

临床论著

MR 弥散加权成像骨髓对比率与核素骨显像
在脊柱转移瘤诊断中的价值赵应满¹, 陈 峰¹, 许 琴¹, 戴儒奇², 李建军²

(1 海南省人民医院放射科; 2 核医学科 570311 海口市)

【摘要】目的:对比 MR 弥散加权成像(DWI)骨髓对比率与核素骨显像在脊柱转移瘤诊断中的价值。**方法:**脊柱转移瘤患者 40 例, 21 例经骨穿刺检查、13 例手术病理证实, 其余 6 例经 MRI、CT(或 X 线)、核素骨显像综合分析并随访证实为转移瘤。均进行 $b=500\text{s/mm}^2$ 的 DWI 扫描, 在 DWI 图上描出感兴趣区(ROI), ROI 应尽量包括最典型病灶并避开坏死部分, 于病灶 ROI 上测量异常骨髓信号强度值为 SIA, 并与相邻椎体 ROI 上测量的正常骨髓信号强度值 SIN 比较, 骨髓对比率的计算公式为 $(\text{SIA}-\text{SIN})/\text{SIN}$, 测量得出脊柱转移瘤 DWI 上最典型病灶的骨髓对比率。观察 DWI 信号变化, 测量表观弥散系数(ADC), 计算骨髓对比率; 并同时行核素骨显像检查对比。**结果:**40 例脊柱转移瘤患者中, DWI 阳性共 39 例, 其中颈椎 5 例, 胸椎 14 例, 腰椎 20 例; 并在病变椎体上发现高信号病灶 162 个; 核素骨显像检查共 31 例阳性, 并在脊柱发现病灶 131 个。经统计学处理结果: 转移瘤的阳性检出率磁共振 DWI(97.5%) 高于核素骨显像检查(77.5%) (采用两独立样本 t 检验, $P<0.05$)。病灶腰椎体的 ADC 值 $[(1.37\pm 0.51)\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}]$ 明显高于邻近正常腰椎体 $[(0.534\pm 0.23)\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}]$, DWI 病灶与邻近正常腰椎体信号强度的骨髓对比率 (1.65 ± 1.38) 差异大。椎体转移瘤病灶的高信号(162 个)和骨髓对比率变化检出比核素骨显像(131 个)阳性率高, 两者具有显著性差异($P<0.05$)。**结论:**与核素骨显像比较, DWI 的高信号或骨髓对比率在脊柱转移瘤的诊断中有一定的优势。

【关键词】脊柱转移瘤; 弥散加权成像; 核素骨显像

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.09.09

中图分类号: R738.1, R445.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2013)-09-0810-05

Comparison of MR diffusion weighted imaging bone marrow ratio and radionuclide bone imaging in the diagnosis of spine metastasis/ZHAO Yingman, CHEN Feng, XU Qin, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(9): 810-814

【Abstract】Objectives: To compare MR diffusion weighted imaging(DWI) in bone marrow and radionuclide bone imaging in the diagnosis of spine metastasis. **Methods:** Among the 40 cases with spine metastasis, 21 cases were confirmed by bone biopsy, 13 cases by postoperative pathology, and the other 6 cases by MRI, CT(or X-ray), radionuclide bone imaging and follow-up. DWI($b=500\text{s/mm}^2$, and 1.5T MR scanner) were performed in all 40 patients. The regions of interests(ROIs) were measured on the DWI maps, ROI included the most typical lesions avoiding the necrosis zone. Abnormal marrow signal intensity value was measured as SIA, normal bone marrow signal intensity value in adjacent normal vertebral body was measured as SIN. The bone marrow ratio was defined as $(\text{SIA}-\text{SIN})/\text{SIN}$ for measuring the typical spinal metastatic bone marrow ratio on DWI. The DWI signal change apparent diffusion coefficient (ADC) and the bone marrow contrast ratio was measured, which was compared with the radionuclide bone imaging at the same time. **Results:** Among the 40 cases of spine metastasis, 39 cases had positive DWI, which included 15 cervical, 14 thoracic, and 20 lumbar vertebrae. 162 high signal intensity lesions in the vertebral body were found. Among the 31 cases with positive radionuclide bone imaging, 131 lesions were found in the spine. DWI was more sensitive(97.5%) than radionuclide bone imaging(77.5%) in determining spine metastasis by two independent samples t test, $P<$

