

# 锥形束 CT 在耳鼻咽喉头颈外科中的应用进展

杨影, 魏巍, 杨军

上海交通大学医学院附属新华医院 耳鼻咽喉头颈外科/上海交通大学医学院耳科学研究所/上海耳鼻疾病转化医学重点实验室, 上海 200092

**摘要:**锥形束 CT 于 20 世纪 90 年代问世, 主要应用于口腔医学领域。近年来, 随着影像技术的发展, 锥形束 CT 越来越多地应用到耳鼻咽喉头颈外科领域, 其成像精度高、数据采集快、辐射剂量低, 能更好地辅助临床诊断及治疗。论文就锥形束 CT 在耳部疾病、鼻部疾病、咽部疾病、喉颈部疾病、外伤、颅底疾病中的应用作一综述, 为锥形束 CT 在该领域的广泛应用做铺垫。

**关键词:**计算机 X 线断层扫描; 锥形束 CT; 成像分辨率; 金属伪影; 辐射剂量; 三维影像

**中图分类号:**R76;R816.96 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-3770(2024)03-0109-07

**引用格式:**杨影, 魏巍, 杨军. 锥形束 CT 在耳鼻咽喉头颈外科中的应用进展[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2024, 38(3):109-115. YANG Ying, WEI Wei, YANG Jun. Application of cone-beam CT in otorhinolaryngology head and neck surgery[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2024, 38(3):109-115.

## Application of cone-beam CT in otorhinolaryngology head and neck surgery

YANG Ying, WEI Wei, YANG Jun

Department of Otorhinolaryngology & Head and Neck Surgery, Xinhua Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine/Shanghai Jiaotong University School of Medicine Ear Institute/Shanghai Key Laboratory of Translational Medicine on Ear and Nose diseases, Shanghai 200092, China

**Abstract:** Cone-beam CT was developed in the 1990s and has been mainly used in the field of stomatology. With recent advances in imaging technology, cone-beam CT has been increasingly utilized in fields of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery. Its advantages, such as high imaging accuracy, fast scanning speed, and low radiation dose, make it a superior choice for clinical diagnosis and treatment planning. This article aimed to review the applications of cone-beam CT in the fields of ear diseases, nose diseases, pharynx diseases, laryngeal and neck diseases, trauma and skull base diseases in order to further promote its application in this field.

**Key words:** Computerized tomography; Cone-beam CT; Imaging resolution; Metal artifact; Radiation dose; Three-dimensional image

CT 常用于协助耳鼻咽喉头颈外科疾病的诊断、治疗及预后评估, 但因其辐射剂量大, 易引起患者担忧和抗拒<sup>[1]</sup>。如何在降低辐射的同时保证良好的 CT 图像质量, 已成为当代 CT 研究的热门之一。近年来随着影像技术的进步, 锥形束 CT 因具备空间分辨率高、辐射剂量低、三维影像等特点<sup>[2]</sup>, 越来越多地应用到耳鼻咽喉头颈外科领域, 为临床医师提供更加全面、客观的诊断依据。我们就锥形束 CT 的特点以及在耳鼻咽喉头颈外科领域中的应用做一综述, 为锥形束 CT 在该领域今后的发展和应用提供参考。

## 1 锥形束 CT 的特点

锥形束 CT 于 20 世纪 90 年代由 Arai 等<sup>[3]</sup>和

Mozzo 等<sup>[4]</sup>提出, 主要应用于口腔颌面领域<sup>[5]</sup>, 目前锥形束 CT 在耳鼻咽喉头颈<sup>[2,6-7]</sup>及胸腹外科领域<sup>[8-9]</sup>中的应用逐渐开展。锥形束 CT 主要由 X 线球管、探测器、机架和计算机软件组成, 其原理是球管发射锥形束 X 线, 围绕扫描区域进行 180°~360° 单向扫描, 探测器将采集的数据上传到计算机系统, 经重建软件重组即可获得各向同性的三维图像。各向同性即重建所得的各方位的断面图像空间分辨率均一致<sup>[10]</sup>。锥形束 CT 与传统 CT 的主要区别在于 X 线源、影像探测器和数据重建方式的不同: ① 传统 CT 采用扇形 X 线, 需多次旋转才能覆盖整个扫描区域, 锥形束 CT 采用三维锥形束 X 线, 一次旋转即可完成全部扫描; ② 锥形束 CT 采用面状探测器以代替传统 CT 的线性排列探测器, 可加快数据的

采集速度;③传统 CT 扫描后,原始数据经计算机重建成二维图像,二维图像再经软件生成成为三维图像。而锥形束 CT 采用三维锥形束 X 线扫描,原始数据重建后直接得到三维图像<sup>[11]</sup>。

