

• 头颈部影像学 •

HRCT 密度差值在诊断前庭窗型耳硬化症中的应用

伊景如, 陈雪霞, 白奥涵, 潘初

【摘要】 目的:探讨高分辨率 CT(HRCT)扫描中前庭窗前区与锤骨头密度差值在诊断前庭窗型耳硬化症中的应用价值。**方法:**回顾性分析经临床确诊的 107 例前庭窗型耳硬化症患者(耳硬化组)和 112 例中耳炎患者(慢性中耳炎组)以及 110 例正常对照者(对照组),将感兴趣区(ROI)分别置于前庭窗前区和锤骨头区域进行骨密度 CT 值测量并计算出三组前庭窗前区与同侧锤骨头的 CT 值差值。采用受试者工作特征(ROC)曲线评价应用 CT 平均值和差值诊断耳硬化症的效能。**结果:**耳硬化组前庭窗前区平均 CT 值(1112.64 HU)明显低于慢性中耳炎组和对照组(2071.63 HU;2086.20 HU)($c = -15.821, P < 0.001$; $c = -16.371, P < 0.001$);前庭窗前区与锤骨头密度差值平均值(-610.63 HU)明显低于慢性中耳炎组和对照组(237.46 HU;244.35 HU)($c = -15.232, P < 0.001$; $c = -15.762, P < 0.001$);3 组锤骨头平均 CT 值(1811.99 HU;1830.62 HU;1832.61 HU)无明显的统计学差异($P = 0.076$)。采用前庭窗前区平均 CT 值鉴别耳硬化症与慢性中耳炎的 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.964 ($P < 0.001$),诊断阈值为 1892.42 HU,诊断的敏感度 90.63%,特异度 93.92%;采用前庭窗前区平均 CT 值鉴别耳硬化症与正常耳的 AUC 为 0.967($P < 0.001$),诊断阈值为 1892.42 HU,诊断的敏感度 92.27%,特异度 93.92%。CT 差值 < 0 作为诊断耳硬化症的标准,诊断的灵敏度 87.85%,特异度 98.20%,AUC 为 0.930($P < 0.001$)。**结论:**骨密度差值在前庭窗型耳硬化症的诊断中具有更加显著的灵敏度以及客观性。差值 ≤ 0 即当前庭窗前区低于同侧锤骨头骨密度值时应考虑前庭窗型耳硬化症的诊断可能。

【关键词】耳硬化病; 体层摄影术, X 线计算机; 骨密度; 诊断

【中图分类号】R764.32;R814.4;R336;R44 **【文献标志码】**A

【文章编号】1000-0313(2022)10-1226-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.10.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The application value of HRCT density difference in the diagnosis of fenestral otosclerosis YI Jing-ru, CHEN Xue-xia, BAI Ao-han, et al. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

【Abstract】 Objective: To investigate the value of the density difference between the vestibular window area and the malleus head in the diagnosis of fenestral otosclerosis with high resolution CT (HRCT) scanning. **Methods:** A retrospective analysis of 107 clinically confirmed patients with fenestral otosclerosis (otosclerosis group), 112 otitis media patients (chronic otitis media group) and 110 normal controls (control group) in our hospital was conducted. The area of interest (ROI) was placed in the vestibular window area and the malleus head area respectively to measure the bone density CT value, and the difference value between the vestibular window area and the ipsilateral malleus head were calculated in the three groups. Receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the efficacy of CT mean and difference in the diagnosis of otosclerosis. **Results:** The mean CT value of the vestibular window area in otosclerosis group (1112.64HU) was significantly lower than that in chronic otitis media group and control group (2071.63HU;2086.20HU) ($c = -15.821, P < 0.001$; $c = 16.371, P < 0.001$); The average of the difference (-610.63 HU) was significantly lower than that of chronic otitis media group and control group (237.46HU;244.35HU) ($c = -15.232, P < 0.001$; $c = 15.762, P < 0.001$); The three groups of malleus head average CT value (1811.99 HU;1830.62 HU;1832.61 HU) had no significant statistical difference ($P = 0.076$). The AUC of the ROC curve for distinguishing otosclerosis from chronic otitis media using the average CT value of the vestibular window area was 0.964 ($P < 0.001$), the diagnostic threshold was 1892.42 HU, the sensitivity was 90.63%, and the specificity was 93.92%; The AUC of the ROC curve for distinguishing otosclerosis from normal ear using the average CT value of the vestibular window area was 0.967 ($P < 0.001$), the diagnostic threshold was 1892.42 HU, the sensitivity was 92.27%, and the specificity was 93.92%. The CT difference value < 0 as the standard for diagnosing otosclerosis, the sensitivity was 87.85%, the specificity was 98.20%, and the AUC was 0.930 ($P < 0.001$). **Conclusion:** The bone density difference value in the diagnosis of fenestral otosclerosis has more significant sensitivity and objectivity. The difference value ≤ 0 indicates that when the vestibular window area is lower than the bone density value of the ipsilateral malleus head, otosclerosis should be considered.

