

MRI 水-脂分离 Dixon 技术与弥散加权成像技术在良恶性椎体压缩性骨折诊断中的应用

茹云, 乔宏宇, 李新苗

(浙江省荣军医院, 浙江 嘉兴 314001)

摘要 目的:探讨 MRI 水-脂分离 Dixon 技术与弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)技术在良恶性椎体压缩性骨折诊断中的应用价值。方法:回顾性分析 60 例椎体压缩性骨折患者的病例资料,按病理检查结果不同将其分为良性组和恶性组,其中良性组 34 例、恶性组 26 例。所有患者均行 MRI 常规矢状位 T1WI、T2WI、短时反转恢复序列扫描和 T2WI-Dixon、DWI 序列扫描。比较 2 组患者病变椎体信号强度比(signal intensity ratio, SIR)、脂肪信号分数(fat-signal fraction, FF)以及表面弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)。采用受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线分析评价应用 SIR、FF、ADC 诊断良恶性椎体压缩性骨折的准确性。结果:良性组患者 SIR 低于恶性组 $[(0.78 \pm 0.21)\%, (1.29 \pm 0.35)\%, t = 6.619, P = 0.000]$, FF、ADC 均高于恶性组 $[(20.45 \pm 5.84)\%, (14.83 \pm 3.37)\%, t = -4.677, P = 0.000; (1.89 \pm 0.51) \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}, (1.24 \pm 0.28) \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}, t = -6.338, P = 0.000]$ 。经 ROC 分析,应用 SIR、FF 及 ADC 诊断良恶性椎体压缩性骨折的敏感度分别为 0.769、0.808、0.962,特异度分别为 0.941、0.765、0.735;ROC 曲线下面积分别为 0.885、0.804 及 0.870。结论:应用 MRI 水-脂分离 Dixon 技术与 DWI 技术可有效区分良恶性椎体压缩性骨折。

关键词 骨折;压缩性;脊柱骨折;磁共振成像;水-脂分离 Dixon 技术;弥散磁共振成像

椎体压缩性骨折是临床上十分常见的一种骨骼系统疾病,多发于中老年人^[1-3]。椎体压缩性骨折根据病因的不同,有良性和恶性之分,其中良性椎体压缩性骨折的病因主要是外伤、骨质疏松及感染性疾病,恶性椎体压缩性骨折的病因主要是原发性骨肿瘤或转移性骨肿瘤^[4-6]。准确、及时地区分良恶性病变信号对椎体压缩性骨折的鉴别诊断具有重要的意义。MRI 检查是临床上常用的诊断方法,可显示椎体压缩性骨折的病变部位^[7-9]。近年来研究发现^[10-12],MRI 水-脂分离 Dixon 技术可分析脂肪肝、肾脏等含脂性组织或病灶部位水、脂肪含量,有助于疾病诊断;MRI 弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)技术可通过观察活体组织中水分子的微观弥散运动,判断组织结构,对疾病进行鉴别诊断。目前,关于 MRI 水-脂分离 Dixon 技术与 DWI 技术在良恶性椎体压缩性骨折鉴别诊断中应用效果的报道尚不多见。本研究旨在探讨 MRI 水-脂分离 Dixon 技术与 DWI 技术在良恶性椎体压缩性骨折诊断中的应用价值,现报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

通讯作者:茹云 E-mail: ruyun_yur@163.com

省荣军医院收治的椎体压缩性骨折患者为研究对象。试验方案经医院医学伦理委员会审查通过。

1.2 纳入标准 ①经 CT、MRI 检查确诊为椎体压缩性骨折;②MRI 影像资料完整,包括 MRI 常规矢状位 T1WI、T2WI、短时反转恢复序列扫描及 T2WI-Dixon、DWI 序列扫描;③通过腰椎穿刺取病变组织行病理检查;④病例资料完整。

