

## 鼻咽癌侵犯颅底骨 SPECT/CT 与 CT 检测 诊断价值对比分析

朱海生 严浩林 阙丽琳 覃金莲 甘媚

玉林市第一人民医院肿瘤科,广西 玉林 537000

**【摘要】 目的** 核磁共振成像(magnetic reaonance imaging, MRI)能够早期检测鼻咽癌的颅底骨侵犯灶,是治疗前标准检查。而 SPECT/CT 和 CT 检测颅底骨侵犯的价值尚不明确。本研究对比分析 SPECT/CT 和 CT 对鼻咽癌(nasopharyngeal carcinoma, NPC)颅底骨侵犯(skull base bone involvemen, SBBI)检测能力及临床价值。**方法** 对 2014-01-01—2015-12-31 玉林市第一人民医院 165 例 NPC 初治患者于放疗前同期进行 SPECT/CT 颅底断层骨显像,鼻咽颅底 CT、MRI 检查。以 MRI 结果为标准,采用双盲法对两者检测结果进行比较。根据肿瘤的不同侵犯途径,进一步把颅底骨分斜坡、岩尖、蝶骨体、蝶窦底和翼突、翼板等区域进行统计分析。**结果** SPECT/CT 和 CT 检测颅底骨破坏灵敏度分别为 96.7%(89/92)和 60.9%(56/92),特异度分别为 72.6%(53/73)和 95.9%(70/73),准确度分别为 86.1%(142/165)和 76.4%(126/165),Kappa 值分别为 0.711 和 0.542。SPECT/CT 和 CT 的 AUC 值(ROC 曲线下面积)分别为 0.847 和 0.784,分别与曲线下面积 0.5 行 Z 检验比较,差异有统计学意义, $Z=12.43, P<0.001$ ;  $Z=10.09, P<0.001$ 。在斜坡和岩尖区域, SPECT/CT 和 CT 检测 SBBI 灵敏度分别为 96.7%(88/91)和 57.1%(52/91),特异性分别为 89.2%(66/74)和 100.0%(74/74),准确度值分别为 93.3%(154/165)和 76.4%(126/165), SPECT/CT 和 CT 检测 AUC 值分别为 0.929 和 0.786,两者差异有统计学意义, $Z=4.425, P<0.001$ 。**结论** SPECT/CT 和 CT 能有效地检测鼻咽癌 SBBI,在斜坡、岩尖区域, SPECT/CT 检测效能优于 CT。

**【关键词】** 鼻咽肿瘤;肿瘤侵犯;颅骨;体层摄影术,发射型计算机,单光子;体层摄影术,X 线计算机; $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -亚甲基二膦酸盐

中华肿瘤防治杂志,2017,24(2):108—112

### Comparison of SPECT/CT, CT and MRI in diagnosis of skull base bone invasion in nasopharyngeal carcinoma

ZHU Hai-sheng, YAN Hao-lin, QUE Li-lin, QIN Jin-lian, GAN Mei

Department of Oncology, Yulin First People's Hospital, Yulin 537000, P. R. China

**[ABSTRACT] OBJECTIVE** MRI data can assess the early skull base bone invasion(SBBI) and it has become common practice for pre-treatment evaluation of patients with NPC. The value of  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP SPECT/CT and CT to assess the early skull base bone invasion is not clear. This study was to evaluate the diagnostic efficacy of single photon emission computed tomography/computed tomography (SPECT/CT) imaging, computed tomography (CT) compared magnetic resonance imaging (MRI) for the detection of skull base invasion in NPC. **METHODS** One hundred and sixty-five nasopharyngeal carcinoma untreated patients from 2014.1.1 to 2015.12.31 in Yulin First People's Hospital were given whole body and skull-base tomography SPECT/CT, nasopharynx and skull-base CT and MRI before radiotherapy. MRI data was used as a standard control. The results were double-blind compared and evaluated. In addition, SBBI was checked in different regions which were the clivus and petrous apex of the skull base, the base of sphenoid bone and sphenoid sinus region, the Pterygoid process and lamina lateralis, lamina medialis region. **RESULTS** The sensitivity, specificity, accuracy and Kappa values for SBBI detection by SPECT/CT and CT were 96.7%(89/92), 72.6%(53/73), 86.1%(142/165), 0.711 and 60.9%(56/92), 95.9%(70/73), 76.4%(126/165), 0.542 respectively. The area under the ROC curve (AUC) were 0.847 and 0.784 compared the standard 0.5 with significant level( $Z=12.43, P<0.001$ ;  $Z=10.09, P<0.001$ ). In the SBBI evaluation by SPECT/CT and CT for different regions, the sensitivity, specificity and accuracy

