根管系统解剖结构复杂、手术器械难以进入手术区域、上颌后牙与上颌窦之间解剖关系密切等原因,手术难度较大。上颌窦的一些解剖特征,例如上颌窦分隔和上牙槽动脉的存在,使手术对邻近解剖结构造成伤害的风险显著增加,并可影响手术的过程和预后^[3]。因此,掌握上颌窦的解剖特征及其对上颌后牙区显微根尖手术的影响,对于提高手术成功率至关重要。本文根据近年发表的相关临床文献对此作一简要综述。

1 上颌窦的解剖特征

上颌窦(maxillary sinus)位于上颌骨中央,是鼻窦中最大的一对窦腔,有着重要的生理功能,例如参与改善鼻腔呼吸功能、改善声音共振、减轻颅骨重量,同时上颌窦不断合成与储存一氧化氮,参与鼻腔的免疫防御功能^[4]。由于上颌窦在颌面部的重要性及其与口腔的密切关系,熟悉其解剖特征对于显微根尖手术、上颌窦底提升术等手术操作至关重要。

1.1 上颌窦的发育与形态

在生长过程中,上颌窦的形状最初为椭圆形,0~1岁时平均容积为0.81 mL,生长完成后,上颌窦呈锥体形。上颌窦容积随年龄增加呈线性增长,在最初的4~5年生长速度最快,16~20岁达高峰,约13.28 mL,此后上颌窦体积可能略有下降^[5]。不同个体间上颌窦的容积差异较大。

1.2 上颌窦口

上颌窦口(maxillary sinus ostium)与鼻腔相通,通常位于上颌窦的上内侧,多呈狭缝状或卵圆形。上颌窦口阻塞可能导致上颌窦炎甚至全鼻窦炎的发生。一些解剖变异可能导致上颌窦口阻塞,如中鼻甲变异、鼻中隔偏曲、筛泡过大、窦腔变异、Haller细胞等。上颌窦黏膜的纤毛有节律地向窦口方向舞动,以排出分泌物或异物,但上颌窦的整体位置显著低于上颌窦口,一旦炎症发生则很难获得自发引流^[6]。因此,在发生牙源性上颌窦炎时,若根管治疗/再治疗及根尖手术无法完全消除上颌窦内感染,则多数情况下需要结合上颌窦手术进行引流,如经典Caldwell-Luc手术、上

颌窦自然口扩大术等,近年来鼻内镜辅助下上颌窦微创手术亦得到了广泛应用^[7]。

上颌窦副开口(accessory maxillary sinus ostium)的发生率约为30%~45%,约17.9%的上颌窦有多个副开口^[8-10]。上颌窦副开口被黏骨膜覆盖,不参与上颌窦的引流,其发生原因可能是由于鼻窦疾病例如慢性鼻窦炎、原发性鼻阻塞等引起的获得性缺陷^[9-11]。此外,性别、年龄、牙列状态、上颌窦健康程度对上颌窦开口的通畅性及上颌窦副口的存在及数量可能存在潜在影响,但牙髓和牙周疾病与其无明显关联^[8]。

1.3 上颌窦黏膜

上颌窦内侧附有假复层纤毛柱状上皮,又称施耐德膜(Schneiderian membrane)。其组织结构与鼻腔黏膜类似,杯状细胞分泌的黏液和纤毛运动是其重要的防御机制,能够使吸入的污染物、过敏原和病原体等经上颌窦口清除^[12],防止感染的发生。

目前影像学研究常以厚度大于2 mm作为病理性黏膜增厚的标准。上颌窦黏膜增厚与前磨牙及磨牙根管治疗不完全、重度牙槽骨吸收、根尖周病变、牙冠修复不足等显著相关^[13-14]。其中,上颌窦黏膜的平均厚度与根尖周病变的严重程度和病理学诊断呈正相关。在没有根尖周病变的牙齿处,其平均厚度约为1.23 mm,而在有根尖周病变的牙齿处则约为3.95 mm^[14],根尖周病变越临近上颌窦底则黏膜增厚的风险越高。

