

• 骨骼肌肉影像学 •

ADC 值评价骨肉瘤新辅助化疗后坏死的价值

孙美丽, 高振华, 王卓, 胡晓书, 罗柏宁, 孟俊非

【摘要】 目的:通过病理学对照研究,探讨 ADC 值评价骨肉瘤新辅助化疗后坏死的价值。**方法:**12 例行新辅助化疗的原发四肢骨肉瘤患者,在其完成新辅助化疗后且手术前 3 天内同时行常规 MRI 和 DWI 检查。参照 MRI 和 ADC 图表现,在术后大体标本相应区取材,获取骨外软组织肿块 127 个区,分析不同 ADC 值的病理基础。**结果:**非软骨性肿瘤存活区、软骨性肿瘤存活区、非软骨性肿瘤坏死区、肿瘤坏死区胶原化区、肿瘤坏死囊变血腔及继发动脉瘤样骨囊肿区 ADC 值分别约 $(1219.63 \pm 26.73) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(2193.21 \pm 37.87) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(1770.52 \pm 33.41) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(2287.36 \pm 39.34) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和 $(2293.57 \pm 50.36) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。非软骨性肿瘤存活区与其它 4 区、非软骨性肿瘤坏死区与其它 4 区 ADC 值之间差异均有统计学意义 ($P < 0.001$),软骨性肿瘤存活区、肿瘤坏死区胶原化区、肿瘤坏死囊变血腔及继发动脉瘤样骨囊肿区 ADC 值之间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论:**ADC 值在判定骨肉瘤化疗后坏死时,会受到存活区的软骨性肿瘤成分的影响;借助 ADC 值可鉴别骨肉瘤化疗后非软骨性肿瘤细胞的存活、坏死和瘤细胞外间质改变。

【关键词】 骨肉瘤;抗肿瘤联合化疗方案;磁共振成像

【中图分类号】 R738.7; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2012)05-0540-05

The value of ADC in determining osteosarcoma necrosis after neoadjuvant chemotherapy SUN Mei-li, GAO Zhen-hua, WANG Zhuo, et al, Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, P. R. China

【Abstract】 Objective: To study the value of ADC in determining osteosarcoma necrosis after neoadjuvant chemotherapy. **Methods:** 12 patients with histologically proven primary limb bone osteosarcoma all underwent MRI and DWI scanning after neoadjuvant chemotherapy and three days before limb resection. A comparative study between histopathologic findings and DWI features was performed in 127 specimens from soft-tissue mass around affected bone in order to investigate histopathologic features of different ADC regions. **Results:** The mean ADC values in non-cartilaginous tumor survival region, cartilaginous tumor survival region, non-cartilaginous tumor necrosis region, tumor post-necrosis collagen region, cystic necrosis hemocoele and secondary aneurysmal bone cysts region were $(1219.63 \pm 26.73) \times 10^{-6}$, $(2193.21 \pm 37.87) \times 10^{-6}$, $(1770.52 \pm 33.41) \times 10^{-6}$, $(2287.36 \pm 39.34) \times 10^{-6}$ and $(2293.57 \pm 50.36) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$, respectively. The difference in ADC was statistically significant ($P < 0.001$) between the non-cartilaginous tumor survival region and the other four regions, also between the non-cartilaginous tumor necrosis region and the other four regions, but the difference in ADC was not statistically significant ($P > 0.05$) among the cartilaginous tumor survival region, tumor post-necrosis collagen, cystic necrosis, hemocoele and secondary ABC region. **Conclusion:** ADC value may be affected by the living cartilaginous tumor elements in the judgement of osteosarcoma necrosis after neoadjuvant chemotherapy. ADC value can determine non-cartilaginous tumor living cells, necrotic cells and extra-cell interstitial tissue changes.