**【第一作者简介】** 朱海生,男,广西玉林人,硕士,副主任医师,主要从事肿瘤放射治疗的研究工作。

E-mail: ylzhuhaisheng@163.com

**【通讯作者简介】** 严浩林,男,广西玉林人,硕士,主任医师,主要从事肿瘤放射治疗的研究工作。

E-mail: ylxxy006@163.com

values for the clivus and petrous apex region of the skull base were 96.7% (88/91), 89.2% (66/74), 93.3% (154/165) and 57.1% (52/91), 100.0% (74/74), 76.4% (126/165), respectively. their AUC were 0.929 and 0.786 with significant level ( $Z=4.425, P<0.001$ ). **CONCLUSION** SPECT/CT and CT could be used for the detection of nasopharyngeal SBBI, and in the clivus and petrous apex region of the skull base, SPECT / CT detection performance is superior to CT.

[**KEYWORDS**] Nasopharyngeal neoplasms; Neoplasm invasiveness; Skull; Tomography, emission-computed, single-photon; Tomography, X-ray computed;  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -methylene diphosphonate

*Chin J Cancer Prev Treat*, 2017, 24(2):108–112

【中图分类号】 R739.65

【文献标识码】 A

【文章编号】 1673-5269(2017)02-0108-05

鼻咽癌(nasopharyngeal carcinoma, NPC)恶性程度高,常出现颅底骨质破坏(skull base bone involvement, SBBI),治疗前准确判断颅底骨质是否受累及尤为重要,关系到正确的临床分期、放化疗方案制订和预后判断。由于解剖位置特殊,难以病理活检,目前颅底骨破坏主要依赖于影像学诊断;单光子发射计算机断层显像(single photon emission computed tomography, SPECT)/CT、CT 和核磁共振成像(magnetic reonance imaging, MRI)是 NPC 最重要的 3 种影像学检测方式, MRI 优势已经证实,是目前 NPC 治疗前的首选标准检查方式<sup>[1]</sup>; SPECT/CT 断层骨显像在肿瘤骨侵犯的诊断上具有敏感性高、早期检出优势,但空间分辨率较低;相反, CT 具有良好的空间分辨率,特异性高,但敏感性低<sup>[2]</sup>。目前关于 3 种影像学在颅底骨侵犯的检测效能比较前瞻性研究非常少,本课题于 2014-01-01 开始前瞻性对 NPC 初治患者进行 SPECT 及同机定位 CT 结合断层骨显像与标准 MRI 检测对比研究,探讨 SPECT/CT 断层骨显像、CT 对 NPC 颅底骨侵犯的诊断价值。

## 1 对象与方法

### 1.1 病例选择及一般资料

收集 2014-01-01—2015-12-31 玉林市第一人民医院各种影像资料完整,经病理确诊的 NPC(高位颈椎转移者除外)初治患者 165 例。男 120 例,女 45 例,年龄 24~81 岁,中位年龄 48 岁。头痛症状 79 例,颅神经麻痹者 24 例。以 MRI 结果为标准分组, SBBI 组 92 例,无 SBBI 组 73 例。根据肿瘤生长累及途径及骨质特点进一步将颅底骨质分区,包括后上部岩尖、破裂孔、斜坡区,中上部蝶骨体、大翼、蝶窦底,前上部翼突内、外板和翼突基底部等,后上部斜坡、岩尖区阳性组 91 例,阴性组 74 例;上部蝶骨体、蝶窦底区阳性组 9 例,阴性组 156 例;前上部的翼突、翼板区阳性组 1 例,阴性组 164 例。