1.3 排除标准 ①合并其他部位骨折者;②合并心、肝、肾等脏器严重衰竭者;③妊娠期妇女。

2 方法

2.1 分组方法 按病理检查结果分为良性组和恶性组。

2.2 MRI 检查方法 MRI 检查采用德国 Siemens Avanto1.5T MRI 扫描仪,采用 16 通道相控阵脊柱线圈,患者取仰卧位。扫描序列及参数:自旋回波矢状位 T1WI,重复时间(repetition time, TR)/回波时间(echo time, TE) = 412 ms/10 ms;快速自旋回波矢状位 T2WI, TR/TE = 3000 ms/104 ms;矢状位短时反转恢复序列, TR/TE = 4230 ms/98.00 ms,反转时间为 180.00 ms,矩阵 320 mm × 256 mm,层厚 4 mm;T2WI-Dixon 序列, TR/TE = 3070 ms/91 ms,扫描时间 190.00 ms;DWI, TR/TE = 2000 ms/80 ms, b 值 600 s · mm⁻²,扫描时间 250 s,矩阵 260 mm ×

256 mm, 层厚 4 mm, 层距 0.5 mm。

2.3 图像分析及相关指标测量方法 将获得的 MRI 图像导入 Siemens syngo. via 工作站, 由 2 名高年资影像医师采用双盲法阅片, 意见不一致时, 经讨论达成一致。在良性组及恶性组同相位、反相位、纯水相及纯脂相 4 幅图像(水-脂分离 Dixon 技术采用双回波序列成像, 将同相位与反相位 2 种图像信息相减或相加后再除以 2, 可获得同一层面相互匹配的同相位、反相位、纯水相及纯脂相 4 幅图像)中选取椎体病变范围最大层面, 测定病变椎体信号强度比(signal intensity ratio, SIR)、脂肪信号分数(fat-signal fraction, FF)。通过工作站对 DWI 矢状位扫描图像进行后处理, 获得表面弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图, 在此图上选取感兴趣区(选取范围需覆盖病灶区的 75%), 测量病灶最大显示层面上感兴趣区的 ADC, 连续测量 3 次, 取其平均值。 $SIR = SIOP/SIIP \times 100\%$, $FF = SIFO/(SIWO + SIFO) \times 100\%$, SIOP、SIIP、SIWO、SIFO 分别为反相位、同相位、纯水相、纯脂相的信号强度。

2.4 数据统计方法 采用 SPSS22.0 软件进行数据统计分析。2 组患者性别的比较采用 χ^2 检验, 年龄、SIR、FF、ADC 的组间比较采用 t 检验; 采用受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线分析评价应用 SIR、FF、ADC 诊断良恶性椎体压缩性骨

折的准确性。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

3 结果

符合要求的患者共 60 例, 良性组 34 例, 其中 18 例骨质疏松性骨折、10 例创伤性骨折、6 例感染性骨折, 典型病例见图 1; 恶性组 26 例, 其中 22 例转移性骨折、2 例非霍奇金淋巴瘤、2 例多发性骨髓瘤, 典型病例见图 2。2 组患者的基线资料比较, 差异无统计学意义, 有可比性(表 1)。良性组患者 SIR 低于恶性组, FF、ADC 均高于恶性组(表 2)。应用 SIR、FF 及 ADC 诊断良恶性椎体压缩性骨折的 ROC 分析结果见表 3、图 3。

4 讨论

椎体压缩性骨折良、恶性病变的鉴别诊断一直是临床诊断的难点, 及时、准确的诊断有利于临床椎体压缩性骨折治疗方式的选择和预后评估^[13-15]。正常的椎体骨髓一般由黄骨髓和红骨髓组成, 其中黄骨髓中脂肪含量约占 80%, 红骨髓中脂肪和水的含量接近, 且随着年龄的增长椎体骨髓中的红骨髓逐渐被黄骨髓所取代^[16-18]。水-脂分离 Dixon 技术利用了化学位移效应, 在 MRI 常规自旋回波序列基础上, 通过调整不同的回波时间, 采集同相位与反相位图像。通过此图像可以计算出 SIR、FF 的值, 其中 SIR 可反映反相位信号强度, 其值越高代表反相位信号越强, 而反相位信号强度随着脂肪含量的增加而降低; FF 可