【Key words】 Osteosarcoma; Antineoplastic combined chemotherapy protocols; Magnetic resonance imaging

骨肉瘤是最常见的原发恶性骨肿瘤,好发于青少年(发病率高达 11/100 万),自然预后极差,严重影响青少年身心健康^[1]。新辅助化疗的引入使骨肉瘤患者 5 年生存率由 70 年代前不足 20% 提高到 50%~75%,手术方式由之前截肢发展到 80% 以上的保肢率,有效的新辅助化疗已成为手术外最关键的预后因素^[2-3]。至今为止,术后病理学肿瘤坏死率仍然是评价新辅助化疗疗效的金标准^[4],近年来,国内外有些学者

将扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)及 ADC 值用于骨肉瘤化疗效果的评价^[5-6],但缺乏骨肉瘤化疗后 ADC 值与术后大体病理“点对点”的对比研究。本研究通过对 12 例骨肉瘤新辅助化疗后 DWI 与病理学“点对点”的对比研究,旨在评价 ADC 值判定骨肉瘤化疗后坏死的作用。

材料与方法

1. 研究对象

搜集我院自 2011 年 8 月—2011 年 12 月收治的 30 例初发骨肉瘤患者的病例资料。病例入选标准:①穿刺/切开活检及术后病理显示为骨肉瘤,且肿瘤位于

作者单位: 510080 广州,中山大学附属第一医院放射科(孙美丽、高振华、胡晓书、罗柏宁、孟俊非),病理科(王卓)

作者简介: 孙美丽(1984—),女,山东潍坊人,硕士研究生,主要从事影像诊断工作。

通讯作者: 高振华, E-mail: zhenhua_gao@163.com

基金项目: 广东省科技计划项目资助(2011B031800096)

四肢;②完成新辅助化疗后于术前 3 天内行 MRI 和 DWI 检查。符合上述标准共纳入 12 例患者,其中男 7 例,女 5 例,年龄 6~25 岁,平均 14.6 岁。发病部位:股骨远端 8 例,胫骨近端 4 例。12 例就诊时均无病理性骨折,3 例疑有肺转移瘤。骨肉瘤组织学亚型:骨肉母细胞型 7 例,软骨母细胞型 4 例,纤维母细胞型 1 例。本研究通过我院伦理委员会审查,所有患者均签署知情同意书。

2. DWI 扫描方案

MRI 检查采用 Siemens Magnetom Trio 3.0T 超导型全身磁共振成像仪,选用膝关节线圈或体线圈,操作版本为 Syngo MR 2006T。常规行冠状面、矢状面及横轴面脂肪抑制 FSE 序列 T_2WI (TR 4660 ms, TE 96 ms)、横轴面 SE 序列 T_1WI (TR 659 ms, TE 11 ms) 后行横轴面 DWI 扫描,各轴面扫描序列层厚/层间距保持一致。DWI 采用单次激发 EPI-DWI 成像序列,TR 3200 ms,TE 82 ms,采用全面自动校准部分并行采集,并行因子 3,矩阵 224×224 ,脂肪抑制及水激励,在 3 个方向施加扩散梯度 ($b=0, 800s/mm^2$)。上述所有轴面扫描均垂直于身体纵轴,平行于胫骨平台,视野及层面中心一致(以肿瘤最大横断面为层面中心),层厚 5 mm,层间距 1 mm(共包括 10 层),距离关节面最近一层标记为 S1,向远离关节面方向以此类推标记为 S2~S10。

3. 化疗方案

新辅助化疗方案采用甲氨蝶呤(MTX)、吡柔比星(THP,阿霉素类)、异环磷酰胺(IFO),部分加用奥先达(顺铂类 DDP)或多帕菲(紫杉醇类)。常规行 4 个疗程(约 10 周余),视患者化疗副作用和费用等制定个性化化疗方案。

4. 手术及病理

12 例均于化疗结束后第 3 周行保肢手术。切除的肿瘤依照以下方法获得标本切片:①参照活体 MRI 扫描定位像,得到 S1 至关节面距离,并标记于大体标

本,沿此标记平行于股骨内外髁远端切线或胫骨平台连线,按扫描层厚于图像层间距处锯切 S1。②参照骨性标记、血管走行、肿块形态和内部 MRI 信号强度,比对标本切片断面与相应 MRI 图像,两者匹配良好。每例最终取得 6~10 个标本切片。

