

锥形束CT观察中内耳细微结构的应用价值

方勤¹ 周文雯¹ 刘艳玲¹ 刘玲媛¹ 谭颂华¹

[摘要] 目的:探究锥形束计算机断层扫描(CBCT)在颞骨细微结构测量的可行性及正常值范围。方法:15例福尔马林浸泡固定的人类尸头标本分别行CBCT、高分辨率CT、Micro CT扫描,对包括听骨链、耳蜗、半规管及面神经等在内的中内耳结构进行形态学测量,比较三种扫描方法所测结果间差异。结果:三种不同CT扫描所测参数组间对比除镫骨底板厚度($P<0.01$)及耳蜗底周管径($P<0.01$)外,余差异均无统计学意义。CBCT对面神经骨管缺损具有较好的诊断价值。结论:CBCT扫描时间短,辐射剂量小,成像质量高,能较准确地显示颞骨内各精细结构的形态特点,是耳科影像学的可靠评估方法。

[关键词] 锥形束计算机断层扫描;多平面重建;颞骨

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2021.09.005

[中图分类号] R814.42 **[文献标志码]** A

Value of cone-beam computer tomography in the middle and inner ear observation

FANG Qin ZHOU Wenwen LIU Yanling LIU Lingyuan TAN Songhua

(Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, the First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning, 530021, China)

Corresponding author: TAN Songhua, E-mail: songhuatan@126.com

Abstract Objective: To identify the feasibility and normal range of cone beam computer tomography (CBCT) in the measurement of temporal bone. **Methods:** 15 formalin fixed human cadaver head specimens were scanned by CBCT, high resolution CT, and Micro CT, respectively. Morphological parameter measurements of the middle and inner ear structures including ossicular chain, cochlea, semicircular canal and facial nerve were performed, and the results measured by the three scanning methods were compared. **Results:** None of the parameters measured by the three scanning methods were statistically significant except the thickness of stapes footplate ($P<0.01$) and the diameter of cochlear basal turn ($P<0.01$). CBCT was superior in detecting facial nerve bony canal dehiscence. **Conclusion:** CBCT has the advantages of short scanning time, low radiation dose and high resolution. It can accurately display the morphological characteristics of the temporal bone structures, and is a reliable evaluation method for otological surgery.

Key words cone-beam computer tomography; multiple plane reconstruction; temporal bone measurement

锥形束计算机断层扫描(cone-beam computer tomography, CBCT)具有放射剂量小、成像质量高等优点,近年来在耳鼻喉科前颅底、侧颅底及头颈部的成像研究逐渐成熟^[1-3]。在耳科影像学方面, CBCT目前已进一步用来甄别耳硬化症微小病灶,评价人工耳蜗植入术后电极位置,了解Ⅲ型鼓室成形术后 TORP 假体位置、面神经管成像等^[4-9]。CBCT在耳科领域具有巨大应用潜力,本研究应用CBCT多平面重建技术,确定中、内耳重要结构的测量平面及标准径线,提供基于CBCT扫描的颞骨精细结构的测量范围参考。

1 材料与方法

1.1 材料及扫描方法

本研究使用15例(30耳)福尔马林浸泡固定、无耳科疾患的成人尸头标本(具体年龄、性别不

详),来源于广西医科大学人体解剖学教研室。同一尸头进行CBCT、高分辨率CT(HRCT)、Micro CT顺序扫描。CBCT扫描参数如下:管电压120 kV,管电流5 mA,扫描野8 cm×8 cm(单侧),扫描时间7 s,层厚0.125 mm。普通HRCT扫描使用GE CT机完成,扫描参数:管电压140 kV,管电流140 mA,矩阵512×512,扫描时间4.5~5.5 s,层厚0.625 mm。扫描范围为乳突尖至眼眶上缘。将尸头双侧颞骨部分切割分离,取出部分外耳道、完整的中耳及内耳、内听道。将标本修正为3 cm×3 cm×6 cm大小,对标本进行分别编号并标记左右侧,分离的颞骨标本行Micro-CT扫描,扫描参数:管电压90 kV,管电流276 μA,扫描层厚16 μm,扫描时间285 ms,分辨率1336×2000。扫描所得图像均导出以DICOM格式图像保存。

1.2 CT图像多平面重建方法

将CBCT、HRCT扫描的颅骨以及Micro-CT

¹广西医科大学第一附属医院耳鼻咽喉头颈外科(南宁, 530021)

通信作者:谭颂华, E-mail: songhuatan@126.com

扫描的中耳、内耳图像数据导入 Mimics20.0 软件,应用多平面重建(multiple plane reconstruction, MPR)技术重建锤砧骨(图 1)、镫骨(图 2)、耳蜗及半规管(图 3)、面神经斜位(图 4)^[10-13]。