根据扫描时视野的范围,可将锥形束 CT 分成 4 种类型<sup>[12]</sup>:小视野锥形束 CT(视野高度为 5~7 cm)、中视野锥形束 CT(视野高度为 7~10 cm)、大视野锥形束 CT(视野高度为 10~15 cm)、颅面锥形束 CT(视野高度>15 cm)。不同领域的锥形束 CT 采用不同的探测器尺寸、扫描视野、参数设置(管电压、管电流及层厚等),例如口腔科大都局限于对牙列的扫描,范围小,视野高度一般为 5~15 cm,管电压为 60~120 kV<sup>[13]</sup>,但耳鼻咽喉头颈部扫描视野高度通常高于 15 cm,管电压为 110~120 kV<sup>[14]</sup>。内耳细微结构可采取 0.2 mm 层厚重建,观察软组织且范围较大时,建议选择 3 mm 层厚。因此,需根据实际使用领域选择不同类型的锥形束 CT。

锥形束 CT 采用低千伏和低毫安扫描,大幅度降低辐射剂量。Scarfe 等<sup>[15]</sup>发现相同扫描范围传统 CT 的辐射剂量为 1.320 mSv,而锥形束 CT 的辐射剂量为 0.036 mSv,仅相当于传统 CT 的 1/30~1/40。先前研究亦报道锥形束 CT 辐射剂量通常为传统 CT 的几十分之一<sup>[16-17]</sup>。锥形束 CT 重建层厚薄、空间分辨率高,不易受到外界因素的干扰,金属伪影少<sup>[18]</sup>。并且锥形束 CT 图像清晰<sup>[19]</sup>,影像数据方便导出,与手术导航系统无缝衔接,有助于确定手术中器械的位置,便于手术的进行<sup>[20]</sup>。此外,锥形束 CT 费用低、体积小、占地面积少<sup>[21]</sup>、安装方便,可放在耳鼻咽喉门诊专机专用,避免了患者不同楼层间的奔走、预约,缩短了患者就诊时间。值得注意的是,锥形束 CT 采用开放性机架,更适用于幽闭恐惧症或焦虑症患者。

## 2 锥形束 CT 在耳鼻咽喉头颈外科中的应用

### 2.1 耳部疾病

颞骨位于头颅两侧,部分解剖结构精细、复杂,往往在 0.2 mm 以下(如镫骨底板、耳蜗基底膜、前庭导水管等),而目前螺旋 CT 对<1 mm 的细微结构显示模糊<sup>[22]</sup>,已不能满足临床对颞骨高精度成像的需求。与螺旋 CT 相比,锥形束 CT 重建层厚薄,具有较高的空间分辨率,使颞骨细微结构的显示成为可能。方勤等<sup>[21]</sup>对 15 例成人标本进行锥形束 CT 扫描,结果提示锥形束 CT 能清晰显示中、内耳细微

结构,且对镫骨的显示优于 HRCT。李进叶等<sup>[23]</sup>将多层螺旋 CT 与锥形束 CT 图像上耳蜗及面神经管进行比较,发现锥形束 CT 在显示耳蜗、面神经管及其径线测量方面与多层螺旋 CT 具有高度的一致性,依据其测量结果可以判断内耳结构是否发育畸形。这与 Zhang 等<sup>[24]</sup>的研究结果相符合。王争等<sup>[25]</sup>报道锥形束 CT 成像上前庭导水管峡部及内侧段显示能力与多层螺旋 CT 相同,部分细微结构如前庭导水管内口显示优于多层螺旋 CT。

锥形束 CT 金属伪影小,对于颞骨金属植入物和周围解剖结构的显示是其另一优势,成为众多学者的关注点。2019 年,范新泰等<sup>[26]</sup>通过锥形束 CT 观察人工耳蜗植入术后电极在耳蜗内的分布情况,发现锥形束 CT 可清晰显示人工耳蜗植入后的电极位置信息和耳蜗细微结构,可用于临床人工耳蜗植入后电极位置的精确评估。2022 年,徐卓等<sup>[17]</sup>对 35 例人工耳蜗植入患者行术后颞骨锥形束 CT 扫描,观察电极位置以及植入后内耳损伤程度,结果证明锥形束 CT 能清晰地显示圆窗、骨螺旋板等重要结构,并可用来评估人工耳蜗术后电极植入深度、植入长度,明确电极在耳蜗内盘旋情况,显示电极与周围结构的关系及植入后内耳损伤程度,具有较大的临床应用价值。Helal 等<sup>[27]</sup>将 51 例人工耳蜗植入患者的锥形束 CT 图像与多层螺旋 CT 图像进行比较,发现锥形束 CT 在人工耳蜗植入中的图像相较于多层螺旋 CT 具有更高的空间分辨率和更少的金属伪影。