标本切片断面与 MRI 图像层面匹配后,根据 T_1WI 、 T_2WI 和 DWI 不同信号组合表现以及标本切面肉眼观确定取材区,尽量选取肿瘤成分相对均质区,用数码相机拍照,定点取材。取材标本大小 $10mm \times 15mm \times 5mm \sim 15mm \times 20mm \times 5mm$,每例取材 9~24 块,共 201 块,对应 MRI 图像上 201 个区域。上述标本经固定、脱钙、脱水及石蜡包埋后切片行 HE 染色,光镜下观察。病理切片染色满意且取自骨外软组织肿块者共 127 个区域。请病理科 2 位有经验的主治以上医师共同阅读病理切片,标注出存活的非软骨性肿瘤区、存活的软骨性肿瘤区、不含软骨的肿瘤坏死区、坏死后胶原化区、囊变区和血腔区,观察其组织学表现。

5. DWI 观察指标

选用 b 值为 0 和 $800s/mm^2$,由 MR 设备附带软件包处理后自动生成 ADC 图。根据病理结果,在 ADC 图上 127 个区域内定位选取对应的兴趣区进行测量以获得相应的 ADC 值,ROI 大小 $50 \sim 250mm^2$,常规取同一位置的 3 次测量的平均值,以平均值 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示。

6. 数据统计处理

采用 SPSS 13.0 统计学软件对数据进行处理,满足正态分布及方差齐性的数据采用方差分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 骨肉瘤新辅助化疗后的病理学表现

存活的肿瘤区、软骨性肿瘤区、肿瘤坏死区、坏死后胶原化区、囊变区、血腔和继发动脉瘤样骨囊肿(an-
eurysmal bone cysts, ABC) 区在病理上表现有所不

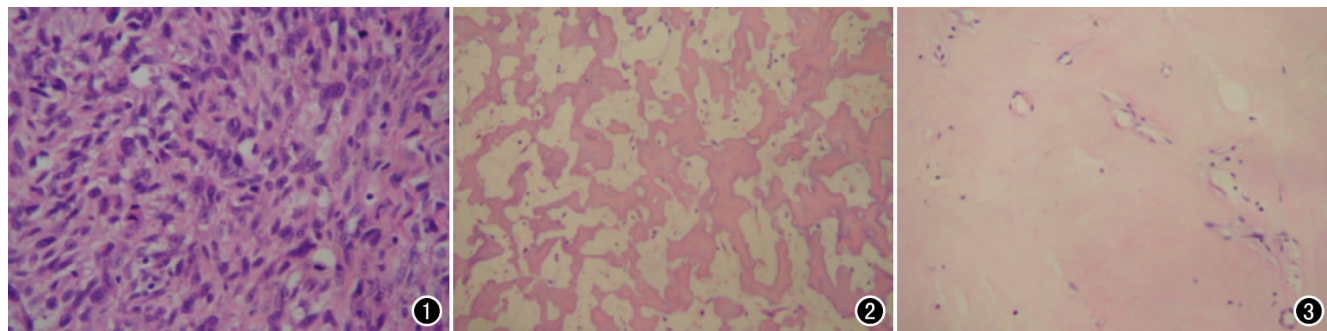


图 1 存活的非软骨性骨肉瘤的病理表现为肿瘤细胞异型性大,分布密集,无瘤细胞坏死($\times 400$, HE)。图 2 骨肉瘤细胞坏死后残存骨基质的病理表现为肿瘤细胞坏死消失,肿瘤性骨质仍存在($\times 200$, HE)。图 3 骨肉瘤细胞坏死后胶原化的病理表现为肿瘤细胞坏死消失,嗜酸性红染的条片状结构,间质血管稀少($\times 200$, HE)。