1.4 上颌窦分隔

上颌窦分隔(maxillary sinus septa)是上颌窦骨皮质的突起,呈隆起状、锯齿状或棘状,其上附有薄的上颌窦黏膜。上颌窦分隔分为原发性分隔与继发性分隔,前者在上颌窦的发育过程中出现,与相邻牙齿根尖区发育相关,而后者的形成则与上颌窦气化的不同阶段有关。

上颌窦分隔的发生率在36.27%~46%^[15-16]。牙列状态可能影响分隔的发生及平均高度。牙列完整的区域上颌窦分隔发生率低于部分牙列区和完全无牙区,完全无牙区分隔的平均高度略高于有牙列区域^[15]。此外,大部分上颌窦分隔发生于上颌窦中部(即对应上颌第一磨牙近中到上颌第二磨牙远中处)^[15-16],以原发性分隔为主,方向多为颊腭向^[15]。男性和高龄也可能为分隔发生的相关因素^[15]。在上颌后牙区根尖手术中需要进行上颌窦底提升术时,上颌窦分隔的存在可能对开窗位

置、形状和大小的设计以及上颌窦黏膜的完整剥离带来不同程度的影响。

1.5 上颌窦动脉

上颌窦的动脉供应来源于上颌动脉分支,主要包括上牙槽后动脉、上牙槽前动脉等。上牙槽后动脉于上颌动脉发出,分布于上颌磨牙、前磨牙及上颌窦黏膜。上牙槽前动脉自眶下动脉于眶下管内发出,经上颌窦前外侧壁至牙槽突供应上颌前牙、牙周组织及上颌窦黏膜,并在上颌窦外侧壁与上牙后动脉相吻合。

上牙槽后动脉最常走行于上颌窦内或骨内,少见上颌窦壁浅表^[17]。该动脉平均直径约为1 mm,随年龄增长可增加,这可能与骨质疏松有关^[18-19]。上牙槽后动脉与上颌窦底的平均距离为7~11 mm^[18-19]。动脉到后牙根尖处的距离为4~10 mm内,其中以上颌第一磨牙近中颊根尖处最近,平均距离约为6.18 mm^[17]。在有根尖周病变的患牙中,动脉至根尖周透射区的最短距离约为4.75 mm^[17]。女性上牙槽后动脉至周围各解剖结构的距离通常较男性更短^[17]。上颌后牙区显微根尖手术涉及上颌窦开窗时,需要根据影像学资料判断上颌窦动脉的解剖位置,设计开窗位置以避免走行于上颌窦壁的动脉,从而避免术中过量出血。

1.6 上颌窦底与上颌后牙的关系

上颌窦底向下达到牙槽突,最低的凹陷位于第一磨牙(M1)和第二磨牙(M2)区域。通常上颌窦底的位置向前逐渐升高,窦嵴距也随之逐渐增加。对上颌磨牙与上颌窦底的关系评估中,由于研究方法、研究对象的人种及样本数量的差异,结果可能有一定差异,但均证明了上颌磨牙与上颌窦底的密切关系。此外,性别和年龄可能为牙根与上颌窦底距离的影响因素,但并非在所有研究中差异均具有统计学意义^[20-24]。

一项针对中国西部人群的研究^[20]发现,在冠状面和矢状面上,牙根与上颌窦底之间的关系中最常见的类型均为“牙根与上颌窦底不接触”,约占45%;其中M2近中颊根均为与离上颌窦底距离最近的牙根,其次为M2远中颊根。这些结果与另一项在上海人群中的研究^[21]结果一致,M2近中颊根距上颌窦底最近,平均距离约为1.6 mm。在其他国家的人群中,Aktuna Belgin等^[22]发现M1和M2与上颌窦的关系中最常见的类型为“至少有一个牙根突出于窦底”,其次为“所有牙根不接触上颌窦底”和“上颌窦底位于颊根和腭根之间”。而

Goyal等^[23]的研究显示,在垂直关系上,M1和M2最常见的类型为“根尖与上颌窦底紧密接触”,其中M1远中颊根和M2近中颊根最靠近窦底;在水平关系上,上颌窦底最低点最常见于颊根和腭根之间。Oishi等^[24]同样发现上颌尖牙和前磨牙根尖最常与上颌窦底分离,而M1和M2的根尖则最常突入上颌窦,尤其是M2近中颊根。因此,在上颌后牙区根尖手术设计时,必须事先对病灶牙与上颌窦底间的解剖关系进行明确的分析。