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科(伊景如、陈雪霞、潘初);430012 武汉,华中科技大学同济医学院附属精神卫生中心(白奥涵)

作者简介:伊景如(1995—),女,河南太康人,硕士研究生在读,主要从事 CT、MRI 影像诊断工作。

通讯作者:潘初, E-mail: panchu@21cn.com

0.001).Average CT value of malleus head in three groups (1811.99HU;1830.62HU;1832.61HU) had no significant statistical difference ($P=0.076$).The area under the ROC curve (AUC) for distinguishing otosclerosis from chronic otitis media by mean CT value in vestibular window area was 0.964 ($P<0.001$),the diagnostic threshold was 1892.42HU,the diagnostic sensitivity was 92.27%,the specificity was 93.92%;The AUC for distinguishing otosclerosis from normal ear by mean CT value in vestibular window area was 0.967 ($P<0.001$),the diagnostic threshold was 1892.42HU,the sensitivity and specificity were 90.63% and 93.92%, respectively.CT difference less than 0 was used as the standard for the diagnosis of otosclerosis,with a sensitivity of 87.85%,specificity of 98.20% and AUC of 0.930 ($P<0.001$).**Conclusion:**Bone mineral density (BMD) difference is more sensitive and objective in the diagnosis of fenestral otosclerosis.When the difference value is less than or equal to 0,the density value of the vestibular window area and the ipsilateral malleus head is similar or slightly lower,the possibility of the diagnosis of fenestral otosclerosis should be considered.

[Key words] Otosclerosis; Tomography,X-ray computed; Bone density; Diagnosis

耳硬化症又名耳海绵症,是发生于耳囊的骨营养不良性疾病,常导致渐进性听力下降。既往认为该病最常见于白种人^[1],最新文献报道亚洲人发病率呈上升趋势,可达 0.5%^[2]。其发病机制尚不明确。据病变累及部位可分为前庭窗型、耳蜗型及混合型,其中以前庭窗型最常见(85%)^[3]。诊断耳硬化症需综合病史、体格检查、听力测试和影像学检查。目前颞骨高分辨率 CT 已成为评估耳硬化症的首选影像学方法,可对临床疑似耳硬化症的病灶进行可视化、定位和量化^[4-8]。多数文献采用测量前庭窗前区 CT 平均值的方法进行诊断,但各研究的测量方法及诊断标准尚未统一。本研究对前庭窗型耳硬化症患者耳前庭窗前区骨密度进行定量分析,并与同侧锤骨头密度相比较,探讨骨密度差值在诊断前庭窗型耳硬化症中的应用价值。

材料与方法

1.一般资料

搜集 2003 年 1 月—2021 年 10 月经临床确诊的前庭窗型耳硬化症患者 107 例共 180 耳(34 例患者单耳发病)纳入耳硬化组,入组标准:①临床确诊为耳硬化症,诊断标准为进行性听力下降、耳镜检查鼓膜正常、测听为传导性或混合性聋^[9,10],其中 52 例(99 耳)经手术病理证实。②无颞骨外伤及原发或继发肿瘤病史;③临床确诊 2 周内完成颞骨 HRCT 检查;④排除 HRCT 表现为耳蜗骨质密度减低或耳蜗和前庭窗前区同时密度减低的患者。另选取同期 112 例共 224 只耳纳入慢性中耳炎组,入组标准:①患者有耳道流水流脓病史,病程超过 6 周;②耳科检查发现鼓膜穿孔或耳道内有脓性分泌物,临床诊断为慢性中耳炎;③临床确诊 2 周内完成 HRCT 检查;排除明显有胆脂瘤或软组织肿块的患者;④无颞骨外伤、手术及原发或继发肿瘤