同:①存活肿瘤细胞具异型性,有完整胞膜,核浆比例较高,可见核分裂相(图 1)。肿瘤细胞产生类骨基质、骨基质、软骨基质及纤维成分,不同组织学类型三者比例有差异;②软骨母细胞型骨肉瘤 50%以上的成分为肿瘤软骨,镜下见灰蓝染色的大片软骨基质,软骨母细胞样肉瘤细胞异形性不一;③肿瘤坏死主要表现为瘤细胞核浓缩、碎裂、溶解,胞浆呈嗜酸性染色,类骨基质、骨基质和软骨基质仍可存在(图 2),可伴肿瘤间质水肿和黏液样变性;④肿瘤坏死后胶原化呈嗜酸性红染的条片状结构,间质血管稀少(图 3),囊变表现为坏死组织崩解、液化成囊腔,周围绕薄层致密纤维结缔组织壁,血腔表现为局部红细胞和/或血浆聚集成湖,无内皮细胞覆盖,周围肿瘤组织移行,周围见少量多核巨细胞,若血腔伴有明显的飘带状纤维结缔组织壁时,则为继发动脉瘤样骨囊肿。

2. 骨肉瘤新辅助化疗后不同病理组织区 ADC 值比较

本研究将肿瘤细胞坏死 $<10\%$ 归为肿瘤存活区,坏死 $\geq 90\%$ 归为肿瘤坏死区,两者之间归为肿瘤与坏死并存区;肿瘤软骨 $>50\%$ 归为软骨性肿瘤,余归为非

软骨性肿瘤。在 127 个取材区中,非软骨性肿瘤存活区 38 个、软骨性肿瘤存活区 14 个、非软骨性肿瘤坏死区 25 个、肿瘤坏死后胶原化区 11 个、肿瘤坏死囊变血腔及继发 ABC 区 14 个,肿瘤与坏死并存区 25 个。

非软骨性肿瘤存活区(图 4)、软骨性肿瘤存活区(图 5)、非软骨性肿瘤坏死区(图 6)、肿瘤坏死后胶原化区(图 7)、肿瘤坏死囊变血腔及继发动脉瘤样骨囊肿区(共 5 区)在 ADC 图的表现有所不同(图 8),其 ADC 值差异有统计学意义(F 值 = 196.11, $P < 0.001$),其 ADC 平均值分别为 $(1.22 \pm 0.03) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(2.19 \pm 0.04) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(1.77 \pm 0.03) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(2.23 \pm 0.04) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和 $(2.29 \pm 0.05) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。非软骨性肿瘤存活区与其它 4 区、非软骨性肿瘤坏死区与其它 4 区 ADC 值之间差异均有统计学意义($P < 0.001$),软骨性肿瘤存活区、肿瘤坏死后胶原化区、肿瘤坏死囊变血腔及继发动脉瘤样骨囊肿区 ADC 值之间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

