

镫骨形态及其模拟病变的 Micro-CT 观察

赵晓畅¹ 解佼佼² 于子龙¹

[摘要] **目的:**了解镫骨形态及与其相关模拟病变的影像学表现,为相关研究提供资料。**方法:**取经甲醛溶液固定的6具(颞骨12侧)成人尸头,其中1具尸头(2侧颞骨)于显微镜下分别做镫骨足板穿孔、断裂模型,对其余5具(10侧)颞骨做镫骨形态学测量。取出颞骨(12侧),行Micro-CT扫描,应用Mimics 17.0等软件行二维、三维结构重建。**结果:**①镫骨形态学观察:镫骨头、前后脚、足板及毗邻结构的二维结构显示清晰;三维重建后可以清晰显示镫骨头关节面、镫骨头倾斜方向及前后脚的大小。②镫骨相关结构定量观察及统计学分析,镫骨高度:左侧(3.32±0.22)mm、右侧(3.35±0.21)mm;镫骨头高度:左侧(1.11±0.28)mm、右侧(1.09±0.30)mm;前脚长度:左侧(3.45±0.24)mm、右侧(3.35±0.26)mm;后脚长度:左侧(3.35±0.33)mm、右侧(3.27±0.28)mm;闭孔纵径:左侧(2.03±0.25)mm、右侧(2.01±0.23)mm;闭孔横径:左侧(1.82±0.30)mm、右侧(1.79±0.24)mm;足板长度:左侧(2.56±0.22)mm、右侧(2.58±0.26)mm;足板宽度:左侧(1.33±0.33)mm、右侧(1.33±0.28)mm。上述测量结果左右侧比较差异无统计学意义($P>0.05$)。③镫骨模拟病变的Micro-CT观察及与高分辨率CT比较,Micro-CT可清晰显示镫骨足板穿孔、断裂等模拟病变。**结论:**Micro-CT可以准确、清晰地显示镫骨结构、形态及模拟病变(模型),为相关研究提供了重要参考资料和方法。

[关键词] Micro-CT; 镫骨; 三维结构重建

doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2019.07.021

[中图分类号] R764.3 **[文献标志码]** A

Observation of human stapes and simulated stapediale lesion based on Micro-CT scanning

ZHAO Xiaochang¹ XIE Jiaojiao² YU Zilong¹

(¹Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing, 100730, China; ²Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Beijing Luhe Hospital, Capital Medical University)

Corresponding author: YU Zilong, E-mail: zilongyu88@sina.com

Abstract Objective: The aim of this study is to understand the imaging morphology of the humerus morphology and its associated simulated lesions, and to provide information for related research. **Method:** Six adult cadaveric heads fixed by formaldehyde solution (12 sides of the tibia) were used. One of the cadaveric heads (two sides of the tibia) was perforated and fractured under the microscope. The remaining 5 (10 sides) were used. The humerus was used for morphological measurements of the tibia. The tibia (12 sides) was taken out, Micro-CT scan was performed, and two-dimensional and three-dimensional reconstruction were performed using software such as Mimics 17.0 software. **Result:** ①Stapedial morphologic observation: the head, curs and footplate of the stapes and the adjacent structures can be well displayed on two dimensional structures. ②Quantitative measurements and statistics: There were no significant statistic differences about the data that had been measured between the right ears and the left ears ($P>0.05$). ③ Micro-CT was more clearly in displaying the precise structure of human stapes and the stapediale minute lesion comparing with that of HRCT. **Conclusion:** Micro-CT can accurately and clearly display the structure, morphology and simulated lesions (model) of the tibia, which provides important reference materials and methods for related research.

Key words Micro-CT; stapes; three dimensional reconstruct

镫骨为人体最小的独立骨骼,是声音传导及放大的重要结构之一。在听力学方面,有关镫骨形态学的研究,将有助于进一步探讨声音传导机制中镫骨的运动方式^[1]。在耳外科实践中,熟知镫骨头的大小、形态才能设计出与之相匹配的人工听骨。镫

骨与前庭窗的关系也至关重要,是否前庭窗闭锁^[2]、镫骨固定、镫骨外伤等都与听力及外科治疗效果息息相关。因此,镫骨是耳科学的研究热点和重点之一,对其形态学的精细观察及三维结构重建可为相关研究(如耳外科、有限元模型^[3]的建立、人类镫骨的运动方式观察等)提供重要资料。