病史。选取同期 110 例共 220 只纳入对照组,入组标准:①短期(2 周)出现听力下降或耳鸣头晕症状;②耳科检查无穿孔或炎性分泌物,听力检查无阻抗性听力下降,耳科检查未见异常;③既往无中耳炎病史,无颞骨外伤、手术及原发或继发肿瘤病史,④具有完整清晰的颞骨 HRCT 图像,CT 无明显的阳性征象(表 1)。正常耳及窗型耳硬化症的 HRCT 图像见图 1a、b。

表 1 三组患者基本资料

类别	耳硬化组	慢性中耳炎组	对照组
例数	107	112	110
耳朵个数	180	224	220
男:女	39:68	48:64	50:60
左:右	91:89	112:112	110:110
年龄(岁)	39.6±12.2 (5~67)	34.3±16.6 (0.5~64)	36.1±15.3 (2~66)
病程(天)	109.0±35.7 (60~180)	101.0±31.7 (60~180)	11.8±1.6 (7~14)

2.仪器与方法

采用 Siemens Somatom Definition 64 层双源螺旋 CT 扫描仪。受检者取仰卧位,摆位时双耳尽量对称。对所有患者均行轴面扫描,扫描基线与上眶耳线平行,扫描范围为乳突尖部至颞骨岩部上部,包括整个内耳。参数:管电压 120 kV,管电流 320 mA,探测器选择 0.6 mm×64,螺距 0.8,管球旋转时间 0.5 s/r,高分辨率采集层厚 5 mm。在扫描操作中尽量避免图像左右不对称,对于由于患者不能完全配合出现的细微偏差我们采用骨算法对原始图像进行重建,重建图像层厚约 0.6~1 mm。重建范围为乳突尖部至颞骨岩部上部,包括整个内耳。将所有数据传至 PACS 系统进行 CT 值测量。

3.CT 值测量方法

在轴面图像上勾画 ROI,首先在前庭窗层面置 ROI(大小为 2 mm²),覆盖前庭窗前区的中心,测量 CT 值,每侧分别测量 3 次,取平均值(图 1c)。在同侧

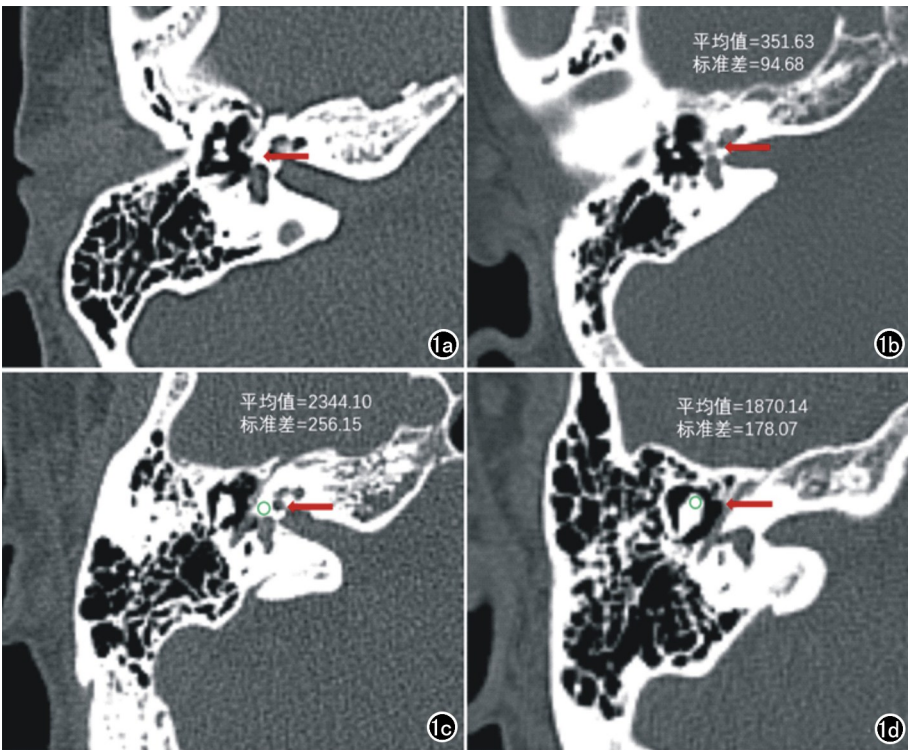


图 1 a)正常耳 HRCT 图像,前庭前区骨质密度均匀(箭);b)前庭窗型耳硬化症 HRCT 图像,前庭前区骨质密度减低(箭);c)骨迷路 CT 值测量,ROI 放置于骨迷路前庭窗前区,几乎全覆盖其中心(绿圈);d)锤骨头 CT 值测量,ROI 放置于锤骨头最大显示层面,几乎全覆盖其中心(绿圈)。