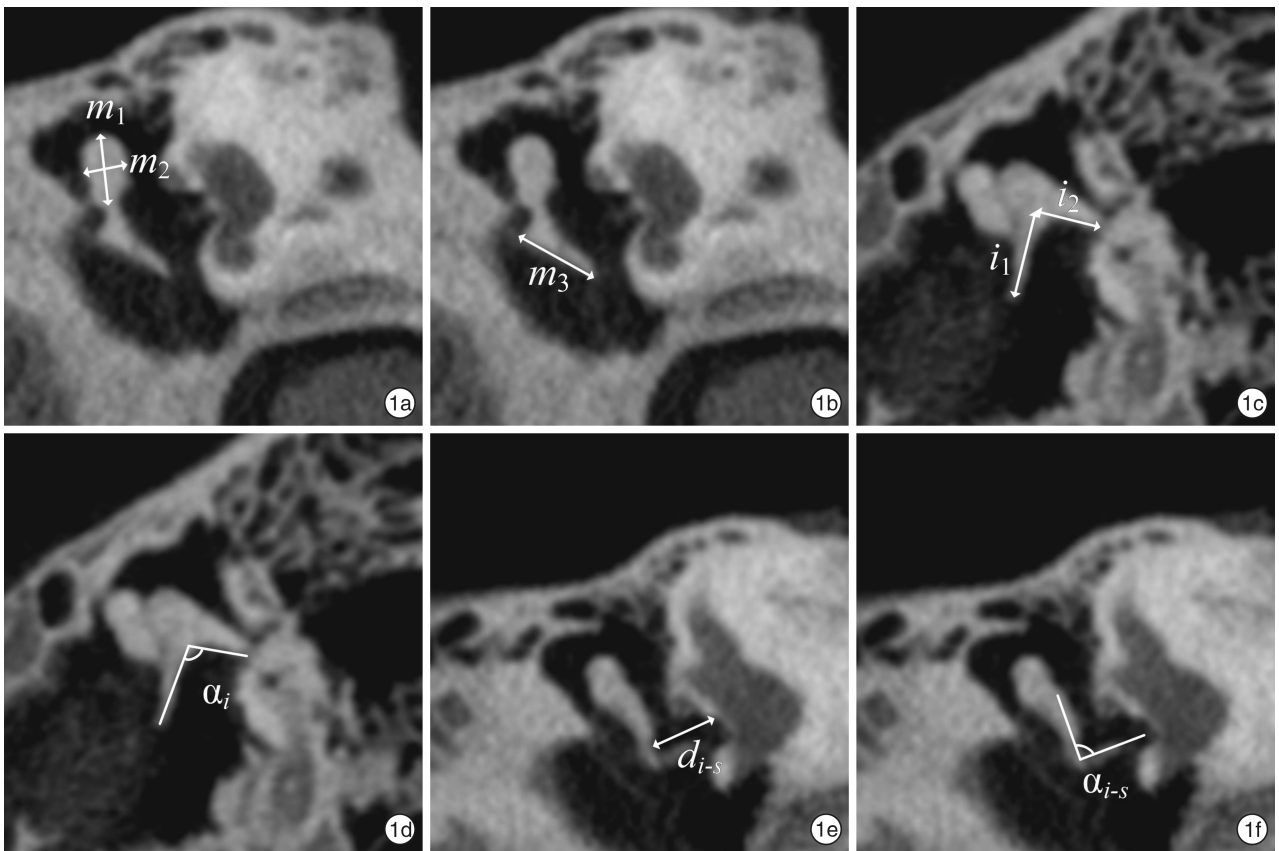
1.3 中内耳细微结构测量

所有参数由三位阅片经验丰富的耳科医生独立测量,并选取平均值作为最终结果。测量的具体方法如下:①在镫骨斜冠位测量:锤骨头长径(m_1)、宽径(m_2)及锤骨柄长度(m_3);②在砧骨位测量:砧骨长脚长度(i_1)、短脚长度(i_2)及长短脚所夹角度(α_i);③在砧骨斜冠位平面测量:砧骨长脚下缘至镫骨底板距离(d_{i-s})、砧骨长脚与镫骨上结构所夹角度(α_{i-s});④在镫骨斜位测量:镫骨底板长度(s_1)、厚度(f)及前后弓距离(s_2);⑤在耳蜗位测量:圆窗经蜗顶至最远蜗内壁的耳蜗底周长径(c_1)、过蜗顶与长径垂直的耳蜗底周宽径(c_2)、耳蜗底周管径(c_3);⑥在耳蜗斜矢位测量:耳蜗底周高度(c_4)、耳蜗底转的左右最长径(c_5)、耳蜗顶至底周下壁间的垂直距离(c_6)、耳蜗顶至中周下半周管壁间的垂直距离(c_7);⑦在半规管中:定义自前

庭至最远骨内壁的距离为该半规管高度(a_1 、 p_1 、 l_1)、过其中点并与之垂直的为该半规管宽度(a_2 、 p_2 、 l_2)、距前庭最远的骨半规管内外壁间距离为该半规管内径(a_3 、 p_3 、 l_3);⑧在面神经斜轴位中:测量迷路段长(f_1)、Bill 嵴处转角角度(α_{Bill});⑨在面神经斜矢位中:测量自鼓膜张肌耳蜗端至膝部转角的鼓室段长度(f_2)、膝部转角角度(α_{geni})、评价面神经鼓室段骨管完整性;⑩在鼓索神经斜矢位中:测量鼓索神经与面神经所夹角度(α_{fr-ctn})。

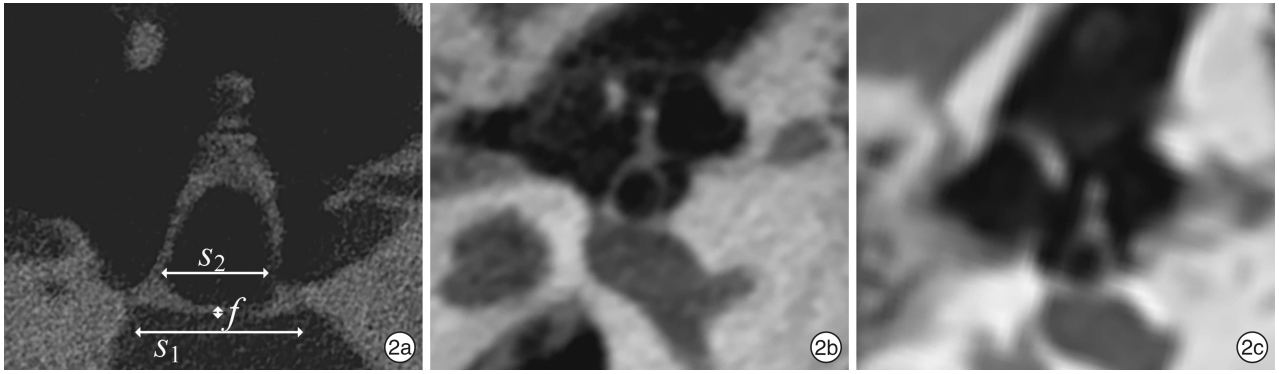
1.4 统计学方法

将所有数据汇总至 Excel 表格,使用 SPSS 21.0 进行统计学分析。对所有参数进行正态性检验后,符合正态分布的变量表示为 $\bar{x} \pm s$,组间比较使用单因素方差分析;符合偏态分布的变量表示为 $M(P25, P75)$,组间比较使用秩和检验。采用 McNemar 法检验不同扫描条件下面神经骨管完整性评价的一致性,并计算 Kappa 值。应用 RStudio (版本 1.4.1717)及 pROC 工具包绘制 ROC 曲线。检验水准确定为 $P=0.05$ 。