讨 论

DWI 是针对活体中水分子布朗运动的 MR 成像,

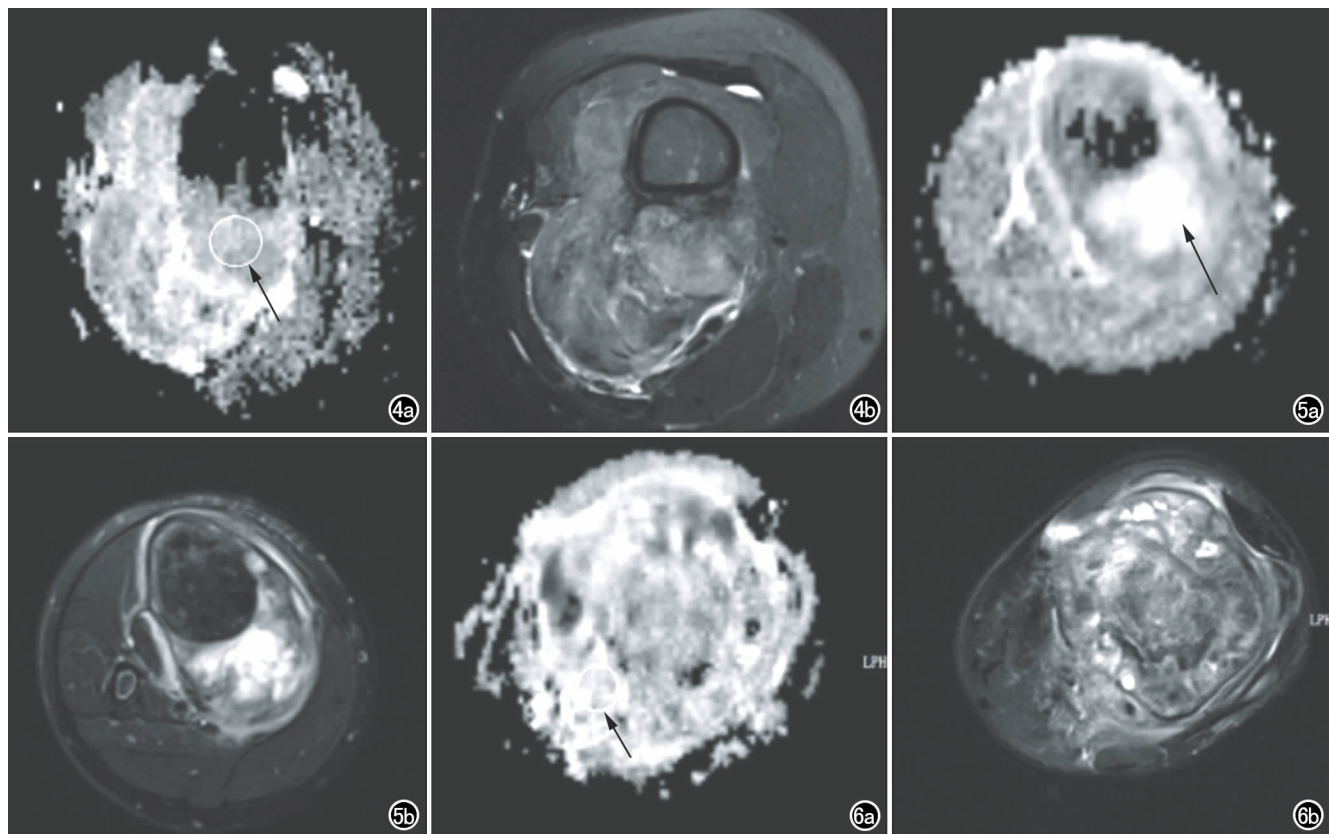


图 4 股骨下段纤维母细胞型骨肉瘤。a) ADC 图,ROI 为非软骨性肿瘤存活区(箭),相应平均 ADC 值为 $1.05 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; b) 同层脂肪抑制 T_2 WI 示上述 ROI 取自骨外软组织肿块。

图 5 股骨上段软骨母细胞型骨肉瘤。a) ADC 图,ROI 为软骨性肿瘤存活区(箭),相应平均 ADC 值为 $2.25 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; b) 同层脂肪抑制 T_2 WI 示上述 ROI 取自骨外软组织肿块。

图 6 股骨下段骨肉瘤。a) ADC 图,ROI 为肿瘤坏死区(箭),相应平均 ADC 值为 $1.60 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; b) 同层脂肪抑制 T_2 WI 示上述 ROI 取自骨外软组织肿块。