基金项目: 2009 年海南省自然科学基金资助项目(309098)

第一作者简介: 男(1964-), 主任技师, 研究方向: 影像技术学

电话: (0898)68642976 E-mail: zhaoying1965@163.com

通讯作者: 李建军 E-mail: hnljj@263.net

0.05. The ADC value of lumbar vertebral body lesions was significantly higher $[(1.37 \pm 0.51) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}]$ than that of the adjacent normal vertebral body $[(0.534 \pm 0.23) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}]$. The high signal lesions of vertebral metastasis (162) and bone marrow ratio change had higher positive rate than radionuclide bone imaging (131), both with significant differences ($P < 0.05$). **Conclusions:** Compared with radionuclide bone imaging, DWI signal or bone marrow ratio shows higher potent in determining spine metastasis.

【Key words】 Spinal metastases; Diffusion-weighted imaging; ECT

【Author's address】 Department of Radiology, Hainan Province People's Hospital, Haikou, 570311, China

核素骨显像检查对脊柱良、恶性病变的鉴别诊断有价值,是目前脊柱转移瘤首选的检查方法,敏感性高但特异性较低,存在较多的假阴性和假阳性。磁共振弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是近年发展起来的 MR 功能成像新技术,主要通过水分子的微观运动反映机体组织结构的生理、病理状态,表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)和骨髓对比率是其定量指标,可对不同病变的定性诊断提供量化标准^[1],在早期诊断和鉴别诊断方面显示出较高的敏感性和良好临床应用前景。笔者收集了 40 例脊柱椎体转移瘤患者,对比核素骨显像与 DWI 信号改变及病变椎体骨髓对比率诊断病变的价值,探讨脊柱转移瘤弥散加权成像的特性和骨髓对比率应用价值,为脊柱转移瘤的早期诊断及鉴别诊断提供新的检查方法。

1 资料与方法

1.1 研究对象

收集我院 2010 年 1 月~2011 年 12 月经临床随访、穿刺或手术病理证实的脊柱转移瘤患者,共 40 例。其中男 23 例,女 17 例,年龄 38~76 岁,平均 52 ± 3 岁。除 3 例未找到原发病变外,其余 37 例有原发肿瘤病史,其中肺癌 10 例、乳腺癌 8 例、鼻咽癌 6 例、前列腺癌 6 例、直肠癌 2 例、肝癌 2 例、胃癌 1 例、肾癌 1 例、卵巢癌 1 例。患者以胸或腰背疼痛或 X 线平片、CT 检查发现脊柱占位病变就诊,40 例入组患者均在我院行核素骨显像和脊柱 DWI 两种检查, DWI 图像无明显伪影。诊断骨转移瘤标准^[2]:有明确原发恶性肿瘤病史,在 MRI、CT(或 X 线)、核素骨显像三种检查方法中,有两种阳性者诊断为骨转移瘤。本组 21 例经骨穿刺检查、13 例经手术病理证实,其余 6 例经 MRI、CT(或 X 线)、核素骨显像综合分析和随访证实。另外 3 例无原发肿瘤病史的诊断以病理证实为

准。

1.2 MR 检查

采用 GE Signa 1.5T Twinspeed/Excite II 超导型 MR 扫描仪, Coil:4 -CLT(脊柱相控阵线圈)采集信号。扫描参数:常规序列:行脊柱矢状面 FSE T1WI、T2WI 和脂抑制 T2WI (f) 序列成像, MR 增强扫描采用 Gd-DTPA (0.1 mmol/kg) 肘静脉注入后,行脂肪抑制 SE T1WI (f) 扫描; DWI:行脊柱矢状面 SE-EPI 序列扫描,参数:TR10000ms、层厚 5mm、层距 1mm、层数 6~10、矩阵 128×128 、NEX 1~2 次、FOV 22~28cm、b 值 500s/mm^2 ; TE 随 b 值改变而自动改变,扩散所有方向,常规施加频率选择脂肪抑制技术以提高图像对比度;常规方位以矢状面为主,必要时加扫横断面。

1.3 核素检查

核素骨显像设备:德国 SIEMENS E cam SPECT 仪。成像方法:通过肘静脉途径“弹丸式”注射给药 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 标记的亚甲基二膦酸盐 Nestin ($^{99\text{m}}\text{TC-MDP}$),放射活度为 $925 \sim 1110 \text{MBq}$ 。3h 后先排尿、除去身体金属物品,再行平面的全身骨显像扫描,在平面显像图像如发现脊柱有放射性分布异常,则增加局部脊柱断层显像,并采集脊柱病变部位核素分布图像进行图像融合定位。

