

· 骨骼肌肉影像学 ·

IVIM-DWI 在骨肉瘤新辅助化疗疗效评估中的应用价值

高飞, 史彬, 方昕, 赵娜, 方策, 董江宁

【摘要】 目的:探讨 3.0T MR 体素内不相干运动扩散加权成像(IVIM-DWI)在骨肉瘤新辅助化疗(NAC)疗效评估中的价值。**方法:**回顾性搜集经术后病理证实的 25 例骨肉瘤患者的临床和影像资料。以 NAC 后肿瘤体积与 NAC 前肿瘤体积的比值作为评估疗效的标准。其中,反应良好组 13 例,反应差组 12 例。两组患者在 NAC 前、后均行 3.0T MR 常规序列(T_1 WI、 T_2 WI、对比增强 T_1 WI)以及 IVIM-DWI 扫描,测量 NAC 前、后肿瘤的标准扩散系数(ADC_{stand})、单纯水分子扩散系数(D)、灌注相关扩散系数(D^*)和灌注分数(f)值并进行组间比较。**结果:**反应良好组的 ADC_{stand} 值和 f 值在 NAC 前、后的差异有统计学意义($Z=-3.181, P=0.001; t=2.882, P=0.014$);反应差组的 ADC_{stand} 值和 D 值在 NAC 前、后的差异有统计学意义($Z=-2.51, P=0.012; Z=-2.223, P=0.026$)。NAC 前和 NAC 后两组间各项 IVIM-DWI 定量参数值的差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**IVIM-DWI 定量参数有助于指导临床对骨肉瘤 NAC 疗效进行评估。

【关键词】 骨肉瘤; 新辅助化疗; 体素内不相干性运动; 扩散加权成像; 磁共振成像

【中图分类号】 R445.2; R738.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)04-0485-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.04.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application value of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging in response evaluation of osteosarcoma after neoadjuvant chemotherapy GAO Fei, SHI Bin, FANG Xin, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of University of Science and Technology of China, Anhui Provincial Cancer Hospital, Hefei 230031, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to explore the value of MRI intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging (IVIM-DWI) at a 3.0T MR scanner in evaluating the efficacy of neoadjuvant chemotherapy (NAC) for osteosarcoma. **Methods:** The clinical and imaging data of 25 patients with osteosarcoma confirmed by postoperative pathology were collected retrospectively. The ratio of the tumor volume after and before NAC was taken as the criterion for evaluating the efficacy. There were 13 cases in good response group and 12 cases in poor response group. Every patient in the two groups underwent routine MRI (T_1 WI, T_2 WI, contrast-enhanced T_1 WI) and IVIM-DWI scan before and after NAC. The apparent diffusion coefficient (ADC_{stand}), pure diffusion coefficient (D), pseudo-diffusion coefficient (D^*) and perfusion fraction (f) before and after NAC were measured and compared. **Results:** Before and after chemotherapy, the values of ADC_{stand} and f in the good response group showed significant difference ($Z=-3.181, P=0.001; t=2.882, P=0.014$); and in the poor response group, the ADC_{stand} and D also showed significant difference ($Z=-2.510, P=0.012; Z=-2.223, P=0.026$). Whether before or after chemotherapy, there was no significant difference in IVIM-DWI parameters between the two groups (all $P>0.05$). **Conclusion:** It is helpful to evaluate the efficacy using IVIM-DWI parameters in NAC chemotherapy for osteosarcoma.

【Key words】 Osteosarcoma; Neoadjuvant chemotherapy; Intravoxel incoherent motion; Diffusion-weighted imaging; Magnetic resonance imaging

作者单位: 230031 安徽合肥, 中国科学技术大学附属第一医院安徽省肿瘤医院医学影像科(高飞、史彬、方昕、赵娜、董江宁), 骨科(方策)

作者简介: 高飞(1980—), 男, 安徽阜阳, 硕士研究生, 副主任医师, 主要从事肿瘤影像学诊断工作。

通讯作者: 方策, E-mail: 24689456@qq.com; 董江宁, E-mail: dongjn@163.com

基金项目: 国家癌症中心攀登基金课题(NCC201812B035)