### 1.2 检查方法

全部病例于放疗前 2 周内行 SPECT/CT 断层骨显像及 MRI 检查。采用美国 GE 公司 Infinia +

Hawkey4 型双探头可变角 SPECT 仪,配低能高分辨平行孔准直器,同机 CT 为 4 排螺旋 CT。患者准备按骨显像常规,静脉注射 740-1110 MBq  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -亚甲基二膦酸盐(MDP,北京原子高科股份同位素有限公司提供)3~6 h 后行全身骨显像(WBI),进床速度 12 cm/min。头颅 SPECT 结合定位 CT 采集:完成全身骨骼平面显像后进行 SPECT/CT 颅底断层显像,矩阵  $256\times 256$ ,放大倍数为 1.28,采集 360 度,双探头各旋转 180 度,步进 6 度,30 s/帧。将 SPECT 和 CT 图像进行同机融合,重建三维图像, Volumetrix MI 同机融合软件进行分析处理。鼻咽 CT/MRI 平扫及增强按照 NPC 规范检查常规方法。

### 1.3 结果判定标准

分别由核医学科专家、放射科专家小组(每组 2 位)在双盲情况下阅片,疑难分歧病例则共同研判,对检测病例的颅底骨情况作出判断。半定量分析<sup>[3]</sup>: SPECT/CT 图像矢状面,在颅底放射性浓聚最高部位(L)层面与高位颈椎体(C1-C3)(S)处勾画大小相同的感兴趣区(ROI),计算其放射性摄取计数值 L/S 比值。分为 3 个等级:0 级即  $L/S<1$ , 1 级即  $L/S=1$ , 2 级  $L/S>1$ 。0 级与 1 级:考虑颅底骨未受侵犯和轻微的骨膜反应;2 级( $L/S>1$ )或  $L/S\leq 1$  而同机 CT(调为骨窗后)于 2 个断层连续 2 个以上层面出现骨质破坏,考虑颅底侵犯。CT 异常定义为颅底骨骨纹稀疏、骨皮质中断、骨质破坏或骨质增生硬化;正常腔、隙、孔道扩大或边缘破坏。判断标准参考相关文献<sup>[1,3-4]</sup>的研究方法, MRI 阳性为颅底骨皮质 TWI 上低信号的线样结构中断或骨松质骨髓脂肪均匀高信号消失,代之以肿瘤组织不均匀的斑点状低信号,信号强度与肿瘤组织相似,压脂增强后见明显强化;对所有患者随访 6~24 个月。

### 1.4 统计学方法

计算 SPECT/CT 和 CT 在发现颅底骨侵犯方面的敏感性、特异性和准确性,结果均用真阳性(true positive, TP)、假阴性(false negative, FN)、假阳性(false positive, FP)、真阴性(true negative, TN)进行分析。

灵敏度(%)= $(\frac{TP}{TP+FN})\times 100\%$

特异性(%)= $(\frac{TN}{TN+FP})\times 100\%$

准确率(%)= $(\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN})\times 100\%$

应用 SPSS 17.0 软件处理原始数据,对计数资料行  $\chi^2$  检验;SPECT/CT、CT 分别与 MRI 结果之间进行 Kappa 值一致性检验;应用 MedCalc. v9. 2. 0. 1 软件绘制受试者工作特性曲线(receiver operator characteristic cuve,ROC 曲线),并计算各项 ROC 曲线下面积(area under the curve, AUC),ROC 曲线分析比较采用 Z 检验。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 SBBI 结果

MRI、SPECT/CT 和 CT 对颅底骨侵犯的总体阳性检出率分别为 55.8%(92/165)、66.1%(109/165)和 35.8%(59/165);图 1 示,SPECT/CT 和 CT 检测颅底骨破坏灵敏度分别为 96.7%(89/92)和 60.9%(56/92),特异度分别为 72.6%(53/73)和 95.9%(70/73),准确度分别为 86.1%(142/165)和 76.4%(126/165)和 Kappa 值分别为 0.711 和 0.542,检测阴性和阳性结果见表 1。SPECT/CT 和 CT 检测 AUC 值(ROC 曲线下面积)分别为 0.847 和 0.784;分别与曲线下面积 0.5 行 Z 检验;差异均有统计学意义( $Z=12.43, P<0.01$ ;  $Z=10.09, P<0.01$ );SPECT/CT 和 CT 检测的颅测的颅底骨侵犯的 AUC 差异无统计学意义, $Z=1.737, P>0.05$ 。