在我们的实践中,亦观察到在中耳炎症、胆脂瘤、听小骨畸形等疾病中,锥形束 CT 图像可清晰地显示病变的位置、范围和邻近组织结构的变化,如病变是否累及鼓室、鼓窦和咽鼓管等部位,乳突气房气化情况,听小骨的吸收、破坏情况等。在大前庭导水管综合征中,锥形束 CT 图像可显示前庭导水管形态,并在不同影像截面上对前庭导水管宽度进行评估和测量。在耳硬化症中,锥形束 CT 图像上可见耳蜗型耳硬化症的典型影像学表现:耳蜗各圈周围环形低密度影即“双环征”,前庭、半规管周围多发斑片状密度减低区,前庭窗增厚、变小。在人工耳蜗植入术后中,锥形束 CT 亦能清晰地显示人工耳蜗植入术后电极位置、形态、深度、数目和周围结构的情况。

综上所述,锥形束 CT 能准确评估中耳、内耳细微结构的变异情况,可作为人工耳蜗术后电极位置评价的有效成像手段,为临床诊疗提供客观依据。

## 2.2 鼻部疾病

临床利用锥形束 CT 观察鼻窦炎、鼻息肉病变中鼻甲有无肥大,鼻窦炎或鼻息肉病变范围,骨质吸收变化情况等<sup>[28]</sup>。在鼻中隔偏曲中可查看鼻中隔弯曲方向和程度。在鼻窦囊肿和鼻窦骨瘤中,亦可清晰显示囊肿和骨瘤的位置、大小和形态,观察周围鼻窦壁是否受压变形。卿玲等<sup>[29]</sup>收集 400 例头颅锥形束 CT 影像,通过三维重建观察上颌窦骨分隔/骨瘤的解剖情况,发现锥形束 CT 上能准确地观察上颌窦骨分隔/骨瘤的发生、形态、位置,为上颌窦相关手术提供解剖学指导。2021 年,黄迪等<sup>[30]</sup>应用锥形束 CT 分析鼻中隔偏曲、中鼻甲气化和下鼻甲肥大对青少年上颌窦底部气化的影响,发现患有下鼻甲肥大的青少年更易出现上颌窦底部过度气化。2022 年,陶裕鹏等<sup>[31]</sup>对 500 例行上颌窦提升术患者的资料进行分析,观察锥形束 CT 对手术设计和并发症控制的影响,结果表明锥形束 CT 的应用可以更好地帮助种植医生预判和设计完成上颌窦内外提升手术。锥形束 CT 能准确测量上颌窦底形态,有利于确定手术开窗以及种植体的位置和深度,减少并发症。冯凯华等<sup>[32]</sup>对 120 例鼻咽癌患者锥形束 CT 图像进行分析,证明锥形束 CT 可有效减小摆位误差,降低邻近器官的辐射剂量。

锥形束 CT 虽然在鼻部疾病中有广泛的应用,但依然存在一些问题。与传统 CT 相比,锥形束 CT 密度分辨率差,对鼻部软组织、脂肪的对比度评估差,肌肉间隔显示不清,无法对软组织病变进行具体测量及定性<sup>[33]</sup>。因此,对于鼻部占位病变如鼻窦癌、淋巴瘤、纤维血管瘤等,需采用 CT 平扫或增强。当部分肿瘤、炎性病变难以定性或合并颅内并发症时,需行 MRI 检查协助诊断病变性质和累及范围。

## 2.3 咽部疾病

在儿童鼻咽、口咽疾患诊疗过程中,锥形束 CT 显示了独特的优势。电子鼻内镜为侵入性检查,患儿由于年龄较小,鼻咽腔狭窄,检查过程中极易导致鼻腔出血,且鼻内窥镜观察的角度、范围有限。X 线检查为二维成像,受气道左右组织器官重叠的影响,测量的气道直径存在误差,尤其对于腺样体肥大并发鼻窦炎、中耳炎等的诊断,敏感度较低<sup>[34]</sup>。螺旋 CT 扫描产生的辐射剂量高,会在一定程度上对患儿性腺、甲状腺等腺体造成影响<sup>[35]</sup>。锥形束 CT 避免了侵入性检查,一次低剂量的精确扫描,可以同时观察腺样体与扁桃体增生情况、鼻窦有无炎症及中耳有无积液等<sup>[36]</sup>,且其三维成像可进行鼻咽部容积测量,有助于全面把握患儿的病情,综合性考虑治疗

方案。

锥形束 CT 扫描体位多为站位或坐位,需要患儿配合度高,在检查过程中不能出现体位移动,移动幅度越小,成像清晰度越高。Walliczek-Dworschak 等<sup>[37]</sup>发现,儿童在锥形束 CT 检查中约 3.7% 的重复扫描源于运动伪影。提高小儿扫描的依从性和准确性,可操作性的方法有:①使用儿童玩具吸引其注意力;②家属穿铅衣陪同安抚。应充分评估患儿依从性和配合度,对确实无法配合的建议选择其他检查方式,如电子鼻内镜或鼻咽侧位片。对于成年患者,可借助头部辅助装置固定,以保证扫描质量<sup>[38]</sup>。