骨肉瘤是临床最常见的原发性恶性骨肿瘤^[1], 多发于长骨干骺端, 好发于儿童及青少年, 容易发生肺转移, 预后较差^[2]。新辅助化疗(neoadjuvant chemotherapy, NAC)联合手术治疗使得患者5年生存率和

保肢率显著提高^[3]。但并非所有的骨肉瘤都对 NAC 敏感,因此,及时准确的监测肿瘤对 NAC 的反应,有助于个性化治疗选择,帮助改善治疗效果。目前,化疗后标本经病理学确定的肿瘤坏死率是评价 NAC 反应的“金标准”^[4],但其检测程序复杂并且不能实时监测疗效。磁共振体素内不相干运动扩散加权成像(intravoxel incoherent motion-weighted diffusion-weighted imaging, IVIM-DWI)采用双指数模型进行计算,可获得标准表观扩散系数(standard apparent diffusion coefficient, ADC_{stand})、真性扩散系数(true diffusion coefficient, D)、灌注相关扩散系数(perfusion-related diffusion coefficient, D^*)及灌注分数(perfusion fraction, f)等多个定量参数,能较全面地反映组织内水分子的扩散信息和微循环血流灌注信息^[5-6],为骨肉瘤 NAC 疗效评估提供定量的影像学依据。目前对单指数模型计算的 ADC 值有较多研究^[7-8],但对 IVIM-DWI 参数应用于疗效评估的研究较少。本研究通过分析 25 例骨肉瘤患者 NAC 前、后 IVIM-DWI 参数值的变化,旨在探讨这些定量参数在骨肉瘤 NAC 疗效评估中的价值。

材料与方法

1. 临床资料

回顾性搜集 2017 年 3 月—2022 年 2 月本院就诊的 25 例骨肉瘤患者的病例资料。其中,男 11 例,女 14 例,平均年龄(20.1 ± 14.8)岁。发病部位:左侧股骨 9 例,右侧股骨 4 例,左侧胫骨 9 例,左侧肱骨 2 例,左侧桡骨 1 例。NAC 方案为甲氨蝶呤+异环磷酰胺+多柔比星+顺铂四种药物序贯化疗。在穿刺或手术活

检前进行第 1 次 MRI 检查,完成 2~3 个周期 NAC 后的 1 周内进行第 2 次 MRI 检查,NAC 后 1 个月内进行手术并获得病理结果。入组患者无 MRI 检查、NAC 化疗及手术禁忌证。

2. MRI 检查方法

使用 GE Signa HDxt 3.0T 磁共振扫描仪,平扫序列包括常规序列(FSE- T_1 WI、FSE- T_2 WI 和压脂 T_2 WI)和 10 个 b 值(0、10、20、50、100、200、400、800、1200 和 2000 s/mm^2)的 IVIM-DWI 扫描(扫描参数:TR 4000 ms, TE 75 ms,视野 42 cm $\times$ 42 cm,层距 1.0 mm,层厚 4.0 mm);增强扫描采用三维容积内插抗相快速梯度回波(liver acquisition with volume acceleration flexible, LAVA-Flex) T_1 WI,对比剂为 Gd-DTPA,剂量为 0.1 mmol/kg。

3. IVIM-DWI 图像分析

由两位放射科主治医师采用双盲法对图像进行分析和测量。使用 GE ADW4.5 工作站,选取 Function tool 中的 MADC 软件测量 IVIM-DWI 参数。具体方法:参照常規序列图像,在 $b=800 s/mm^2$ 的 IVIM-DWI 图像上选取呈高信号(扩散受限)的肿瘤实性区域,手工绘制 ROI,面积为 25~30 mm^2 ,避开水肿和坏死区,软件即可自动计算出 ROI 的各项 IVIM-DWI 参数(ADC_{stand} 、 D 、 D^* 和 f)值,测量 3 次取平均值(图 1~2)。

4. 肿瘤体积测量及疗效评价

在横轴面 T_1 WI 上选取肿瘤最大层面测量肿瘤的长径和宽径,在矢状面 T_2 WI 序列上测量肿瘤的上下径。如肿瘤边界不清,则结合对比增强图像进行测量。根据公式(1)计算肿瘤的体积:

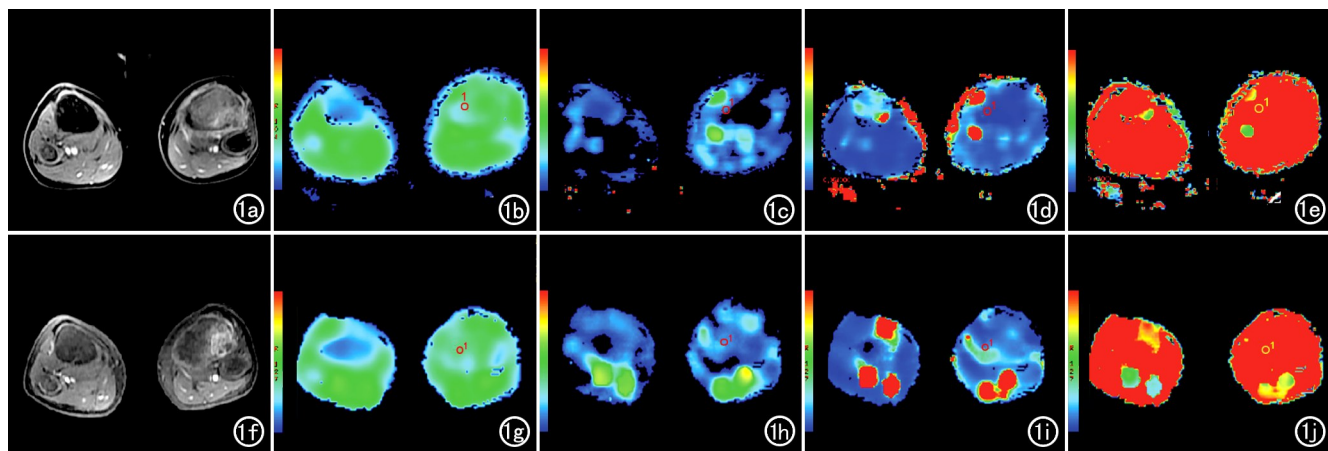


图 1 患者,男,12 岁,左侧胫骨骨肉瘤,NCA 后反应良好。图 a~e 和图 f~j 分别为 NAC 前、后的 MRI 图像,分别依次为对比增强 T_1 WI 及 ADC_{stand} 、 D 、 D^* 和 f 的伪彩图。NAC 后,肿瘤的体积及增强后强化区域均较 NAC 前缩小,各定量参数值亦发生变化,肿瘤 ROI(1)的 ADC_{stand} 值由 $0.877 \times 10^{-3} mm^2/s$ 增大至 $1.02 \times 10^{-3} mm^2/s$, f 值由 0.724 减小到 0.531, D 值由 $0.184 \times 10^{-3} mm^2/s$ 增大至 $0.499 \times 10^{-3} mm^2/s$, D^* 值由 $1.750 \times 10^{-3} mm^2/s$ 增大至 $5.900 \times 10^{-3} mm^2/s$ 。