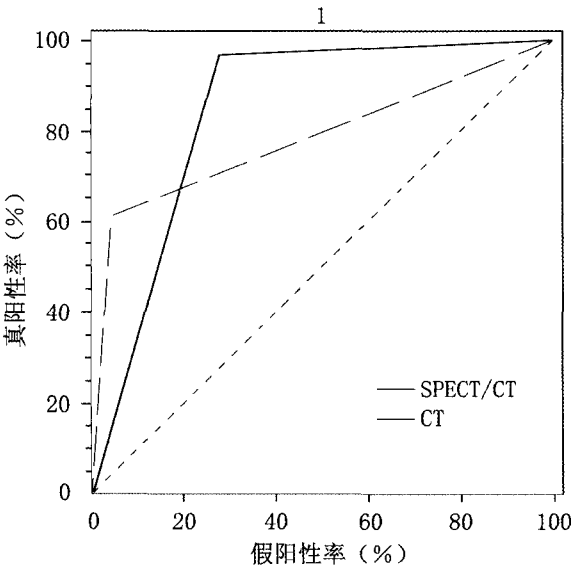


图 1 SPECT/CT 和 CT 在颅底骨侵犯诊断 ROC 曲线比较

2.2 颅底骨不同区域部位检测情况分析

SPECT/CT 发现  $\geq 2$  个区域受累者 22 例,其中有

2 例 3 个区域同时受累;CT 发现  $\geq 2$  个区域受累者 5 例,其中有 1 例 3 个区域同时受累;MRI 检测 2 个区域同时受累有 9 例。SPECT/CT 和 CT 在各区域检测结果如表 2 和表 3;SPECT/CT 和 CT 检测颅底及各区域 SBBI 的灵敏度、特异性和准确度值见表 4;图 2 示,在颅底骨斜坡、岩尖区,SPECT/CT 和 MRI 两者检测 Kappa 值为 0.864,CT 和 MRI 两者检测 Kappa 值为 0.545;SPECT/CT、CT 检测 AUC 值分别为 0.929 和 0.786,差异有统计学意义, $Z=4.425, P<0.001$ 。

表 1 SPECT/CT 和 CT 在颅底骨侵犯诊断评价情况(n)

检测方法	MRI	
	+	-
SPECT/CT		
+	89	20
-	3	53
CT		
+	56	3
-	36	70

表 2 SPECT/CT 在颅底骨各区域诊断评价情况(n)

颅底骨各区域	MRI	
	+	-
斜坡、岩尖区		
+	88	8
-	3	66
蝶骨体、蝶窦底区		
+	9	21
-	0	135
翼突、翼板区		
+	1	6
-	0	158

表 3 CT 在颅底骨各区域诊断评价情况(n)

颅底骨各区域	MRI	
	+	-
斜坡、岩尖区		
+	52	0
-	39	74
蝶骨体、蝶窦底区		
+	7	1
-	2	155
翼突、翼板区		
+	1	4
-	0	160

表 4 鼻咽癌患者颅底骨不同区域的 SPECT/CT 和 CT 主要诊断性评价指标(%)

部位	SPECT/CT			CT		
	灵敏度	特异度	准确度	灵敏度	特异度	准确度
斜坡、岩尖区	96.7	89.2	93.3	57.1	100.0	76.4
蝶骨体、蝶窦底区	100.0	86.5	87.3	77.8	99.4	98.2
翼突、翼板区	100.0	96.3	96.4	100.0	97.6	97.6