1.4 观测指标

影像诊断由磁共振影像主治医师和核医学主治医师分别对两种检查进行诊断;并观察及确定病变脊柱组织的部位、数目、大小、形态以及 DWI 上的信号改变,并以此作出脊柱转移瘤的诊断, DWI 范围以外的核素骨显像显示的病灶排除在病灶统计数目之外。

骨髓对比率和 ADC 值的计算:在 DWI 图上描出感兴趣区 (ROI), ROI 应尽量包括最典型病灶并避开坏死部分,于病灶 ROI 上测量异常骨髓信号强度值为 SIA,并与相邻正常椎体上测量的正常骨髓信号强度值 SIN 进行比较,骨髓对比率

的计算公式为 $(SIA-SIN)/SIN$, 测量得出脊柱转移瘤 DWI 上最典型病灶的骨髓对比率。应用 GE 公司 ADW4.0 工作站的 Functool 软件分析, 在 ADC 图上选择最典型病灶的最大径所在层面, 描出感兴趣区 (ROI), ROI 应尽量包括病灶最大面积, 避开坏死部分, 每个 ROI 测量 3 次, 取其平均值作为该 ROI 的 ADC 值。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 12.0 统计软件包, 计数资料采用两独立样本 t 检验, 计量资料采用卡方检验, $P < 0.05$ 设定有显著性差异。

2 结果

40 例脊柱转移瘤患者中 DWI 阳性共 39 例 (图 1a、2a), 其中颈椎 5 例, 胸椎 14 例, 腰椎 20 例; 并在病变椎体上发现高信号病灶 162 个; 核素骨显像检查共 31 例阳性, 并在脊柱发现病灶 131 个 (图 1b、2b)。本组有 6 例假阳性 (15%); 2 例假阴性 (2%) (由于核素骨显像的空间分辨率较低从而不能发现小病灶所致)。经统计学处理结果: 转移瘤的阳性检出率磁共振 DWI (97.5%) 高于核素骨

显像检查 (77.5%), 两独立样本 t 检验 ($P < 0.05$)。通过 ADC 图测得病灶腰椎体的 ADC 值 $[(1.37 \pm 0.51) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ 明显高于邻近正常腰椎体的 $[(0.534 \pm 0.23) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ (图 1c), 正常椎体的 ADC 值为 $(0.539 \pm 0.24) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; 并且从两者平均值可见, 病灶椎体的 ADC 值明显高于邻近椎体和正常椎体; 经配对 t 检验, 病灶和正常椎体 ADC 值具有显著性差异 ($P < 0.05$), DWI 病灶与邻近腰椎体信号强度的骨髓对比率 (1.65 ± 1.38) 差异大 (图 1d)。

3 讨论

3.1 核素骨显像和骨髓 DWI 检查技术

骨扫描的原理是将一定剂量 $^{99m}\text{Tc-MDP}$ 经静脉注入体内, 通过血液循环到达骨骼表面, $^{99m}\text{Tc-MDP}$ 以化学吸附方式与骨骼中的羟基磷灰石晶体和非晶体磷酸钙结合; 用 SPECT 仪在体外探测 ^{99m}Tc 发射的 γ 射线, 探测骨骼病灶功能形态, 并从分子水平反映人体的骨代谢变化。磁共振弥散加权成像是唯一能反映活体组织内水分子扩散运动的成像技术, 最初用于脑梗死的早期检测,

