

论 著

人工耳蜗植入术后影像学评估方法研究

曾晓霞¹ 曾宪海^{1,*} 赵海亮¹
王 鹏¹ 韩晓东²

1.广东省深圳市龙岗区耳鼻咽喉医院耳鼻咽喉头颈外科 (广东 深圳 518172)

2.广东省深圳市龙岗区耳鼻咽喉医院影像科 (广东 深圳 518172)

【摘要】目的 分别采取不同的影像学方法、技术,对人工耳蜗植入术后电极植入情况,以及内耳精细结构可能造成的损伤进行评估。**方法** 选取103例人工耳蜗植入手术患者,术后应用X线数字减影摄影片、颞骨高分辨率CT、以及锥体束CT(CBCT)方法,以及与之相应的重建技术,对于电极植入耳蜗内达到的位置、植入电极的数量、植入角度和深度以及对耳蜗内细微结构可能的影响进行评估,并比较各种方法之间的优缺点。**结果** 有关植入电极在耳蜗内位置的显示,不同检测方法的有着各自的优势和不足:DR检查比较简便,观察耳蜗植入位置比较直观,但是对于细节显示不足,螺旋CT能清晰显示植入电极的位置以及耳蜗的精细结构,但是对于单个电极显示欠清晰。采用三维重建技术后,CBCT可以精确显示植入电极的形态和植入位置,但是尚不能清楚反映耳蜗内在精细结构。**结论** CBCT对于耳蜗植入电极的显示很清晰,操作相对简单,可以作为人工耳蜗术后的常规检查方法。

【关键词】 人工耳蜗植入;多平面重建(MPR);锥体束CT;X线

【中图分类号】 R814

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.03.017

The Study of Three radiologic Evaluation Methods after Cochlear Implantation

ZENG Xiao-xia¹, ZENG Xian-hai^{1,*}, ZHAO Hai-liang¹, WANG Peng¹, HAN Xiao-dong².

1.Department of Otolaryngology, Head and Neck Surgery, Longgang Otolaryngology Hospital, Shenzhen 518172, Guangdong Province, China

2.Imaging Department, Longgang Otolaryngology Hospital, Shenzhen 518172, Guangdong Province, China

ABSTRACT

Objective To adopt different radiologic methods and techniques to evaluate the electrode implantation after cochlear implantation and the damage that may be caused by the structure of the inner ear. **Methods** 103 cases after cochlear implantation were performed X-ray digital subtraction radiography, temporal bone CT, and CBCT examination, and multi-planar reconstruction (MPR) techniques were used to show the electrodes implanted after cochlear implantation on the same standard level. The position in the cochlea, the coverage angle of the electrode and the possible influence of the electrode on the fine structure of the cochlea, and the number of implanted electrodes. **Results** Compare the three methods to show the position and depth of the implanted electrodes after cochlear implantation. Different detection methods under the same standard system have certain differences in the display of the position of the electrodes in the cochlea: DR examination is relatively simple, and observation of the cochlear implant position is more intuitive. However, the display of details is insufficient. Spiral CT can clearly show the position of the implanted electrode and the fine structure of the cochlea, but it is not clear for a single electrode. Under CT of the temporal bone, the cochlear axis and bone spiral plate can be observed. With cochlear implantation under fine operation, the electrode has little damage to the fine structure of the cochlea. After adopting three-dimensional reconstruction technology, CBCT can. **Conclusion** CBCT has a clear display of cochlear implant electrodes, and the operation is relatively simple. It can be used as a routine examination method after cochlear implant surgery.