### 2.3 临床影响因素分析

表 5 和表 6 示,头痛症状是 SPECT/CT ( $\chi^2 = 66.7, P < 0.001$ )和 CT ( $\chi^2 = 26.2, P < 0.001$ )结果阳性的相关因素,差异均有统计学意义;颅神经损害是 SPECT/CT ( $\chi^2 = 6.9, P < 0.01$ )和 CT ( $\chi^2 = 15.0, P < 0.001$ )结果阳性的相关因素,差异均有统计学意义。

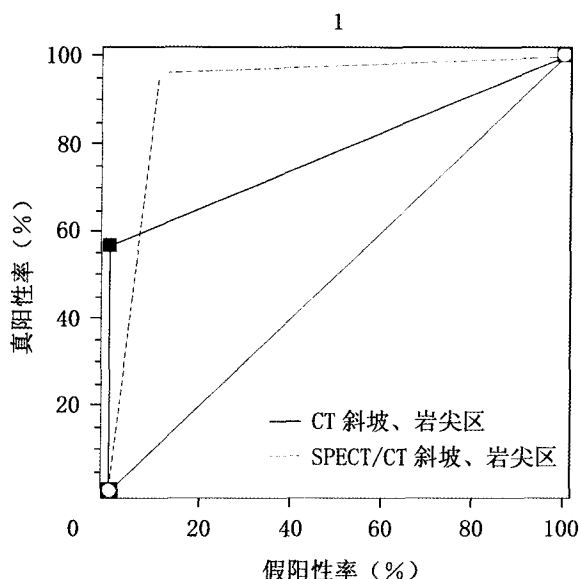


图 2 SPECT/CT 和 CT 在颅底骨斜坡及岩尖区侵犯诊断 ROC 曲线比较

表 5 NPC 患者 SPECT/CT 和 CT 检出结果与头痛症状的关系(n(%))

头痛症状	SPECT/CT		n	CT	
	+	-		+	-
+	77(97.5)	2(2.5)	79	44(55.7)	35(44.3)
-	32(37.2)	54(62.8)	86	15(17.4)	71(82.6)

表 6 NPC 患者 SPECT/CT 和 CT 检出结果与颅神经损害的关系(n(%))

颅神经损害	SPECT/CT		n	CT	
	+	-		+	-
+	22(91.7)	2(8.3)	24	17(54.2)	7(45.8)
-	87(61.7)	54(38.3)	141	42(25.5)	99(74.5)

### 3 讨论

MRI 对于脂肪信号的改变比较敏感,对于富含脂肪的骨松质能显示清晰,同时 MRI 对于软组织显示良好,图像分辨率高,定位准确,能多体位多序列观察<sup>[5]</sup>,是目前放疗前判断 NPC 侵犯颅底骨的公认标准检查方法<sup>[1,6]</sup>,考虑到颅底骨位置特殊性,本研究选择 MRI 作为对照标准。为尽可能减少干扰因素,入组标准均为初治,且无高位颈椎转移。研究表明,通过受试者工