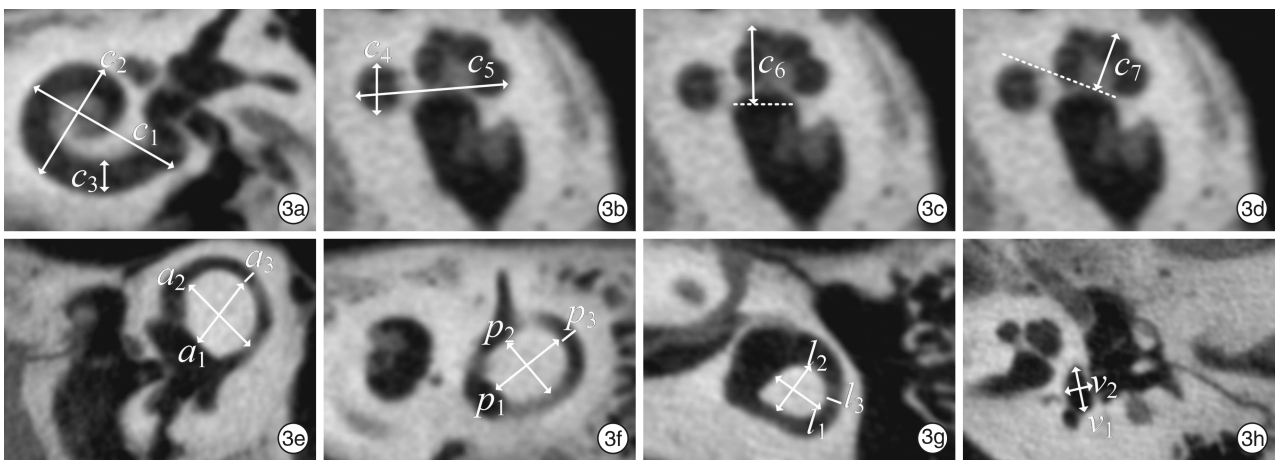
1a:锤骨位:锤骨头长径(m_1)、锤骨头宽径(m_2);1b:锤骨位:锤骨柄长度(m_3);1c:砧骨位:砧骨长脚长度(i_1)、砧骨短脚长度(i_2);1d:砧骨位:砧骨长脚及短脚夹角(α_i);1e:砧骨斜冠位:砧骨长脚下缘至镫骨底板距离(d_{i-s});1f:砧骨斜冠位:砧镫关节夹角(α_{i-s})。

图 1 CBCT 测量锤骨、砧骨、镫骨相关径线及角度示意



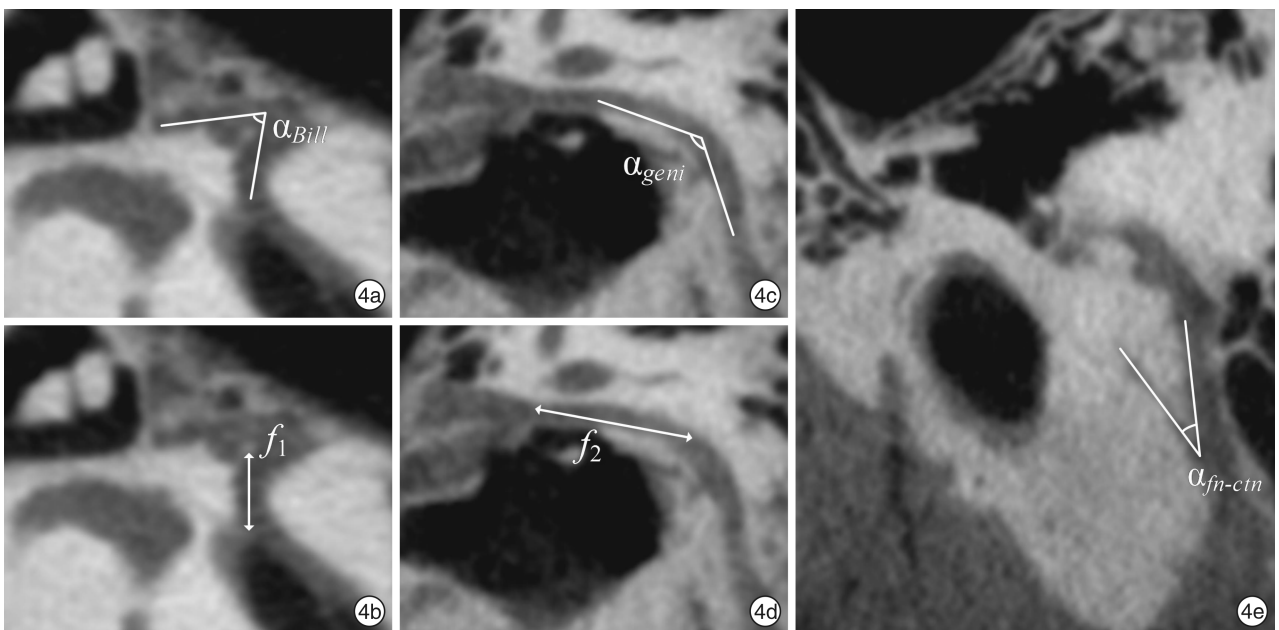
2a: Micro CT 颧骨: 示颧骨底板长度(s_1)、颧骨前后弓距离(s_2)、颧骨底板厚度(f); 2b: CBCT 斜位颧骨形态; 2c: HRCT 斜位颧骨形态。