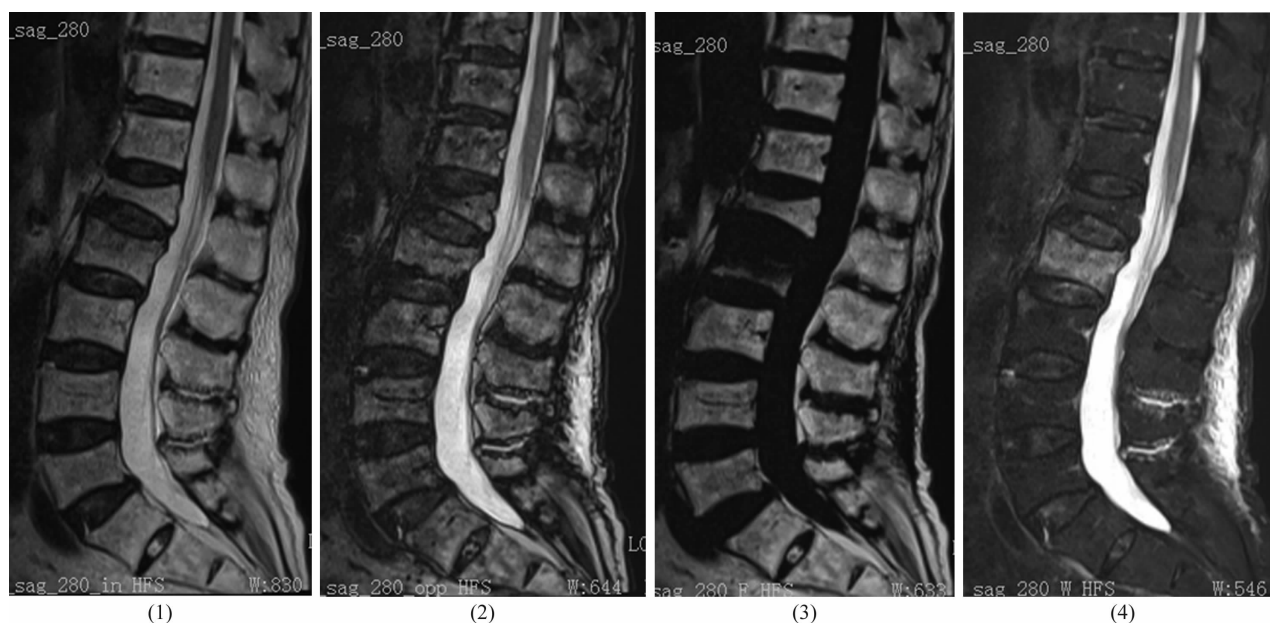


图 1 L₂ 椎体压缩性骨折 MRI 水-脂分离 Dixon 技术获取图像

注: 患者, 男, 93 岁, L₂ 椎体压缩性骨折, 椎体略塌陷。(1) 同相位图像显示, L₂ 椎体的上 1/2 呈稍低信号; (2) 反相位图像显示, L₂ 椎体无明显信号; (3) 脂相位图像显示, L₂ 椎体呈明显低信号; (4) 水相位图像显示, L₂ 椎体骨质水肿呈高信号。