Keywords: Cochlear Implantation; Multi-planar Reconstruction (MPR); Cone Beam CT; X-ray

对于重度及极重度感音神经性耳聋患者而言,人工耳蜗植入术(cochlear implantation, CI)是目前最有效的治疗手段,随着CI的技术持续进步,越来越多的听障患者得以重返有声世界。人工耳蜗植入术后,如何显示电极植入耳蜗内的深度、位置、与蜗轴之间的远近,电极是否出现弯折、滑脱及扭转等情况,以及对于耳蜗微细结构有无损伤等情况,是评判手术成功与否的关键所在,也关系到患者听力康复程度。选择合适的影像学检测方法和技术,是评判人工耳蜗术后植入电极在耳蜗内的状态的关键。本研究回顾性总结我院耳鼻咽喉科近年来采用的人工耳蜗术后影像学评估方法和资料,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取2012年6月至2018年12月在深圳市龙岗区耳鼻咽喉医院耳外科治疗的重度或极重度感音神经性聋患儿103例,所有患者均行单侧人工耳蜗植入手术,病例的选择和评估严格依据相应的指南^[1],其中男66例,女37例,年龄1~14岁,最小年龄10个月。语前聋101例,语后聋2例。先天性耳聋71例,耳毒药物性聋13例,其它原因19例。所有患者术前均行颞骨高分辨率CT和头部MRI检查,发现内耳畸形15例。人工耳蜗植入右耳84,左耳18例,双侧植入1例。

1.2 人工耳蜗术后检查的影像学方法

1.2.1 X线数字摄影(digital radiography, DR)检查 检查设备为飞利浦Digital Diagnosis系统。投照位置一般使用标准斯氏位,可以简单可靠地了解植入电极的位置。但根据实际工作需要,斯氏位需要患者俯卧,患者配合度欠佳,尤其儿童患者,因此我们多采用改良斯氏位,具体方法如下:

受检者仰卧,摄片使用向足侧倾斜10°的摄片架,头颅矢状面向对侧旋转45°,并使听眦线垂直于床面,中心线对准外耳道前方2.5cm,上方2cm。摄影距离为100cm。管电压75kV,16mAs,大焦点,嘱患者平静呼吸中屏气后曝光。

图像显示在岩锥中央可见一圆形透亮区为前庭,其外侧及上方呈垂直相交的条形或弧形透亮管道影,分别为外半规管及前半规管,前庭内下方即为耳蜗区。

1.2.2 颞骨CT检测仪器及扫描参数 检查机器为荷兰Philips Brilliance16排螺旋CT, (1)扫描定位:使用侧位或后前正位定位相,激光定位灯水平线对准外耳孔,扫描基线为听眦线,推荐使用听鼻线(外耳孔到鼻翼连线,扫描野避开晶状体),扫描范围从岩骨上缘至乳突尖。(2)扫描参数:螺旋扫描方式,管电压140kV,有效管电流150mAs/层,螺距0.4~0.6,矩阵:512×512,螺距:0.438,层厚为0.8mm,层间距为0.4mm,旋转时间:0.75s。(3)源图像(薄层图像)重建:横断面:基线:平行于外半规管,范围:岩骨

【第一作者】 曾晓霞,女,副主任医师,主要研究方向:耳科。E-mail: zxxent@126.com

【通讯作者】 曾宪海,男,主任医师,主要研究方向:耳科。E-mail: zxhklwx@163.com

上缘至外耳道下缘，层厚1mm，间距1mm。冠状面：基线：垂直于外半规管，范围：面神经膝部至后半规管后缘，层厚1mm，间距1mm矢状面：基线：平行于面神经管鼓室段，范围：包括听小骨和内听道，层厚1mm，间距1mm。

