

窦管的解剖和功能及其在种植术中损伤的防治策略

孙哲渊, 娄依婷, 刘志超, 王柏翔, 俞梦飞, 王慧明

浙江大学医学院附属口腔医院 浙江大学口腔医学院 浙江省口腔疾病临床医学研究中心 浙江省口腔生物医学研究重点实验室 浙江大学癌症研究院 口腔生物材料与器械浙江省工程研究中心, 浙江 杭州 310006

[摘要] 窦管是一种包含上牙槽前神经束的管道,起自眶下管,沿上颌窦和鼻腔边缘延伸到上颌骨前部。窦管曾被认为是一种解剖变异。随着锥形束计算机断层扫描(CBCT)的广泛使用,人群中窦管检出增多。窦管在上颌骨前部走行较为多样,可发出多个副管,终止在鼻底或上前牙区,其中走行于中切牙腭侧居多。窦管中走行的上牙槽前神经束不仅支配上颌前牙及其相应软组织 and 上颌窦黏膜并提供营养支持,还涉及鼻中隔与鼻侧壁及部分腭部黏膜。为减少手术并发症,需要研究窦管损伤的防治策略。如术前使用CBCT识别窦管并通过虚拟手术的方式设计种植体距离窦管2 mm以上;术中评估出血情况及关注患者感受并辅以数字化种植术导板等精准手术方式;术后通过CBCT检查种植体与窦管的关系,并根据患者感受治疗窦管损伤。本文通过总结窦管在人群中的检出情况、分析窦管解剖结构特点以及窦管在上颌骨前部所发挥的生理功能,探讨在种植术中有效回避窦管损伤的策略,以期提高医生的认识,为临床决策提供参考。



[关键词] 窦管;上牙槽前神经;应用解剖学;种植;锥形束计算机断层扫描;综述

[中图分类号] R782.12 **[文献标志码]** A

Anatomy and function of the canalis sinuosus and its injury prevention and treatment strategies in implant surgery

SUN Zheyuan, LOU Yiting, LIU Zhichao, WANG Baixiang, YU Mengfei, WANG Huiming (The Stomatology Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Zhejiang University School of Stomatology, Zhejiang Provincial Clinical Research Center for Oral Diseases, Zhejiang Provincial Key Laboratory of Oral Biomedical Research, Zhejiang

收稿日期(Received):2023-10-23 接受日期(Accepted):2024-04-26 网络预发表日期(Online):2024-05-17

基金项目(Funding):国家自然科学基金(82020108011);浙江省基础公益研究计划(LY22H140002);浙江大学医学院附属口腔医院探索与研发项目(RD2022JCEL20);浙江省口腔生物医学研究重点实验室基金(2021M010,2021M004)

第一作者(First author):孙哲渊,硕士研究生,主要从事口腔种植修复的相关研究;E-mail:sunzheyuan@zju.edu.cn;https://orcid.org/0000-0001-5683-9460

通信作者(Corresponding author):王慧明,主任医师,教授,博士生导师,主要从事口腔种植和组织工程等研究;E-mail:whmwhm@zju.edu.cn;https://orcid.org/0000-0002-1131-7455

University Cancer Center, Zhejiang Provincial Engineering Research Center of Oral Biomaterials and Devices, Hangzhou 310006, China)

Corresponding author: WANG Huiming, E-mail: whmwhm@zju.edu.cn, <https://orcid.org/0000-0002-1131-7455>

[**Abstract**] The canalis sinuosus, a canal containing the anterior superior alveolar nerve bundle, originates from the infraorbital canal and extends along the maxillary sinus and nasal cavity edges to the anterior maxilla. It was once regarded as an anatomical variation. However, with the widespread application of cone beam computed tomography (CBCT), the detection rate of canalis sinuosus in the population has increased. The canalis sinuosus exhibits diverse courses, branching into multiple accessory canals and terminating at the nasal floor or the anterior tooth region, with the majority traversing the palatal side of the central incisor. The anterior superior alveolar nerve bundle within the canalis sinuosus not only innervates and nourishes the maxillary anterior teeth and the corresponding soft tissues, and the maxillary sinus mucosa, but also relates to the nasal septum, lateral nasal wall, and parts of the palatal mucosa. To minimize surgical complications, strategies for preventing and treating canalis sinuosus injuries need to be investigated. Preoperatively, CBCT is used to identify the canalis sinuosus and to virtually design implant placement at a distance of more than 2 mm from the canalis sinuosus. Intraoperatively, assessing bleeding and patient comfort, complemented by precision surgical techniques such as the use of implant surgical guide plates. Postoperatively, CBCT is used to examine the relationship between the implant and the canalis sinuosus, and treatment of canalis sinuosus injuries can be tailored based on the patient's symptoms. This review summarizes the detection of canalis sinuosus in the population, its anatomical characteristics, and the physiological functions in the anterior maxilla, and discusses strategies for avoiding canalis sinuosus injuries during implant surgery, thereby enhancing clinical awareness and providing references for clinical decision-making.

