文章编号:1000-5854(2026)05-0507-07

MAGIC 技术联合 DWI 在良、恶性骨肿瘤鉴别中的研究

刘海甜[1]，　周　庄[2]，　高恩鹏[1]，　高　垒[1]，　赵　建[1]，　张祖卓[1]

(1.河北医科大学第三医院 医学影像科,河北 石家庄　050051; 2.河北医科大学第三医院 骨与软组织肿瘤科,河北 石家庄　050051)

摘　要:旨在评估定量合成磁共振成像(magnetic resonance imaging compilation,MAGIC)联合弥散加权成像(diffusion weighted imaging,DWI)初步用于鉴别良、恶性骨肿瘤的可行性.选取 2024 年 10 月至 2025 年 11 月在河北医科大学第三医院 67 例经病理证实的骨肿瘤患者作为研究对象,所有患者进行 3T-MAGIC 及 DWI 序列扫描.2 名放射科医师测量并分析 MAGIC 相关的参数,T1 值、T2 值、质子密度弛豫时间(proton density relaxation time,PD)及 DWI 的表观弥散系数(apparent diffusion coefficient,ADC).通过统计学方法对比良、恶性骨肿瘤及部分亚型组间参数差异,并采用诊断价值曲线(receiver operating characteristic,ROC)评估各单一参数及联合参数的诊断效能.结果表明,恶性骨肿瘤组 T1 值、ADC 值均显著低于良性骨肿瘤,差异均有统计学意义,且各参数测量的观察者一致性较高(ICC>0.970).在亚型分析中,T1 值可有效鉴别骨肉瘤与尤文肉瘤、软骨肉瘤Ⅰ-Ⅱ级与内生性软骨瘤及去分化软骨肉瘤,ADC 值对软骨肉瘤Ⅰ-Ⅱ级与内生性软骨瘤的鉴别亦有统计学意义.ROC 曲线分析表明,T1 与 ADC 联合应用的诊断效能最佳,曲线下面积(area under the curve,AUC)达 0.860.MAGIC 联合 DWI 可提供鉴别良、恶性骨肿瘤的客观定量参数,其中,T1 和 ADC 2 者联合能提升骨肿瘤良、恶性鉴别的准确性,也可为部分骨肿瘤亚型的区分提供参考,为临床骨肿瘤的精准诊断提供了新的无创方法.

关键词:骨肿瘤; 合成磁共振成像(MAGIC); DWI 成像; 多参数联合

中图分类号:R 445.2　　**文献标志码**:A　　**DOI**:10.13763/j.cnki.jhebnu.nse.202604014

Study on MAGIC technique combined with DWI in the differentiation of benign and malignant bone tumors

Liu Haitian[1]，　Zhou Zhuang[2]，　Gao Enpeng[1]，　Gao Lei[1]，　Zhao Jian[1]，　Zhang Zuzhuo[1]

(1.Department of Radiology, the Third Hospital of Hebei Medical University,Shijiazhuang Hebei　050051,China;
2.Department of Bone and Soft Tissue Oncology, the Third Hospital of Hebei Medical University,Shijiazhuang Hebei　050051,China)

Abstract:This study aimed to evaluate the feasibility of the preliminary application of quantitative synthetic magnetic resonance imaging compilation(MAGIC) combined with diffusion-weighted imaging(DWI) for differentiating benign and malignant bone tumors.Sixty-seven patients with pathologically-confirmed bone tumors at the Third Hospital of Hebei Medical University between October 2024 and November 2025 were enrolled in this study.All patients underwent scanning with 3T-MAGIC and DWI sequences.Two radiologists measured and analysed MAGIC parameters including T1 value,T2 value,proton density relaxation time(PD),as well as the apparent diffusion coefficient(ADC) of DWI.Statistical analyses were per-

收稿日期:2026-03-18; **修回日期**:2026-06-11

基金项目:河北省医学科学研究课题计划(20240292)

作者简介:刘海甜(1993-),女,河北石家庄人,硕士研究生,研究方向为骨肿瘤的影像学诊断.