2 上颌窦对上颌后牙根尖手术的影响

2.1 术前评估

由于上颌窦与上颌后牙根尖关系密切,因此在行上颌后牙根尖手术之前,医师必须准确评估患者上颌窦的解剖结构及相关变异,充分预估其对手术过程及预后的可能影响,同时严格把握手术的适应证和注意事项,才能尽可能避免上颌窦黏膜穿孔、出血、上颌窦感染等并发症的发生。

在显示上颌磨牙牙根与上颌窦底的关系时,传统的全口牙位曲面体层片和根尖片常无法准确显示根尖是否突入上颌窦底,而口腔颌面锥形束计算机断层扫描(cone beam computed tomograph, CBCT)的结果更为可靠^[25]。CBCT具有空间分辨率高、辐射剂量低、体积小等优势,可以清晰地显示口腔颌面部硬组织结构,并可进行曲面重组、虚拟头颅正侧位图像和三维重建等,已在临床诊治和研究中得到广泛的应用。大量临床研究表明,术前行CBCT扫描可有效评估上颌窦形态及其内部解剖结构,如上颌窦口、施耐德膜、上颌窦分隔、上颌窦内血管走行等。

2.2 手术方式

上颌后牙根尖区手术视野有限,器械难以进入,又与上颌窦关系紧密,因而在手术方式的选择上更需谨慎。以上颌磨牙腭根为例,腭侧手术入路则使得腭大神经、血管损伤的风险增加;而从颊侧进入,则因腭根与颊侧骨皮质的距离较远而难以进行根尖倒预备和倒充填,同时上颌窦底最低点常位于上颌磨牙颊根与腭根之间,上颌窦黏膜穿孔的风险有时亦难以避免。

Lee等^[26]对35颗上颌磨牙腭根行腭侧入路根尖手术,切口设计为在上颌第一前磨牙至第二磨牙腭侧做龈沟内水平切口,在上颌第一前磨牙的近腭线角或尖牙远腭线角处做垂直切口,长度为龈

缘至釉牙骨质界下方10 mm, 抬高全厚瓣以避免血管和神经损伤。术后3.5年随访中, 成功率高达91.4%, 血管及神经引发的并发症少见^[26]。而Azim等^[27]的病例报道称, 在上颌第一磨牙所有牙根均需根尖手术时, 可将非手术与手术方式相结合。首先选择性地对腭根的根管再治疗, 再经颊侧入路进行近中和远中颊根的根尖切除及倒充填, 后使用超声骨刀行上颌窦底提升术, 最后进行腭根的根尖切除而无需进行倒充填, 并进行引导骨再生术。术后1年随访显示, 患牙所有牙根充填密合, 根尖周组织愈合良好, 无上颌窦黏膜穿孔或感染迹象^[27]。但腭侧入路的临床应用受到设备和技术的限制, 临床医师仍需要通过更多的病例, 对其成功率进行更长时间的随访验证。

近年来, 靶向显微根尖手术(targeted endodontic microsurgery, TEMS)也受到更多的关注。与传统显微根尖手术相比, TEMS引入静态或动态引导系统, 缩短了手术时间, 减少了根尖切除的长度和过度切除的体积, 并且更能实现无斜角切除, 显著优化了手术过程^[28]。Benjamin等^[29]报道了2例应用静态引导系统行左侧上颌第一磨牙根尖手术的患者, 患牙均与上颌窦底及窦壁神经血管束关系密切, 即左侧上颌第一磨牙腭根紧邻腭大动脉或其近颊根紧邻上牙槽后动脉。术前使用CBCT确定上颌窦动脉的位置及上颌后牙与上颌窦的关系, 并将CBCT与高分辨率口内扫描相结合, 获得术前的临床数据, 从而进一步设计手术方案、制造手术导板。术中使用3D打印导板和环钻, 提高根尖切除的准确性, 有效避免术中损伤血管神经束^[30]。但临床实践中, TEMS仍处于尝试阶段, 在上颌后牙区显微根尖手术中的应用仍需进一步研究。