锥形束 CT 亦可用于茎突综合征的诊断。茎突综合征是一种由于茎突过长或倾斜度异常而压迫刺激邻近的血管、神经和肌肉引起的症候群,表现为咽部异物感、咽痛、一侧或双侧下颌区疼痛、头颈痛等<sup>[39]</sup>。患者需通过影像诊断,手术治疗方可治愈。锥形束 CT 采用三维重建技术,可在不同角度观察、测量茎突长度和角度,对临床诊断茎突综合征具有重要指导意义。宋跃帅等<sup>[40]</sup>将锥形束 CT 与螺旋 CT 扫描的茎突图像进行对比分析,发现在测量茎突长度方面,锥形束 CT 与螺旋 CT 具有等效性。张扬等<sup>[41]</sup>对 10 例茎突综合征术后患者的锥形束 CT 影像资料与术后茎突的实际数据进行比较,结果表明锥形束 CT 可清晰显示茎突影像,有效提高茎突综合征的检查准确度,是确诊茎突综合征的可靠辅助手段。以上研究进一步说明了锥形束 CT 对茎突综合征诊断的可靠性。

## 2.4 喉颈部疾病

锥形束 CT 在喉颈部疾病中的应用较少,可能与下列原因有关:①喉颈部以软骨和骨为支架,由肌肉、韧带、纤维结缔组织连结而成。锥形束 CT 采用低千伏和低毫安扫描,软组织分辨率差,喉颈部组织对比显示不佳。②当前锥形束 CT 扫描时多采用坐位或站位姿势,借下巴托、头带或前额托来稳定患者头部。这些辅助装置通常由金属器件固定,扫描时位于颈部正中,对喉颈部的扫描和诊断造成一定的影响,如结构重叠、金属伪影。后期,随着锥形束 CT 软组织分辨率的提高或无固定装置患者保持不动,可进一步扩大其在喉颈部疾病中的应用。

## 2.5 外伤

锥形束 CT 可用于鼻骨骨折、颧骨骨折、上颌骨骨折等。颌面部暴露于人体表面,其骨质菲薄、位置浅在,受到撞击极易造成骨折。临床上,一般通过 X 线、CT 检查诊断骨折部位、程度和治疗效果。但常规检查手段均有一定的不足,例如,X 线检查为二维

成像,受周围结构重叠的影响,存在误差;传统 CT 扫描层厚大,对于细微的骨折容易漏诊,因此必须采用精确性更高的检查手段<sup>[42]</sup>。锥形束 CT 因具有较高的空间分辨率,可以清晰地显示骨折的部位、形态特点,并可进行三维重建,多角度立体观察骨折结构,在骨折的诊断及治疗中起着重要作用。刘中棋等<sup>[43]</sup>通过对比 26 例颌面部外伤患者的锥形束 CT 与螺旋 CT 图像,结果显示锥形束 CT 通过三维立体成像更直观、准确地评估颌面部外伤患者的骨折情况,从而有效提高了诊断准确率,具有较大的临床应用价值。但根据我们的实践经验,不建议使用锥形束 CT 作为多发伤患者的单一成像方式,因为锥形束 CT 密度分辨率低、软组织分辨能力差,脑内病变很容易漏诊。此时,可采用 CT 平扫或增强检查方法。

## 2.6 颅底疾病

目前,国内关于锥形束 CT 在颅底疾病中的应用报道少之又少。分析其原因,可能由于颅底解剖和组织结构复杂,而锥形束 CT 密度分辨率低、软组织分辨能力差<sup>[11]</sup>,且暂无匹配的造影软件,无法做增强检查,因此限制了对颅底疾病的检查。在实际实践中,颅底疾病主要利用 CT 或 MRI 进行诊断分析。

随着医疗水平的发展、影像技术的完善,锥形束 CT 在耳鼻咽喉头颈外科领域中的应用将得到不断推广,其安装条件也受到日益的关注,主要体现在 3 方面:①房间布局:机房的布局需要考虑到锥形束 CT 的安放、线缆连接、设备维修、人员通行等方面。传统 CT 由一个大的环形机架和扫描床组成,占地面积大。相比之下,锥形束 CT 设备体积小,占用空间小。根据 GBZ130-2020《医用 X 射线诊断放射防护要求》的要求:锥形束 CT 机房内最小有效使用面积为 5 m<sup>2</sup>,机房内单边最小长度为 2 m。②防护要求:锥形束 CT 利用电离辐射进行成像,存在辐射伤害的潜在危险,因此,房间周围需要铅板进行防护;患者未受检部位给予铅衣防护;工作人员佩戴个人剂量监测仪,并定期进行检测。③人员资质:操作者需具备放射工作人员证、放射防护培训合格证和职业健康检查。遵循“实践正当化、防护最优化、个人剂量限值”要求。