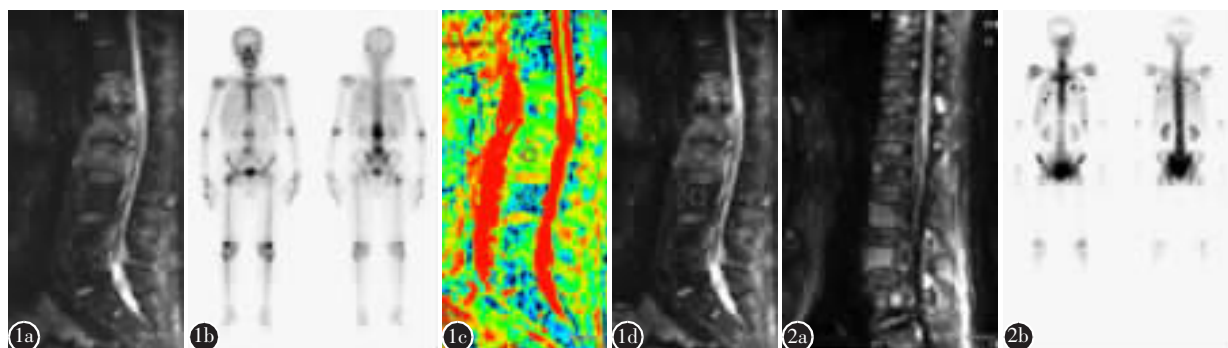


图 1 患者男, 57 岁, 前列腺癌原发病史 1 年半后出现胸腰部疼痛 **a** DWI 图示脊柱 T11~S3 椎体多发异常信号 **b** 核素骨前后位显像图示全身骨骼显影清晰, 形态正常; 放射性分布欠均匀, 可见 T12、L1、L2、L4、L5 椎体放射性浓聚灶, 提示上述部位骨质代谢异常, 考虑肿瘤骨转移 **c** ADC 图示病变腰椎体的 ADC 值明显高于邻近正常腰椎体 **d** 骨髓对比率图示 DWI 病灶与邻近正常腰椎体信号强度的骨髓对比率差异大 **图 2** 患者男, 68 岁, 肺癌原发病史 1 年后出现胸腰部疼痛 **a** DWI 图示脊柱 T11~S3 多发异常信号, 考虑转移瘤可能性大 **b** 核素骨前后位显像图示脊柱放射性分布大致均匀、对称, 为阴性

Figure 1 Male, 57 years old, chest and waist pain after history of primary prostate cancer been found half and a year later **a** DWI map. Multiple abnormal signals from T11 to S3 **b** SPECT: The whole body bone imaging clearly, normal morphology; lack of uniform distribution of radioactivity. T12, L1, L2, L4, L5, lumbar radionuclide foci, suggest the bone metastasis **c** ADC map. The ADC in lesions are significantly higher than in the adjacent normal lumbar vertebra **d** Bone marrow ratio: The DWI in lesions are significantly different with the adjacent normal lumbar vertebra **Figure 2** Male, 68 years old, chest and waist pain after a year of primary lung cancer history **a** DWI map: T11 to S3 multiple abnormal signal, suggest the metastasis possibility **b** SPECT before and after treatment. Spinal radiation distribution approximately uniform, symmetrical, is a negative case

随着人们对其认识的加深, DWI 已逐步应用于身体各部位病变; DWI 在骨骼方面的应用主要是良恶性椎体压缩性骨折的鉴别, Baur 等首次报道恶性肿瘤浸润引起的压缩性骨折在 DWI 上呈高信号, 而良性压缩性骨折在 DWI 上表现为低信号, 这为 DWI 在骨的转移瘤检测方面的研究奠定了基础^[1]。本组研究应用 SE-EPI 的 DWI 技术, b 值为 500s/mm^2 时; DWI 正常椎体骨髓呈均匀低信号, 椎体转移瘤表现为高信号, 高信号对肿瘤脊柱转移浸润的诊断具有特异性, 与韩博等^[2]及 Oztekin 等^[3]研究相同。所测得的脊柱 ADC 值较接近实际 D 值, 而且 ADC 值较稳定; 椎体转移瘤和正常椎体骨髓 DWI 的 ADC 值差异有统计学意义, 椎体转移瘤 ADC 值明显高于正常椎体, 与单军等^[4]研究相同。但是绝对 ADC 值对于鉴别脊柱转移瘤仍存在一定的限度。DWI 骨髓对比率是将病变的信号强度与自身正常骨髓的信号强度像比较, 是一个相对值, 消除外在因素的影响, 其存在的差异是由于病变本身所致, 因此可作为定量评价的一个指标^[5]。