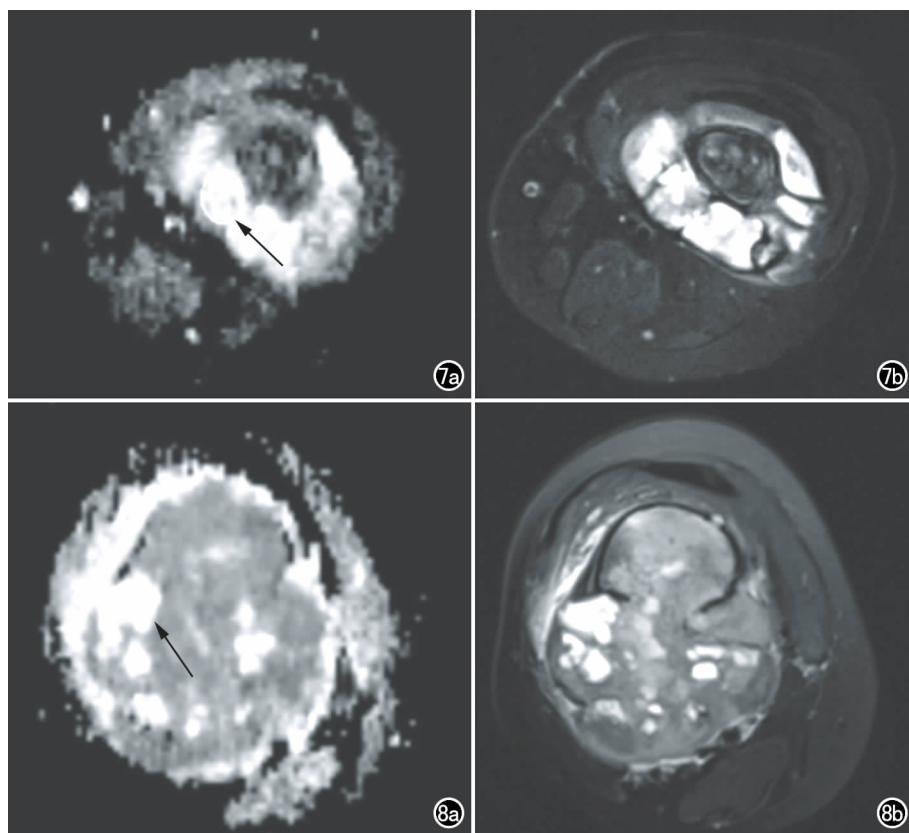


图 7 股骨下段骨母细胞型骨肉瘤。a) ADC 图, ROI 为坏死后胶原化区(箭), 相应平均 ADC 值为 $2.37 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; b) 同层脂肪抑制 $T_2\text{WI}$ 示上述 ROI 取自骨外软组织肿块。图 8 股骨下段骨母细胞型骨肉瘤。a) ADC 图, ROI 为血腔区(箭), 相应平均 ADC 值为 $2.40 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; b) 同层脂肪抑制 $T_2\text{WI}$ 示上述 ROI 取自骨外软组织肿块。

水分子扩散运动除主要取决于分子所处微环境外, 还受到温度、血流、呼吸、心跳等生理因素以及毛细血管灌注等微循环因素的影响。DWI 虽难以测得精确的扩散系数, 但可用 ADC 值来描述水分子扩散运动的速度和范围。ADC 值与组织细胞结构和细胞膜完整性有关, 细胞数量少、细胞内外间隙大、细胞膜完整性被破坏时水分子扩散快, ADC 值高^[7-8]。

骨肉瘤中非软骨性的存活肿瘤区因肿瘤细胞膜完整, 细胞存在异形性, 细胞器丰富, 核浆比例高, 细胞分布较密集, 瘤细胞周围产生骨样基质、骨基质或纤维样基质, 细胞外空间小, 导致细胞内外水分子运动均受限, 故其 ADC 值较低^[9], 本组病理表现和相应平均 ADC 值(约 $1.22 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)支持存活肿瘤 ADC 值低的理论阐释。非软骨性的肿瘤细胞坏死区因细胞核固缩、碎裂和消失, 核浆比例下降, 细胞膜和细胞内结构破坏, 细胞数量减少, 组织间隙增大, 导致细胞内外水分子运动受限程度减弱, 故其 ADC 值较高^[6], 本组病理表现和相应平均 ADC 值(约 $1.77 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)亦支持肿瘤化疗瘤细胞坏死后 ADC 值增高的理论阐释。本研究表明, 骨肉瘤化疗后非软骨性的肿瘤细胞