[**Key words**] Canalis sinuosus; Anterior superior alveolar nerve; Applied anatomy; Implantation; Cone beam computed tomography; Review

[J Zhejiang Univ (Med Sci), 2024, 53(5): 561-568.]

[**缩略语**] 锥形束计算机断层扫描 (cone beam computed tomography, CBCT); 置信区间 (confidence interval, CI); 零回波时间磁共振成像 (zero echo time magnetic resonance imaging, ZTE-MRI)

窦管 (canalis sinuosus) 是一种起自眶下管, 沿鼻腔边缘延伸到上颌骨前部的神经血管管道, 包含来自三叉神经的上牙槽前神经血管束。窦管终末能分出多个细小的副管, 其末端常开口于上颌前牙区或鼻中隔底部^[1-2]。窦管最早在 1898 年提出并在 1939 年由 Jones 详细报道^[2]。在 2012 年之前, 窦管的存在被认为是一种罕见的解剖变

异^[3]。随着 CBCT 的广泛应用, 近期的影像学研究发现窦管在人群中检出比例较高^[4]。这一现象引起越来越多的临床研究者关注窦管^[1,5-6]。然而, 截至目前, 关于窦管的分布情况、解剖结构及其具体功能, 尚缺乏详尽而深入的描述。

在进行上颌骨前部手术, 如根尖手术、种植术等过程中, 临床医生往往会将注意力集中在

切牙管这个解剖结构而忽视了窦管的存在^[7],导致在上颌骨前部手术特别是种植术中窦管受到损伤的情况时有发生。这种损伤可能引发患者术后疼痛、感觉异常等一系列并发症,给患者带来不必要的痛苦和困扰^[8-9]。此外,当窦管的低密度影像叠加在上前牙根尖部位时,临床医生可能将其误认为是根尖周病变,进而选用错误的临床治疗^[10]。因此,为避免以上情况发生,本文通过有关鼻窦的解剖和功能文献回顾,探讨窦管的存在情况,详细描述其走行路径,分析其直径大小,并深入剖析其生理功能,了解种植术中避免损伤窦管的策略,以期为临床诊疗提供指导。

1 对窦管的认识

1.1 窦管的检出情况

在早期,窦管作为一种罕见的解剖变异被报道^[11]。同时,由于早期资料中对窦管的描述不够详尽,临床医生对窦管的认识相对不足。Lopes Santos等^[12]向383名牙科医生或学生发放了关于能否在CBCT中诊断窦管以及以前是否了解窦管的问卷,结果显示93.24%的参与者没有正确诊断出窦管,70.5%的参与者以往对窦管这个解剖结构不了解。随着CBCT的应用和普及,多个国家的研究人员发现人群中窦管的存在率较高(表1),甚至有研究显示被调查的人群中每个人的上颌骨中都发现了窦管^[14,16,20],且在不同年龄或性别人群中,窦管的存在无显著差异^[5]。最近,有学者对这些研究进行系统评价和荟萃分析后发现,在1994名被调查者中窦管的存在率约为80%(95%CI: 51%~99%),副管的存在率约为54%(95%CI: 38%~69%)^[25]。由于窦管现在已被普遍视为一种正常的解剖结构,因此,加强临床医生对窦管解剖及其功能的