1.2.3 锥体束CT检测和影像重建 检测仪器及扫描参数：(1)设备型号为卡瓦i-CAT FLX，患者保持坐位，头部固定，中心水平线平外耳道，如果患儿哭闹或者不能配合，可口服10%水合氯醛入睡后予以检查。(2)扫描参数：管电压为：120KV，管电流为：5.0mA，扫描野：16×4mm(儿童)——16×6mm(成人)，分辨率：0.125mm(儿童)——0.2mm(成人)，扫描时间：26.9s。(3)源图像(薄层图像)重建：横断面：基线：平行于外半规管，范围：岩骨上缘至外耳道下缘，层厚1mm，间距1mm。冠状面：基线：垂直于外半规管，范围：面神经膝部至后半规管后缘，层厚1mm，间距1mm；矢状面：基线：平行于面神经管鼓室段，范围：包括听小骨和内听道，层厚1mm，间距1mm；CT与CBCT获取原始图像后，数据导入飞利浦EBW后台，通过多平面重建(multi-planar reconstruction, MPR)分别重建横断位、冠状位、矢状位，具体重建规范如上；电极的MIP重建图像：基线平行于蜗底周长轴(颞骨岩部长轴)，层厚5mm，范围显示电极全貌，在此基础上，通过曲面重建(curved reconstruction)，使电极以直线形式显示出来，并能显示周围结构，冠状、横断MIP显示，层厚20mm，适当调节窗宽窗位，暴露植入体。

测量及评价方法：耳蜗内电极植入深度测量方法参考有关文献：最后一个电极距离圆窗膜的距离可以依据植入电极矩阵实测长度(使用型号诺尔康CS-10A，长度为20.5mm)获得，即电极阵列总长度±最末一个电极距离耳蜗圆窗膜距离(图2)，圆窗膜位置可通过圆窗入口气液分界来界定。在此基础上，我们运用曲面平

展的技术，对所有植入的人工耳蜗电极长度进行直观的无创测量(图6)。

2 结果

2.1 本研究耳蜗植入后电极情况 X线摄片检查结果：共计37例人工耳蜗植入患者予以术后DR摄片检查，所有植入电极的形态和位置显示正常，均在在1圈半以上，每个电极均可辨识，植入的言语处理器也可以清晰显示(图1-2)。

颞骨CT检查结果：总计15例人工耳蜗植入患者予以术后颞骨CT评测，所有患者均为单侧植入，内耳结构包括前庭及半规管的形态清晰可辨。人工耳蜗电极植入的部位和位置大致正常，可以看到电极阵列沿耳蜗鼓阶的外侧壁伸展，并留有一定间隙，冠状位上可见耳蜗覆盖起始自底转至中转。由于存在伪影，单个电极显示不佳，无法识别出每一个电极(图3-5)。

锥体束CT检查结果：锥体束CT显示51例患者人工耳蜗植入术后，电极阵列完全位于耳蜗内，植入人工耳蜗电极均为24个，在CBCT上实际观察到位于圆窗膜以内的共1211颗；通过三维重建技术观察到植入耳蜗的位置及深度正常(图6)。单个电极为点状高密度影，成串在蜗阶内依据其形状规律排布，清晰可见，走形正常(图7-8)。

2.2 人工耳蜗植入后耳蜗内精细结构情况 由于耳蜗的基底膜等内在结构经过一般重建技术在常规影像上难以清晰显示，也无法直观反映出植入电极对于耳蜗精细结构如基底膜可能的影响。但是人工耳蜗植入后，蜗轴及骨螺旋板形态在经过MPR重建后可以在CT影像上得以部分显现，因此可以通过电极与管壁及蜗轴的距离间接反映其可能造成的损伤。在本研究中，在重建的影像上没有辨识出明显的蜗轴及骨螺旋板损伤。



图1 DR显示植入人工耳蜗电极
图2 DR显示人工耳蜗植入体
图3 颞骨CT显示电极通过圆窗膜进入耳蜗情况
图4 颞骨水平位CT显示植入电极阵列的位置、形态
图5 颞骨冠状位CT显示电极植入情况
图6 CBCT显示人工耳蜗植入术后电极位置、深度(曲面平展技术)
图7-图8 CBCT曲面成像技术显示人工耳蜗术后植入电极形态和电极数目