## 3 总结和展望

综上所述,锥形束 CT 在耳鼻咽喉头颈外科领域具有较广泛的应用前景,其成像分辨率高、金属伪影少、辐射剂量低等一系列优点,有利于在耳鼻咽喉部含气组织及骨质结构检查中的应用。尽管如此,

锥形束 CT 仍存在一些亟待解决的问题:①密度分辨率和软组织分辨率差,尽管增加管电压和管电流可提高密度分辨力,但辐射剂量也会增加,如何在提高图像质量的同时降低辐射剂量,有待影像技术的进步;②锥形束 CT 扫描体位多为站位或坐位,不适用于无法配合的患者。随着锥形束 CT 在耳鼻咽喉头颈外科领域的应用日益普及,临床医师需清晰的认识锥形束 CT 的适用范围与局限性,根据患者实际情况,选择最合适的检查手段;同时,根据我国临床实际情况建立锥形束 CT 在耳鼻咽喉头颈外科领域的使用指南,有利于规范该检查技术,为临床提供更加全面、客观的参考依据。

## 参考文献:

- [1] 季泽强,孙梦月,于志军,等. 低剂量 MSCT 及后处理技术在颈段食管枣核异物诊疗中的应用价值[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41(8): 1550-1553. doi:10.13437/j.cnki.jcr.2022.08.014  
JI Zeqiang, SUN Mengyue, YU Zhijun, et al. The value of low-dose MSCT and post-processing technology for the diagnosis and treatment of date pit in cervical esophageal [J]. Journal of Clinical Radiology, 2022, 41(8): 1550-1553. doi:10.13437/j.cnki.jcr.2022.08.014
- [2] 徐卓,林颖,查定军. 锥形束计算机断层扫描在人工耳蜗植入相关领域的应用进展[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 35(9): 845-849. doi:10.13201/j.issn.2096-7993.2021.09.018  
XU Zhuo, LIN Ying, ZHA Dingjun. The application progress of cone-beam computed tomography in cochlear implantation [J]. Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, 2021, 35(9): 845-849. doi:10.13201/j.issn.2096-7993.2021.09.018
- [3] Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, et al. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use [J]. Dentomaxillofac Radiol, 1999, 28(4): 245-248. doi:10.1038/sj/dmfr/4600448
- [4] Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, et al. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results [J]. Eur Radiol, 1998, 8(9): 1558-1564. doi:10.1007/s003300050586
- [5] 韦雪琼,王远军. 锥形束 CT 用于口腔颌面疾病进展[J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(4): 603-607. doi:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.04.030  
WEI Xueqiong, WANG Yuanjun. Application progresses of cone-beam CT in oral and maxillofacial diseases [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2021, 37(4): 603-607. doi:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.04.030

