

# 1.5T DWI 在肺内良、恶性病变鉴别诊断中最适 b 值的探讨

钟丽, 孙玲玲

**【摘要】 目的:**探讨 1.5T DWI 对肺内良、恶性病变的鉴别诊断价值及 b 值的优化。**方法:**搜集 40 例经病理/临床证实的肺内良、恶性病变患者(恶性病变 23 例,良性病变 17 例)的影像及临床资料,40 例均经 MSCT 检查发现肺部病变,并行常规 T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI 以及多 b 值 DWI(b=0,300,600,1000 s/mm<sup>2</sup>)检查,测量 3 组 b 值测得的 ADC 值,分析不同 b 值对图像质量、信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)的影响,根据受试者工作特征(ROC)曲线评价不同 b 值下 ADC 值鉴别肺内良、恶性病变的诊断效能;并比较同一 b 值下良、恶性病变 ADC 值的差异。**结果:**随着 b 值的增加,DWI 图像信号逐渐增高,ADC、SNR 及 CNR 值逐渐下降;b 值为 300 和 600 s/mm<sup>2</sup> 两组图像 SNR 值差异无统计学意义(P>0.05),b 值为 300 与 1000 s/mm<sup>2</sup> 以及 600 与 1000 s/mm<sup>2</sup> 两组 SNR 值差异均具有统计学意义(P 均<0.05);CNR 值在两两组间的差异均具有统计学意义(P 均<0.05)。b 值为 300、600 和 1000 s/mm<sup>2</sup> 时,ROC 的曲线下面积(AUC)分别为 0.78、0.83 和 0.81,且均具有诊断意义(AUC 均>0.5),当 b=600 s/mm<sup>2</sup> 时,诊断效能最高。在同一 b 值下,恶性病变图像信号高于良性病变,且 ADC 值低于良性病变(P 均<0.05)。**结论:**1.5T DWI 多 b 值胸部扫描有助于鉴别肺内良、恶性病变,当 b=600 s/mm<sup>2</sup> 时,对肺良、恶性病变的鉴别诊断效能最高。

**【关键词】** 肺疾病; 扩散加权成像; 诊断,鉴别; 表观扩散系数; 信噪比

**【中图分类号】** R563; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)02-0141-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.02.011

**Investigation of the appropriate b-value in diffusion-weighted imaging using 1.5T MR scanner for the differential diagnosis of benign and malignant lung lesions** ZHONG Li, SUN Ling-ling. The Forth Affiliated Hospital of China Medical University, Shenyang 110032, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the value of diffusion-weighted imaging using 1.5T MR scanner in identifying benign and malignant lung lesions and optimization of the b-value. **Methods:** 40 cases with pulmonary lesions found in MSCT examination were collected, consisting of 23 malignant cases and 17 benign cases. All patients underwent conventional T<sub>1</sub>WI, T<sub>2</sub>WI and DWI with multi-b-value. ADC values were measured and analysed, as well as the impacts of b-value on imaging quality, signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR). According to the receiver operating characteristic (ROC) curve, the diagnostic efficiency of identifying benign and malignant lung lesions with ADC value under various b values was ascertained. ADC values of benign and malignant lesions at the same b-value were compared. **Results:** On the DWI of lung lesions with various b values, the signal intensity of images gradually increased and the ADC values gradually reduced with the increasing b values. The signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) gradually reduced (P>0.05 of SNR when b=300 and 600s/mm<sup>2</sup>). The AUC with various b values were 0.78, 0.83, 0.81, respectively. The diagnostic efficiency was the highest when the b-value was 600s/mm<sup>2</sup>. With the same b-value, the mean ADC value of malignant lesions was lower than that of benign lesions (All P<0.05). **Conclusion:** Chest scanning with 1.5T DWI can be used to distinguish benign and malignant pulmonary lesions with various b values (300, 600 and 1000s/mm<sup>2</sup>). The diagnostic efficiency is the highest when b-value was 600s/mm<sup>2</sup>.