认识十分必要。

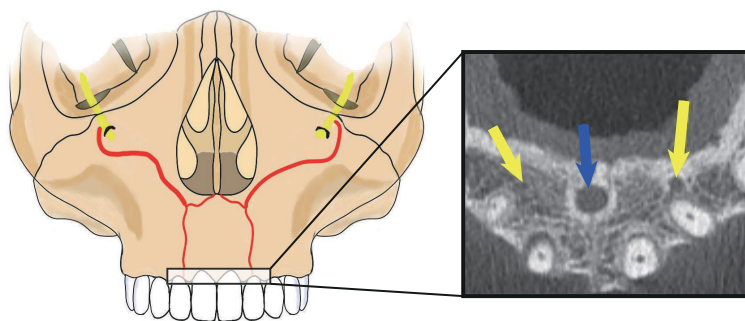
1.2 窦管的走行及直径

Jones^[2]通过对大体的解剖发现窦管起自眶下孔后方约15 mm,沿外侧方向延伸至眶前缘,距眶下孔外侧缘7~8 mm,然后在上颌窦前壁向下转弯,最后开口在鼻中隔附近的骨壁(图1红色线条)。目前研究通过CBCT和三维重建发现,窦管在到达鼻腔外侧壁后可发出多个副管,并在鼻底或上前牙区(图1黄色箭头)终止^[1]。然而,窦管是否在上颌骨的双侧都存在仍然是不确定的。Khojastepour等^[17]发现,在上颌骨双侧都有窦管的人数占57.11%,仅单侧有窦管占42.89%。而Alkis等^[26]却发现窦管在上颌骨的双侧都有,35.5%的窦管在终末有副管。窦管副管走行的位置有一定差异。Khojastepour等^[17]将牙槽骨从矢状面及横断面分为Ⅰ型、Ⅱ型和Ⅲ型三类,结果显示窦管在牙槽嵴开口最常见的位置在水平和垂直方向上均为Ⅱ型。Samunahmetoglu等^[4]发现最常观察到窦管的副管位置是在右上中切牙区域(31.8%)。此外,当窦管的副管走行于上前牙区时,其与切牙管之间的距离会受到切牙管形态的影响,特别是与香蕉型切牙管之间距离最近^[27]。窦管的直径较小,Samunahmetoglu等^[4]发现577名研究对象中有435名(75.4%)的窦管直径在1 mm

表1 文献报道不同国家人群存在窦管的比例
Table 1 The proportion of people with canalis sinuosus in different countries-literature review

第一作者	年 份	国 家	人数(男/女)	年龄(岁)	存在窦管 人数(%)	参考文献
Shan	2021	中国	1007(439/568)	6~91	372(36.9)	[5]
马峰	2022	中国	417(214/203)	18~81	211(50.6)	[13]
Beyzade	2022	土耳其	91(52/39)	11~74	91(100.0)	[14]
Tomrukcu	2020	土耳其	326(133/193)	10~86	113(34.7)	[15]
Orhan	2018	土耳其	1460(788/672)	9~84	1034(70.8)	[6]
Gurler	2017	土耳其	111(35/76)	12~79	111(100.0)	[16]
Khojastepour	2023	伊朗	485(228/257)	平均38.5	380(78.4)	[17]
La Encina	2022	西班牙	212(95/117)	—	106(50.0)	[18]
Yeap	2022	澳大利亚	201(—/—)	—	198(98.5)	[19]
Ferlin	2021	巴西	100(—/—)	—	100(100.0)	[20]
Aoki	2020	巴西	200(93/107)	18~85	133(66.5)	[21]
Manhães Júnior	2016	巴西	500(216/284)	—	181(36.2)	[22]
Machado	2016	巴西	1000(483/517)	平均51.85	521(52.1)	[1]
Wanzeler	2015	巴西	100(—/—)	—	88(88.0)	[23]
Anatoly	2019	俄罗斯	150(61/89)	24~80	101(67.3)	[24]

—:无相关数据。



左图为平面图;右图为锥形束计算机断层扫描图.红色线条为窦管的走行;黄色箭头显示窦管最终开口在上颌侧切牙腭侧;蓝色箭头为切牙管(影像资料已获授权^[19]).

图1 窦管的示意图

Figure 1 Schematic diagram of canalis sinuosus

及以上,平均为1.26 mm。然而,也有研究显示直径小于1 mm的窦管占84.74%^[17]。相比非唇腭裂患者,唇腭裂患者更可能出现较大直径的窦管^[20]。由于不同患者的窦管在上颌骨中的走行和直径均有一定差异,因此需要从眶下孔后方寻找窦管的起点并沿其走行来确定末端副管所处位置^[9]。

1.3 窦管的功能

起自眶下神经的上牙槽前神经及其伴随血管在窦管中走行,支配同侧的上颌前牙及其相应牙周膜、牙槽骨、唇侧牙龈及上颌窦黏膜并提供营养支持^[28]。窦管所发出的一部分副管分布于鼻中隔的底部,这些副管中穿梭着上牙槽前神经的鼻支以及上牙槽前动脉的末端分支^[2, 28]。这些神经和血管不仅负责鼻中隔与鼻侧壁的感觉传导,还为其提供了必要的营养支持。一项病例报道显示,患者在窦管损伤后出现了“鼻出血、鼻下肿胀、阻塞感”等一系列症状,这些症状进一步证实了窦管中的神经血管束在鼻部起到的关键作用^[29]。因此,为确保手术安全,有研究者在进行鼻侧壁手术前重点评估了窦管的存在情况,以期在手术中精准避开这些关键结构,从而降低手术风险^[30]。窦管所发出的另一部分副管分布于前牙腭侧牙槽骨区域,并进入腭部黏膜,但其具体功能尚未明确。一项病例报道中提到,尽管在种植体压迫窦管后及时取出种植体,但患者仍然出现了腭部黏膜坏死现象^[8]。经过仔细检查和评估,研究者排除了腭大动脉及切牙管损伤的可能性,并推测是窦管中血管平滑肌收缩引起的缺血。因此,这些窦管的副管可能参与部分腭部黏