通信作者:张祖卓(1988-),男,副主任技师,研究方向为骨肿瘤的影像学诊断.E-mail:38800937@hebmu.edu.cn

formed to compare the differences between malignant and benign bone tumors and to distinguish some of their subtype, receiver operating characteristic(ROC) curves were used to evaluate the diagnostic efficacy of each single parameter and the combined parameters. The results showed that T1 value and ADC value in the malignant bone tumors group were significantly lower than those in the benign bone tumors group, with statistically significant differences, and the inter-observer agreement for all parameter measurements was excellent(ICC>0.970). In subgroup analysis, T1 value effectively differentiated osteosarcoma from Ewing's sarcoma, as well as grade Ⅰ-Ⅱ chondrosarcoma from enchondroma and dedifferentiated chondrosarcoma. ADC value also showed statistically significant differences in differentiating grade Ⅰ-Ⅱ chondrosarcoma from enchondroma. ROC curve analysis showed that the combined T1 and ADC had the best performance for differentiating malignant and benign bone tumors with an area under the curve(AUC) of 0.860. MAGIC combined with DWI can provide objective quantitative parameters for the differentiation of benign and malignant bone tumors. Among them, T1 and ADC parameters exhibit high diagnostic efficacy. Their combination can improve the accuracy in differentiating benign and malignant bone tumors, and also provide a reference for the classification of some bone tumor subtypes, offering a novel non-invasive method for the accurate clinical diagnosis of bone tumors.

Key words: bone tumor; magnetic resonance imaging compilation(MAGIC); diffusion weighted imaging; multi-parameter

原发性骨肿瘤是临床上常见肿瘤之一[1].良性骨肿瘤易根治且预后较好,恶性骨肿瘤则预后较差,除手术切除外常辅以放化疗,准确鉴别良、恶性骨肿瘤有助于选择合适的治疗方案.病理是诊断骨肿瘤的金标准,但因骨肿瘤病理切片制作过程中脱钙处理需要大量的时间,活检结果易受到取材部位、样本数量等相关因素的干扰,临床应用受到限制[2].常规影像学检查(X线、CT、MRI)可清晰提供肿瘤的解剖结构信息,但良恶性骨肿瘤在形态及信号特征上存在较大重叠,且诊断过程中受观察者主观判断影响较大.此外,不同亚型骨肿瘤的影像形态学表现相近,进一步增加了临床鉴别难度.例如,骨肉瘤与尤文肉瘤均好发于青少年,且均可累及长骨骨干或干骺端,临床鉴别尤为困难.因此,目前亟需一种客观、定量的检测方法,用于良、恶性骨肿瘤的鉴别及不同亚型的精准区分,其核心意义在于指导临床治疗方案的制定、预判疾病预后,避免过度治疗或治疗不足,同时为肿瘤临床分期、手术规划及放化疗方案选择提供重要参考依据.DWI可以对活体组织内水分子的扩散运动进行监测,反映组织间不同特征,揭示疾病的病理生理学改变[3-4],为鉴别良、恶性骨肿瘤提供更多依据[5].MAGIC序列为多回波多延时合成MRI序列[6],一次扫描可以得到不同对比度的图像以及组织的弛豫率T1、T2以及PD值.在提供组织基本结构信息的同时,也能提供病变发生发展的病理学特征[7].MAGIC序列凭借其独特的成像原理在乳腺良恶性、前列腺癌及膝骨关节炎初步诊断中显示出一定的价值,但在骨肿瘤病变方面的报道极少[8].骨肿瘤的早期精准鉴别直接影响患者治疗决策与预后,已成为临床影像诊断领域亟待突破的关键问题.本研究创新性地采用MAGIC联合DWI对原发性骨肿瘤进行诊断,初步探讨MAGIC相关参数以及DWI用于鉴别骨肿瘤良、恶性以及不同亚型病变的价值,可有效克服传统影像学方法诊断主观性较强的缺陷,从而提高MRI对骨肿瘤诊断的准确性.

1 材料与方法

1.1 研究对象

本研究前瞻性收集2024年10月至2025年11月在河北医科大学第三医院就诊的骨肿瘤患者,共有163例可疑骨肿瘤患者,均接受了MAGIC成像以及DWI序列检查.除去32例图像质量差和46例有手术史及18例无病理结果的患者,最后67例符合纳入标准.年龄范围为12～80岁.经河北医科大学第三医院伦理委员会批准,全体受试者均签署了知情同意书,研究过程需遵守《赫尔辛基宣言》,批准文号为W2024-066-1.所有的病变均经活检或者病理证实.纳入标准:① 经影像学检查、手术病理检查确诊为骨肿瘤;② 影像学检查资料完整;③ 术前未进行抗肿瘤治疗以及穿刺活检.排除标准:① MRI禁忌证;② MRI图像质量差;③ 检查2周内未经病理学证实;④ 非实质性肿瘤、交界性肿瘤(例如血管瘤,动脉瘤样骨囊肿,骨巨细胞瘤等,交界