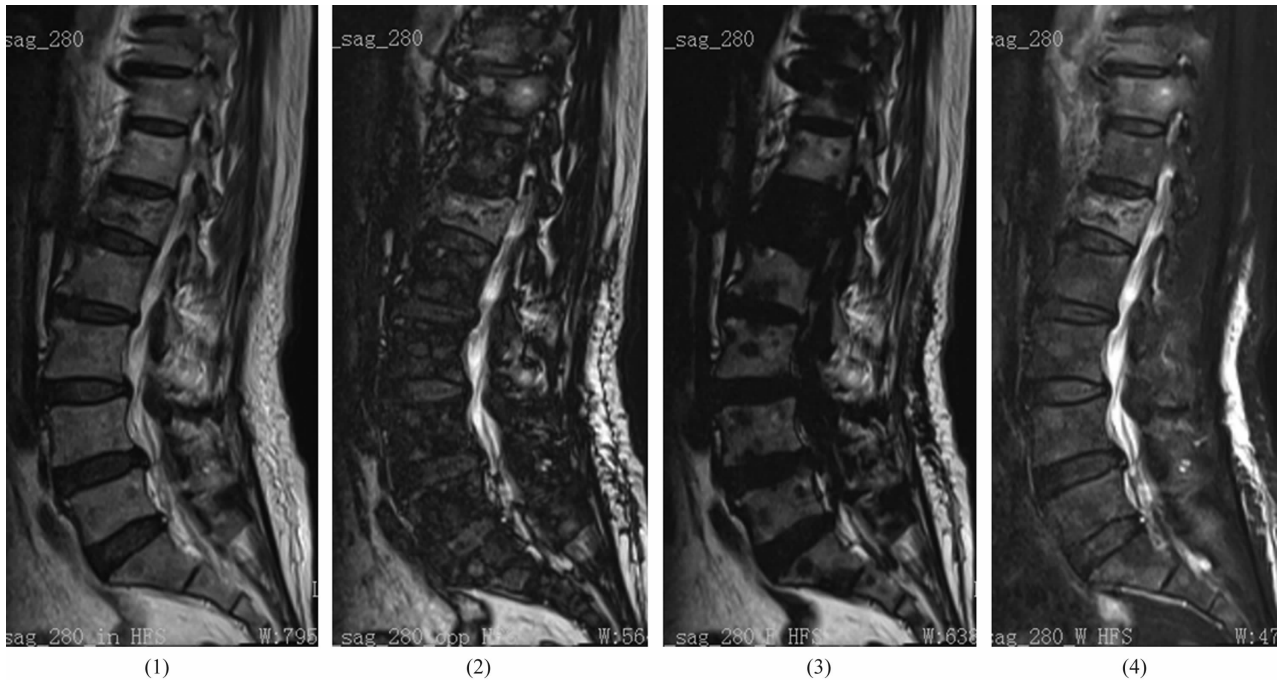


图 2 L₁ 椎体压缩性骨折 MRI 水-脂分离 Dixon 技术获取图像

注:患者,女,64 岁,乳腺癌术后骨转移,L₁ 椎体病理性骨折,椎体轻度楔形变。(1)同相位图像显示,L₁ 椎体呈楔形变,信号不均,骨折线呈低信号;(2)反相位图像显示,L₁ 椎体信号增高,骨折线呈低信号;(3)脂相位图像显示,L₁ 椎体呈明显低信号,腰、骶椎内亦见多发结节状低信号影;(4)水相位图像显示,L₁ 椎体骨质水肿呈高信号,骨折线呈低信号。

表 1 2 组椎体压缩性骨折患者的基线资料

组别	样本量/例	性别/例		年龄/($\bar{x} \pm s$, 岁)
		男	女	
恶性组	26	12	14	59.68 ± 6.87
良性组	34	15	19	58.62 ± 7.62
检验统计量		$\chi^2 = 0.025$		$t = -0.557$
P 值		0.875		0.580

表 2 2 组椎体压缩性骨折患者的 SIR、FF、ADC

组别	样本量/例	SIR ¹⁾ / ($\bar{x} \pm s$, %)	FF ²⁾ / ($\bar{x} \pm s$, %)	ADC ³⁾ / ($\bar{x} \pm s$, mm ² · s ⁻¹)
恶性组	26	1.29 ± 0.35	14.83 ± 3.37	(1.24 ± 0.28) × 10 ⁻³
良性组	34	0.78 ± 0.21	20.45 ± 5.84	(1.89 ± 0.51) × 10 ⁻³
t 值		6.619	-4.677	-6.338
P 值		0.000	0.000	0.000