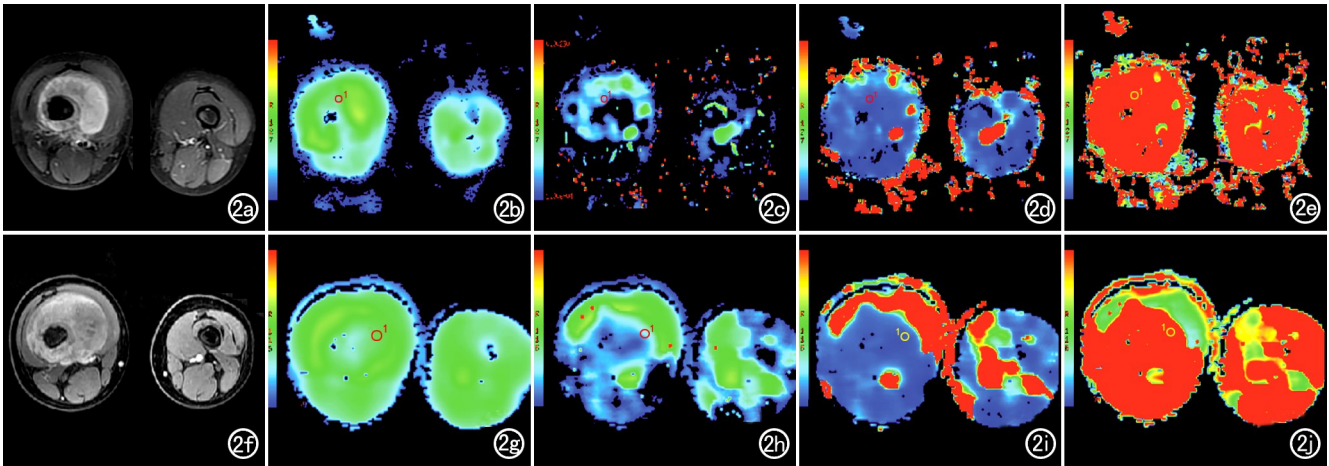


图 2 女,8 岁,右侧股骨骨肉瘤,NCA 后肿瘤体积增大,NAC 疗效差。图 a~e 和图 f~j 分别为 NAC 前、后的 MRI 图像,分别依次为对比增强 T₁WI 及 ADC_{stand}、D、D* 和 f 的伪彩图。与 NAC 前比较,NAC 后肿瘤体积增大,肿瘤 ROI(1)的 ADC_{stand}值由 1.05×10⁻³ mm²/s 增大至 1.12×10⁻³ mm²/s,D 值由 2.14×10⁻³ mm²/s 增大至 2.25×10⁻³ mm²/s,D* 值由 2.140×10⁻³ mm²/s 增大至 2.250×10⁻³ mm²/s,f 值由 0.614 减小到 0.609。

肿瘤体积=长×宽×高×π/6 (1)

计算 NAC 后与 NAC 前肿瘤体积的比值(ratio of tumor volume, Rv),以 Rv≤95% 为 NAC 反应良好组,>95% 为 NAC 反应差组^[9]。肿瘤体积变化与肿瘤坏死率呈正相关性^[10]。

5. 统计学分析

使用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。对测量参数值先行正态分布检验,符合正态分布者采用均数±标准差表示,组间比较采用两独立样本 *t* 检验或配对 *t* 检验;不符合正态分布者采用中位数(四分位数间距)表示,组间比较采用独立样本的非参数检验(Mann-Whitney *U* 秩和检验或 Wilcoxon Signed 秩和检验)。以 *P*<0.05 为差异具有统计学意义。

结 果

1. NAC 前、后肿瘤体积变化

NAC 后 Rv≤95% 即反应良好者 13 例,化疗前、后肿瘤的体积分别为(190.80±203.45)和(151.48±161.07)cm³;NAC 后 Rv>95% 即反应差组 12 例,化疗前、后肿瘤的体积分别为(128.74±106.13)和(132.61±107.17)cm³;两组中化疗前、后肿瘤体积的差异均无统计学意义(*P*=0.586,0.913)。

2. NAC 前、后 IVIM-DWI 参数值的比较

两组在 NAC 前、后的各项 IVIM-DWI 参数值的比较结果见表 1。NAC 反应良好组:与 NAC 前比较,NAC 后 ADC_{stand} 值升高,f 值减低,且差异均有统计学意义(*P*<0.05);D 和 D* 略有升高,但差异均无统计学意义(*P*>0.05)。NAC 反应差组:与 NAC 前比较,NAC 后 ADC_{stand} 和 D 值升高,且差异有统计学意

义(*P*=0.012,0.026);D* 略有升高,f 值稍减低,但差异均无统计学意义(*P*>0.05)。

表 1 骨肉瘤 NAC 前、后 IVIM-DWI 参数值比较

参数	NAC 前	NAC 后	<i>t</i> /Z 值	<i>P</i> 值
反应良好组				
# ADC _{stand}	0.977(0.400)	1.360(0.550)	-3.181 ^a	0.001
# D	0.765(0.420)	1.120(0.690)	-1.503 ^a	0.133
# D*	3.470(10.720)	5.670(9.330)	-1.153 ^a	0.249
f	54.35%±26.32%	32.57%±22.00%	2.882 ^b	0.014
反应差组				
# ADC _{stand}	1.045(0.350)	1.450(0.450)	-2.510 ^a	0.012
# D	0.755(0.570)	1.024(0.440)	-2.223 ^a	0.026
# D*	4.605(15.840)	6.570(13.440)	-1.334 ^a	0.182
f	54.51%±25.71%	36.67%±18.20%	2.110 ^b	0.059