3 讨论

对于极重度耳聋患者,人工耳蜗是现在公认的唯一可靠的治疗手段,随着技术的发展,其治疗对象、适用范围也越来越广,其中包含相当数量的内耳畸形患者,以及部分高频或者低频听力损失患者。这对于术者的手术操作的水准和质量提出了更高的要求,尤其是那些需要保存残余听力的患者,需要更精准的手术技术,以及完善的术前、术中和术后评估方法^[1-2]。此外,人工耳蜗植入术后,电极末端有可能发生反折、扭转、或者植入过浅或者过深,这对于手术疗效和术后言语听力康复效果都会产生严重影响^[3-4]。同时,对于植入电极的深度和个数术中术者虽然可以直观地测度和计量,但术后电极也存在偏移的潜在可能,有研究显示植入电极在术后第1周容易发生明显位移,可能与此期间内纤维鞘及覆盖物尚未形成牢固的包覆所致,容易导致电极滑脱、扭折等现象,但通常不会造成电极眩能及临床上的不适症状发生^[5-6]。

人工耳蜗术后影像学评估方法主要是针对植入电极的数目、深度及位置等关键项目进行评价,其对于手术疗效的估计具有非常大的意义,目前国内外常用的检查方法有DR摄片和CT扫描^[7-8]。现在也有学者尝试用锥体束CT进行术后评估^[9-10]。DR摄片优点是收费比高以及患者接受的辐射剂量低,电极的整体走形可以直观在影像上呈现出来,从而对电极在耳蜗内有无扭曲、弯折进行评估,并能通过相应的公式对电极植入耳蜗的深度进行计算^[11]。但是DR检查的缺点是空间分辨率低,植入电极与耳蜗内部结构的相对空间关系不能明确显示,同时对于拍摄条件的掌握有一定难度,在临床操作中,往往因摄片角度等因素而重复摄片,增加患者辐射剂量。多排螺旋CT扫描可以将获得丰富的断层扫描细节,经过重建后电极在耳蜗内的植入位置和长度可以直接展现出来,同时借助后台工作站图像处理工具,可以在任意平面和多维度对电极阵列细节予以观察^[12-13]。近年来,多排螺旋CT被应用于人工耳蜗术后电极植入状态的评估,关于这方面有很多的研究和报道,学者们对CT重建技术和方案做了详细阐述。但由于CT技术本身的缺陷如金属伪影的干扰,导致了对于单个电极的显示清晰度较差,限制了其在临床上的进一步应用。

锥体束CT(cone beam CT, CBCT)是将x射线采取锥形束形态进行投照,并应用断层重组技术生成相关的影像,其优势是辐射剂量低、具备各向同性、对于精细结构成像清晰及金属伪影干扰小等优点,近年来在口腔专业的得以广泛应用,发展较快,但将其引入人工耳蜗植入术后评估及有关其优势进行探讨的研究较少^[14-16]。本文中,我们尝试应用锥体束CT通过计算机后处理技术对于人工耳蜗术后电极植入效果进行综合评估,特别是其在耳蜗内植入达到的位置、进入耳蜗的电极数及与蜗轴之间的距离,并将其与常规DR、螺旋CT检查方法进行比较,探讨锥体束CT在CI术后评估体系中的优势。我们的研究表明,CBCT技术对于人工耳蜗术后电极植入情况评估效果是令人满意,特别是电极细节的展示有着独特的优势,但是对于耳蜗微细结构的显示,还存在一定的限制,这也是我们未来的课题之一。

虽然影像学技术对于人工耳蜗植入术后有关电极的形态评估方面十分关键,但是对于部分患者特别是术后康复效果不满意的患者,仍需结合其他手段进行全面的评估以排除其他潜在的问题如耳蜗内电极本身的因素^[17-18]。此外,对于人工耳蜗患者尤其是内耳畸形患者的术前、术中的综合评估,以及术后耳蜗精细结构的显示,也是我们下一步努力的方向^[19-22]。