**【Key words】** Lung diseases; Diffusion-weighted imaging; Diagnosis, differential; Apparent diffusion coefficient; Signal-to-noise ratio

肺癌是当今世界上最常见的致死性恶性肿瘤之一,死亡率高。随着 MRI 设备的不断更新及快速成像技术的出现, MRI 图像的信噪比明显改善,时间分辨力、空间分辨力也得以提升,使胸部 MRI 检查成为可能。扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)是目前唯一能够观察活体组织内水分子扩散运

动的无创性检查方法,其在肺部病变,特别是在肺癌的诊断与鉴别诊断、分期和疗效评估等方面中的价值受到越来越多的关注<sup>[1-4]</sup>。选择合适的 b 值,对评价 DWI 在肺内良、恶性病变中的鉴别诊断价值具有重要意义<sup>[5]</sup>。本研究旨在评价 DWI 在肺内良、恶性病变鉴别诊断中的应用价值,并筛选出最佳 b 值。

## 材料与方法

### 1. 病例资料

作者单位:110032 沈阳,中国医科大学附属第四医院放射科  
作者简介:钟丽(1985—),女,湖北黄冈人,住院医师,主要从事医学影像学诊断工作。  
通讯作者:孙玲玲, E-mail: sunll106@163.com  
基金项目:辽宁省自然科学基金资助项目(201302/035)

搜集本院 2013 年 9 月—2014 年 4 月期间,经胸部 MSCT 检查发现肺部病变,并进行胸部 MRI 及 DWI 检查的患者。纳入标准:经病理学(手术、支气管镜活检、穿刺活检)或临床资料证实其良恶性;接受胸部 CT 和 MRI 检查,且两种检查间隔时间小于 1 周;CT 和 MRI 均可显示完整或大部分病灶。本研究共纳入 40 例患者,其中男 25 例,女 15 例;年龄 42~72 岁,平均 52.3 岁。恶性病变 27 例(鳞癌 13 例,腺癌 9 例,小细胞癌 3 例,腺鳞癌 2 例),良性病变 13 例(炎性肿块 7 例,结核球 3 例,错构瘤、结节病和硬化性血管瘤各 1 例)。37 例经病理证实,3 例经临床资料证实(均为良性病变,其中 2 例为炎性肿块,经抗炎治疗后复查吸收证实,1 例为结核球,根据既往病史、典型 CT 表现及随诊复查证实)。

## 2. 扫描方法

胸部 CT 扫描:采用 GE Lightspeed 64 层螺旋 CT 机,患者深吸气后行层厚 1.25 mm 胸部连续螺旋容积扫描。扫描范围自肺尖至肺底,扫描参数:120 kV, 80~160 mAs,视野 30 cm×30 cm,距阵 512×512,重建层厚及层间距均为 5 mm。增强扫描使用高压注射器经前臂静脉一次注入非离子对比剂碘化醇(350 mg I/mL),用量 1.5 mL/kg,注射流率 3 mL/s。

胸部 MRI 扫描:采用 GE Signa HDe 1.5T MRI 扫描仪和 8 通道体部相控阵线圈行常规 MRI 和 DWI 检查。①快速弛豫快速自旋回波脉冲序列(fast relaxation fast spin echo, FRFSE) T<sub>2</sub>WI:采用呼吸触发和心电触发技术(R 波触发),呼吸触发采用呼气末触发;②DWI:先行空间敏感度编码技术(ASSET)校正序列扫描,然后采用单次激发自旋回波-回波平面成像序列(spin echo-echo planar imaging, SE-EPI)行 DWI 扫描,在自由呼吸状态下采集图像,TR 4000 ms, TE 85 ms,视野 38 cm×38 cm,矩阵 128×128,层厚 6 mm,层间隔 1 mm, b 值取 0、300、600 和 1000 s/mm<sup>2</sup>,激励次数 4,同时在 x、y、z 轴 3 个方向上施加敏感梯度脉冲。

## 3. 图像后处理及数据测量

使用 AW 4.4 Functool 工作站对图像进行后处理,获得 DWI 图和 ADC 图。参考 T<sub>2</sub>WI 和 DWI 图,选择病灶信号强度最大且最均匀的层面,根据病变范围手动采集感兴趣区(ROI),选择病变 60%以上范围,并尽可能包括最大信号强度中心区域,避开病变边缘和肉眼可辨的坏死区。同一病例 3 组 b 值图像设置同样的 ROI,记录病变的 ADC 值。每个病灶取 3 处 ROI 分别测量对应 ADC 值,取其平均值作为最终测量值。

信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)及对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)分别按公式(1)、(2)计

算得出:

$$SNR = \frac{SI_{\text{组织}}}{SD_{\text{背景}}} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{SI_{\text{病灶}} - SI_{\text{组织}}}{SD_{\text{背景}}} \quad (2)$$