锤骨头最大显示层面置 ROI(大小为 1.5 mm²),覆盖整个锤骨头的中心,测量 CT 值,每侧分别测量 3 次,取平均值(图 1d)。计算两组差值(差值=前庭窗前区骨 CT 值-锤骨头骨 CT 值)并进行比较。为了尽可能的减小主观误差,所有数据均由两名研究者独立测量 3 次,采用双盲方法(测量者、经验丰富的影像学医师均不清楚分组情况)进行数据的可重复性评价。组间相关系数(ICC)值>0.75 表示可重复性高、信度良好。

4.统计学分析
采用 SPSS 26.0 软件及 Prism 软件对数据进行整

理分析。符合正态分布的数据用平均值±标准差描述,不符合正态分布的数据用中位数(25%,75%)表示。分别对 3 组患者的年龄、病程进行非参数检验、性别进行卡方检验;分别对 3 组前庭窗前区、锤骨头、差值进行 Kruskal-Wallis 检验,记 $P<0.05$ 为具有统计学意义,并对统计结果进行 berferni 校正。采用 ROC 曲线对 3 项数值诊断耳硬化症的效能进行评价。

结 果
1.三组患者 CT 值和差值的比较
3 组患者不同部位骨密度值分布见图 2、表 2。经统计学分析后得出 3 组患者在年龄、性别方面均无显著的差异性(P 分别为 0.063、0.384)。耳硬化组与慢性中耳炎组在病程方面无显著差异性($P=0.344$),对照组病程与这两组病程相比较短($P<0.001$)。

对前庭窗前区和锤骨头 CT 值以及差值的统计结果进行 berferni 校正, $k=3, P'=0.05/3=0.017$ 。耳硬化组前庭窗前区平均 CT 值明显低于慢性中耳炎组和对照组($c=-15.821, P<0.001<P'; c=-16.371, P<0.001<P'$);差值(前庭窗前区骨 CT 值-锤骨头骨 CT 值)明显低于慢性中耳炎组和对照组($c=-15.232, P<0.001<P'; c=-15.762, P<0.001<P'$);3 组锤骨头平均 CT 值无明显的统计学差异($P=0.076$)。3 组数据的组间相关系数(ICC)分别为 0.993、0.996、0.992,数据可重复性高。组间并无统计学意义上显著的差异性。

表 2 三组患者不同部位骨密度值

部位	耳硬化症组中位数 (25%,75%)	慢性中耳炎组中位数 (25%,75%)	对照组中位数 (25%,75%)
前庭窗前区 CT 值(HU)	1112.64(764.96,1550.81)	2071.63(1986.31,2167.12)	2086.20(2015.69,2178.37)
锤骨头 CT 值(HU)	1811.99(1675.81,1878.62)	1830.62(1690.28,1955.08)	1832.61(1687.66,1957.54)
密度差值(HU)	-610.63(-1026.05,-204.22)	237.46(163.13,325.63)	244.35(172.56,344.01)

表 3 三组患者不同参数诊断效能

部位	P1 值	P2 值	P3 值	AUC1	AUC2	AUC3
前庭窗前区 CT 值(HU)	<0.001*	<0.001*	0.516	0.964	0.967	0.524
锤骨头 CT 值(HU)	0.076	—	—	—	—	—
密度差值(HU)	<0.001*	<0.001*	0.531	0.948	0.949	0.523

注:P 值、AUC 值;P1、AUC1 表示耳硬化组和慢性中耳炎组两组间的统计学参数;P2、AUC2 分别表示耳硬化组和对照组两组间的统计学参数;P3、AUC3 分别表示慢性中耳炎组和对照组两组间的统计学参数。其中 3 组锤骨头 CT 值总体检验中未检测出样本间存在显著差异($P=0.076$),因此未进一步做多重比较。* 表示数值具有统计学上显著差异性