1) 信号强度比;2) 脂肪信号分数;3) 表面弥散系数。

表 3 应用 SIR、FF、ADC 诊断良恶性椎体压缩性骨折的

ROC 曲线分析结果

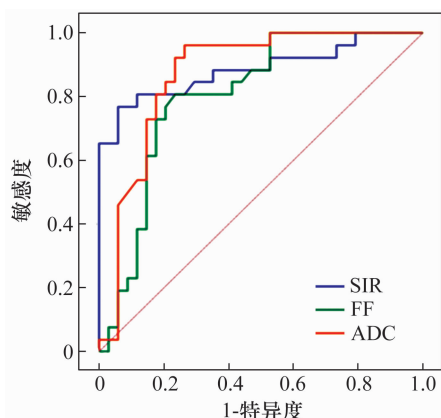
指标	ROC ⁴⁾ 曲线下面积	敏感度	特异度
SIR ¹⁾	0.885	0.769	0.941
FF ²⁾	0.804	0.808	0.765
ADC ³⁾	0.870	0.962	0.735

1) 信号强度比;2) 脂肪信号分数;3) 表面弥散系数;4) 受试者工作特征。

反映机体脂肪含量,其值越高代表脂肪含量越高^[19-20]。有研究^[21]发现,水-脂分离 Dixon 技术可

测量病变骨骼中脂肪含量,脂肪含量较高则高度提示骨骼病变为良性。DWI 技术可反映活体组织功能状态。通过 ADC 值可得知组织中水分子的弥散特点,从而判断水分子受限制的程度和方向,分辨正常组织和病理组织。

良性椎体压缩性骨折患者骨小梁网络结构缺失,由脂肪细胞所取代,脂肪比例升高,导致反相位图像信号损失,反相位信号强度降低,因此良性组患者 FF 值升高而 SIR 值降低^[22]。此外,良性椎体压缩性骨折患者常伴有不同程度的骨髓水肿,导致细胞外容积



SIR:信号强度比;FF:脂肪信号分数;ADC:表面弥散系数。

图3 应用 SIR、FF、ADC 诊断良恶性椎体压缩性骨折的 ROC 曲线

增加,水分子自由运动增加,故良性组患者 ADC 值变大^[23]。恶性椎体压缩性骨折患者正常骨髓通常由肿瘤细胞所取代,脂肪成分遭到破坏,致使骨髓脂肪含量下降,反相位信号增强,故恶性组患者 FF 值下降而 SIR 值升高;同时恶性椎体压缩性骨折部位有反应性硬骨形成、坏死骨质产生,导致骨髓细胞间隙减少,水分子自由运动受到空间限制,因而良性组患者 ADC 值变小^[24]。本研究结果显示,应用 SIR、FF 及 ADC 诊断良恶性椎体压缩性骨折的 ROC 曲线下面积(曲线下面积取值范围为 0.5 ~ 1.0,曲线下面积越接近 1.0,诊断方法的真实性越高)分别为 0.885、0.804 和 0.870,说明三者均具有良好的诊断价值,可作为良恶性椎体压缩性骨折的诊断指标。马茜等^[25]研究认为,ADC 在脊柱椎体良恶性压缩骨折的鉴别诊断中具有较高的应用价值;张薇等^[26]的研究也表明,SIR、ADC 在椎体压缩骨折的诊断中均具有一定的价值,且灵敏度、特异度较高,这与本研究结果一致。

本研究结果显示,应用 MRI 水-脂分离 Dixon 技术及 DWI 技术可有效区分良恶性椎体压缩性骨折。

参考文献

[1] XU H T, ZHENG S, KANG M Y, et al. A novel computer navigation model guided unilateral percutaneous vertebroplasty for vertebral compression fracture: a case report[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(44): e22468.

[2] HUANG C H, WANG W H, KOR C T, et al. Risk of venous thromboembolism in elderly patients with vertebral compression fracture: a population-based case-control study[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(18): e20072.

[3] 贾川,黎俊,赵洪,等.单侧经横突-椎弓根入路与双侧经椎弓根入路经皮椎体成形术治疗重度骨质疏松性椎

体压缩性骨折合并脊柱侧弯的比较研究[J].中医正骨, 2018, 30(12): 23-29.

[4] 于萍,彭泰松,孙西河.扩散加权成像及表面扩散系数定量分析在椎体弥漫性病变中的价值[J].中国药物与临床, 2018, 18(5): 729-730.