注:# 参数值的单位为×10⁻³ mm²/s。^a 为 Z 值;^b 为 *t* 值。

3. NAC 前、后两组间 IVIM-DWI 参数值的比较

NAC 前、后反应良好组与反应差组之间 IVIM-DWI 参数值的比较结果见表 2。NAC 前,反应良好组的 ADC_{stand}、D* 和 f 值均低于反应差组,D 值略高于反应差组;NAC 后,反应良好组的 ADC_{stand}、D* 和 f 值略低于反应差组,D 值略高于反应差组,但各项参数值在两组间的差异均无统计学意义(*P*>0.05)。

表 2 NAC 前、后两组间 IVIM-DWI 参数的比较

参数	化疗效果		<i>t</i> /Z 值	<i>P</i> 值
	反应良好组 (n=13)	反应差组 (n=12)		
NAC 前				
ADC _{stand} #	0.977(0.400)	1.045(0.350)	-0.789 ^a	0.430
# D	0.765(0.420)	0.755(0.570)	-0.109 ^a	0.913
# D*	3.470(10.720)	4.605(15.840)	-0.87 ^a	0.384
f	54.35%±26.32%	54.51%±25.71%	-0.505 ^b	0.619
NAC 后				
# ADC _{stand}	1.400±0.298	1.488±0.329	-0.697 ^b	0.493
# D	1.105±0.683	1.075±0.369	0.137 ^b	0.892
# D*	5.670(9.330)	6.570(13.440)	-0.762 ^a	0.446
f	32.57%±22.00%	36.67%±18.20%	-0.015 ^b	0.988

注:# 参数值的单位为×10⁻³ mm²/s。^a 为 Z 值;^b 为 *t* 值。

讨 论

NAC 的临床应用可显著提高骨肉瘤患者的保肢率、疾病控制率和总体生存率^[11]。NAC 的疗效关系到预后和治疗方案的制订,因此,如何精准监测和评估 NAC 疗效,是临床医师较为关注的问题。目前,评估肿瘤反应的金标准是手术切除肿瘤标本中肿瘤细胞的坏死率,但临床上急需能在手术前评估 NAC 疗效的更方便、及时和准确的检测方法。有研究结果表明肿瘤体积变化与治疗反应密切相关^[10],因此,可以通过肿瘤体积的变化来评估 NAC 疗效。

1. IVIM-DWI 参数在骨肉瘤临床评估中的意义

常规 MRI 能够提供肿瘤的体积等肿瘤形态学方面的信息。但由于受到肿瘤治疗后出现的纤维化和水肿等因素的影响,常规 MRI 难以精准评估疗效。基于双指数模型的 IVIM-DWI 的基本原理是通过施加多个 b 值进行 DWI 采样,得到标准 ADC_{stand} 、 D 、 D^* 及 f 值^[12]。不仅能获得水分子的真性扩散信息,还能够分离提取微循环灌注形成的假扩散信息。 ADC_{stand} 类似于单指数模型的 ADC 值,反映了扩散和灌注信息之和; D 值剔除了血流灌注的影响,反映单纯的水分子扩散; D^* 和 f 值反映了血流灌注相关的信息, D^* 代表体素内微循环灌注的扩散效应, f 值表示体素内微循环灌注效应占总体扩散效应的容积百分比^[13-15]。

IVIM-DWI 可同时获得水分子扩散及微循环灌注信息,当 $b < 200 \text{ s/mm}^2$ 时,反映的主要是微循环的灌注效应,当 $b > 200 \text{ s/mm}^2$ 时,反映的是单纯的水分子扩散运动信息,这样能对组织的扩散和微循环灌注进行精确的量化分析。IVIM-DWI 通过有效区分“扩散”和“灌注”两种因素,可以同时获得病灶组织的水分子扩散和微循环灌注情况,从而揭示疾病的病理生理学改变如组织坏死、细胞密集度和新生血管比例等。因此,可以应用于恶性肿瘤化疗反应的评估。