存活区和坏死区的 ADC 值差异有统计学意义($P < 0.05$), 可借助 ADC 值将其加以鉴别。

肿瘤细胞坏死后, 肿瘤基质和肿瘤间质逐渐崩解、胶原化或发生囊变、出血成腔或继发动脉瘤样骨囊肿, 此时坏死区的水分子运动受限程度明显低于单纯肿瘤细胞坏死区和肿瘤存活区, 呈现出更高的 ADC 值, 本研究结果亦支持此结论, 本组肿瘤细胞坏死后胶原化或发生囊变、出血成腔或继发动脉瘤样骨囊肿区的平均 ADC 值约为 $2.29 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 明显高于非软骨性的肿瘤细胞存活区和坏死区的平均 ADC 值。由此可见, 借助 ADC 值不但可以鉴别骨肉瘤化疗后非软骨性的肿瘤细胞的存活和坏死, 还可以鉴别非软骨性肿瘤细胞坏死与肿瘤细胞外基质或间质的坏死, 这适合于肿瘤软骨成分较少的骨母细胞型骨肉瘤和纤维母细胞型骨肉瘤的坏死评价。

本研究还发现, 骨肉瘤化疗后存活软骨性肿瘤区平均 ADC 值约为 $2.19 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 与上述坏

死后胶原化或发生囊变、出血成腔或继发动脉瘤样骨囊肿的平均 ADC 值相近。这是由于肿瘤软骨存活区含有大量的软骨基质, 软骨基质含大量水分, 通透性高, 组织间隙大, 水分子运动受限程度小, 平均 ADC 值较高, 与肿瘤坏死后伴发基质或间质改变时的平均 ADC 值存在重叠。因此, 临床在应用 ADC 值评价骨肉瘤, 尤其是软骨母细胞型骨肉瘤坏死后, 应注意避免将存活的肿瘤性软骨组织误判为非软骨性肿瘤的坏死。

相对于本研究, 以往国内外学者在应用 ADC 值研究骨肉瘤成分或评价其化疗疗效时稍欠不足, 以往将骨破坏区与骨外软组织肿块整体研究, 骨质破坏区内残存的骨小梁或骨皮质几乎无水分子产生扩散信号, 可能会降低骨外软组织瘤体的 ADC 值^[8], 本研究仅针对骨外软组织肿块进行分析, 避免了这一问题。以往未采用影像与病理学“点对点”研究, 而仅根据 MRI 平扫及常规增强扫描信号特点判定肿瘤实质区和坏死区来进行 ADC 研究^[9-10], 这会使肿瘤软骨存活区与非软骨性肿瘤坏死区、无明显肿瘤间质变化的肿瘤细胞坏死区与肿瘤存活区相重叠, 导致 ADC 值偏

差。

总之,本研究采用 MRI 与术后病理“点对点”的对比分析,得出有关 ADC 值在判定骨肉瘤化疗后坏死的 2 点初步结论:ADC 值在判定骨肉瘤化疗后坏死时,会受到存活的软骨性肿瘤成分的影响而发生误判;借助 ADC 值可鉴别骨肉瘤化疗后非软骨性肿瘤细胞的存活、坏死和瘤细胞外基质或间质的坏死。

参考文献:

- [1] Bielack S, Carrle D, Casali PG. Osteosarcoma; ESMO clinical recommendations for diagnosis, treatment and follow-up[J]. Ann Oncol, 2009, 20(Suppl 4): S137-S139.
- [2] Provisor AJ, Ettinger LJ, Nachman JB, et al. Treatment of non-metastatic osteosarcoma of the extremity with preoperative and postoperative chemotherapy; a report from the Children's Cancer Group[J]. J Clin Oncol, 1997, 15(1): 76-84.
- [3] Bramer JA, van Linge JH, Grimer RJ, et al. Prognostic factors in localized extremity osteosarcoma; a systematic review[J]. Eur J Surg Oncol, 2009, 35(10): 1030-1036.
- [4] Rosen G, Caparros B, Huvos AG, et al. Preoperative chemothera-

py for osteogenic sarcoma: selection of postoperative adjuvant chemotherapy based on the response of the primary tumor to pre-operative chemotherapy[J]. Cancer, 1982, 49(6): 1221-1230.