2.3 手术并发症

上颌后牙显微根尖手术可能会伴有一些术后并发症, 例如疼痛、出血、牙龈退缩等, 导致术区的延迟愈合。当术区与上颌窦解剖关系密切时, 还可能伴有上颌窦相关的术后并发症, 例如上颌窦穿孔、上颌窦壁神经血管束损伤、异物进入上颌窦等。根尖或根尖周透射区与上颌窦底距离较近者发生上颌窦穿孔的风险更大, 术前CBCT评估可提供准确的距离分析^[31]。上颌窦黏膜穿孔尺寸过大(>10 mm)和上颌窦黏膜过薄(<1.5 mm)是术后发生口腔-上颌窦瘘、上颌窦炎、伤口感染等的重要危险因素^[32], 这可能导致术区延迟愈合,

给患者带来更大的痛苦, 也为术后的护理造成更多的挑战。因此对于临床操作而言, 手术过程中应尽力避免上颌窦穿孔的发生。

然而, 当上颌窦黏膜过薄或病灶牙根尖突入上颌窦底等特殊情况下, 可能较难避免上颌窦穿孔的发生, 但近年来一些研究^[1,3,33]证实, 规范与妥善的处理可以将上颌窦穿孔对手术成功率的影响降至最低。术中发生上颌窦穿孔时, 最重要的是防止任何固体物质(例如根端充填材料等)进入窦腔, 同时应按照穿孔尺寸的大小进行处理^[1]。当穿孔非常小(<2 mm)时, 可不做特殊处理或使用钝器松解穿孔周围黏膜以减少撕裂; 中等大小的穿孔(2~7 mm)也可按上述方法处理, 若进行修补, 则更有利于愈合; 当穿孔较大(>7 mm)时, 可应用胶原膜进行修补。此外, 应告知患者术后护理注意事项, 例如嘱患者睡觉时头部略微抬高, 避免进行如擤鼻、打喷嚏、剧烈咳嗽等增加鼻窦腔压力的活动。

2.4 预后及成功率

与上颌窦解剖关系密切并非根尖手术的禁忌证, 大量研究表明, 规范的上颌后牙显微根尖手术成功率较高, 一项对21名患者随访12个月的研究^[3]显示, 其中18名患者达到了完全愈合, 成功率为85.7%, 该研究同时发现妥善处理上颌窦穿孔对预后无明显影响。Bliggenstorfer等^[34]对424颗磨牙随访10年后得出手术成功率约为87.7%, 随着随访时间的延长, 成功率下降。术前进行CBCT评估以及使用生物陶瓷根尖倒充填材料可显著改善愈合结果, 而性别、年龄、牙齿位置、附着水平、根尖倒预备技术、抗生素使用、手术类型等因素对愈合结果均无显著影响^[34]。但Yoo等^[35]对225例显微根尖手术病例进行随访(平均随访时间为90.4月), 报道称成功率为80.5%, 牙齿的5年留存率为83.5%, 影响预后的主要因素包括牙齿位置、牙冠修复程度、牙周病和根尖病变累及上颌窦等, 而糖尿病、高血压、骨质疏松等对手术预后无显著影响^[35]。上述两项研究对于牙齿位置是否影响预后体现了不同的结论, 主要原因在于Bliggenstorfer等已将研究的目标牙位限定为磨牙, 而Yoo等的研究则包括所有牙位的牙齿。手术失败最常见的原因是根尖倒充填不足, 其次是根管遗漏和切除不完全, 因而当根尖切除或填充不足时, 可选择再次进行根尖手术。但根尖切除超过6 mm时牙齿的抗折断能力将显著降低^[35]。