正是因为镫骨结构细小,目前常规高分辨率CT(HRCT)尚难以精确观察细微病变,而镫骨的这些病变(像镫骨足板穿孔、脱位、断裂以及镫骨未

¹首都医科大学附属北京同仁医院耳鼻咽喉头颈外科(北京,100730)

²首都医科大学附属北京潞河医院耳鼻咽喉头颈外科
通信作者:于子龙,E-mail:zilongyu88@sina.com

发育(前庭窗闭锁)等)却非罕见。如何正确、及时观察这些病理性损伤,具有重要的临床意义。为此,我们对镫骨部分疾病模型的 Micro-CT 表现进行初步观察,并与 HRCT 所示进行比较。

1 材料与方 法

1.1 标本取材与制作

取 10% 甲醛溶液固定的完整成人尸头 6 具(12 侧,北京市耳鼻咽喉科研究所提供),男、女不限,分别编码(包括左、右侧)后,晾至中耳乳突无明显液体(经 HRCT 扫描证实,层厚 1 mm,层间距 1 mm)。任选其中 1 具尸头(2 侧颞骨)于显微镜下分别做镫骨足板开窗及镫骨足板断裂模型,其余 5 具(10 侧)做形态学观察、测量。取出颞骨,上界:弓状隆起最高点平面;下界:骨性外耳道下壁、岩部下缘;后界:乙状窦前壁(保留完整内耳、内耳道);前界:颞颌关节后壁至破裂口;外界:骨性外耳道口。内耳周围结构完整,特别是颞骨岩部,多余部分予以修正,至类长方体或近似四棱锥小块骨。造模标本左侧行镫骨足板开窗处理,直径约为 0.5 mm,右侧行镫骨足板断裂处理。

1.2 Micro-CT 扫描和二维重建测量

Micro-CT 扫描(Siemens, inveon):电压 80 kV,电流 500 μ A,X-ray 直径 50 μ m,放射源大小 30.6 mm \times 45.9 mm,曝光时间 2 000 ms,接收器像素 3 072 \times 2 048 pixel,图像像素 1 024 \times 1 024 pixel)进行扫描,扫描分辨率为 29.86 μ m。以轴位——平行于镫骨前后脚的平面进行二维重建^[4],冠状位——垂直于外半规管平面、近似平行于外耳道长轴平面重建,分辨率不变,矢状位——平行于镫骨足板所形成的平面重建。

1.3 三维容积重建及镫骨的观察测量

将重建好的二维结构数据导入计算机,应用 Mimics 17.0 和 3-Matic 9.0 软件将所有标本镫骨及周围结构进行三维容积重建,并行测量。

1.4 镫骨相关结构测量依据

图 1 和表 1 提供了镫骨测量变量的测量定义^[5]。

1.5 数据分析

应用 SPSS 软件对测量数据进行描述性统计,所得数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,对样本分布进行正态性检验,符合正态分布计量资料均数的比较采用 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