膜的感觉传导和营养支持。综上所述,窦管的功能与其在损伤后可能引发的并发症之间存在着紧密联系,一旦窦管受到压迫或损伤,疼痛往往会扩散至前牙、上腭以及鼻腔周围区域,给患者带来显著的不适感^[8, 31-32]。

2 种植术防治窦管损伤的策略

为减少患者术后疼痛等并发症的发生率和提高种植术成功率,临床医生需深入了解窦管的解剖结构,制订完善的手术策略。术前利用CBCT检查患者的窦管走行及直径,结合虚拟手术计划设计种植体位置和角度,避免损伤窦管。术中关注出血情况及患者感受,及时调整种植角度和深度。根据术前的设计,可在术中选择数字化种植术的方式完成手术。术后通过CBCT检查确认种植体与窦管的关系,关注患者感受,并进行相应治疗。患者在种植术术前、术中、术后预防和减少窦管损伤的思路参考图2。

2.1 术前阶段

使用二维的X射线片(如曲面断层片和根尖片等)检查窦管的存在较为困难,建议使用CBCT来精确评估种植区域与窦管的关系。CBCT具有高空间分辨率,是种植术术前常规的影像学检查方式。CBCT能够通过较低的辐射剂量提供良好的颌骨及牙齿的体积数据,体素大小为0.08~0.40 mm^[33]。虽然窦管的直径较小,但CBCT能够通过高分辨率来显示窦管的存在。此外,方亚军等^[34]认为需要一种对软组织有更高分辨率且无辐射的检查方式来诊断窦管的存在。因此,他们通过ZTE-MRI技术来检查38例患者的窦管,发现ZTE-MRI能够提供清晰的窦管影像。然而,该研究未对ZTE-MRI与CBCT进行比较,无法得出ZTE-MRI更具临床价值的结论。总之,在种植术的影像学检查中使用CBCT在窦管识别中发挥重要作用。

随着CBCT影像技术、虚拟手术计划以及计算机辅助设计和制造的发展,通过数字化辅助下进行的引导式种植术具有微创、高精度和安全等优势^[35]。引导式种植术可分为使用数字化种植术

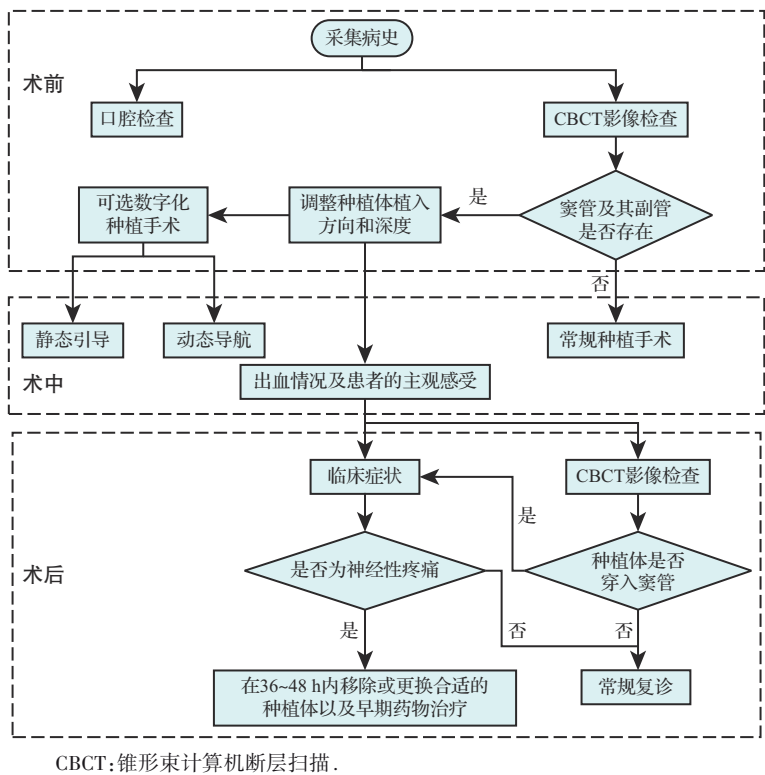


图2 种植术术前、术中、术后预防和减少窦管损伤的思路
Figure 2 Approaches to preventing and reducing the injury of the canalis sinuosus during the pre-, intra-, and post-implantation surgical procedures