作特性曲线(ROC 曲线)发现 SPECT/CT 和 CT 均是检测 NPC 颅底骨质破坏的有效方式。

颅底骨结构复杂,不同骨组织的形态不一,其大小、厚度、黄骨髓含量、骨皮质和髓质比例不一;根据 NPC 颅底骨侵犯途径方式,按部位分析发现,在斜坡、岩尖附近一带区域,不同影像方法检出阳性例数均占大多数,和报道一致<sup>[1]</sup>,该区域 SPECT/CT 检测 SBBI 结果最为理想,真实可靠,与 MRI 结果高度一致性;CT 结果阳性所有病例均被 MRI 检出。SPECT/CT 与 CT 两者检测的 AUC 值经 Z 检验比较,发现 SPECT/CT 优于 CT。斜坡、岩尖区域发生炎症、损伤、良性肿瘤机会少见,故 SPECT/CT 敏感度、特异性均佳,临床价值高;在蝶骨体、蝶窦底区域,9 例 MRI 阳性患者,均发现蝶窦腔明确有肿瘤占据,分期偏晚, MRI 阳性病例, SPECT 均阳性,此外 SPECT 还有 21 例假阳性病例, CT 有 1 例假阳性, 2 例假阴性;在翼突、翼板一带区域, MRI 结果阳性只有 1 例,在 SPECT/CT、CT 上均为阳性, SPECT/CT 假阳性 6 例, CT 假阳性 4 例;在这两个区域无 SPECT/CT 阴性而 MRI 阳性患者,说明 MRI 在 NPC 颅底骨质受侵病灶的诊断中有一定缺陷,特别是颅底细小骨质部位病灶诊断,易受信号干扰及颅底复杂解剖结构影响,与乐亚丽等<sup>[7]</sup>研究结果相似。SPECT/CT 在蝶窦底壁、翼突等细小骨质发现病灶能力高于 MRI, CT 在翼突、翼板一带区域,也有较理想灵敏度和特异度;其原因在于该两个区域,合并副鼻窦多见,容易导致 SPECT/CT 出现假阳性;CT 在骨细节分辨上有独特优势;骨质薄、骨髓含量少, MRI 检测容易出现假阴性;临床治疗上,该两个区域多在照射范围内,大多受到较高照射剂量,因此早期骨质破坏,对预后影响不大,一定程度上影响到 SPECT/CT、CT 阳性而 MRI 阴性病例随访结果。尽管 SPECT/CT 比 MRI、CT 有更高假阳性率,但有可能比 MRI 及 CT 更早发现骨质破坏,尤其在枕骨斜坡一带区域,影响 SPECT/CT 检测结果因素少,且是肿瘤最常见累及部位,临床应用价值高。临床实际工作中,因 NPC 对射线敏感,初次放疗范围充分勾画及肿瘤靶区足够剂量对预后最为关键,对于 NPC 颅底骨侵犯而言,漏诊(假阴性)往往比误诊(假阳性)的危害性更大<sup>[8]</sup>。因此,对于 SPECT/CT 阳性而 MRI 阴性病例,如阳性灶位于斜坡、岩尖区域,考虑到该区域合并炎症、骨坏死等良性干扰因素机会较少,可靠性较强。本研究 8 例 SPECT/CT 阳性而 MRI 阴性患者,在脑干评估安全前提下给予异常骨质部位更高照射剂量,随访时间 6~24 个月,中位时间 15 个月,有 1 例患者治疗结束后 8 个月 MRI 复查发现颅底骨质破坏,分析其原因: SPECT/CT 能够较 MRI 或 CT 更早发现骨质病灶<sup>[9]</sup>;尽管提高该患者斜坡照射剂量,

但仍未达到骨质阳性病灶所需要照射根治性剂量,不足以杀灭所有肿瘤细胞,残留癌细胞短时间再次增殖复发。

SPECT/CT 出现假阳性可能原因有 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 并非肿瘤特异性显像剂, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 骨显像反映骨盐代谢等变化<sup>[10]</sup>,非肿瘤因素导致的骨组织代谢活跃也会引起 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 的异常浓聚,这是假阳性产生的主要原因。假阴性可能原因在于骨代谢活动减低<sup>[3]</sup>, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 的异常浓聚与成骨细胞活性和血流有关<sup>[1]</sup>,如破骨细胞活性显著超过成骨细胞活性以及其他因素影响导致血流降低,就可能出现漏诊和误诊。颅底骨黄骨髓成分多少影响到 MRI 对骨髓信号改变的正确判断,因此同样存在假阳性和假阴性问题,其检测的准确性仍需结合临床、病理不断总结提高。除技术性因素,导致 SPECT 假阳性的因素同样会影响 MRI 的检测结果。SPECT 假阴性的同时可能存在 MRI 假阳性;SPECT 假阳性也可能存在 MRI 假阴性<sup>[11]</sup>。

本研究还探讨头痛和颅神经症状是否影响 SBBI 阳性检出率。颅底骨侵犯患者常会出现头痛症状,典型症状为固定、持续性头痛,放疗后症状很快得到缓解,可以合并有或无颅神经症状,颅神经症状出现往往提示病情偏晚,预后不良。本研究发现,头痛、颅神经症状是 SPECT/CT、CT 检测颅底骨破坏阳性的高危因素,和报道一致<sup>[3,11]</sup>。