基于 Micro-CT 扫描的镫骨微细结构显示清晰,与邻近结构的关系显示良好,为形态学测量、三维结构重建及其镫骨模拟病变的观察提供了重要工具和有力支持。

2.1 基于 Micro-CT 扫描的镫骨形态学观察

2.1.1 镫骨二维结构重建 多数镫骨头呈气

型,前后脚呈扁片弧形,足板厚薄不均,镫骨、环韧带及其与前庭窗位置关系、砧镫关节、面神经骨管等毗邻结构均显示清晰(因篇幅所限,冠状位、矢状位均未显示)。见图 2。

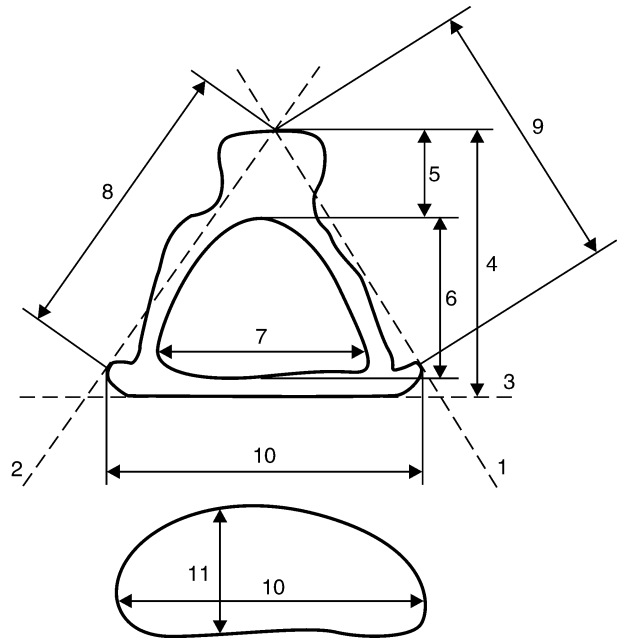
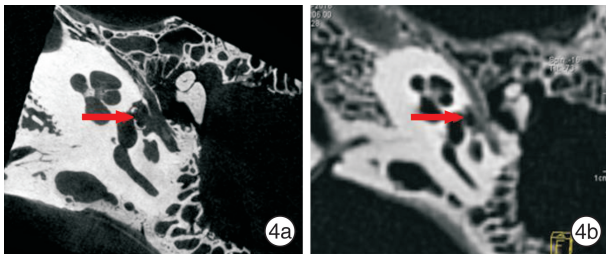


图 1 镫骨示意图

表 1 镫骨尺寸测量的定义

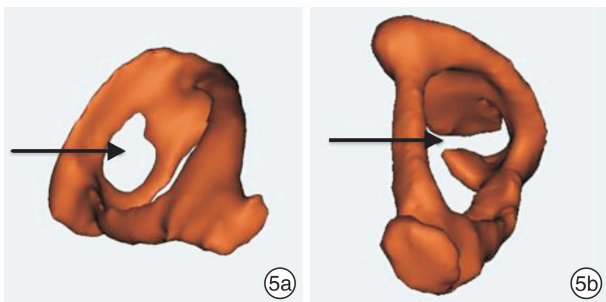
名称	编号	定义
前脚轴线	1	镫骨足板前上角与镫骨头表面中点连线
后脚轴线	2	镫骨足板后上角与镫骨头表面中点连线
足板轴线	3	镫骨足板最低点的切线
总高度	4	镫骨头顶点与镫骨足板轴线之间的垂线
镫骨头高度	5	镫骨头顶点与闭孔上缘之间,垂直于足板轴线
闭孔纵径	6	闭孔最高点和最低点之间,垂直于足板轴线
闭孔横径	7	镫骨前后脚的内部边界最大距离,平行于足板轴线
前脚长度	8	镫骨前脚轴线在镫骨表面的长度
后脚长度	9	镫骨后脚轴线在镫骨表面的长度
足板长度	10	镫骨足板最大长度
足板宽度	11	镫骨足板最大宽度,不一定垂直于镫骨足板长度的轴线

2.1.2 镫骨的三维结构重建 重建后的三维镫骨可清晰显示镫骨头、前后脚、足板等立体结构。在所有的结果中,镫骨头关节面凹陷者 8 耳(80%),平坦者 2 耳(20%)。镫骨头向前脚倾斜者 4 耳(40%),倾向后脚者 2 耳(20%),正中位者 4 耳



4a: Micro-CT 扫描的镮骨足板部分骨质缺失(↑); 4b: HRCT 扫描的镮骨足板显示模糊, 镮骨足板开窗处(↑)。

图4 模拟病变——镮骨足板开窗(水平位)



5a: 镮骨足板开窗(↑); 5b: 镮骨足板断裂(↑)。

图5 镮骨模拟病变的三维重建

3 讨论

目前,有关镮骨的形态学研究方法众多,各有利弊。显微镜下的镮骨观察^[6]可以提供良好的概观,但它难以达到非常精确的程度。基于组织切片^[7]的镮骨测量是最精确的,但程序复杂,准备切片期间可能会出现人工产物。正交平面荧光光学切片需要精心准备,包括脱钙^[8],当只测量镮骨结构时,这种设备就显得十分不便。磁共振显微镜^[9]可用于获取中耳听小骨的解剖结构,但进行磁共振显微镜成像时,鼓室内需要填充液体。