3.2 核素骨显像和 MRI 上脊柱转移瘤的表现

恶性肿瘤晚期容易并发远处部位转移, 骨是恶性肿瘤最常见的转移部位之一, 其中癌引起的骨转移更为常见。检查骨转移瘤的影像学方法较多, 包括 X 线、CT、SPECT、MRI 等, 各种方法都有其优缺点。CT 检查检出 23 例椎体及椎弓根破坏 (62%); 因 CT 对骨髓病变不敏感, 在骨质疏松或退行性改变时诊断困难。核素骨显像扫描范围大, 目前是诊断骨转移瘤的首选方法, 骨髓转移导致骨骼摄取 $^{99\text{m}}\text{Tc-MDP}$ 弥漫性增加的“超级影像”, 病灶的高摄取主要位于中轴骨, 可见点状放射性浓集病灶。但是在很多良性病变如外伤、炎症、骨质增生等也发生核素浓聚的假阳性, 本组有 6 例假阳性 (15%)。另一方面, 由于核素骨显像的空间分辨率较低从而不能发现小病灶而导致假阴性; 本组有 2 例假阴性 (2%)。MRI 在发现早期骨转移瘤方面优于其他的检查方法, MRI 在脊柱结构尚未改变时即可发现受累椎体的信号改变, 故明显优于 X 线和 CT 检查, 也优于 SPECT 骨扫描, 且敏感性和特异性高^[6]。脊柱骨转移瘤受累的椎体, 因有丰富的血管丛和红骨髓, 是转移瘤最常见的好发部位; 脊柱转移瘤以胸腰椎最常见, 本组合计 34 例占比 87%; 转移瘤首先侵犯骨髓, 继而破坏

骨小梁、骨皮质等; 而骨髓中脂肪与转移瘤含水量形成很强的对比, 本研究显示: DWI 图像上表现为高信号, 是由于血供丰富增加肿瘤单位体积内细胞数量, 其内的水分子运动可能发生变化, 引起 DWI 上信号强度增加的变化; 脊柱转移瘤高信号病灶在 DWI 上多为高信号; 但是脊柱椎体结核病灶也表现为高信号, 两者的信号强度无差异, 会造成 DWI 假阳性。为克服 DWI 高信号的假阳性误导, 可以引用 ADC 值鉴别诊断, 这与韩博等的研究结果一致: 结核病灶的 ADC 值明显高于转移瘤的 ADC 值^[2]。本组通过 ADC 图测得椎体转移灶 ADC 值平均为 $(1.37 \pm 0.51) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$; 邻近椎体 ADC 值为 $(0.534 \pm 0.23) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$; 正常椎体 ADC 值为 $(0.539 \pm 0.24) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$; 并且从两者平均值可见, 病灶变椎体的 ADC 值明显高于邻近椎体和正常椎体; 经配对 *t* 检验 $P < 0.05$, 病灶和正常椎体 ADC 值具有显著性差异统计学意义 ($P < 0.05$), 这与以往的研究结果相近似^[2,3]。ADC 值可对脊柱转移瘤及正常椎体进行可靠鉴别; 不同性质病变的 ADC 值各不相同, 因而通过 ADC 值的测定可以对病变进行量化分析。

3.3 骨髓对比率对脊柱转移瘤鉴别诊断的价值

目前 DWI 在脊柱转移瘤、椎体结核、脊柱肿瘤、椎体压缩性骨折良恶性的诊断和鉴别诊断中所起的作用亦引起人们的关注^[7]。以往的研究结果表明, 由于 MRI 成像原理受到多种因素的影响, 在脊柱转移瘤的鉴别诊断中应用 DWI 的信号改变或 ADC 值大小变化作为衡量指标, 仍然会造成部分病例存在假阳性或假阴性; 再进一步引入 DWI 的骨髓对比率作为诊断的定量指标, 可以消除外在因素的影响, 从而更为准确地作出脊柱转移瘤的诊断^[6]。用 MRI 评估骨髓的表现必须考虑年龄的因素, 60 岁以上者主要为黄骨髓, 黄骨髓在 T1WI 是高信号, 40 岁以下者椎体主要为红骨髓, 红骨髓是稍低信号; 观察老年人骨髓改变时, 需要鉴别弥漫的不均匀和带状低信号区域, 正常老年人经常有此表现^[8]。另外, ADC 值受 b 值、DWI 序列、MRI 场强及局部组织水分子含量等因素的影响, 绝对 ADC 值对于鉴别脊柱转移瘤仍存在一定的限度。本组病例有少部分病灶的 ADC 值和正常椎体的 ADC 值相近, 存在假阴性和假阳性可能; 为解决这部分病例的鉴别诊断的困难, 我们引入脊柱转移瘤 DWI 的骨髓对比率, 脊柱 DWI