图 2 Micro CT、CBCT 及 HRCT 颧骨斜位测量径线示意及成像质量比较



3a: 耳蜗位: 底周长径(c_1)、底周宽径(c_2)、底周管径(c_3); 3b: 耳蜗斜矢位: 底周高度(c_4)、底周上半周宽度(c_5); 3c: 耳蜗斜矢位: 耳蜗高度(c_6); 3d: 耳蜗斜矢位: 耳蜗中周高度(c_7); 3e: 上半规管斜冠位: 上半规管高度(a_1)、宽度(a_2)、内径(a_3); 3f: 后半规管斜矢位: 后半规管高度(p_1)、宽度(p_2)、内径(p_3); 3g: 外半规管斜轴位: 外半规管高度(l_1)、宽度(l_2)、内径(l_3); 3h: 前庭斜轴位: 前庭长径(v_1)、宽径(v_2)。

图 3 CBCT 测量耳蜗、半规管及前庭径线示意



4a: 面神经斜轴位: 面神经 Bill 嵴转角(α_{Bill}); 4b: 面神经斜轴位: 迷路段长(f_1); 4c: 面神经斜矢位: 膝部转角(α_{geni}); 4d: 面神经斜矢位: 鼓室段长(f_2); 4e: 鼓索神经斜矢位: 面-鼓索夹角(α_{fn-ctn})。

图 4 CBCT 测量面神经径线、角度示意

2 结果

本研究用于影像测量的共 15 例尸头 30 耳,所有结构经 MPR 技术重建后均可完整显示,其中 7 耳因运动伪影或切割无法辨认全部中内耳结构仅完成部分测量,余 23 耳完成 CBCT、HRCT 和 Micro CT 的全部参数测量,各测量结果见表 1、2。

所测量各参数的耳侧对比差异无统计学意义。三种不同 CT 扫描所测结果组间对比除镫骨底板厚度($P < 0.01$)及耳蜗底周管径($P < 0.01$)外,其

他差异均无统计学意义。

CBCT、HRCT 判断面神经骨管完整性与 Micro CT 结果比较差异无统计学意义(表 3),具有一致性(CBCT: Kappa 值 0.680, $P < 0.05$; HRCT: Kappa 值 0.485, $P < 0.05$)。经敏感性、特异性分析,CBCT 判断面神经骨管完整性的能力优于 HRCT(AUC 分别为 0.824、0.724),对面神经骨管缺损具有较好诊断价值。见图 5。

表 1 不同 CT 扫描方法测得锤、砧、镫骨及面神经变异情况

部位	Micro CT	CBCT	HRCT	P
锤骨柄长度/mm	4.40±0.22	4.47±0.37	4.38±0.27	>0.05
锤骨头长径/mm	3.33±0.20	3.33±0.14	3.38±0.18	>0.05
锤骨头宽径/mm	2.26±0.19	2.30±0.12	2.32±0.14	>0.05
砧骨长脚长度/mm	3.90±0.25	3.86±0.15	3.88±0.17	>0.05
砧骨短脚长度/mm	2.32±0.21	2.38±0.21	2.40±0.24	>0.05
砧骨长短脚夹角/(°)	116.72±2.63	116.63±1.16	116.18±1.69	>0.05
砧骨长脚下缘至底板距离/mm	3.66±0.24	3.70±0.15	3.70±0.10	>0.05
镫骨底板厚度/mm	0.29±0.05	0.38±0.04	0.44±0.04	<0.01
镫骨底板长度/mm	2.57±0.25	2.61±0.16	2.57±0.17	>0.05
镫骨前后弓距离/mm	1.78±0.25	1.73±0.12	1.72±0.10	>0.05
砧镫关节角度/(°)	94.79±2.89	95.32±2.04	94.75±1.81	>0.05
面神经前膝角/mm	83.94±4.41	83.98±1.61	83.23±1.91	>0.05
面神经迷路段长/mm	2.80±0.24	2.75±0.24	2.83±0.27	>0.05
面神经鼓室段长/mm	10.27±0.25	10.12±0.32	10.25±0.23	>0.05
面神经后膝角/(°)	126.47±3.31	126.91±0.95	126.81±1.07	>0.05
与鼓索神经夹角/(°)	26.77±1.89	26.21±1.57	26.23±1.09	>0.05

表 2 不同 CT 扫描方法测得耳蜗、前庭、半规管变异情况

部位	Micro CT	CBCT	HRCT	P
耳蜗底周长径	8.85±0.55	8.86±0.54	8.85±0.49	>0.05
耳蜗底周宽径	6.64±0.43	6.52±0.32	6.57±0.38	>0.05
耳蜗底周管径	2.02±0.15	1.95±0.18	1.66±0.15	<0.01
耳蜗底周上半周宽度	7.14±0.28	7.02±0.26	7.09±0.40	>0.05
耳蜗底转高度	2.07±0.15	2.07±0.10	2.04±0.14	>0.05
耳蜗中周高度	2.99±0.21	2.95±0.11	2.97±0.17	>0.05
耳蜗高度	3.68±0.19	3.64±0.18	3.63±0.23	>0.05
前庭长径	4.45±0.35	4.34±0.26	4.36±0.20	>0.05
前庭宽径	2.77±0.43	2.73±0.36	2.72±0.35	>0.05
上半规管高度	6.00±0.18	6.13±0.39	6.14±0.38	>0.05
上半规管宽度	5.88±0.32	5.92±0.18	5.86±0.32	>0.05
上半规管内径	0.92±0.12	0.96±0.07	0.98±0.05	>0.05
后半规管高度	5.45±0.65	5.47±0.54	5.43±0.68	>0.05
后半规管宽度	4.80±0.51	4.93±0.45	4.99±0.48	>0.05
后半规管内径	1.13±0.13	1.09±0.07	1.10±0.11	>0.05
外半规管高度	3.74±0.61	3.83±0.49	3.87±0.32	>0.05
外半规管宽度	3.42±0.30	3.43±0.61	3.49±0.28	>0.05
外半规管内径	1.17±0.12	1.16±0.12	1.14±0.06	>0.05