公式中 SI<sub>组织</sub> 为胸壁软组织信号强度的平均值; SI<sub>病灶</sub> 为病灶信号强度平均值; SD<sub>背景</sub> 为背景噪声的标准差,即视野内胸部图像以外区域的信号强度标准差。

## 4. 统计学方法

应用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。不同 b 值图像的 SNR、CNR 及 ADC 值分析时,先行方差分析,有显著性差异者再行多个均数两两比较方法(LSD 及 Student-Newman-Keuls 法);良、恶性病变的 ADC 值分析时,采用独立样本 t 检验方法;采用受试者工作特征(ROC)曲线分析不同 b 值的 ROC 曲线下面积(ACU)以及检验效能。所有统计学分析前,均行方差齐性检验。P<0.05 认为差异具有统计学意义。

## 结 果

DWI 图像的 SNR 与 CNR 随 b 值的增加呈不同程度的降低。统计分析显示 b 值为 300 和 600 s/mm<sup>2</sup> 间 SNR 值差异无统计学意义(P>0.05); b 值为 300 和 1000 s/mm<sup>2</sup>、600 和 1000 s/mm<sup>2</sup> 间 SNR 值差异均具有统计学意义(P<0.05); CNR 值在不同 b 值两组间差异均具有统计学意义(P<0.05, 表 1)。

表 1 不同 b 值 SNR 和 CNR 比较

| b 值(s/mm <sup>2</sup> ) | 病例数<br>(例) | SNR           | CNR         |
|-------------------------|------------|---------------|-------------|
| 300                     | 40         | 37.153±13.977 | 5.062±2.346 |
| 600                     | 40         | 32.998±11.387 | 3.765±2.253 |
| 1000                    | 40         | 25.267±11.667 | 2.373±2.349 |

同一病灶在不同 b 值下扫描时,随着 b 值的增加,图像信号强度呈现逐渐增高的趋势(图 1)。

所有病例的 ADC 值随 b 值的增加而逐渐降低,且 3 组 b 值的 ADC 值具有统计学差异;同一 b 值扫描下,恶性病变图像信号高于良性病变(图 2、3),而 ADC 值小于良性病变(P<0.05, 表 2)。b 值为 300、600、1000 s/mm<sup>2</sup> 时, AUC 分别为 0.78、0.83、0.81,其中 b=600 s/mm<sup>2</sup> 时, AUC 最大,在 3 组中诊断效能最高。

表 2 不同 b 值良、恶性病变的 ADC 值比较 (×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s)

| b 值<br>(s/mm <sup>2</sup> ) | 所有病例<br>(n=40) | 良性病变<br>(n=13) | 恶性病变<br>(n=27) |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 300                         | 1.817±0.469    | 1.859±0.415    | 1.585±0.466    |
| 600                         | 1.577±0.371    | 1.762±0.325    | 1.458±0.387    |
| 1000                        | 1.291±0.424    | 1.556±0.250    | 1.340±0.267    |