病灶的信号强度明显高于正常椎体,其 DWI 病灶骨髓对比率平均为 (1.65 ± 1.38) ;与邻近椎体信号强度差异大。脊柱病灶在 DWI 上显示更好,说明骨髓对比率是将病变的信号强度与自身正常骨髓的信号强度像比较,是一个相对值,消除外在因素的影响,其存在的差异是由于病变本身所致,因此可作为脊柱转移瘤鉴别诊断定量评价的一个指标。

本研究表明,核素骨显像检查是目前脊柱转移瘤首选的检查方法,对脊柱良、恶性病变的鉴别诊断敏感性高;但特异性较低,存在较多的假阴性和假阳性。磁共振 DWI 在脊柱转移瘤病灶高信号方面有一定的优势,应用病灶骨髓对比率时病灶检出率明显高于核素骨显像检查,DWI 结合 ADC 值和骨髓对比率,可对椎体病灶的弥散特征进行有效量化,从而为脊柱转移瘤的早期诊断及鉴别诊断提供理论依据及实用检查方法,DWI 结合核素骨显像检查技术可以提高脊柱转移瘤的鉴别诊断水平。另外,对于不合适 MRI 检查的患者(如安装心脏起搏器、金属心脏瓣膜、金属关节、铁磁性异物等),核素骨显像仍然是很好的检查手段。

4 参考文献

1. Moteki T, Horikoshi H, Oya N, et al. Evaluation of hepatic lesions and hepatic parenchyma using diffusion-weighted reordered turbo-FLAIR magnetic resonance images[J]. J Magn Reson Imaging, 2002, 15(15): 564-572.
2. 韩博, 杨广夫, 杨小军, 等. 腰椎椎体骨髓 MRI 弥散加权成像研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2009, 20(12): 947-949.
3. Oztekin O, Ozan E, Hilal Z, et al. SSH-EPI diffusion-weighted MR imaging of the spine with low b values: is it useful in differentiating malignant metastatic tumor infiltration from benign fracture edema[J]? Skeletal Radiol, 2009, 38(7): 651-658.
4. 单军, 张晓鹏, 崔湧, 等. 椎体转移瘤扩散加权成像与 MRI 增强扫描的比较研究[J]. 中国医学影像技术杂志, 2005, 21(12): 1866-1868.
5. 李如迅, 时高峰, 许茜, 等. MRI 弥散成像与 SPECT 在脊柱转移瘤诊断中的对比研究[J]. 河北医科大学学报, 2007, 28(3): 198-199.
6. 李勇刚, 王仁法, 张景峰, 等. MR 多种成像技术在原发骨质疏松椎体骨折鉴别诊断中的应用[J]. 放射学实践杂志, 2003, 18(10): 747-749.
7. 丁爽, 赵之颢, 杨利霞, 等. 磁共振扩散加权成像在脊柱结核病中的应用[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2010, 8(5): 12-14.
8. 马强, 马大庆, 贺文, 等. 肺癌椎体转移的 MRI 回顾性研究[J]. 放射学实践, 2006, 21(8): 807-809.

(收稿日期:2012-06-04 末次修回日期:2013-05-11)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)

消息

第二届椎间盘疾患微创技术讲习班暨中日脊柱前沿技术学术交流会通知

由清华大学附属北京市垂杨柳医院、中日科技交流协会联合主办的“第二届椎间盘疾患微创技术讲习班暨中日脊柱前沿技术学术交流会”(国家级继续医学教育项目 I 类学分),定于 2013 年 11 月 8 日在北京举办。主要内容包括:显微镜下经颈后方肌间隙入路颈椎管扩大成形术在颈椎病、颈脊髓肿瘤中的临床应用、cortical bone trajectory(CBT) screw 在 PLIF 中的应用、脊柱内镜下椎间融合技术研究、椎间盘介入微创技术治疗椎间盘源性腰痛、颈腰椎病的新进展。

报名:请于 2013 年 11 月 1 日前信函或电话回执,以便安排食宿。

联系地址:北京市朝阳区垂杨柳南街 2 号 清华大学附属北京市垂杨柳医院骨科 100022;联系人:张彤童(13810936372)、孙敬(18210833835)、韩正锋(13466356425)或 67718822 转 2097/2105;E-mail:zhangtong6789@163.com,rlxpldd@sina.com;查询网址: <http://www.rlxpldd.com>。