3 总结

上颌后牙与上颌窦之间关系密切,上颌窦的一些解剖特征使手术对邻近解剖结构造成伤害的风险增加。因此,熟悉上颌窦的解剖特征对于上颌后牙显微根尖手术而言至关重要。术前行CBCT扫描可准确评估上颌后牙与上颌窦的距离,以及上颌窦内部解剖结构,可显著改善手术预后。根据患者的术前评估结果,选择合适的手术入路以减少上颌窦黏膜穿孔的风险。对于上颌后牙等解剖复杂的区域,靶向显微根尖手术具有显著优势。若术中出现上颌窦穿孔,须根据穿孔尺寸进行相应处理并防止异物进入上颌窦。采用恰当的处理措施,上颌窦穿孔对手术成功率无明显影响。而引导组织再生技术等辅助应用,可进一步减少术后并发症的发生,改善患者的生活质量。因此对于上颌后牙根尖与上颌窦解剖关系密切的病例来说,这些并非显微根尖手术的禁忌证,文献中报道上颌后牙显微根尖手术的成功率多超过80%,但不同手术方式、靶向技术及生长因子的应用等对于手术预后的影响,仍需要进一步的长期随访研究。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

4 参考文献

- [1] Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review[J]. *J Endod*, 2006, 32(7): 601-623.
- [2] Floratos S, Kim S. Modern endodontic microsurgery concepts: a clinical update[J]. *Dent Clin North Am*, 2017, 61(1): 81-91.
- [3] Taschieri S, Morandi B, Giovarruscio M, et al. Microsurgical endodontic treatment of the upper molar teeth and their relationship with the maxillary sinus: a retrospective multicentric clinical study[J]. *BMC Oral Health*, 2021, 21(1): 252.
- [4] Sieron HL, Sommer F, Hoffmann TK, et al. Function and physiology of the maxillary sinus[J]. *HNO*, 2020, 68(8): 566-572.
- [5] Lee S, Fernandez JW, Mahadevan M, et al. Using 3D-reconstruction to analyse typical growth trends of the maxillary sinus in children[J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2020, 138: 110334.

- [6] Butaric LN, Wadle M, Gascon J, et al. Anatomical variation in maxillary sinus ostium positioning: implications for nasal-sinus disease[J]. *Anat Rec (Hoboken)*, 2019, 302(6): 917-930.
- [7] Martu C, Martu MA, Maftei GA, et al. Odontogenic sinusitis: from diagnosis to treatment possibilities—a narrative review of recent data[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(7): 1600.
- [8] Yeung AWK, Colsoul N, Montalvao C, et al. Visibility, location, and morphology of the primary maxillary sinus ostium and presence of accessory ostia: a retrospective analysis using cone beam computed tomography (CBCT)[J]. *Clin Oral Investig*, 2019, 23(11): 3977-3986.
- [9] Orhan Soylemez UP, Atalay B. Investigation of the accessory maxillary ostium: a congenital variation or acquired defect[J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2021, 50(6): 20200575.
- [10] Shetty S, Bayatti SW, Al-Rawi NH, et al. A study on the association between accessory maxillary ostium and maxillary sinus mucosal thickening using cone beam computed tomography[J]. *Head Face Med*, 2021, 17(1): 1-10.
- [11] Bani-Ata M, Aleshawi A, Khatatbeh A, et al. Accessory maxillary ostia: prevalence of an anatomical variant and association with chronic sinusitis[J]. *Int J Gen Med*, 2020, 13: 163-168.
- [12] Whyte A, Boeddinghaus R. The maxillary sinus: physiology, development and imaging anatomy[J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2019, 48(8): 20190205.
- [13] Huang YT, Hu SW, Huang JY, et al. Assessment of relationship between maxillary sinus membrane thickening and the adjacent teeth health by cone-beam computed tomography[J]. *J Dent Sci*, 2021, 16(1): 275-279.
- [14] Dumitrescu A, Martu MA, Nemtoi A, et al. Association between cone-beam computed tomography and histological and immunohistochemical features in periapical lesions correlated with thickened maxillary sinus mucosa[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2021, 57(8): 840.
- [15] Toprak ME, Ataç MS. Maxillary sinus septa and anatomical correlation with the dentition type of sinus region: a cone beam computed tomographic study[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2021, 59(4): 419-424.