2. CT 值和差值对耳硬化症的诊断效能

采用前庭窗前区 CT 平均值鉴别耳硬化症与慢性中耳炎的 AUC 为 0.964 ($P < 0.001$), 诊断阈值为 1892.42 HU, 诊断的敏感性为 90.63%, 特异性为 93.92%; 采用前庭窗前区 CT 平均值鉴别耳硬化症与正常耳的 AUC 为 0.967 ($P < 0.001$), 诊断阈值为 1892.42 HU, 诊断的敏感性为 92.27%, 特异性为 93.92%。采用密度差值鉴别耳硬化症与慢性中耳炎的 AUC 为 0.948 ($P < 0.001$), 诊断阈值为 -0.42, 诊断的敏感性为 98.21%, 特异性为 87.85% (图 3a、b, 表 3); 采用密度差值鉴别耳硬化症与正常耳的 AUC 为 0.949 ($P < 0.001$), 诊断阈值为 -0.42, 诊断的敏感性为 98.18%, 特异性为 87.85%。将差值的阈值设置为 0 时, 诊断的灵敏度为 87.85%, 特异性为 98.20%, ROC 曲线下面积为 0.930 ($P < 0.001$), 见图 3c。使用前庭

窗前区骨密度 CT 平均值和差值诊断耳硬化症均具有较高的准确性, 且使用差值诊断耳硬化症可取得更高的灵敏度。

讨 论

耳硬化症是一种病因不明的骨迷路的局灶性病变。病理上分海绵化期及硬化期, 海绵化期即活动期, 为耳囊致密骨骨质破坏、吸收, 被海绵状新生骨替代, 在 CT 上可清晰显示, 表现为局灶性密度减低。硬化期即静止期, 为病灶内骨质沉着、硬化, 产生致密硬化斑, 该期病灶与周围骨质密度接近^[11-15]。颞骨 HRCT 是评估耳硬化症存在的高度敏感和特异的工具, 可以对临床怀疑耳硬化症的病灶进行可视化、精准定位和量化。