注:同一 b 值下,良、恶性病变间 ADC 值差异具有统计学意义(P 均<0.05)。

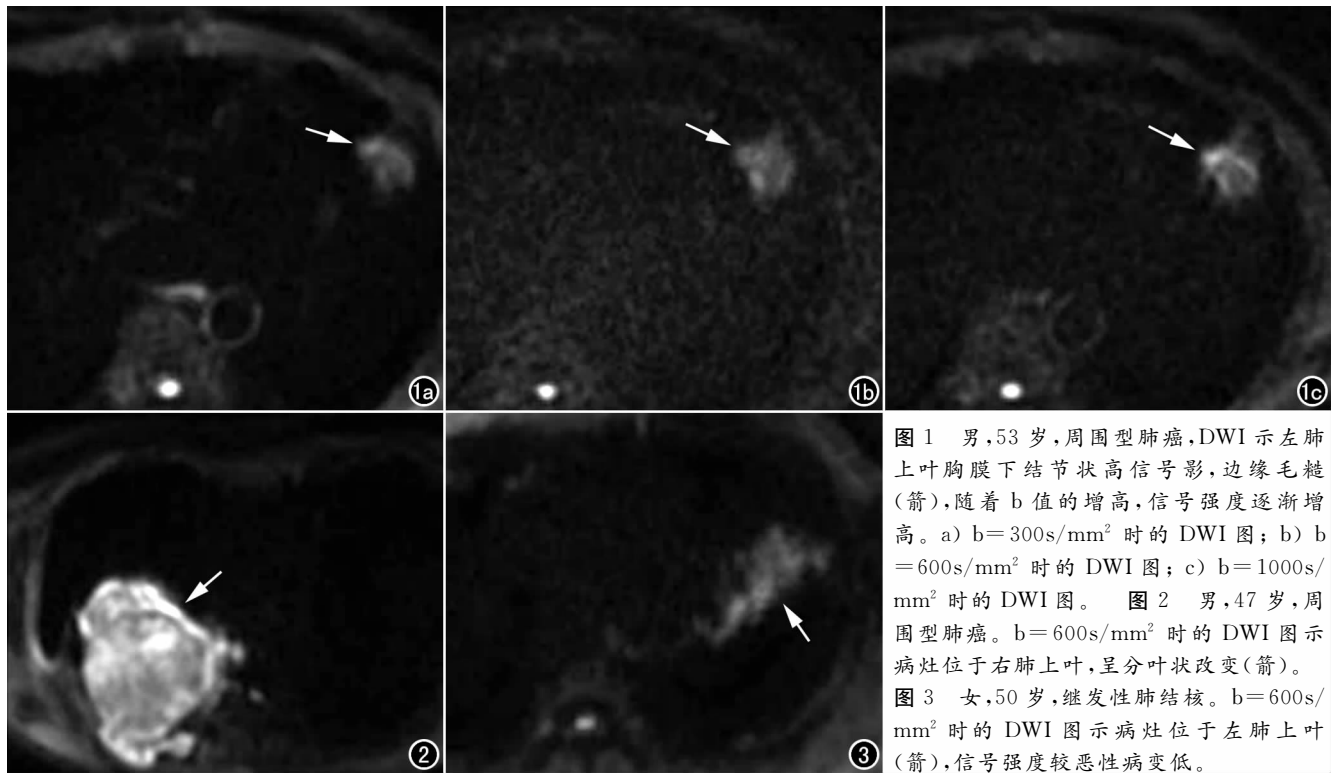


图 1 男, 53 岁, 周围型肺癌, DWI 示左肺上叶胸膜下结节状高信号影, 边缘毛糙(箭), 随着  $b$  值的增高, 信号强度逐渐增高。a)  $b=300\text{s/mm}^2$  时的 DWI 图; b)  $b=600\text{s/mm}^2$  时的 DWI 图; c)  $b=1000\text{s/mm}^2$  时的 DWI 图。图 2 男, 47 岁, 周围型肺癌。  $b=600\text{s/mm}^2$  时的 DWI 图示病灶位于右肺上叶, 呈分叶状改变(箭)。图 3 女, 50 岁, 继发性肺结核。  $b=600\text{s/mm}^2$  时的 DWI 图示病灶位于左肺上叶(箭), 信号强度较恶性病变低。

## 讨论

DWI 是目前唯一能够观察活体组织内水分子扩散运动的无创性检查方法, 它通过测量施加扩散敏感梯度场前后组织信号强度的变化, 来检测人体组织中水分子扩散运动受限制的方向和程度, 间接反映组织微观结构的变化。目前 DWI 在肺部的应用仍较少, 主要是因为肺部氢质子密度低, 磷敏感伪影较明显, 且受呼吸运动及心脏、大血管搏动等因素影响大<sup>[6-7]</sup>。近年来, 随着回波平面成像(EPI)技术的迅速发展, 以及多通道线圈、并行采集技术和运动伪影抑制等技术的研发和应用, 使 DWI 在胸部的应用越来越广泛。

在肺部的 DWI 应用中,  $b$  值是其中一项重要的扫描参数。目前临床通常采用单次激发 EPI 技术, 并取多个  $b$  值进行多次成像。如今, 相控阵线圈联合并行采集空间敏感度编码技术(ASSET)的应用, 可缩短成像时间, 改善空间分辨力<sup>[8]</sup>。 $b$  值反映扩散梯度场强度和持续时间,  $b$  值越大, 对水分子的扩散运动越敏感, DWI 的扩散对比度越强, 但会引起较大的信号衰减, 造成 DWI 的空间分辨力减低, 图像出现不同程度的扭曲、变形, 从而影响对病变特别是较小病变的检出; 而  $b$  值越小, 水分子的扩散受局部组织微循环灌注的影响越大, 所测得的 ADC 值稳定性差, 易受其他生理运动的影响, 不能有效反映水分子的扩散运动。因此,  $b$  值的选取是否合适直接影响诊断结果。目前, 由于 MRI 扫描设备不同, 成像序列和参数各异, 胸部 DWI 扫描的  $b$  值选择及几组  $b$  值的联合仍没有达成