近年来,有关镮骨二维、三维结构重建的 HRCT 观察已有报道^[10-11],但其空间分辨率低,不利于细微结构的观察,准确性仍有待进一步提高。锥形束 CT^[12]在显示镮骨足板厚度、砧镮连接等方面优于常规 CT,但是分辨率仍受到限制。Micro-CT 作为当今先进的影像学技术之一,由于其分辨率极高(可达 μm 级),具有类组织学特点,在医学、生物学等研究领域得到了较为广泛的应用。在耳科学, Micro-CT 已用于中耳模型及手术路径探讨^[13]、半规管裂^[14]、耳蜗形态学^[15]以及面神经骨管裂缺等的研究。目前, Micro-CT 在镮骨形态学上的研究多集中于镮骨高度或镮骨足板的研究。有学者报道了基于 Micro-CT 扫描的豚鼠听小骨形态学研究,笔者尚未见应用 Micro-CT 对国人镮骨进行系统性测量及模拟病变的研究报道。

本研究应用 Micro-CT 扫描技术对镮骨二维

结构进行观察、测量,并行三维结构重建,从而得到镮骨的高度、镮骨头及前后脚长度、镮骨足板长短轴的长度、镮骨闭孔纵径及镮骨闭孔横径,所测结果与文献中通过解剖得到的测量数据(Quam 等, 2014)相似,说明 Micro-CT 扫描所测相关解剖数值可代表镮骨本身解剖数据。三维重建后的镮骨立体感强、形象逼真,可以很好地显示镮骨头关节面、镮骨足板与镮骨脚的形态及其之间的角度。因此这些观察都将为相关研究提供重要的参考资料。

镮骨病变可能出现在先天性畸形(未发育、发育不全、裂缺、固定等)、头部外伤及医源性损伤之后,轻者影响听力,重者可引起颅内感染,是耳科临床实践中亟待的难题之一。这些病变细微,行 HRCT 等影像学检查往往不易辨认或阅片时因镮骨结构过小而造成漏诊。通常情况下,镮骨病变最终只能通过鼓室探查术确诊,本研究通过 Micro-CT 扫描可以很清晰显示镮骨模拟病变,为今后的相关研究奠定了基础。

总之, Micro-CT 扫描在镮骨正常与病理的二维、三维结构重建方面展示了其极高的分辨率,和常规 HRCT 相比,具有无法比拟的优越性,可能是未来耳科,特别是颞骨微细结构、模拟病变的重要研究方法。当然,由于其对研究对象体积的严格要求,目前尚不能应用于临床检查,但我们相信,随着科学技术的进步,这项技术终将在为人类的服务中发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] SIM J H, CHATZIMICHALIS M, LAUXMANN M, et al. Complex stapes motions in human ears[J]. J Assoc Res Otolaryngol, 2010, 11: 329-341.
- [2] 王丹妮, 赵守琴, 李轶, 等. 先天性前庭窗闭锁的圆窗模式振动声桥植入(附 9 例报告)[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2017, 31(8): 588-591.
- [3] TU B, LI X, NIE Z, et al. Finite element analysis of auditory characteristics in patients with middle ear diseases[J]. Acta Otolaryngol, 2017, 137: 700-706.
- [4] ROUSSET J, GARETIER M, GENTRIC J C, et al. Biometry of the normal stapes using stapes axial plane, high-resolution computed tomography[J]. J Laryngol Otol, 2014, 128: 425-430.
- [5] MASALI M. Data on the morphometric and ponderal variability of the ear ossicles in man[J]. Arch Ital Anat Embriol, 1964, 69: 435-446.
- [6] FARAHANI R M, NOORANIPOUR M. Anatomy and anthropometry of human stapes[J]. Am J Otolaryngol, 2008, 29: 42-47.
- [7] MERCHANT S N, INCESULU A, GLYNN R J, et al. Histologic studies of the posterior stapediovestibular joint in otosclerosis[J]. Otol Neurotol, 2001, 22: 305-310.