导板(静态引导)和术中实时导航(动态导航)两大类。通过在术前设计种植体位置时避开重要的血管神经等解剖部位,同时借助高精度的优势可以为患者提供一个安全的种植术^[36-37]。引导式种植术具有高精度的优势,然而仍然需要将种植体根尖偏差考虑进术前设计中。研究显示,静态引导种植术中使用牙齿支持式导板时种植体根尖偏差较小,但仍可达到 $(1.06\pm0.44)\text{mm}$ ^[38-39]。临床上,动态导航种植术种植体的根尖偏差可达 1.34 mm ($95\%CI: 1.32\sim1.36$)^[40]。此外,沉浸式三维增强现实动态导航虽能在术区直观地展示导航信息,使得准确度提升,但仍存在 1.18 mm ($95\%CI: 0.95\sim1.41$)的整体偏差^[41]。因此,在虚拟手术计划阶段,将种植体设计放置于距离窦管 2 mm 以上位置是有必要的。

2.2 术中阶段

临床医生需要通过评估术中出血情况及患者的主观感受,判断手术对窦管是否造成损伤。窦管的直径通常小于 2 mm ,但目前尚未有研究明确表明直径较小的血管与出血较多之间无直接

关联^[11]。虽然较少发生上颌骨中大量出血,但仍有在种植术中损伤上牙槽后动脉后引起大量出血的病例报道^[42]。因此,当上前牙区域术中出现较多出血时,若排除损伤其他血管的可能,可考虑窦管的损伤。此外,由于窦管骨壁的存在可能影响上牙槽前神经的麻醉效果,术中局部浸润麻醉后若患者突然出现电击样感觉,提示损伤窦管的可能。上述情况下,需要改变种植术钻孔的方向或深度,避免种植体植入后植体压迫或直接穿入窦管。

数字化种植术能借助数字化种植术导板或术中实时导航的方式完成高精度的种植,从而避免术中对窦管的损伤。数字化种植术导板可分为牙支持式、骨支持式及黏膜支持式三种。系统评价和荟萃分析显示,从角度偏差、植体顶端偏差、植体底部偏差等方面分析,术中使用牙支持式导板能获得更高的精度^[38]。在采用数字化种植术导板进行种植时,临床医生需要依赖于固定的金属套管来进行手术。这种手术方法属于静态引导下的操作,而动态导航能使临床医生在可视化的情况下进行手术操作并在手术过程中随时调整植入位置。机器人辅助种植是新型的动态手术方式,其准确度高且安全,但目前仍然处于起步阶段^[43]。

2.3 术后阶段

在种植术后,临床医生对患者的监测及并发症处理极为重要。通过CBCT检查可以明确种植体与窦管之间的距离以及是否穿入窦管,从而判断是否对窦管造成损伤。一项病例报道发现,当种植体的影像与窦管存在重叠时,提示种植体对窦管造成了损伤^[32]。但即使影像学检查结果显示种植体累及窦管,也并不意味患者术后一定会出现疼痛等并发症。李筱涵^[44]在56例上前牙种植的患者中发现有10例出现种植体累及窦管,然而这些患者在术后未出现疼痛或感觉异常的情况。因此,术后密切关注患者的临床症状具有重

要意义。临床要关注患者术后的疼痛情况,并区分炎症性疼痛和神经性疼痛。炎症性疼痛往往在完善的抗感染治疗后能得到明显缓解。神经性疼痛被定义为由神经系统的原发病变或功能障碍引起的疼痛^[45]。当通过CBCT检查明确神经性疼痛来源于窦管损伤时,为了最大程度地减少神经病变,需要在36~48 h内移除或更换合适的种植体,并在早期使用甲钴胺及卡马西平等药物治疗^[46-48]。临床医生应重视人文关怀,关注患者的感受,缓解患者由于疼痛等因素产生的不良情绪,这些均有助于提高治疗效果。

3 结 语

窦管是一种从眶下管走行至上颌骨前部区域的常见解剖结构,其内穿梭着上牙槽前神经血管束。临床医生应该更深入了解窦管的解剖结构及其功能,并在种植术术前、术中及术后实施针对窦管的策略,以预防和治疗窦管损伤。一方面,通过CBCT检查,临床医生能够清晰掌握术前窦管在种植术区的走向,并准确判断术后窦管与种植体之间的距离,以及窦管是否受到损伤;另一方面,临床医生需要细致观察患者的临床症状,这对种植术的顺利进行及后续治疗方案的制订具有至关重要的意义。此外,临床医生还可以选择数字化种植术导板等精准种植技术以确保种植术高效、舒适且安全。