- [6] 孙静坤, 张志伟, 彭刚, 等. C 臂锥形束 CT 成像时间对脑血管成像效果分析[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2022, 28(4): 427-432. doi:10.19627/j.cnki.cn31-1700/th.2022.04.013  
SUN Jingkun, ZHANG Zhiwei, PENG Gang, et al. Effect of C-arm cone-beam CT with different imaging time in cerebrovascular imaging[J]. Chinese Computed Medical Imaging, 2022, 28(4): 427-432. doi:10.19627/j.cnki.cn31-1700/th.2022.04.013
- [7] 韩晓楠, 张均, 王亚丽, 等. 锥形束 CT 应用于寰枢椎成像的低剂量研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2023, 34(2): 82-86. doi:10.12117/jccmi.2023.02.002  
HAN Xiaonan, ZHANG Jun, WANG Yali, et al. Low-dose study of cone-beam CT applied to atlantoaxial spine imaging[J]. Journal of China Clinic Medical Imaging, 2023, 34(2): 82-86. doi:10.12117/jccmi.2023.02.002
- [8] 刘姝言, 高兴旺, 刘懿梅, 等. 锥形束 CT 图像引导乳腺癌放疗中不同配准方法研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2023, 40(1): 7-12. doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2023.01.002  
LIU Shuyan, GAO Xingwang, LIU Yimei, et al. Comparison of different registration methods in cone-beam CT image guided radiotherapy for breast cancer[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2023, 40(1): 7-12. doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2023.01.002
- [9] 陈真云, 薛莉, 盛修贵, 等. 纠正中晚期宫颈癌 IGRT 摆位误差的 CBCT 应用价值[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2021, 28(18): 1423-1427. doi:10.16073/j.cnki.cjept.2021.18.11  
CHEN Zhenyun, XUE Li, SHENG Xiugui, et al. Value of correction of setup errors in image guided radiation therapy with cone-beam computer tomography for advanced cervical carcinoma[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2021, 28(18): 1423-1427. doi:10.16073/j.cnki.cjept.2021.18.11
- [10] 黄健健, 夏巍, 唐翔龙, 等. 锥形束 CT 在人工耳蜗植入中的研究进展[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 35(6): 567-572. doi:10.13201/j.issn.2096-7993.2021.06.019  
HUANG Jianjian, XIA Wei, TANG Xianglong, et al. Progress of research on cone-beam CT in cochlear implantation[J]. Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, 2021, 35(6): 567-572. doi:10.13201/j.issn.2096-7993.2021.06.019
- [11] 谷晓芳. 放射治疗用锥形束 CT 图像引导设备技术审评要求探讨[J]. 中国医学物理学杂志, 2018, 35(9): 993-996. doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2018.09.001  
GU Xiaofang. Requirements for technical review of CBCT image-guided radiotherapy system[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2018, 35(9): 993-996. doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2018.09.001
- [12] 曹山松. 锥形束 CT 在牙体牙髓病诊治中的研究进展[J]. 医疗装备, 2021, 34(22): 195-196. doi:10.3969/j.issn.1002-2376.2021.22.099  
CAO Shansong. Research progress of cone-beam CT in the diagnosis and treatment of endodontic diseases[J]. Medical Equipment, 2021, 34(22): 195-196. doi:10.3969/j.issn.1002-2376.2021.22.099
- [13] 黄锦锋, 陈晓朝, 王宏. 口腔锥形束 CT 关键参数检测方法的研究[J]. 计量学报, 2021, 42(3): 375-379. doi:10.3969/j.issn.1000-1158.2021.03.19  
HUANG Jinfeng, CHEN Xiaozhao, WANG Hong. Research on the detection method of key parameters of oral and maxillofacial CBCT[J]. Acta Metrologica Sinica, 2021, 42(3): 375-379. doi:10.3969/j.issn.1000-1158.2021.03.19
- [14] 宋跃帅, 龚树生. 应用锥形束 CT 评估人工耳蜗植入后电极形态的研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2018, 32(18): 1371-1373. doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2018.18.002  
SONG Yueshuai, GONG Shusheng. Study of cone-beam CT in evaluating the electrode array of cochlear implantation postoperatively[J]. Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, 2018, 32(18): 1371-1373. doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2018.18.002
- [15] Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice[J]. J Can Dent Assoc, 2006, 72(1): 75-80
- [16] de Cock J, Mermuys K, Goubau J, et al. Cone-beam computed tomography: a new low dose, high resolution imaging technique of the wrist, presentation of three cases with technique[J]. Skeletal Radiol, 2012, 41(1): 93-96. doi:10.1007/s00256-011-1198-z
- [17] 徐卓, 林颖, 张鑫雨, 等. 锥形束 CT 评估人工耳蜗植入术后电极位置与植入损伤的研究[J]. 中华耳科学杂志, 2022, 20(4): 570-575. doi:10.3969/j.issn.1672-2922.2022.04.007  
XU Zhuo, LIN Ying, ZHANG Xinyu, et al. Assessment of electrode position and inner ear trauma by cone-beam CT in patients with cochlear implantation[J]. Chinese Journal of Otology, 2022, 20(4): 570-575. doi:10.3969/j.issn.1672-2922.2022.04.007
- [18] 朱科技, 施雄. 口腔颌面锥形束 CT 和螺旋 CT 口腔修复全冠图像伪影的对比研究[J]. 口腔颌面外科杂志, 2020, 30(4): 249-251. doi:10.3969/j.issn.1005-4979.2020.04.011
- [19] 张宗德, 赵昊, 付森博, 等. CBCT 检查对不典型鼻窦炎患者诊断符合率的影响[J]. 现代医用影像学, 2018, 27(3): 839-840
- [20] 李晓明, 邸斌. 影像导航技术在鼻窦-颅底内镜手术中