SPECT 骨显像的主要价值在于能够早期发现骨侵犯部位,优于 CT,而且较为直观,但难以对肿瘤侵犯的边界精确定位;CT 敏感性差,假阴性高,不利于治疗前病情准确评估,但在翼突、翼板等细小骨质上显示骨细节上有优势;MRI 目前是 NPC 患者放疗前最重要的影像学检查<sup>[12]</sup>,通过 MRI 对 NPC 颅底受侵进行分期还具有一定的预后价值<sup>[13]</sup>,鉴于 NPC 容易蔓延侵犯颅底骨和全身骨转移,建议将 SPECT/CT 全身加颅底断层骨显像列为 NPC 的备选检查,联合检查可以提高对颅底骨侵犯诊断准确性<sup>[8]</sup>。本研究结果表明,SPECT 结合定位 CT 骨显像为评价 NPC 颅底骨侵犯较可靠的方法,头痛和颅神经麻痹的症状很可能是颅底侵袭的临床表现,可供临床诊断参考。

## 参考文献

- [1] Zhang SX, Han PH, Zhang GQ, et al. Comparison of SPECT/CT, MRI and CT in diagnosis of skull base bone invasion in nasopharyngeal carcinoma[J]. Biomed Mater Eng, 2014, 24(1): 1117-1124.
- [2] 艾毅钦,刘光贤,李荣清,等. SPECT 和 CT 检测鼻咽癌颅底受侵的临床价值[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2010, 17(2): 119-121.
- [3] 姚红霞,刘生,蒋宁一,等.  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP SPECT 结合定位 CT 评价鼻咽癌颅底骨侵犯[J]. 中华核医学杂志, 2009, 29(5): 303-305.
- [4] 李伟,张汝森,张林启,等. 鼻咽癌颅底骨侵犯 CT 漏诊 MR 和 SPECT/CT 诊断价值比较[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2016, 23(7): 446-451.
- [5] 祝安惠,王荣福.  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像联合 MR 成像对骨转移瘤诊断的临床应用[J]. 肿瘤学杂志, 2014, 20(11): 881-888.
- [6] Wang Y, Zhao H, Zhang ZQ, et al. MR imaging prediction of local control of nasopharyngeal carcinoma treated with radiation therapy and chemotherapy[J]. Br J Radiol, 2014, 87(1039): 2446-2457.
- [7] 乐亚丽,陈雨,陈跃,等.  $^{18}\text{F}$ -NaF PET/CT 与 MRI 在鼻咽癌颅底骨质受侵中的对比研究[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2016, 36(1): 34-38.
- [8] 李伟,张汝森,李雯,等. MRI 联合单光子发射计算机断层成像-CT 诊断鼻咽癌患者早期颅底骨侵犯的价值及其对临床决策的影响[J]. 中华放射学杂志, 2016, 50(6): 406-411.
- [9] Kolk A, Schuster T, Chlebowski A, et al. Combined SPECT/CT improves detection of initial bone invasion and determination of resection margins in squamous cell carcinoma of the head and neck compared to conventional imaging modalities[J]. Eur J Nucl Med Mol Imag, 2014, 41(7): 1363-1374.
- [10] 汪建强,曹春晓,杨琦,等.  $^{18}\text{F}$ -FDG SPECT/CT 符合线路显像、 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 骨显像及 MRI 对脊柱转移瘤诊断效能的对比[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2015, 35(5): 403-404.
- [11] 张莉,敖睿,王晋川,等. 鼻咽癌颅底骨侵犯 SPECT 及 MRI 检测对比研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2008, 17(6): 417-420.
- [12] 罗树春,兰海涛,吴琦.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 与 MRT 检测鼻咽癌颅底骨质浸润和靶区勾画的临床研究[J]. 重庆医学, 2013, 42(17): 1957-1959.
- [13] Cheng YK, Liu LZ, Jiang N, et al. MRI-detected skull-base invasion: Prognostic value and therapeutic implication in intensity-modulated radiotherapy treatment for nasopharyngeal carcinoma[J]. Strahlenther Onkol, 2014, 190(10): 905-911.

收稿日期: 2016-10-27 修回日期: 2016-12-10

(编辑: 吕莹)