共识。一般认为  $b$  值的最大值为  $500\sim1000\text{s/mm}^2$  较为适合肺部病变的评价<sup>[9-11]</sup>, 但也有相关研究表明, 采用 GE 1.5T Excite HD MRI 系统,  $b=300\text{s/mm}^2$  时, AUC 最大, 对肺癌和良性病变的鉴别诊断效能较高, DWI 在肺部采用较小  $b$  值时诊断价值较高<sup>[12]</sup>。笔者认为  $b$  值的选择应遵循水分子扩散运动的准确以及 DWI 图显示清晰的原则。在本研究中, 所有病变 ADC 值均随着  $b$  值的增加而减小, SNR 及 CNR 值也呈现降低趋势。当  $b=600\text{s/mm}^2$  时, 图像 CNR 及 CNR 值虽然有所降低, 但并未严重影响图像质量, 仍可清晰显示 ROI 组织结构及病变形态, 且此时 AUC 为 0.83, 大于其他两组  $b$  值的对应值, 诊断效能较大。

人体内水分子扩散运动的能力常用 ADC 值来表示。ADC 值可以作为评估水分子扩散状况的量化指标, 定量评估组织的微观结构及病理生理状态。ADC 值的大小受组织内各种形式水分子运动的影响, 在很大程度上取决于微环境下的扩散屏障的存在(即细胞膜和大分子), 另外, 在固体组织中受细胞核-浆比和细胞密度的影响<sup>[13]</sup>。肿瘤组织增殖旺盛, 细胞数量增多、排列致密、胞外间隙减小, 使细胞外水分子运动受限; 肿瘤细胞内胞核增大、细胞器增多、胞浆减少, 使细胞内水分子运动减慢, 因此, DWI 可以显示组织内部扩散的差异性。研究表明, 以胸壁肌肉为等信号参照物, 大多数肺部恶性病变在 DWI 上呈等、高信号; 大多数良性病变呈低、稍低信号<sup>[14]</sup>。然而, 良、恶性病变的信号特征有重叠, 不具有特征性。Satoh<sup>[15]</sup> 和陈爱萍<sup>[12]</sup> 等的研究也显示部分病变在 DWI 上的信号特殊

性,其原因除与病变的病理学基础有关外,还与呼吸、心跳、大动脉搏动等生理运动造成的图像伪影及所选 b 值不足以抑制 T<sub>2</sub> 透射效应有关。因此,单纯的 DWI 图像鉴别肺内良、恶性病变的价值有限。ADC 值不但能够消除 T<sub>2</sub> 透射效应、更真实地反映组织的扩散状况,而且还能用 ADC 值来定量分析扩散受限的程度。对其他组织器官肿瘤的 ADC 值研究表明,ADC 值可作为肿瘤组织的一个生物学指标,与肿瘤组织的细胞密度呈良好的负相关<sup>[10]</sup>。在恶性肿瘤组织内,细胞增殖快、细胞密度高、细胞外间隙减小、水分子扩散运动受限,病变信号在 DWI 上明显升高,ADC 值降低;反之,细胞密度较小、细胞外间隙相对较大、水分子扩散运动较自由,ADC 值较高。研究发现,肺内良、恶性病变组的 ADC 值差别有显著的统计学意义<sup>[11]</sup>。

综上所述,DWI 能够提供形态学以外的、有关肿瘤细胞构成以及细胞膜完整性等功能参数信息,有助于发现肺部肿瘤并描述肿瘤特征,鉴别肿瘤的病理类型,帮助确定治疗方案,从功能学、细胞学方面对病变进行综合评价。当 b=600s/mm<sup>2</sup> 时,1.5T DWI 对肺内良、恶性病变的鉴别诊断价值较高。

#### 参考文献:

- [1] Matoba M, Tonami H, Kondou T, et al. Lung carcinoma: diffusion-weighted imaging-preliminary evaluation with apparent diffusion coefficient[J]. Radiology, 2007(2): 243: 570-577.
- [2] Uto T, Takehara Y, Nakamura Y, et al. Higher sensitivity and specificity for diffusion-weighted imaging of malignant lung lesions without apparent diffusion coefficient quantification[J]. Radiology, 2009, 252(1): 247-254.