表 3 CBCT 和 HRCT 对面神经骨管完整性的判断

CT	敏感性/%	特异性/%	约登指数	Kappa 值	P
CBCT	70.0	94.7	0.647	0.680	>0.05
HRCT	50.0	94.7	0.447	0.485	>0.05

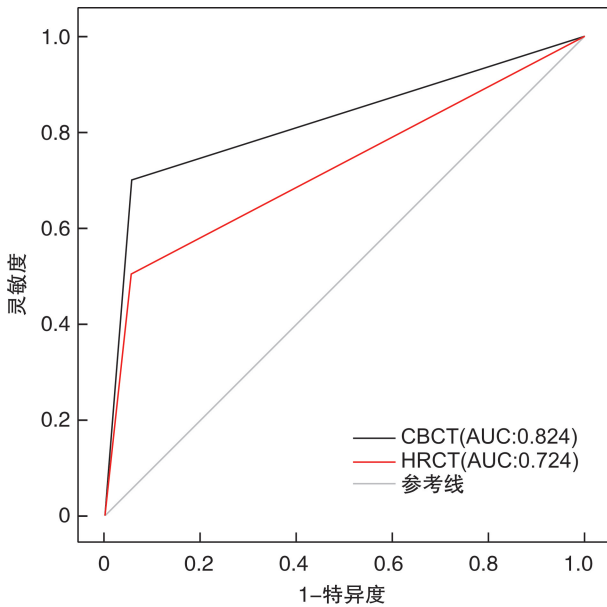


图 5 CBCT 和 HRCT 对面神经骨管完整性判断的 ROC 曲线

3 讨论

3.1 CBCT 扫描的特点

颞骨位于头颅两侧,内含中、内耳等复杂精细结构,对其解剖特点的充分认识是耳显微外科的基础。HRCT 被广泛应用于颞骨病变的术前评价,能较好显示中内耳结构,但其空间分辨率、部分容积效应局限性明显^[14]。与骨-气对比不同,骨-软组织、气-软组织的灰度差异较小,在扫描层厚较大时,不同组织间边界模糊,对镞骨底板测量(底板-前庭池)、面神经骨管完整性评价(骨-软组织)等的影响较大,常出现“阶梯”状伪影点,难以发现耳硬化症微小硬化灶、面神经骨管细微缺损等,评估价值有限^[15]。CBCT 通过小视野高清成像、薄层扫描可以确保获得各向同性的图像,达到提高空间分辨率、降低部分容积效应的目的^[1,16]。本研究三种 CT 的扫描层厚分别为 0.018 mm (Micro CT)、0.125 mm (CBCT)、0.625 mm (HRCT),对空间分辨率的显示最大差异达 34 倍 (HRCT vs Micro CT)。Micro CT 可清晰显示耳蜗基底膜、螺旋韧带等结构,经过特殊固定及染色手段还可应用于椭圆囊和球囊的形态评估^[17-18]。因其对扫描标本大小有严格限制、扫描时间长、放射剂量大等缺点,目前仅能用于体外研究^[18]。CBCT 与 Micro CT 的空间分辨率仅相差 7 倍,能清晰显示中、内耳细微结构,不受扫描尺寸的限制,整体成像效果优

于 HRCT,接近 Micro CT^[18]。其次,CBCT 使用平面探测器,扫描时间不到 1 min,检查剂量仅为 HRCT 的 1/3 ~ 1/10,累积辐射剂量远小于 HRCT,在耳科术后长期随访中有较大优势^[19-21]。再者,CBCT 占地面积小,成本仅为传统 CT 的 1/3 ~ 1/5,处于快速普及阶段,已出现耳鼻喉科专用的 CBCT 商用机,具有广阔的临床应用前景^[1,21]。

CBCT 扫描体位多为站位或坐位,患者头部适当固定,并要求在检查过程中不能出现体位移动。Walliczek-Dworschak 等^[2]发现,儿童在 CBCT 检查中约 3.7%的重复扫描源于运动伪影。对于儿童或老年患者,可提供头部固定辅助装置,以保证扫描质量^[1]。CBCT 的灰阶过渡细腻、图片信息量大,颞骨内天然骨-气对比可部分补偿密度分辨率不足的缺陷,但整体而言,CBCT 的软组织分辨率较低、信噪比不高,不是一个评估颞内软组织病变的有效手段^[15,22]。另外,CBCT 射线散射率较高,选用小视野扫描时常需数次曝光以准确定位,无形中增加患者的检查放射成本,在选择扫描方法时应根据患者情况充分权衡利弊^[23]。

3.2 CBCT-MPR 中内耳结构测量范围及意义

影像学测量能较好地反映颞骨内的结构变异情况,且更符合耳科医师术前评估习惯。Micro CT 扫描层厚薄,显示中耳精细结构能力优于大体标本,本研究采用 Micro CT 实测值作为标本测量结果的参考,意在确定统一测量平面、测量径线,减少三组数据间的异质性。大多测量参数的 CBCT 与 HRCT 实测结果相比无统计学差异,但前者更高的空间分辨率、较细腻的像素点在评估中内耳细微病变或畸形方面优势、潜力较大。