志谢 研究得到国家自然科学基金(82020108011)、浙江省基础公益研究计划(LY22H140002)、浙江大学医学院附属口腔医院探索与研发项目(RD2022JCEL20)、浙江省口腔生物医学研究重点实验室基金(2021M010, 2021M004)支持

Acknowledgements This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (82020108011), Basic Public Welfare Research Project of Zhejiang Province (LY22H140002), Research and Development Program of Stomatology Hospital, Zhejiang University School of Medicine (RD2022JCEL20), Fund from Zhejiang Provincial Key Laboratory of Oral Biomedical Research (2021M010, 2021M004)

医学伦理 研究不涉及人体或动物实验

Ethical approval This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

Conflict of Interests The authors declare that there is no conflict of interests

©The author(s) 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

参考文献(References)

- [1] MACHADO V D C, CHRCANOVIC B R, FELIPPE M B, et al. Assessment of accessory canals of the canalis sinuosus: a study of 1000 cone beam computed tomography examinations[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2016, 45(12): 1586-1591.
- [2] JONES F W. The anterior superior alveolar nerve and vessels[J]. *J Anat*, 1939, 73(4): 583-591.
- [3] NEVES F S, CRUSOÉ-SOUZA M, FRANCO L C S, et al. Canalis sinuosus: a rare anatomical variation[J]. *Surg Radiol Anat*, 2012, 34(6): 563-566.
- [4] SAMUNAHMETOGLU E, KURT M H. Assessment of canalis sinuosus located in maxillary anterior region by using cone beam computed tomography: a retrospective study[J]. *BMC Med Imaging*, 2023, 23(1): 46.
- [5] SHAN T, QU Y, HUANG X, et al. Cone beam computed tomography analysis of accessory canals of the canalis sinuosus: a prevalent but often overlooked anatomical variation in the anterior maxilla[J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 126(4): 560-568.
- [6] ORHAN K, GORURGOZ C, AKYOL M, et al. An anatomical variant: evaluation of accessory canals of the canalis sinuosus using cone beam computed tomography [J]. *Folia Morphol (Warsz)*, 2018, 77(3): 551-557.
- [7] ALKANDERI A, AL S Y, KOTICHA T, et al. Incidence of nasopalatine canal perforation in relation to virtual implant placement: a cone beam computed tomography study[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2020, 22(1): 77-83.
- [8] VOLBERG R, MORDANOV O. Canalis sinuosus damage after immediate dental implant placement in the esthetic zone[J]. *Case Rep Dent*, 2019, 2019: 3462794.
- [9] LOPES DOS SANTOS G, IKUTA C R S, SALZEDAS L M P, et al. Canalis sinuosus: an anatomic repair that may prevent success of dental implants in anterior maxilla[J]. *J Prosthodont*, 2020, 29(9): 751-755.
- [10] LEVEN A J, SOOD B. Pathosis or additional maxillary neurovascular channel? A case report[J]. *J Endod*, 2018, 44(6): 1048-1051.
- [11] DE OLIVEIRA-SANTOS C, RUBIRA-BULLEN I R F, MONTEIRO S A C, et al. Neurovascular anatomical variations in the anterior palate observed on CBCT images[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2013, 24(9): 1044-1048.