骨肉瘤恶性程度较高,肿瘤细胞密度较高,细胞内核质比大,肿瘤细胞间呈无序性、弥漫性生长,组织结构致密,限制了水分子的自由扩散运动。本研究所有病例在化疗前肿瘤的 ADC_{stand} 和 D 值均较低,提示肿瘤组织水分子扩散受限明显,符合骨肉瘤恶性肿瘤细胞密集度高、水分子扩散受限的生物学特征。两组中肿瘤的 f 值在化疗后均减低,提示 NAC 后,细胞毒性药物引起肿瘤血管生成破坏,继发导致毛细血管血容量减低。

2. IVIM-DWI 各参数在 NAC 前、后的比较

本研究中,NAC 后,反应良好组的 ADC_{stand} 值升高、 f 值减低,且差异有统计学意义,与文献报道相符^[16-17]。NAC 后,反映差组的 ADC_{stand} 值和 D 值均增

高且差异有统计学意义。骨肉瘤新辅助化疗过程中,化疗药物引起肿瘤细胞的破坏,肿瘤内活瘤减少导致细胞数量减少,同时细胞坏死导致细胞内水分子扩散率增大,因而 D 值和 ADC_{stand} 值升高。本研究中 D 值的变化在反应差组较为明显,笔者分析,NAC 药物中细胞毒性化疗药物在反应较差组引起较多的肿瘤细胞坏死,使得细胞密集程度减小,肿瘤组织中水分子扩散变化显著。此结果在一定程度上反映了 NAC 治疗的有效性。

本研究中,反应良好组和反映差组的 f 值在 NAC 后均缩小,且反应良好组 NAC 前、后 f 值的差异有统计学意义,与文献报道一致^[18]。骨肉瘤血供丰富,大量新生的肿瘤血管是肿瘤的生长、复发和转移的重要条件。NAC 过程中细胞毒性药物可以破坏肿瘤血管生成,使得杂乱的新生肿瘤血管减少。化疗反应良好组 f 值较前缩小明显,提示此组中肿瘤的新生血管受到 NAC 药物的影响较大,血管破坏较明显,毛细血管的血容量、血管总面积和血管计数均较前减少,灌注效应占总体扩散效应的百分比相应减少,从而反映 NAC 治疗效果。另外,两组间 D^* 值在化疗后均增高但差异无统计学意义, D^* 值的变化可能与化疗诱导的细胞凋亡、炎症细胞浸润和细胞间隙扩张有关。

本研究中,各项 IVIM-DWI 参数不论在 NAC 前还是在 NAC 后,在反应良好组与反应不良组之间的差异均无统计学意义($P > 0.05$),反映了在 NAC 前、后,两组肿瘤的水分子扩散及微循环灌注程度基本相仿。而在 NAC 前、后,每组肿瘤的 IVIM-DWI 参数(ADC_{stand} 、 D 、 f)值均发生了较明显的变化。化疗良好组肿瘤微循环变化较大,说明肿瘤血管受化疗药物影响显著,瘤内微血管破坏和减少较明显;而反应差组肿瘤细胞坏死增多,细胞密集程度降低,肿瘤组织中水分子扩散变化显著。

3. 研究不足之处和展望

本组样本量偏少,尚需在今后增加样本量以开展后续研究。本研究中采用人工方法勾画 ROI,但因肿瘤内部的不均质性以及 NAC 前、后 ROI 标注部位的差异,可能会对 IVIM-DWI 参数值有一定影响。另外,本研究采用肿瘤体积法评价疗效,但并非所有骨肉瘤 NAC 疗效与体积变化呈正相关。因此,后续研究中需要进一步完善测量和评估方法。

综上所述,IVIM-DWI 参数(ADC_{stand} 、 D 、 f)可为骨肉瘤 NAC 疗效评估提供诸多定量信息, ADC_{stand} 值能够敏感地发现 NAC 后肿瘤内扩散和灌注改变导致的变化;反应良好组肿瘤新生肿瘤血管变少,以 f 值显著变化为主;反应较差组肿瘤坏死明显,以 D 值显著变化为主。通过分析 IVIM-DWI 参数在 NAC 前、后的

变化,可帮助临床医师准确地制订骨肉瘤患者的综合治疗策略,并及时进行无创性 NAC 疗效的评估。

参考文献:

- [1] 陈海妹,刘金,程梓轩,等.基于多中心 T₁WI 影像组学列线图治疗前预测骨肉瘤一年内复发的价值[J].中华放射学杂志,2020,54(9):874-881.
- [2] 刘铁芳,袁琰,王晶波,等.螺旋 CT 评价原发性颌骨骨肉瘤的价值[J].实用放射学杂志,2021,37(3):369-372.
- [3] Degnan AJ, Chung CY, Shah AJ. Quantitative diffusion-weighted magnetic resonance imaging assessment of chemotherapy treatment response of pediatric osteosarcoma and Ewing sarcoma malignant bone tumors[J]. Clin Imaging, 2018, 47(1-2): 9-13. DOI: 10.1016/j.clinimag.2017.08.003.
- [4] Fidan AK, Ucmak G, Demirel BB, et al. The relation between staging fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography metabolic parameters and tumor necrosis rate in pediatric osteosarcoma patients[J]. Turk J Med Sci, 2021, 28, 51(3): 1115-1122.
- [5] Le BD. What can we see with IVIM MRI[J/OL]. Neuroimage, 2019, 187: e56-e67. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2017.12.062.
- [6] 高飞,王传彬,李乃玉,等.3.0T MRI 体素内不相干运动扩散加权成像对直肠腺癌壁外血管侵犯的评估[J].临床放射学杂志,2020, 39(7): 1351-1356.
- [7] 肖杨,廖凯兵,施欣园,等.ADC 平均值及最小值在鉴别良、恶性四肢软组织肿瘤中的价值[J].放射学实践,2021,36(1):112-116.
- [8] 张庆,姬广海,王朋,等.扩散加权成像及临床病理特性对宫颈癌同步放化疗复发的诊断价值[J].实用放射学杂志,2022,38(1):104-107.
- [9] 马焕,李振辉,李鹏,等.动态增强 MRI 定量参数评估骨肉瘤新辅助化疗疗效价值[J].中华肿瘤防治杂志,2019,26(6):421-426.
- [10] Asmar K, Saade C, Salman R, et al. The value of diffusion weighted imaging and apparent diffusion coefficient in primary osteogenic and Ewing sarcomas for the monitoring of response to treatment: initial experience[J/OL]. Eur J Radiol, 2020, 124: e108855. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.108855.
- [11] Zhang L, Ge Y, Gao Q, et al. Machine learning-based radiomics nomogram with dynamic contrast-enhanced MRI of the osteosarcoma for evaluation of efficacy of neoadjuvant chemotherapy[J/OL]. Front Oncol, 2021, 11: e758921. DOI: 10.3389/fonc.2021.758921.
- [12] Tao YY, Zhou Y, Wang R, et al. Progress of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging in liver diseases[J]. World J Clin Cases, 2020, 8(15): 3164-3176.
- [13] Jalnefjord O, Andersson M, Montelius M, et al. Comparison of methods for estimation of the intravoxel incoherent motion (IVIM) diffusion coefficient (D) and perfusion fraction (f)[J]. MAGMA, 2018, 31(6): 715-723.
- [14] 康钦钦,边云,田冰,等.IVIM-MRI 在评估透明细胞肾细胞癌病理分级中的价值[J].放射学实践,2022,37(2):202-208.
- [15] 宋涛,汪颖姝,郭兰伟,等.体素内不相干运动成像术前评估食管鳞癌脉管癌栓的应用[J].中华放射学杂志,2021,55(10):1065-1070.
- [16] Baidya KE, Kandasamy D, Khare K, et al. Intravoxel incoherent motion (IVIM) for response assessment in patients with osteosarcoma undergoing neoadjuvant chemotherapy[J/OL]. Eur J Radiol, 2019, 119: e108635. DOI: 10.1016/j.ejrad.2019.08.004.
- [17] 任浩,丘金凤,黄丽轩,等.DWI 在早期评估骨肉瘤新辅助化疗疗效中的应用价值[J].放射学实践,2021,36(1):42-46.
- [18] Song XL, Kang HK, Jeong GW, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging for monitoring chemotherapeutic efficacy in gastric cancer[J]. World J Gastroenterol, 2016, 22(24): 5520-5531.

(收稿日期:2022-06-01 修回日期:2022-07-15)