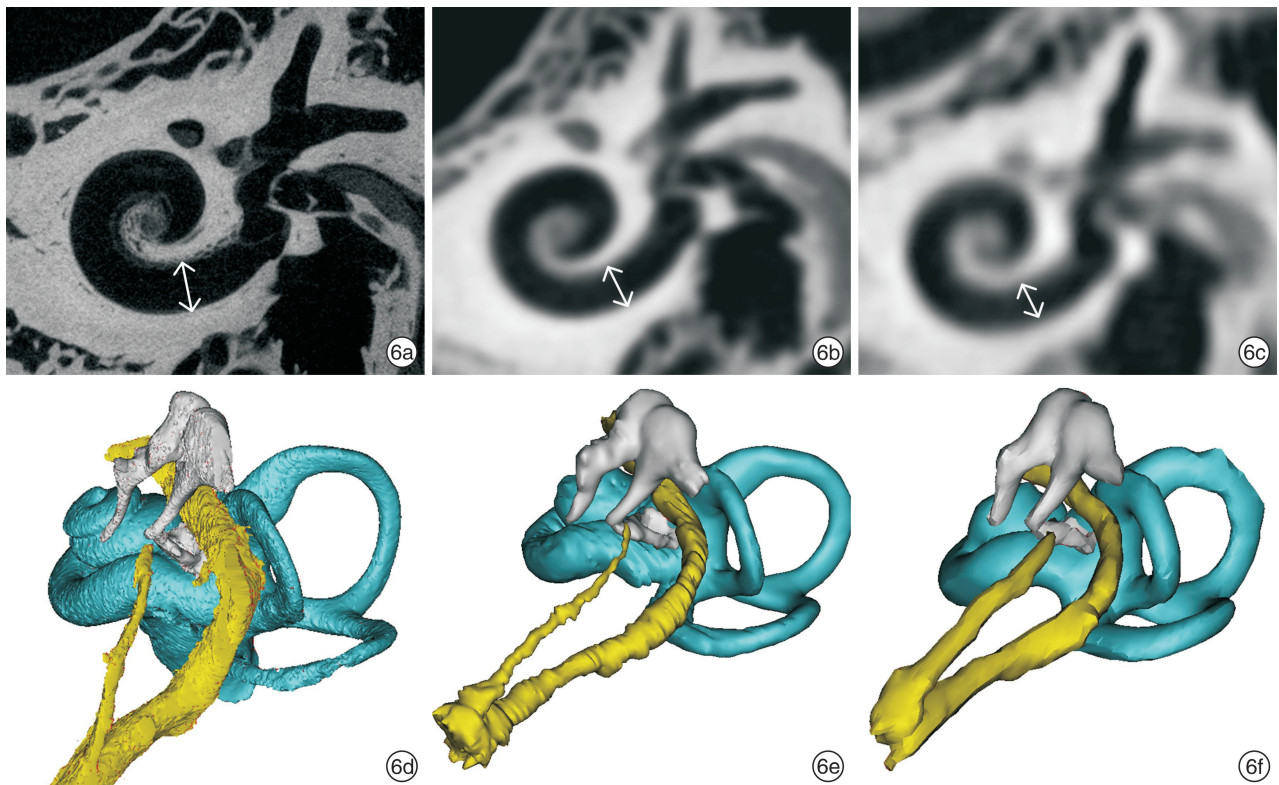
MPR 可允许感兴趣区 (ROI) 尽量在同一平面展示,并提供多方位观察角度,目前较多应用于听骨链的显示、人工耳蜗电极评估、面神经走行评估等,能弥补常规观察窗的不足^[6,11-12]。颞骨 HRCT 在临床应用广泛,为目前应用 MPR 测量较多的扫描工具。

听骨链:CBCT 测得锤骨、砧骨和镞骨大小径线及其间夹角的范围如表 1 所示。锤骨柄长度、锤骨头长、锤骨头宽径等稍大于唐作华等^[24]的 MSCT 测量结果。砧骨长脚至镞骨底板距离与 Gluth 等^[25]在尸头标本所得结果相近,大于徐宁等^[26]在 HRCT 所测结果。镞骨底板长度、砧骨短脚长度小于顾于燕^[27]与柴麦娥^[28]在听骨标本的测量结果。其间差异可能与样本的异质性、扫描参数、重建层厚、测量平面选择、测量径线端点定位等不同有关。本研究测得镞骨底板中间位置的厚度值为 (0.38±0.04) mm,与 Dahmani-Causse 等^[21]在尸头标本的 CBCT 测量结果差别不大。CBCT 和 HRCT 所得结果与 Micro CT 实测结果相比差

异有统计学意义,尽管 CBCT 具有较小的体素和部分容积效应,但与 Micro CT 相比仍存在一定差距。与 HRCT 相比,CBCT 对镫骨结构的显示更清晰,窗前裂间隙亦清晰可见,可知在诊断镫骨畸形或底板硬化等病变时,CBCT 具有较大的优越性(图 4)。针对听骨链的测量有助于估计中耳手术中所用人工听骨的长度,对于砧-前庭桥接、锤-前庭桥接的患者尤为重要^[29-30]。

耳蜗、前庭及半规管:巩武贤等^[10]测得耳蜗底周长径、耳蜗高度均大于 CBCT 实测值,而耳蜗底周上半周宽及耳蜗中周高度均小于本研究 CBCT 实测值。耳蜗径线的测量有助于发现畸形耳蜗、改进人工耳蜗电极设计等。在耳蜗位的测量中,耳蜗底周管径在一定程度上反映了耳蜗底周骨螺旋板至耳蜗外骨壁的距离,若其偏小,则应警惕耳蜗发育畸形或骨化,在制定 CI 方案时应作为异常耳蜗

处理。CBCT 和 HRCT 对骨螺旋板的显示差于 Micro CT(图 6),以致耳蜗底周管径这一径线的测量起点不甚准确,三组数据结果对比存在差异,但这并未影响 CBCT 和 HRCT 作为耳科术前常规影像评价手段的价值。杨颖等^[31]及曾令延等^[32]分别在 HRCT 及 MRI 上测量正常内耳前庭大小,所得长、宽径结果均较 CBCT 实测值大。前庭池大小与内耳发育有关,前庭扩大患者可能伴发耳蜗畸形。另外,前庭池深度还可间接判断椭圆囊球囊位置,对镫骨手术术后假体植入深度的判断意义重大^[33]。本研究为标本 CT 测量,部分尸头在行 CT 扫描前已放尽外淋巴液并以其液体填充内耳,与骨性结构的密度对比强烈,局部结构较为清晰;部分留存内淋巴液的标本部分容积效应较明显,判断结构边界存在困难,本研究结果应用于临床参考时应考虑这一点。