- [12] LOPES SANTOS G, SALZEDAS L M P, BERNABÉ D G, et al. Assessment of the knowledge of canalis sinuosus amongst dentists and dental students: an online-based cross-sectional study[J]. *Eur J Dent Educ*, 2022, 26(3): 488-498.
- [13] 马 峰. 基于锥形束 CT 对 CS 管的形态学研究[D]. 银川: 宁夏医科大学, 2022.
MA Feng. Morphological study of CS tube based on cone beam CT[D]. Yinchuan: Ningxia Medical University, 2022. (in Chinese)
- [14] BEYZADE Z, YILMAZ H, ÜNSAL G, et al. Prevalence, radiographic features and clinical relevancy of accessory canals of the canalis sinuosus in cypriot population: a retrospective cone-beam computed tomography (CBCT) study[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2022, 58(7): 930.
- [15] TOMRUKÇU D, KÖSE T. Assessment of accessory branches of canalis sinuosus on CBCT images[J/OL]. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2020, 25(1): e124-e130.
- [16] GURLER G, DELILBASI C, OGUT E E, et al. Evaluation of the morphology of the canalis sinuosus using cone-beam computed tomography in patients with maxillary impacted canines[J]. *Imaging Sci Dent*, 2017, 47(2): 69-74.
- [17] KHOJASTEPOUR L, AKBARIZADEH F. Evaluation of extension type of canalis sinuosus in the maxillary anterior region: a CBCT study[J]. *Chin J Dent Res*, 2023, 26(1): 29-34.
- [18] LA ENCINA A C, MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ N, ORTEGA-ARANEGUI R, et al. Anatomical variations and accessory structures in the maxilla in relation to implantological procedures: an observational retrospective study of 212 cases using cone-beam computed tomography [J]. *Int J Implant Dent*, 2022, 8(1): 59.
- [19] YEAP C W, DANH D, CHAN J, et al. Examination of canalis sinuosus using cone beam computed tomography in an Australian population[J]. *Aust Dent J*, 2022, 67(3): 249-261.
- [20] FERLIN R, PAGIN B S C, YAEDÚ R Y F. Evaluation of canalis sinuosus in individuals with cleft lip and palate: a cross-sectional study using cone beam computed tomography[J]. *Oral Maxillofac Surg*, 2021, 25(3): 337-343.
- [21] AOKI R, MASSUDA M, ZENNI L T V, et al. Canalis sinuosus: anatomical variation or structure? [J]. *Surg Radiol Anat*, 2020, 42(1): 69-74.
- [22] MANHÃES JÚNIOR L R C, VILLAÇA-CARVALHO M F L, MORAES M E L, et al. Location and classification of canalis sinuosus for cone beam computed tomography: avoiding misdiagnosis[J/OL]. *Braz Oral Res*, 2016, 30(1): e49.
- [23] WANZELER A M V, MARINHO C G, JUNIOR S M A, et al. Anatomical study of the canalis sinuosus in 100 cone beam computed tomography examinations [J]. *Oral Maxillofac Surg*, 2015, 19(1): 49-53.
- [24] ANATOLY A, SEDOV Y, GVOZDIKOVA E, et al. Radiological and morphometric features of canalis sinuosus in Russian population: cone-beam computed tomography study[J]. *Int J Dent*, 2019, 2019: 2453469.
- [25] DE OLIVEIRA-NETO O B, BARBOSA F T, de LIMA F J C, et al. Prevalence of canalis sinuosus and accessory canals of canalis sinuosus on cone beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2023, 52(1): 118-131.
- [26] ALKIS H T, ATA G C, TAS A. Evaluation of the morphology of accessory canals of the canalis sinuosus via cone-beam computed tomography[J]. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*, 2023, 124(4): 101406.
- [27] VASILJEVIC M, MILANOVIC P, JOVICIC N, et al. Morphological and morphometric characteristics of anterior maxilla accessory canals and relationship with nasopalatine canal type-A CBCT study[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(8): 1510.
- [28] 王美青, 何三纲, 马 莲, 等. 口腔解剖生理学[M]. 7 版. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 150, 176.
WANG Meiqing, HE Sangang, MA Lian, et al. *Oral anatomy and physiology*[M]. 7th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2019: 150, 176. (in Chinese)
- [29] MCCREA S J J. Aberrations causing neurovascular damage in the anterior maxilla during dental implant placement[J]. *Case Rep Dent*, 2017, 2017: 5969643.
- [30] MACHADO A, BRINER H R, SCHUKNECHT B, et al. Assessment of the anterior superior alveolar nerve and its impact on surgery of the lateral nasal wall[J]. *Rhinology*, 2021, 59(5): 475-480.
- [31] ROSANO G, TESTORI T, CLAUSER T, et al. Management of a neurological lesion involving canalis sinuosus: a case report[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2021, 23(1): 149-155.
- [32] SHINTAKU W H, FERREIRA C F, VENTURIN J S. Invasion of the canalis sinuosus by dental implants: a report of 3 cases[J]. *Imaging Sci Dent*, 2020, 50(4): 353-357.
- [33] JACOBS R, SALMON B, CODARI M, et al. Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use[J]. *BMC Oral Health*, 2018, 18(1): 88.
- [34] 方亚军, 李淑华, 张传臣. 零回波时间磁共振成像技术在上颌骨窦管显示中的初步应用[J]. *医学影像学杂志*, 2023, 33(6): 953-957.
FANG Yajun, LI Shuhua, ZHANG Chuanchen. Pilot assessment of canalis sinuosus using zero echo time magnetic resonance imaging[J]. *Journal of Medical Imaging*, 2023, 33(6): 953-957. (in Chinese)
- [35] D'HAESE J, ACKHURST J, WISMEIJER D, et al. Current state of the art of computer-guided implant surgery[J]. *Periodontol 2000*, 2017, 73(1): 121-133.
- [36] FLUGGET, KRAMER J, NELSON K, et al. Digital implantology-a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: prosthetic set-up and