参考文献

- [1]中华耳鼻咽喉头颈外科杂志编辑委员会,中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会.人工耳蜗植入工作指南[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2014,49(2):89-95.
- [2]O'Connell BP,Hunter JB,Haynes DS,et al.Insertion depth impacts speech perception and hearing preservation for lateral wall electrodes[J].Laryngoscope,2017,127:2352-2357.
- [3]Braun K,Boehnke F,Stark T.Three-dimensional representation of the human cochlea using micro-computed tomography data:presenting an anatomical model for further numerical calculations[J].Acta Oto Laryngol,2012,132(6):603-613.
- [4]Baker G,Barnes N.Model-image registration of parametric shape models:fitting a shell to the cochlea[J].Insight J,2005,August 5.
- [5]Braun K,Boehnke F,Stark T.Three-dimensional representation of the human cochlea using micro-computed tomography data:presenting an anatomical model for further numerical calculations[J].Acta Oto Laryngol,2012,132(6):603-613.
- [6]Erixon E,Rask-Andersen H.How to predict cochlear length before cochlear implantation surgery[J].Acta Oto Laryngol,2013,133(12):1258-1265.
- [7]Pearlman PC,van Deurzen MH,Pluim JP,et al.Coregistration of preoperative computed tomography and intraoperative three-dimensional rotational X-ray images for cochlear implant surgical evaluation[J].Otolology & Neurotology,2014,35:1759-1764.
- [8]马瑞阳,赵宁,李巍,等.多层螺旋CT及三维重建对人工耳蜗植入术的评估临床耳鼻咽喉头颈外科杂志[J].2015,29(10):878-881.
- [9]万勇,马玉,巩武贤.多排螺旋CT在人工耳蜗植入术后对蜗内电极显示的临床意义[J].中国CT和MRI杂志,2013,11(3):54-56.
- [10]Heimann T,Meinzer HP.Statistical shape models for 3D medical image segmentation:a review[J].Med Image Anal,2009,13(4):543-563.
- [11]谭颂华,唐安洲,陈平,等.人工耳蜗植入术中蜗内电极X线拍片的临床意义[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2012,26(13):598-600.
- [12]Zou J,Lahelma J,Koivisto J,et al.Imaging cochlear implantation with round window insertion in human temporal bones and cochlear morphological variation using high-resolution cone beam CT[J].Acta Otolaryngologica,2015,135(5):466-472.
- [13]方军杰,胡宝华,王建锋,等.人工耳蜗植入术后锥体束CT影像评估[J].中国耳鼻咽喉颅底外科杂志[J].2019,25(2):55-57.
- [14]Lathuillière M,Merklen F,Piron JP,et al.Cone-beam computed tomography in children with cochlear implants:the effect of electrode array position on ECAP[J].Int J Pediatr Otorhinolaryngol,2017,92:27-31.
- [15]Dierckx D,Saldarriaga Vargas C,Rogge F,et al.Dosimetric analysis of the use of CBCT in diagnostic radiology:sinus and middle ear[J].Radiat Prot Dosimetry,2015,163(1):125-132.
- [16]De Vos W,Casselmann J,Swennen GR.Cone-beam computerized tomography(CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature[J].Int J Oral Maxillofac Surg,2009,38(6):609-625.
- [17]Mosnier I,Célérier C,Bensimon JL,et al.Cone beam computed tomography and histological evaluations of a straight electrode array positioning in temporal bones[J].Acta Otolaryngol,2017,137(3):229-234.
- [18]Kjer HM,Vera S,Fagertun J,et al.Image Registration of Cochlear μ CT Data Using Heat Distribution Similarity[M]//Scandinavian Conference on Image Analysis, Springer, 2015: 234-245.
- [19]魏璐璐,黄维平,尹中普,等.人工耳蜗植入术前颞骨HRCT与内耳MR的评估价值[J].中国CT和MRI杂志,2018,16(12):37-40.
- [20]郭学军.耳蜗植入术后的影像学评估进展[J].罕少疾病杂志,2015,22(1):10-12,14.
- [21]刘永刚,魏璐璐.颞骨轴位高分辨CT在人工耳蜗植入中的指导作用及术后评估价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(10):20-24.
- [22]张森,王越,张鹏.蜗神经发育不良患儿临床特点及影像学表现分析[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(4):26-29.

(收稿日期:2023-11-16)

(校对编辑:孙晓晴)