(下转第 669 页)

气是治疗 OSA 的有效手段之一,有研究表明持续气道正压通气治疗能显著改善 OSA 患者睡眠质量,同时能降低 OSA 患者的血压^[15],本研究未比较治疗之后以上研究的各项指标是否可以恢复,仍需进一步的研究来证实。

参考文献

- [1] PEPPARD P E, YOUNG T, PALTA M, et al. Prospective study of the association between sleep-disordered breathing and hypertension[J]. *New Engl J Med*, 2000, 342:1378-1384.
- [2] BIXLER E O, VGONTZAS A N, LIN H M, et al. Association of hypertension and sleep-disordered breathing[J]. *Arch Intern Med*, 2000, 160:2289-2295.
- [3] 中华医学会呼吸病学分会睡眠呼吸疾病学组. 睡眠呼吸暂停人群高血压患病率的多中心研究[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2007, 12(3):894-897.
- [4] 孙宁玲, 霍勇, 王继光, 等. 难治性高血压诊断治疗中国专家共识[J]. *中华高血压杂志*, 2013, 21(5):321-326.
- [5] BRAVALA D M, MCCLAIN V, AUSTIN C, et al. Diagnosing and managing sleep apnea in patients with chronic cerebrovascular disease: a randomized trial of a home-based strategy[J]. *Sleep Breath*, 2017, 21:713-725.
- [6] MCNICHOLAS W T, BONSIGORE M R, Management Committee of EUCOST ACTION B26. Sleep apnoea as all independent risk factor for cardiovascular disease; current evidence, basic mechanisms and research priorities[J]. *Eur Respir J*, 2007, 29:156-178.
- [7] 王坤, 张吉仲, 李静, 等. 妊娠高血压合并 OSAHS 患者应用 CPAP 治疗对母儿结果的影响[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2017, 31(4):293-296.
- [8] BENJAMIN J A, LEWIS K E. Sleep-disordered breathing and cardiovascular disease[J]. *Postgrad Med J*, 2008, 84:15-22.
- [9] 牛红丽, 马利军, 王海播, 等. OSAHS 合并高血压患者血清炎症因子浓度与血压的关系[J]. *中国实用医药*, 2008, 30(1):58-60.
- [10] PEPPARD P E, YOUNG T, PALTA M, et al. prospective study of the association between sleep-disordered breathing and hypertension[J]. *N Engl J Med*, 2000, 324:1378-1384.
- [11] GROTE L, PLOCH T, HEITMANN J, et al. Sleep-related breathing disorder is an independent risk factor for systemic hypertension[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999, 160:1875-1882.
- [12] PARATI G, MANCIA G. Blood pressure variability as a risk factor[J]. *Blood Pressure Monit*, 2001, 6:341-347.
- [13] GU D, REYNOLDS K, WU X, et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in China[J]. *Hypertension*, 2002, 40:920-927.
- [14] 曾宇慧, 柴丽萍, 梁健刚. OSAHS 患者夜间血压的影响因素分析[J]. *中外医学研究*, 2015, 13(1):10-12.
- [15] 包丽丽, 学峰, 贾海玉. CPAP 治疗阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征合并高血压的临床研究[J]. *内蒙古医科大学学报*, 2018, 40(5):444-447.

(收稿日期:2018-09-29)

(上接第 665 页)

- [8] BUYTAERT J A, SALIH W H, DIERICK M, et al. Realistic 3D computer model of the gerbil middle ear, featuring accurate morphology of bone and soft tissue structures[J]. *J Assoc Res Otolaryngol*, 2011, 12:681-696.
- [9] LANE J I, WITTE R J, HENSON O W, et al. Imaging microscopy of the middle and inner ear: Part II: MR microscopy[J]. *Clin Anat*, 2005, 18:409-415.
- [10] 严达忠, 黄小华, 周芑, 等. 在听骨链三维重建中对镫骨显影的体会[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2013, 27(23):1324-1325.
- [11] 孙捷, 刘志连, 张华, 等. 听骨链 CT 扫描并三维重建的临床应用[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2012, 26(19):865-867.
- [12] DAHMANI-CAUSSE M, MARX M, DEGUINE O, et al. Morphologic examination of the temporal bone by cone beam computed tomography: comparison with multislice helical computed tomography[J]. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*, 2011, 128:230-235.
- [13] LEE D H, CHAN S, SALISBURY C, et al. Reconstruction and exploration of virtual middle-ear models derived from micro-CT datasets[J]. *Hear Res*, 2010, 263:198-203.
- [14] HULLAR T E, WILLIAMS C D. Geometry of the semicircular canals of the chinchilla (*Chinchilla laniger*) [J]. *Hear Res*, 2006, 213:17-24.
- [15] NI Y, DAI P, DAI C, et al. Cochlear implant-related three-dimensional characteristics determined by micro-computed tomography reconstruction [J]. *Clin Anat*, 2017, 30:39-43.

(收稿日期:2019-03-03)