- virtual implant planning[J]. **BMC Oral Health**, 2022, 22(1): 23.
- [37] TATAKIS D N, CHIEN H H, PARASHIS A O. Guided implant surgery risks and their prevention[J]. **Periodontol** 2000, 2019, 81(1): 194-208.
- [38] RAICO GALLARDO Y N, SILVA OLIVIO I R T, MUKAI E, et al. Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis[J]. **Clin Oral Implants Res**, 2017, 28(5): 602-612.
- [39] DERKSEN W, WISMEIJER D, FLUGGE T, et al. The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported, digitally designed drill guides based on CBCT and intraoral scanning. A prospective cohort study [J]. **Clin Oral Implants Res**, 2019, 30(10): 1005-1015.
- [40] JORBA GARCIA A, GONZALEZ BARNADAS A, CAMPS FONT O, et al. Accuracy assessment of dynamic computer-aided implant placement: a systematic review and meta-analysis[J]. **Clin Oral Investig**, 2021, 25(5): 2479-2494.
- [41] MAI H, DAM V V, LEE D. Accuracy of augmented reality-assisted navigation in dental implant surgery: systematic review and meta-analysis[J]. **J Med Internet Res**, 2023, 25: e42040.
- [42] HONG Y H, MUN S K. A case of massive maxillary sinus bleeding after dental implant[J]. **Int J Oral Maxillofac Surg**, 2011, 40(7): 758-760.
- [43] QIAO S C, WU X Y, SHI J Y, et al. Accuracy and safety of a haptic operated and machine vision controlled collaborative robot for dental implant placement: a translational study[J]. **Clin Oral Implants Res**, 2023, 34(8): 839-849.
- [44] 李筱涵. Canalis Sinuosus 的 CBCT 检测及其对前牙区种植修复的影响[D]. 银川: 宁夏医科大学, 2022. LI Xiaohan. CBCT detection of Canalis Sinuosus and its impact on anterior implant restorations[D]. Yinchuan: Ningxia Medical University, 2022. (in Chinese)
- [45] AL-SABBAGH M, OKESON J P, BERTOLI E, et al. Persistent pain and neurosensory disturbance after dental implant surgery: prevention and treatment[J]. **Dent Clin North Am**, 2015, 59(1): 143-156.
- [46] KIM M, LEE S, CHOI M, et al. Developing evidence-based clinical imaging guidelines of justification for radiographic examination after dental implant installation [J]. **BMC Med Imaging**, 2020, 20(1): 102.
- [47] KHAWAJA N, RENTON T. Case studies on implant removal influencing the resolution of inferior alveolar nerve injury[J]. **Br Dent J**, 2009, 206(7): 365-370.
- [48] POLITIS C, AGBAJE J, VAN HEVELE J, et al. Report of neuropathic pain after dental implant placement: a case series[J]. **Int J Oral Maxillofac Implants**, 2017, 32(2): 439-444.

[本文编辑 沈 敏 刘丽娜]

· 学术动态 ·

陈静海研究员团队解析细胞骨架与线粒体网络结构调控肌细胞分化的新机制

近日,浙江大学转化医学研究院/医学院附属第二医院陈静海研究员团队联合西安交通大学丁健教授团队在《细胞死亡和分化》(*Cell Death & Differentiation*)在线发表题为“Adapting cytoskeleton-mitochondria patterning with myocyte differentiation by promyogenic PRR33”的研究论文(DOI: 10.1038/s41418-024-01363-w),揭示了细胞骨架与线粒体网络结构调控肌细胞分化的新机制。

该研究发现PRR33(Proline rich 33)蛋白在骨骼肌中高表达并与细胞骨架蛋白DESMIN结合调控线粒体排列及功能,从而参与调节肌细胞分化进程。通过细胞学水平 loss-of-function 及 gain-of-function 实验证明 PRR33 正向调控肌细胞分化,并在骨骼肌特异性敲除 *Prr33* 的遗传模型小鼠(*Prr33^{fl/fl}*;HSA-Cre)中验证 PRR33 影响小鼠肌肉抓握力及运动耐力。机制上,*Prr33* 敲降或敲除可导致 DESMIN 蛋白聚集,引起线粒体形态及排列紊乱,进而影响线粒体功能。该研究鉴定了一个能协调 DESMIN 介导骨骼肌线粒体排列的新蛋白 PRR33,为阐明线粒体分布与骨骼肌分化之间的协调机制提供了新的理论基础。同时,PRR33 也可能成为治疗肌肉疾病的一个潜在靶点。

付旭阳、张峰、董晓璇博士为论文共同第一作者。研究获得国家重点研发计划、国家自然科学基金、浙江省自然科学基金资助。