[5] 李星玉,邵剑青,闫士详.多 b 值弥散加权成像对椎体良恶性压缩骨折鉴别诊断中的应用[J].中国 CT 和 MRI 杂志, 2020, 18(2): 131-134.

[6] 陈训贵,桑强章,陈军. MRIDEAL 技术在椎体压缩性骨折病因分析中的价值[J].实用放射学杂志, 2019, 35(6): 985-987.

[7] 汪小健,李少广,王彭禾,等. MRI 腰间盘高信号区及其在椎间盘源性腰痛诊治中应用的研究进展[J].中医正骨, 2020, 32(5): 31-34.

[8] GILLIG J D, GOODE R D, CAMPFIELD B, et al. Safety and complications associated with MRI-conditional external fixators in patients with tibial plateau fractures: a case series[J]. J Orthop Trauma, 2018, 32(10): 521-525.

[9] BELLIVEAU J W, KENNEDY D N Jr, MCKINSTRY R C, et al. Functional mapping of the human visual cortex by magnetic resonance imaging[J]. Science, 1991, 254(5032): 716-719.

[10] 付功,李克,张军,等.孤立性侧脑室扩张胎儿脑的 MRI 弥散加权成像评估[J].中国医学计算机成像杂志, 2020, 26(1): 60-63.

[11] 齐鑫,宁燕,黄维,等.多 b 值 DWI 序列扩散系数值在良恶性椎体压缩骨折的诊断价值[J].实用医院临床杂志, 2019, 16(4): 195-198.

[12] 周雷,王建强,丁宁,等.磁共振弥散加权成像评价椎间盘退变引起的腰痛[J].中国矫形外科杂志, 2020, 28(21): 1999-2001.

[13] FUSCO A. Benefits and harms of percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture: a cochrane review summary with commentary[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2019, 98(12): 1151-1152.

[14] 唐振坤,俞桂松,范奕松,等.骨填充网袋椎体成形术与经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的 Meta 分析[J].中医正骨, 2019, 31(10): 31-36.

[15] 何涛,张郡,刘钦毅.老年骨质疏松性椎体压缩性骨折的精准诊断和微创介入治疗进展[J].吉林大学学报(医学版), 2020, 46(3): 655-661.

[16] 谢凤利,朱丽英,王晓辉,等.不同 b 值下 MR-DWI 诊断多发性骨髓瘤的价值[J].医学影像学杂志, 2019, 29(11): 1972-1975.

[17] 王丰哲,周军,孙鹤,等. MR 脂肪定量成像鉴别椎体骨髓良恶性病变的研究进展[J].中国医学影像技术, 2020,

- 36(8):1251-1254.
- [18] 宋宇,宋清伟. MR 脂肪定量技术在腰椎椎体骨髓脂肪含量评估中的研究进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2021, 44(1):90-94.
- [19] 冯晓婷,罗耀升,李章芳,等. 核磁共振脂肪定量对评估甲状腺相关性眼病的临床价值初探[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2020, 36(8):690-695.
- [20] 常飞霞,樊敦徽,和建伟,等. 磁共振化学位移成像评估腰椎终板炎患者骨髓脂肪含量的研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2018, 16(2):114-117.
- [21] 张嘉,李聘,李振辉,等. MR 多回波 Dixon 脂肪定量技术在脊柱病变的应用和展望[J]. 放射学实践, 2020, 35(8):1077-1080.
- [22] 樊秋菊,谭辉,于楠,等. IVIM-DWI 联合 MRS 鉴别诊断骨质疏松与转移性椎体压缩性骨折[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(2):297-301.
- [23] 姚孝平,张冉,陶莎. MRI 诊断骨质疏松所致椎体压缩性骨折[J]. 世界最新医学信息文摘(电子版), 2017, 17(13):128.
- [24] 樊秋菊,于楠,胡延静,等. 3.0 T MRI 水-脂分离 Dixon 技术鉴别良恶性椎体压缩性骨折的价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2019, 17(1):6-9.
- [25] 马茜,苗红,张帅,等. DWI 及 ADC 值与常规 MRI 序列对脊柱椎体良恶性压缩骨折的诊断价值[J]. 解放军医药杂志, 2018, 30(9):61-64.
- [26] 张薇,梁伟,过哲,等. MR 弥散加权成像和化学位移成像对骨质疏松与转移瘤所致椎体压缩骨折的诊断价值[J]. 现代中西医结合杂志, 2017, 26(3):325-327.
- (收稿日期:2021-02-23 本文编辑:时红磊)