6a~c:Micro CT、CBCT、HRCT 耳蜗位对比;6 d~f:Micro CT、CBCT、HRCT 三维建模精细程度对比。

图 6 Micro CT、CBCT 及 HRCT 耳蜗成像质量及三维精细模型比较

面神经:本研究将鼓膜张肌耳蜗端定义为面神经鼓室段测量的端点,测得 CBCT 鼓室段长 $(10.12 \pm 0.32) \text{ mm}$ ^[34]。唐作华等^[24]在 HRCT 测量的面神经鼓室段长 $(10.90 \pm 1.20) \text{ mm}$,较实测结果大。而马晓波等^[35]所测面神经前膝部、后膝部角度较 CBCT 实测结果小,其中原因可能是测量径线定点差异、测量角度时选择的顶点位置不同。在 MPR 过程中,鼓索神经分出处可能存在变形,导致测量

存在误差。McManus 等^[36]报道鼓索神经分叉处夹角约为 22° ,与笔者 CBCT 的所测结果相差不大。面神经长度、角度的测量有助于了解是否存在面神经畸形等异常,面-鼓索神经夹角的测量可间接评估面隐窝的宽度,是后鼓室径路人工耳蜗植入术前评估的参数之一。中耳病变易波及面神经鼓室段,面神经骨管局部缺损的患者因手术或炎症出现周围性面神经麻痹的概率较高^[37]。本研究发现,

CBCT、HRCT 判断面神经骨管完整性与 Micro CT 结果具有一致性,但一致性一般。与 HRCT 相比,CBCT 在判断面神经骨管完整性的 AUC > 0.75,且差异有统计学意义,提示 CBCT 有较好的诊断价值,HRCT 的 AUC 在 0.75 以下,对面神经骨管缺损的判断价值有限,结果与 Zhang 等^[38]发现 CBCT 对面神经骨管缺损的评价优于 HRCT 一致,但 CBCT 的敏感性不高,微小骨管缺损的诊断依然需靠术中探查明确。

CBCT 是一个可靠的成像手段,可较准确评估中耳、内耳细微结构变异情况。CBCT 检查剂量低、空间分辨率高,可作为人工耳蜗术后电极位置评价及中耳人工听骨重建术后影像学随访的有力候选工具。

参考文献

- [1] Nasseh I, Al-Rawi W. Cone Beam Computed Tomography[J]. Dent Clin North Am, 2018, 62(3): 361-391.
- [2] 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.
- [3] Stutzki M, Jahns E, Mandapathil MM, et al. Indications of cone beam CT in head and neck imaging[J]. Acta Otolaryngol, 2015, 135(12): 1337-1343.
- [4] Patel S, Dawood A, Ford TP, et al. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems[J]. Int Endod J, 2007, 40(10): 818-830.
- [5] Redfors YD, Grondahl HG, Hellgren J, et al. Otosclerosis: anatomy and pathology in the temporal bone assessed by multi-slice and cone-beam CT [J]. Otol Neurotol, 2012, 33(6): 922-927.
- [6] Razafindranaly V, Truy E, Pialat JB, et al. Cone Beam CT Versus Multislice CT: Radiologic Diagnostic Agreement in the Postoperative Assessment of Cochlear Implantation[J]. Otol Neurotol, 2016, 37(9): 1246-1254.
- [7] Komori M, Yanagihara N, Hyodo J, et al. Position of TORP on the stapes footplate assessed with cone beam computed tomography[J]. Otol Neurotol, 2012, 33(8): 1353-1356.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 巩武贤, 巩若箴, 赵斌, 等. 正常人耳蜗标准化 HRCT 径线测量[J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(8): 1254-1257.
- [11] 张征宇, 王争, 赵鹏飞, 等. 锥形束 CT 观察成人离体面神经管膝状神经窝影像学解剖[J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(2): 284-288.
- [12] 阮士栋, 巩武贤, 樊兆民, 等. 慢性中耳炎患者听骨链功能状态的 HRCT 评价[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26(5): 791-794, 803.
- [13] 宋跃帅, 龚树生. 内耳及相关解剖结构的教学方法和经验[J]. 中华耳科学杂志, 2020, 10(1): 208-213.
- [14] Gupta R, Bartling SH, Basu SK et al. Experimental flat-panel high-spatial-resolution volume CT of the temporal bone[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2004, 25(8): 1417-1424.
- [15] Penninger RT, Tavassolie TS, Carey JP. Cone-beam volumetric tomography for applications in the temporal bone[J]. Otol Neurotol, 2011, 32(3): 453-460.
- [16] Yamashita K, Hiwatashi A, Togao O, et al. Ultra-high-resolution CT scan of the temporal bone[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol 2018, 275(11): 2797-2803.
- [17] Curthoys IS, Uzun-Coruhlu H, Wong CC, et al. The configuration and attachment of the utricular and saccular maculae to the temporal bone. New evidence from microtomography-CT studies of the membranous labyrinth[J]. Ann N Y Acad Sci, 2009, 1164: 13-18.
- [18] Zou J, Hannula M, Lehto K, et al. X-ray microtomographic confirmation of the reliability of CBCT in identifying the scalar location of cochlear implant electrode after round window insertion [J]. Hear Res, 2015, 326: 59-65.
- [19] 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.
- [20] Small BW. Cone beam computed tomography[J]. Gen Dent 2007, 55(3): 179-181.
- [21] Dahmani-Causse M, Marx M, Deguine O, et al. Morphologic examination of the temporal bone by cone beam computed tomography: comparison with multi-slice helical computed tomography[J]. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis, 2011, 128(5): 230-235.
- [22] Dalchow CV, Weber AL, Yanagihara N, et al. Digital volume tomography: radiologic examinations of the temporal bone[J]. AJR Am J Roentgenol, 2006, 186(2): 416-423.
- [23] Lata S, Mohanty SK, Vinay S, et al. Is Cone Beam Computed Tomography (CBCT) a Potential Imaging Tool in ENT Practice? A Cross-Sectional Survey Among ENT Surgeons in the State of Odisha, India[J]. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg, 2018, 70(1): 130-136.
- [24] 唐作华, 钱雯, 宋济昌, 等. 耳部正常解剖结构的 CT 数据测量[J]. 临床放射学杂志, 2004, 23(7): 566-570.
- [25] Gluth MB, Cohen MA, Friedland PL, et al. Malleostapedotomy prosthesis size and shape: key measurements from a temporal bone study[J]. Otol Neurotol, 2012, 33(4): 518-522.
- [26] 徐宁, 巩若箴, 巩武贤. 多层螺旋 CTMPR 技术对镫骨