- [16] Henriques I, Caramês J, Francisco H, et al. Prevalence of maxillary sinus septa: systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2022, 51(6): 823-831.
- [17] Bischof FM, Bornstein MM, Suter VGA, et al. Proximity of vascular bone channel in the lateral sinus wall to root apices of maxillary first molars: a cone-beam computed tomographic analysis[J]. *J Endod*, 2019, 45(12): 1472-1478.
- [18] Tran TB, Estrin NE, Saleh MHA, et al. Evaluation of length and location of the maxillary sinus intraosseous artery using computerized tomography[J]. *J Periodontol*, 2021, 92(6): 854-862.
- [19] Karşlioglu H, Çitir M, Gunduz K, et al. The radiological evaluation of posterior superior alveolar artery by using CBCT[J]. *Curr Med Imaging*, 2021, 17(3): 384-389.
- [20] Pei J, Liu JY, Chen YF, et al. Relationship between maxillary posterior molar roots and the maxillary sinus floor: cone-beam computed tomography analysis of a western Chinese population[J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(6): 300060520926896.
- [21] Zhang X, Li Y, Zhang Y, et al. Investigating the anatomical relationship between the maxillary molars and the sinus floor in a Chinese population using cone-beam computed tomography[J]. *BMC Oral Health*, 2019, 19(1): 282.
- [22] Aktuna Belgin C, Bayrak S, Atakan C. Determination of alveolar bone height according to the relationship between molar teeth and maxillary sinus[J]. *Oral Maxillofac Surg*, 2021, 25(2): 175-180.
- [23] Goyal SN, Karjodkar FR, Sansare K, et al. Proximity of the roots of maxillary posterior teeth to the floor of maxillary sinus and cortical plate: a cone-beam computed tomography assessment[J]. *Indian J Dent Res*, 2020, 31(6): 911-915.
- [24] Oishi S, Ishida Y, Matsumura T, et al. A cone-beam computed tomographic assessment of the proximity of the maxillary canine and posterior teeth to the maxillary sinus floor: lessons from 4 778 roots[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2020, 157(6): 792-802.
- [25] Themkumkwun S, Kitisubkanchana J, Waikakul A, et al. Maxillary molar root protrusion into the maxillary sinus: a comparison of cone beam computed tomography and panoramic findings[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 48(12): 1570-1576.
- [26] Lee SH, Cho SY, Kim DH, et al. Clinical outcomes after apical surgery on the palatal root of the maxillary first molar using a palatal approach[J]. *J Endod*, 2020, 46(4): 464-470.
- [27] Azim AA, Wang HH, Serebro M. Selective retreatment and sinus lift: an alternative approach to surgically manage the palatal roots of maxillary molars[J]. *J Endod*, 2021, 47(4): 648-657.
- [28] Hawkins TK, Wealleans JA, Pratt AM, et al. Targeted endodontic microsurgery and endodontic microsurgery: a surgical simulation comparison[J]. *Int Endod J*, 2020, 53(5): 715-722.
- [29] Benjamin G, Ather A, Bueno MR, et al. Preserving the neurovascular bundle in targeted endodontic microsurgery: a case series[J]. *J Endod*, 2021, 47(3): 509-519.
- [30] Peng L, Zhao J, Wang ZH, et al. Accuracy of root end resection using a digital guide in endodontic surgery: an *in vitro* study[J]. *J Dent Sci*, 2021, 16(1): 45-50.
- [31] von Arx T, Käch S, Suter VGA, et al. Perforation of the maxillary sinus floor during apical surgery of maxillary molars: a retrospective analysis using cone beam computed tomography[J]. *Aust Endod J*, 2020, 46(2): 176-183.
- [32] Krennmair S, Gugenberger A, Weinländer M, et al. Prevalence, risk factors, and repair mechanism of different forms of sinus membrane perforations in lateral window sinus lift procedure: a retrospective cohort study[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2021, 23(6): 821-832.
- [33] Marin S, Kirnbauer B, Rugani P, et al. Potential risk factors for maxillary sinus membrane perforation and treatment outcome analysis[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2019, 21(1): 66-72.
- [34] Bliggenstorfer S, Chappuis V, von Arx T. Outcome of periapical surgery in molars: a retrospective analysis of 424 teeth[J]. *J Endod*, 2021, 47(11): 1703-1714.
- [35] Yoo YJ, Kim DW, Perinpanayagam H, et al. Prognostic factors of long-term outcomes in endodontic microsurgery: a retrospective cohort study over five years[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(7): 2210.