大量研究表明, HRCT 骨密度测量可发现前庭窗

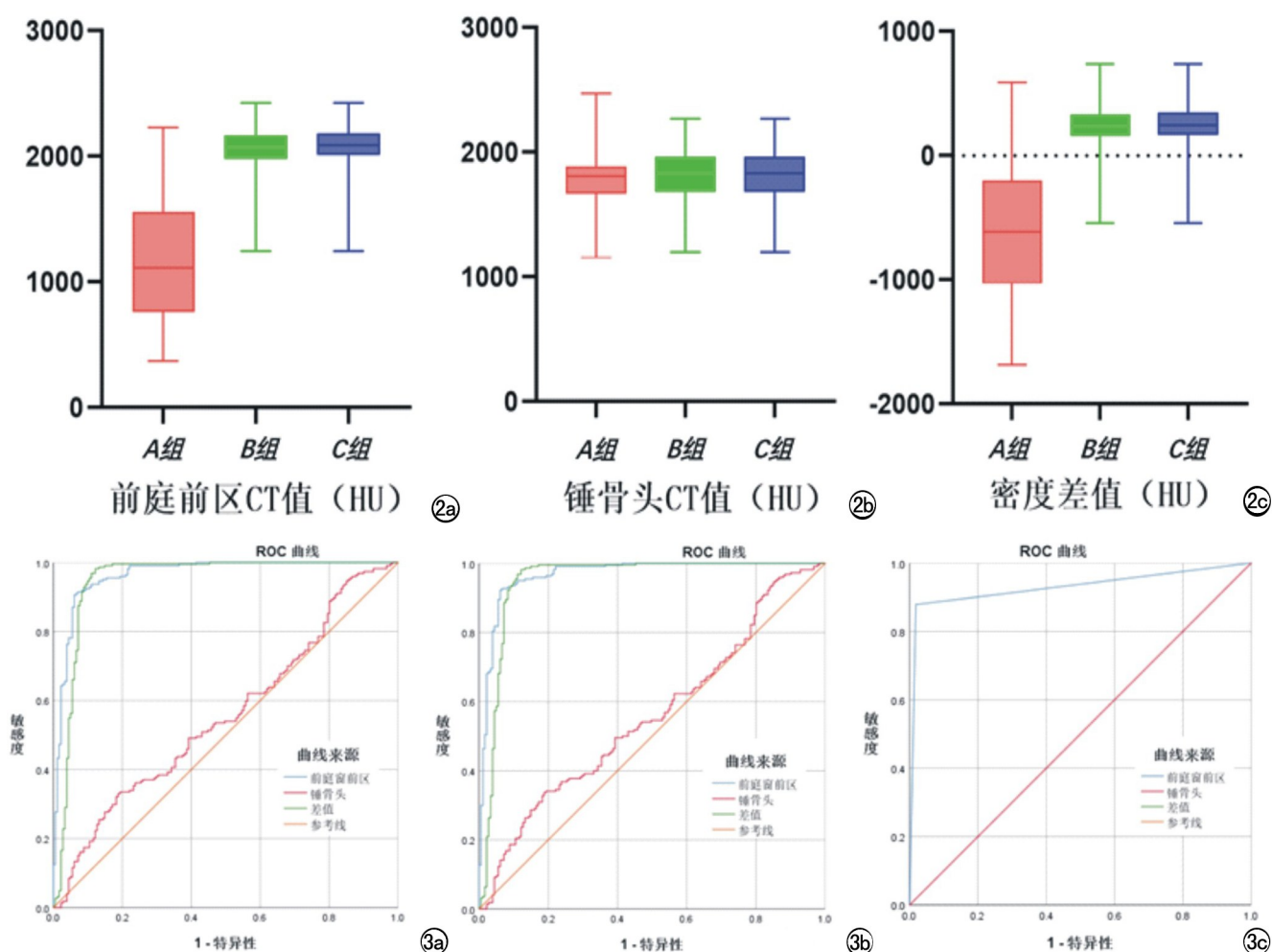


图2 a) 耳硬化组、慢性中耳炎组和正常对照组3组患者前庭前区平均CT值分布; b) 耳硬化组、慢性中耳炎组和正常对照组3组患者锤骨头平均CT值分布; c) 耳硬化组、慢性中耳炎组和正常对照组3组密度差值的分布。箱型图由上限、上四分位数、中位数、下四分位数、下限构成。图3 a) 采用前庭窗前区平均CT值、锤骨头平均CT值以及密度差值鉴别耳硬化症和慢性中耳炎的ROC曲线; b) 采用前庭窗前区平均CT值、锤骨头平均CT值以及密度差值鉴别耳硬化症和正常耳的ROC曲线; c) 差值的阈值设为0时诊断耳硬化症的ROC曲线。

前区骨密度值减低,提示耳硬化症。这些研究^[16-19]测量了有无耳硬化症患者的前庭窗前区的骨密度值,并通过 ROC 分析获取诊断的阈值,诊断的灵敏度及特异度均超过了 80%。本文中,耳硬化组患者前庭窗前区骨密度平均值明显低于慢性中耳炎组和对照组,与以往的研究报道基本吻合。本研究通过 ROC 分析显示,当 CT 值取 1892.42 HU 时,与慢性中耳炎鉴别时诊断耳硬化症的灵敏度为 90.63%,特异度为 93.92%,曲线下面积为 0.964;与正常对照者鉴别时诊断耳硬化症的灵敏度为 92.27%,特异度为 93.92%,曲线下面积为 0.967,与以往研究相比,灵敏性及特异度均取得良好的结果。

近年来,随着计算机断层扫描成像的进步,特别是更小的像素尺寸、更好的准直性等使得计算机断层扫描诊断耳硬化症的灵敏度大大提高^[19-21]。HRCT 在临床上有助于检测低密度病变,骨密度可以通过精确的 ROI 设置来测量。目前国内外研究多采用在病变区域勾画多个 ROI(每个 ROI 的面积为 1 mm² 或直径为 0.2 mm)的方法,其临床效能较好。然而,选择过小的 ROI 可能会降低诊断的准确性,尤其是在耳硬化症病灶局限于较小区域的情况下。多数学者认为应选择更大的 ROI、尽可能填满前庭窗前区的半自动分析进行精准评估^[17]。因此本研究选用较大 ROI 行骨密度测量,将 ROI 分别放置于前庭窗前区以及同侧锤骨头,将这两个部位的中心完全覆盖,对三组两个区域的骨密度平均值进行定量分析。

目前大多数研究表明耳硬化组前庭窗前区的平均 CT 值低于对照组,但有文献报道早期耳硬化病变时,耳硬化症与正常骨之间的平均 CT 值可能十分相似,经临床或手术诊断为耳硬化症的患者中,约 1%~35%在颞骨 HRCT 检查中未发现病灶,这是 HRCT 检查的潜在局限性^[22-24]。且当患者本身存在生理性变异或慢性炎症时,前庭区域的骨密度值可能降低,此时仅依靠以往的研究方法进行诊断时,很可能将误诊为耳硬化症。因此仅仅依靠前庭窗前区的密度差别进行耳硬化症的诊断存在假阴性或假阳性。而且,由于扫描设备及扫描参数的差异,目前耳硬化症 HRCT 的诊断标准尚未统一,同一部位单纯的 CT 值测量存在很大差别,单纯计算前庭窗前区的绝对值用于诊断耳硬化症并不客观。