(上接第 43 页)

- [10] JENKINS P O, DE SIMONI S, BOURKE N J, et al. Stratifying drug treatment of cognitive impairments after traumatic brain injury using neuroimaging[J]. Brain, 2019, 142(8):2367-2379.
- [11] MS S, WALDMAN P H, KRINGS P B, et al. Effect of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress, inflammation, muscle damage, and muscle soreness[J]. J Diet Suppl, 2020, 17(4):401-414.
- [12] 蒋博,王友彬,陈文哲,等. 高分辨率曲面重建成像在腰骶部周围神经病变中的临床应用[J]. 现代医学, 2015, 43(9):1178-1179.
- [13] ROBSON C D, MACDOUGALL R D, MADSEN J R, et al. Neuroimaging of children with surgically treated hydrocephalus: a practical approach[J]. AJR Am J Roentgenol, 2017, 208(2):413-419.
- [14] LIBERMAN K, NJEMINI R, LUIKING Y, et al. Thirteen weeks of supplementation of vitamin D and leucine-enriched whey protein nutritional supplement attenuates chronic low-grade inflammation in sarcopenic older adults: the PROVIDE study[J]. Aging Clin Exp Res, 2019, 31(6):845-854.
- [15] HINTZ S R, BARNES P D, BULAS D, et al. Neuroimaging and neurodevelopmental outcome in extremely preterm infants[J]. Pediatrics, 2015, 135(1):e32-e42.
- [16] SANOSSIAN N, FU K, LIEBESKIND D S, et al. Utilization of emergent neuroimaging for thrombolysis-eligible stroke patients[J]. J Neuroimaging, 2017, 27(1):59-64.
- [17] NAITO T, MITSUNAGA S, MIURA S, et al. Feasibility of early multimodal interventions for elderly patients with advanced pancreatic and non-small-cell lung cancer[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2019, 10(1):73-83.
- (收稿日期:2021-05-24 本文编辑:李晓乐)

(上接第 46 页)

- [10] 徐良洲,徐霖,贺梦吟,等. 集成 MR 序列 T1、T2 弛豫定量的可重复性研究[J]. 放射学实践, 2019, 34(11):1178-1181.
- [11] GREESE J, DIEKHOFF T, SIEPER J, et al. Detection of sacroiliitis by short-tau inversion recovery and T2-weighted turbo spin echo sequences: results from the SIMACT study[J]. J Rheumatol, 2019, 46(4):376-383.
- [12] BRAY T J P, SAKAI N, DUDEK A, et al. Histogrammic analysis of oedema and fat in inflamed bone marrow based on quantitative MRI[J]. Eur Radiol, 2020, 30(9):5099-5109.
- [13] WEBER U, JURIK A G, ZEJDEN A, et al. MRI of the sacroiliac joints in athletes: recognition of non-specific bone marrow oedema by semi-axial added to standard semi-coronal scans[J]. Rheumatology (Oxford), 2020, 59(6):1381-1390.
- [14] WANG D, YIN H, LIU W, et al. Comparative analysis of the diagnostic values of T2 mapping and diffusion-weighted imaging for sacroiliitis in ankylosing spondylitis[J]. Skeletal Radiol, 2020, 49(10):1597-1606.
- [15] KUCYBALA I, TABOR Z, POLAK J, et al. The semi-automated algorithm for the detection of bone marrow oedema lesions in patients with axial spondyloarthritis[J]. Rheumatol Int, 2020, 40(4):625-633.
- (收稿日期:2021-06-07 本文编辑:吕宁)