- [5] Hayashida Y, Yakushiji T, Awai K, et al. Monitoring therapeutic responses of primary bone tumors by diffusion-weighted image; initial results[J]. Eur Radiol, 2006, 16(12): 2637-2643.
- [6] Uhl M, Saueressig U, Koehler G, et al. Evaluation of tumour necrosis during chemotherapy with diffusion-weighted MR imaging; preliminary results in osteosarcomas[J]. Pediatr Radiol, 2006, 36(12): 1306-1311.
- [7] 孟俊非, 马玲, 陈应明, 等. EPI-DWI-ADC 图对确定恶性骨肿瘤髓内浸润范围的价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2003, 1(1): 46-51.
- [8] 马玲, 孟俊非, 陈应明, 等. 表观扩散系数值在原发性恶性骨肿瘤诊断中的价值[J]. 中华放射学杂志, 2004, 38(11): 1129-1134.
- [9] 程克斌, 张晶, 宫丽华, 等. 含软骨基质型肉瘤的 MR 钆喷替酸葡甲胺增强和扩散加权成像特点[J]. 中华放射学杂志, 2010, 44(6): 635-638.
- [10] 马婉玲, 徐俊卿, 葛雅丽, 等. 骨肉瘤的 MRI 及 DWI 表现[J]. 实用放射学杂志, 2008, 24(4): 516-518.

(收稿日期: 2012-02-24 修回日期: 2012-03-15)

《磁共振成像》杂志 2012 年征订和征稿启事

《磁共振成像》杂志是由中华人民共和国卫生部主管、中国医院协会和首都医科大学附属北京天坛医院共同主办的国家级学术期刊, 国内统一刊号: CN 11-5902/R, ISSN 1674-8034, 国内外公开发行。该刊为双月刊, 逢单月 20 日出版, 大 16 开, 80 页。2010 年 1 月创刊, 主编为戴建平教授。

该刊是国内第一本医学磁共振成像专业的学术期刊, 目前已被美国《化学文摘》(CA)、美国《剑桥科学文摘(自然科学)》(CSA)、美国《乌利希期刊指南》、波兰《哥白尼索引》(IC)、中国核心期刊(遴选)数据库、中国学术期刊网络出版总库、中文科技期刊数据库等数据库收录, 已被 27 个国家和地区读者检索和阅读。

《磁共振成像》杂志注重内容的科学性、前沿性、实用性和原创性, 重点报道磁共振成像技术的临床应用与基础研究, 内容包括人体各部位磁共振成像、功能磁共振成像、磁共振成像序列设计和参数优化、磁共振对比剂的优化方案、新型磁共振对比剂的开发与应用、磁共振引导下介入治疗、磁共振物理学、磁共振成像的质量控制等, 以及磁共振成像最新进展和发展趋势。主要栏目设置如下: 名家访谈、学术争鸣、海外来稿、视点聚焦、基础研究、临床研究、技术研究、讲座、综述、读片、资讯、编读往来等, 述评、经验交流等栏目也将陆续推出。该刊将为磁共振领域的科研和临床工作者搭建一个全新的专业学术交流平台, 成为医务工作者、医学院校、科研院所、图书馆的必备刊物! 投稿具体要求详见本刊官方网站: <http://www.cjmri.cn>。收稿邮箱: editor@cjmri.cn。

欢迎广大读者订阅本刊, 欢迎广大专业人员向本刊投稿!

定价 16 元/本, 96 元/年。邮局订阅: 邮发代号: 2-855, 全国各地邮局均可订阅。邮购: 收款人: 磁共振成像编辑部, 地址: 北京市东城区左安门内大街 6 号国家体育总局综合办公楼 518 室; 邮编: 100061。请在汇款附言注明: 订阅 XX 年第 X 期—第 X 期。编辑部电话/传真: 010-67113815

(磁共振成像编辑部)