前庭窗型耳硬化症一般不累及锤骨,且锤骨头在听骨链中面积较大、剖面较易显示、测量密度值较易操作,故选取锤骨头作为基线具有较强的可操作性。目前多数研究单纯计算前庭窗前区的绝对值用于诊断耳硬化症,这种诊断方法目前尚缺乏统一标准。故本研究提出差值(前庭窗前区骨 CT 值-锤骨头骨 CT 值)

这一较客观的诊断方法。同一患者采用不同设备及参数扫描时锤骨头与前庭窗前区两个部位的密度值测量受到的影响是一致的,两者的差值不易受到原始 CT 值变化的影响,与单纯的前庭窗前区密度值相比更加客观。本研究通过 ROC 分析显示,当密度差值取 -0.42 时,鉴别耳硬化症与慢性中耳炎的灵敏度为 98.21%,特异度为 87.85%,AUC 为 0.948;鉴别耳硬化症与正常耳的灵敏度为 98.18%,特异度为 87.85%,AUC 为 0.949,与以往研究相比,灵敏性有所提高。为了提高临床应用的简便性,本研究将前庭窗前区与锤骨头两者的差值的阈值设为 0,诊断的灵敏度为 87.85%,特异度为 98.20%,AUC 为 0.930,其诊断准确效能与前庭窗前区绝对值的诊断效能差异并不明显,但在临床应用上更加方便与客观。

正常组织中前庭窗前区的密度值通常略高于锤骨头^[13]。当患者发生耳硬化症时,前庭窗前区骨质密度减低,锤骨头密度理论上应保持不变,两者差值(前庭窗前区骨 CT 值-锤骨头骨 CT 值)应减小;而对于慢性中耳炎患者,锤骨头受累密度减低,前庭窗前区密度通常不变,其差值(前庭窗前区骨 CT 值-锤骨头骨 CT 值)加大。因此,理论上应用差值法可以有效的鉴别耳硬化症和慢性中耳炎。本研究中慢性中耳炎组锤骨头 CT 值,低于正常对照组但统计学无明显差异,可能是由于本研究的样本量较小且为勾画 ROI 完整时剔除了有明显锤骨头破坏的病例。但耳硬化组与慢性中耳炎组 CT 差值的统计学显著差异证实了我们的推测。

本研究尚存在一定的局限性,骨密度以及差值的测量计算只在前庭窗型耳硬化症中进行,此方法有待在耳蜗型及混合型耳硬化症中进行验证;此外本研究的部分入组患者为临床诊断未获得手术病理验证。

本研究可得出以下结论:①前庭窗型耳硬化症患者的前庭窗前区骨密度明显低于慢性中耳炎与正常对照者;②前庭窗型耳硬化症患者锤骨头一般不受累,但前庭窗前区和锤骨头两者密度差值明显低于慢性中耳炎与正常对照者;③取前庭窗前区骨密度为 1892.42 HU 作为阈值诊断前庭窗型耳硬化症具有较高的效能;④将差值(前庭窗前区骨 CT 值-锤骨头骨 CT 值)等于 0 作为诊断前庭窗型耳硬化症的阈值时,可获得 87.85%的诊断灵敏度,98.20%的特异性,可用于临床。总之,骨密度测量对于耳硬化症的诊断具有重要的应用价值,采用骨密度差值诊断耳硬化症简单、可行,并有助于提高在前庭窗型耳硬化症诊断中的客观性。

参考文献:

[1] Kösling S, Plontke SK, Bartel S. Imaging of otosclerosis[J]. RoFo

- Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgebenden Verfahren, Georg Thieme Verlag, 2020, 192(8):745-753.
- [2] Tan W, Guan P, Wu L, et al. The use of explainable artificial intelligence to explore types of fenestral otosclerosis misdiagnosed when using temporal bone high-resolution computed tomography [J]. *Annals of Translational Medicine*, 2021, 9(12):969-969.
- [3] 江晨雨, 赵鹏飞, 王振常, 等. 耳硬化症影像学研究 [J]. *放射学实践*, 2019, 34(10):1148-1151.
- [4] Kanzara T, Virk JS, Department E, et al. Diagnostic performance of high resolution computed tomography in otosclerosis [J]. *World Journal of Clinical Cases*, 2017, 5(7):286-291.
- [5] 陈光兴, 刘军泉, 刘国文. 多层螺旋 CT 在耳硬化症中的诊断价值 [J]. *现代医用影像学*, 2016, 25(1):62-64.
- [6] 吴权洋, 郑瑞宾, 王嘉奇, 等. 耳硬化症的临床与影像分析 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2019, 30(5):4.
- [7] 吴红莲, 高献芳, 梁长虎, 等. 耳硬化症的高分辨率 CT 诊断 [J]. *医学影像学杂志*, 2016, 26(1):22-24.
- [8] 李华侨, 周丹丹, 任诗君, 等. CT 在临床可疑耳硬化症评估中的诊断效果评价 [J]. *当代医学*, 2020, 26(36):75-77.
- [9] 常青林, 王振常, 鲜军舫, 等. 耳硬化症的高分辨率 CT 表现 [J]. *中华放射学杂志*, 2010, 44(6):3.
- [10] Marchese MR, Paludetti G, de Corso E, et al. Role of stapes surgery in improving hearing loss caused by otosclerosis [J]. *J Laryngology & Otology*, Cambridge University Press, 2007, 121(5):438-443.
- [11] Lu S, Wei X, Chen B, et al. A new phenomenon of cochlear otosclerosis: an acquired or congenital disease? - A clinical report of cochlear otosclerosis [J]. *Acta Oto-Laryngologica*, Taylor & Francis, 2021, 141(6):551-556.
- [12] Zhang Y, Tang Q, Xue R, et al. Analysis of the genetic characteristics of a Chinese family with otosclerosis [J]. *Ear, Nose and Throat Journal*, 2021, 100(suppl 5):774S-780S.
- [13] 朱记超, 张方璟, 胡卫东, 等. 耳硬化症的高分辨率 CT 表现与病理基础 [J]. *医学影像学杂志*, 2018, 28(12):4.
- [14] Choi JS, Sweeney AD, Alava I, et al. Otosclerosis in an urban population [J]. *Otology and Neurotology*, 2021, 42(1):24-29.
- [15] 程玉书, 沙炎. 内耳后天性病变的影像学表现 [J]. *放射学实践*, 2013, 28(12):1241-1245.
- [16] IV Puiggrós, Moreno EG, Navarro CC, et al. Diagnostic utility of labyrinth capsule bone density in the diagnosis of otosclerosis with high resolution tomography [J]. *Acta Otorrinolaringologica (English Edition)*, 2020, 71(4):242-248.
- [17] 徐卫星. 高分辨率 CT (HRCT) 骨密度测量法在耳硬化症中的诊断价值 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2016, 14(4):15-17.
- [18] Deng F, Touska P, Reinshagen KL, et al. Diagnostic performance of conebeam CT pixel values in active fenestral otosclerosis [J]. *Am J Neuroradiology*, 2021, 42(9):1667-1670.
- [19] Izadparast Y, Shahidi S, Paknahad M, et al. Feasibility of CBCT in diagnosing otosclerosis by measuring CBCT bone density: a preliminary study [EB/OL]. *Indian J Otolaryngology and Head and Neck Surgery*. DOI: 10.1007/s12070-021-02502-2, 2021-03-26.
- [20] 赵鹏飞, 谢静, 吴倩, 等. 基于 10 μ m 级耳科专用 CT 的耳硬化症影像特征分析 [J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(47):3885-3889.
- [21] 肖云飞, 郝永红, 李拔森, 等. RSNA2012 头颈部影像学 [J]. *放射学实践*, 2013, 28(1):8-10.
- [22] Marx M, Lagleyre S, Escudé B, et al. Correlations between CT scan findings and hearing thresholds in otosclerosis [J]. *Acta otolaryngologica*, 2011, 131(4):351-357.
- [23] Mangia LRL, De Mattos Coelho LO, Carvalho B, et al. Imaging studies in otosclerosis: an up-to-date comprehensive review [J]. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 2021, 25(2):E318-E327.
- [24] Tringali S, Pouget JF, Bertholon P, et al. Value of temporal bone density measurements in otosclerosis patients with normal-appearing computed tomographic scan [J]. *Ann Otol Laryngol*, 2007, 116(3):195-198.

(收稿日期:2022-01-13 修回日期:2022-03-01)