- 的应用[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2017, 31(2): 1-6. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2017.143
- LI Xiaoming, DI Bin. Application of imaging navigation technique in the endoscopic sinonasal and skull base surgery[J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2017, 31(2): 1-6. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2017.143
- [21] 方勤, 周文雯, 刘艳玲, 等. 锥形束 CT 观察中内耳显微结构的应用价值[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 35(9): 788-795. doi: 10.13201/j.issn.2096-7993.2021.09.005
- FANG Qin, ZHOU Wenwen, LIU Yanling, et al. Value of cone-beam computer tomography in the middle and inner ear observation[J]. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 2021, 35(9): 788-795. doi: 10.13201/j.issn.2096-7993.2021.09.005
- [22] 张征宇, 王振常, 尹红霞. 锥形束 CT: 颞骨精细影像诊断的新方法[J]. 生命科学仪器, 2018, 16(S1): 65-70
- ZHANG Zhengyu, WANG Zhenchang, YIN Hongxia. Cone-beam CT: a new technology in detailed imaging of temporal bone[J]. *Life Science Instruments*, 2018, 16(S1): 65-70
- [23] 李进叶, 孙立新, 王林省, 等. 耳蜗及面神经管锥形束 CT 与多层螺旋 CT 数据测量的对比研究及临床价值[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(9): 1415-1418. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2022.09.005
- LI Jinye, SUN Lixin, WANG Linsheng, et al. Comparative study and clinical value of cone-beam CT and multi-slice spiral CT of cochlear and facial nerve canals[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2022, 38(9): 1415-1418. doi: 10.3969/j.issn.1002-1671.2022.09.005
- [24] Zhang ZY, Yin HX, Wang Z, et al. Imaging re-evaluation of the tympanic segment of the facial nerve canal using cone-beam computed tomography compared with multi-slice computed tomography[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2019, 276(7): 1933-1941. doi: 10.1007/s00405-019-05419-3
- [25] 王争, 尹红霞, 张征宇, 等. 锥形束 CT 与多层螺旋 CT 对前庭导水管显示能力的比较分析[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(41): 3328-3331. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.41.007
- WANG Zheng, YIN Hongxia, ZHANG Zhengyu, et al. Comparative analysis of the display ability of cone-beam CT and multi-slice spiral CT in vestibular aqueduct[J]. *Chinese Medical Journal*, 2018, 98(41): 3328-3331. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.41.007
- [26] 范新泰, 王娜, 侯凌霄, 等. 锥形束 CT 对人工耳蜗植入术后电极位置的评估[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2019, 54(8): 566-570. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673-0860.2019.08.002
- FAN Xintai, WANG Na, HOU Lingxiao, et al. Evaluation of the electrode position by CBCT following cochlear implantation[J]. *Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 2019, 54(8): 566-570. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673-0860.2019.08.002
- [27] Helal RA, Jacob R, Elshinnawy MA, et al. Cone-beam CT versus multidetector CT in postoperative cochlear implant imaging: evaluation of image quality and radiation dose[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42(2): 362-367. doi: 10.3174/ajnr.A6894
- [28] Abesi F, Alimohamadi M. Cone beam computed tomography (CBCT) findings of fungal sinusitis in post COVID-19 patient: a case report[J]. *Caspian J Intern Med*, 2022, 13(Suppl 3): 307-310. doi: 10.22088/cjim.13.0.307
- [29] 卿玲, 连珊, 王险峰, 等. 上颌窦骨分隔及骨瘤患者锥形束 CT 影像学分析[J]. 实用医学杂志, 2014, 30(1): 79-82. doi: 10.3969/j.issn.1006-5725.2014.01.028
- QING Ling, LIAN Shan, WANG Xianfeng, et al. Cone-beam CT imaging analysis of maxillary sinus bone septum and osteoma patients[J]. *Journal of Practical Medicine*, 2014, 30(1): 79-82. doi: 10.3969/j.issn.1006-5725.2014.01.028
- [30] 黄迪, 吴兴胜, 石连水. 鼻中隔偏曲、中鼻甲气化及下鼻甲肥大对青少年上颌窦底部气化影响的 CBCT 分析[J]. 实用口腔医学杂志, 2021, 37(4): 535-539. doi: 10.3969/j.issn.1001-3733.2021.04.020
- HUANG Di, WU Xingsheng, SHI Lianshui. Effects of nasal septum deviation, middle turbinate gasification and inferior turbinate hyperplasia on maxillary sinus base gasification in adolescents: a CBCT analysis[J]. *Journal of Practical Stomatology*, 2021, 37(4): 535-539. doi: 10.3969/j.issn.1001-3733.2021.04.020
- [31] 陶裕鹏, 蔡捷鸿. 锥形束 CBCT 对上颌窦提升术后种植体的测量研究[J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6(24): 194-196. doi: 10.3969/j.issn.2096-3807.2022.24.064
- TAO Yupeng, CAI Jiehong. Measurement of implant after maxillary sinus lift by Cone-beam CT[J]. *Imaging Research and Medical Application*, 2022, 6(24): 194-196. doi: 10.3969/j.issn.2096-3807.2022.24.064
- [32] 冯凯华, 玉贵永, 邹良群. 锥形束 CT 在鼻咽癌调强放疗中摆位误差情况及对靶区、邻近器官剂量的影响分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(5): 7-9. doi: 10.3969/j.issn.1672-5131.2022.05.003
- FENG Kaihua, YU Guiyong, ZOU Liangqun. Analysis of positioning error of cone-beam CT in intensity modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma and its effect on dose of target area and adjacent organs[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2022, 20(5): 7-9. doi: 10.3969/j.issn.1672-5131.2022.05.003