- 结构的显示及相关数据测量[J]. 医学影像学杂志, 2014,24(2):193-196.
- [27] 顾于燕,任冬冬,韩朝. 中国成人正常实体镫骨精确测量及临床意义[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2017, 17(1):16-18.
- [28] 柴麦娥,郝楷,刘书平. 砧骨的测量及临床应用[J]. 解剖学杂志, 1991,14(4):384-386.
- [29] Kaftan H, Bohme A, Martin H. Is the prosthesis length in malleostapedotomy for otosclerosis revision surgery predictable? [J]. *Otol Neurotol*, 2014, 35(7):1150-1155.
- [30] Gosselin E, Elblidi A, Alhabib SF, et al. Predictable prosthesis length on a high-resolution CT scan before a stapedotomy[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2018, 275(9):2219-2226.
- [31] 杨颖,夏明,边志强,等. 高分辨CT正常内耳解剖结构的测量研究[J]. 山东大学学报(医学版), 2008, 46(11):1075-1079.
- [32] 曾令延,魏文洲,李茂进,等. 正常人内耳结构的MR测量[J]. 医学影像学杂志, 2006, 16(3):226-229.
- [33] Sudhoff H, Gehl HB, Boga E, et al. Stapes Prosthesis Length: One Size Fits All? [J]. *Audiol Neurootol*, 2019, 24(1):1-7.
- [34] Zou J, Lahelma J, Arnisalo A, et al. Clinically relevant human temporal bone measurements using novel high-resolution cone-beam CT [J]. *J Otol*, 2017, 12(1):9-17.
- [35] 马晓波,赵守琴,李洁,等. 正常耳颞骨内面神经形态分析[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2015, 22(6):287-289.
- [36] McManus LJ, Dawes PJ, Stringer MD. Clinical anatomy of the chorda tympani: a systematic review [J]. *J Laryngol Otol*, 2011, 125(11):1101-1108.
- [37] Revesz P, Piski Z, Burian A, et al. Delayed Facial Paralysis following Uneventful KTP Laser Stapedotomy: Two Case Reports and a Review of the Literature [J]. *Case Rep Med*, 2014, 2014:971362.
- [38] Zhang Z, Yin H, 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.

(收稿日期:2021-05-27)

(上接第787页)

- [5] 中国医师协会神经内科医师分会疼痛和感觉障碍学组,中国医药教育协会眩晕专业委员会,中国研究型医院学会头痛与感觉障碍专业委员会. 前庭性偏头痛诊治专家共识(2018)[J]. 中国疼痛医学杂志, 2018, 24(7):481-488.
- [6] Dieterich M, Obermann M, Celebisoy N. Vestibular migraine: the most frequent entity of episodic vertigo [J]. *J Neurol*, 2016, 263 Suppl 1:S82-89.
- [7] Grech O, Mollan S P, Wakerley B R, et al. The Role of Metabolism in Migraine Pathophysiology and Susceptibility [J]. *Life (Basel)*, 2021, 11(5):415.
- [8] Byun YJ, Levy DA, Nguyen SA, et al. Treatment of Vestibular Migraine: A Systematic Review and Meta-analysis [J]. *Laryngoscope*, 2021, 131(1):186-194.
- [9] Ashina M. Migraine [J]. *N Engl J Med*, 2020, 383(19):1866-1876.
- [10] Gode S, Celebisoy N, Kirazli T, et al. Clinical assessment of topiramate therapy in patients with migrainous vertigo [J]. *Headache*, 2010, 50(1):77-84.
- [11] Silberstein SD. Topiramate in Migraine Prevention: A 2016 Perspective [J]. *Headache*, 2017, 57(1):165-178.
- [12] Khalil NY, AlRabiah HK, Al Rashoud SS, et al. Topiramate: Comprehensive profile [J]. *Profiles Drug Subst Excip Relat Methodol*, 2019, 44:333-378.
- [13] Parikh SK, Silberstein SD. Current Status of Antiepileptic Drugs as Preventive Migraine Therapy [J]. *Curr Treat Options Neurol*, 2019, 21(4):16-16.
- [14] White HS. Molecular pharmacology of topiramate: managing seizures and preventing migraine [J]. *Headache*, 2005, 45 Suppl 1:S48-56.
- [15] Salmito MC, Duarte JA, Morganti L, et al. Prophylactic treatment of vestibular migraine [J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2017, 83(4):404-410.
- [16] Domínguez-Durán E, Montilla-Ibáñez MA, Álvarez-Morujó de Sande MG, et al. Analysis of the effectiveness of the prophylaxis of vestibular migraine depending on the diagnostic category and the prescribed drug [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2020, 277(4):1013-1021.
- [17] Byun YJ, Levy DA, Nguyen SA, et al. Treatment of Vestibular Migraine: A Systematic Review and Meta-analysis [J]. *Laryngoscope*, 2021, 131(1):186-194.

(收稿日期:2021-05-26)