- [3] 王敏君, 张伟, 张宁, 等. 3.0T 磁共振扩散加权成像对肺部良恶性肿块的诊断价值[J]. 南昌大学学报(医学版), 2011, 51(11): 14-19, 35.
- [4] 李传俊, 邓启明, 孔健, 等. ADC 值鉴别肺内良恶性病变的价值及 b 的优化[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2013, 11(5): 32-34.
- [5] 邓启明, 邱维加, 周智鹏, 等. 不同 b 值下 DWI 鉴别肺部良、恶性病变的价值[J]. 中国医学影像技术, 2012, 28(8): 1537-1540.
- [6] 刘颖, 叶兆祥. 磁共振扩散加权成像在肺癌诊断和鉴别诊断中的应用进展[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(1): 139-143.
- [7] Kauczor HU, Ley S. Thoracic magnetic resonance imaging 1985 to 2010[J]. J Thorac Imaging, 2010, 25(1): 34-38.
- [8] 刘海东, 于铁链, 刘颖, 等. 肺恶性肿瘤和实性良性病变扩散加权成像技术初探[J]. 国际医学放射学杂志, 2010, 33(3): 240-244.
- [9] 李菲, 于铁链, 李伟栋, 等. ADC 值与肺癌组织学类型及分化程度的相关性研究[J]. 中国肺癌杂志, 2012, 15(11): 646-651.
- [10] 蒋洁智, 丁莹莹. DWI 在肺癌诊疗过程中的应用研究进展[J]. 放射学实践, 2013, 28(1): 105-107.
- [11] Liu H, Liu Y, Yu T, et al. Usefulness of diffusion-weighted MR imaging in the evaluation of pulmonary lesions[J]. Eur Radiol, 2010, 20(4): 807-815.
- [12] 陈爱萍, 李惠民, 刘士远, 等. 扩散加权成像区分肺良恶性病变的价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2010, 16(3): 206-210.
- [13] 赵希彤, 么金龙. 扩散加权磁共振成像及表观扩散系数在肺癌组织学诊断中的作用[J]. 中国医科大学学报, 2011, 40(5): 449-451.
- [14] 李伟栋, 于铁链, 徐凯, 等. 3.0T MRI DWI 在肺部实性病变的诊断价值及其病理对照研究[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(11): 175-1761.
- [15] Satoh S, Kitazume Y, Ohdama S, et al. Can malignant and benign pulmonary nodules be differentiated with diffusion-weighted MRI[J]. AJR, 2008, 191(2): 464-470.

(收稿日期: 2014-07-09 修回日期: 2014-10-15)

## 《请您诊断》栏目征文启事

《请您诊断》是本刊 2007 年新开辟的栏目,该栏目以临床上少见或容易误诊的病例为素材,杂志在刊载答案的同时配发专家点评,以帮助影像医生更好地理解相关影像知识,提高诊断水平。栏目开办 7 年来受到广大读者欢迎。《请您诊断》栏目荣获第八届湖北精品医学期刊“特色栏目奖”。

本栏目欢迎广大读者踊跃投稿,并积极参与《请您诊断》有奖活动,稿件一经采用稿酬从优。

《请您诊断》来稿格式要求:①来稿分两部分刊出,第一部分为病例资料和图片;第二部分为全文,即病例完整资料(包括病例资料、影像学表现、图片及详细图片说明、讨论等);②来稿应提供详细的病例资料,包括病史、体检资料、影像学检查及实验室检查资料;③来稿应提供具有典型性、代表性的图片,包括横向图片(X 线、CT 或 MRI 等不同检查方法得到的影像资料,或某一检查方法的详细图片,如 CT 平扫和增强扫描图片)和纵向图片(同一患者在治疗前后的动态影像资料,最好附上病理图片),每帧图片均需详细的图片说明,包括扫描参数、序列、征象等,病变部位请用箭头标明。

具体格式要求请参见本刊(一个完整病例的第一部分请参见本刊正文首页,第二部分请参见 2 个月后的杂志最后一页,如第一部分问题在 1 期杂志正文首页,第二部分答案则在 3 期杂志正文末页)

栏目主持:石鹤 联系电话:027-83662875 15926283035