- [33] 冉雪琪, 李建锋, 曹绍艾. 探讨低剂量口腔 CBCT 检查中耳鼻喉相关组织的表现[J]. *CT 理论与应用研究*, 2022, 31(3): 392-398. doi: 10.15953/j.ctta.2021.035
- RAN Xueqi, LI Jianfeng, CAO Shaoai. Analysis of the manifestations of ENT in low-dose oral CBCT examination[J]. *Computerized Tomography Theory and Applications*, 2022, 31(3): 392-398. doi: 10.15953/j.ctta.2021.035
- [34] 陈红, 廉兴, 张国忠, 等. CT 和电子鼻内镜诊断儿童腺样体肥大的价值观察[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021, 19(5): 144-146. doi: 10.3969/j.issn.1672-5131.2021.05.046
- CHEN Hong, LIAN Xing, ZHANG Guozhong, et al. Value of CT and electronic nasal endoscope in diagnosis of adenoid hypertrophy in children[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2021, 19(5): 144-146. doi: 10.3969/j.issn.1672-5131.2021.05.046
- [35] 倪守洁, 邹娟娟, 郭瑞祥, 等. 儿童头颅侧位片测量参数对腺样体肥大诊断价值的研究[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2023, 37(2): 39-44. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2022.002
- NI Shoujie, ZOU Juanjuan, GUO Ruixiang, et al. Study on the diagnostic value of children's cephalometric roentgenogram measurement parameters for adenoid hypertrophy[J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2023, 37(2): 39-44. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2022.002
- [36] Gao DK, Sun XY, Yang Y, et al. Diagnostic value of CBCT in Chinese children with adenoid hypertrophy[J]. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*, 2022, 7(5): 1308-1314. doi: 10.1002/lio2.837
- [37] Walliczek-Dworschak U, Diogo I, Strack L, et al. Indications of cone beam CT in head and neck imaging in children[J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2017, 37(4): 270-275. doi: 10.14639/0392-100X-1219
- [38] Nasseh I, Al-Rawi W. Cone beam computed tomography [J]. *Dent Clin North Am*, 2018, 62(3): 361-391. doi: 10.1016/j.cden.2018.03.002
- [39] 王学昌, 王涛, 任欣, 等. 内镜下经口入路保留扁桃体茎突截短术疗效分析[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2021, 35(4): 17-21. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2020.413
- WANG Xuechang, WANG Tao, REN Xin, et al. Analysis of the clinical efficacy of endoscopy-assisted intraoral removal of an elongated styloid process with-out tonsillectomy[J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2021, 35(4): 17-21. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2020.413
- [40] 宋跃帅, 刘良发. 锥形束 CT 与螺旋 CT 测量茎突长度的对比分析[J]. *中华医学杂志*, 2018, 98(23): 1841-1843. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.23.007
- SONG Yueshuai, LIU Liangfa. Cone-beam CT and spiral CT analysis in measuring the length of the styloid process [J]. *Chinese journal of medicine*, 2018, 98(23): 1841-1843. doi: 10.3760/cma. J.i SSN. 0376-2491.2018.23.007
- [41] 张扬, 于美清, 崔玉兰, 等. 茎突综合征的锥形束 CT 研究[J]. *现代口腔医学杂志*, 2021, 35(3): 185-187
- ZHANG Yang, YU Meiqing, CUI Yulan, et al. The use of cone beam computed tomography in assessing the styloid process syndrome[J]. *Journal of Modern Stomatology*, 2021, 35(3): 185-187
- [42] 武勇进, 王鹏, 韩晓东, 等. 鼻骨 CT 三维成像技术辅助鼻骨骨折的诊断研究[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2020, 34(5): 452-455. doi: 10.13201/j.issn.2096-7993.2020.05.016
- WU Yongjin, WANG Peng, HAN Xiaodong, et al. Three-dimension CT assisted treatment of nasal fracture [J]. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 2020, 34(5): 452-455. doi: 10.13201/j.issn.2096-7993.2020.05.016
- [43] 刘中棋, 黄春东, 杨水贤. CBCT3D 成像技术在颌面部外伤临床诊断的应用[J]. *影像研究与医学应用*, 2021, 5(16): 89-90. doi: 10.3969/j.issn.2096-3807.2021.16.040
- LIU Zhongqi, HUANG Chundong, YANG Shuixian. Application of CBCT3D imaging technology in the clinical diagnosis of maxillofacial trauma [J]. *Imaging Research and Medical Application*, 2021, 5(16): 89-90. doi: 10.3969/j.issn.2096-3807.2021.16.040

(编辑: 曾婕)