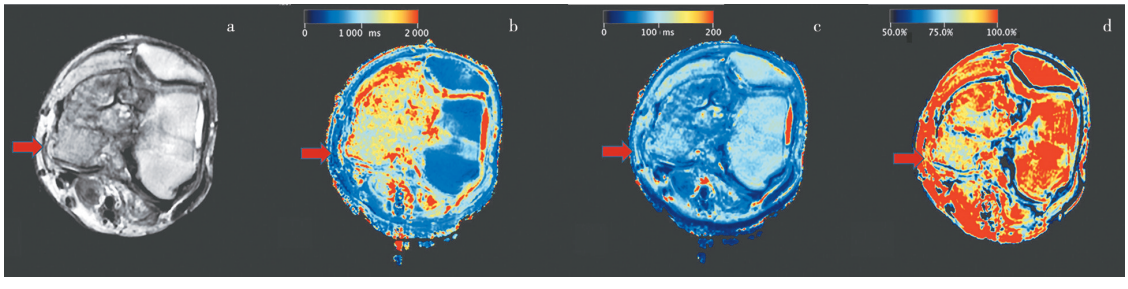
性骨肿瘤生物学行为不明确，本研究仅聚焦明确良、恶性病变）；⑤ 有骨代谢性疾病患者.

1.2 图像采集

扫描采用 GE 3.0T 磁共振扫描仪（general electric medical systems，Milwaukee，WI，USA） Architect 和体部专用 16 通道相控阵线圈.所有受试者均行常规 T1WI、T2WI 以及 T2WI 压脂矢冠轴扫描及定量合成 MAGIC 和 DWI 序列检查.具体扫描参数为 T1WI 轴位：TR＝618 ms，TE＝8.5～25.5 ms；层厚 4 mm；层间距 1 mm；ETL 为 3；FOV＝24 cm×24 cm；像素为 0.6 mm×0.8 mm.T2WI 压脂冠位：TR＝2 578 ms，TE＝8～96.4 ms；层厚 4 mm；层间距 1 mm；FOV＝24 cm×24 cm；像素为 0.8 mm×1.0 mm.MAGIC 序列：TR＝4 009 ms，TE＝9.2～73.6 ms；层厚 4 mm；层间距 1 mm；FOV＝24 cm×24 cm；带宽为 31.25 Hz；像素为0.8 mm×0.9 mm.DWI 检查序列：TR＝5 521 ms，TE＝75 ms，b 值为 800 s·mm^{-2}；层厚 5 mm；层间距1 mm；带宽为 250 KHz；激励次数 NEX＝2；FOV＝28 cm；矩阵＝256×198，扫描范围覆盖全部骨肿瘤病变区域.

1.3 图像分析

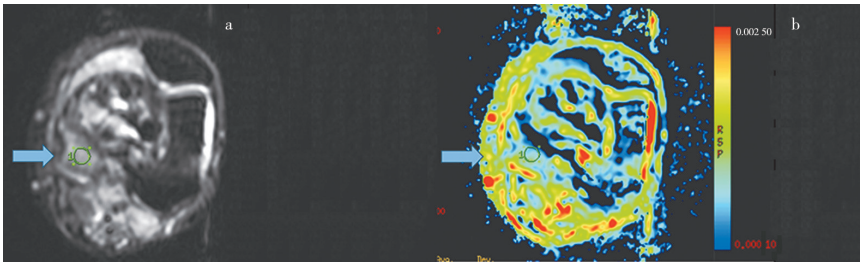
将扫描获取的 MAGIC 图像导入 MAGIC viewer 软件，重建生成 T1、T2 以及 PD 等定量图谱，选取病灶轴位最大实性层面，避开坏死、液化、钙化及大血管区勾画 ROI（图 1）.DWI 序列传输至 ADW4.7 工作站，经 MADC 重建得到 ADC 图像，将相同 ROI 勾画到 DWI 以及 ADC 图像上（图 2）.ROI 面积为 50～100 mm^2.于病灶最大实性层面取 3 个 ROI 求其平均值，由 2 名放射医师（主治医师 1 有 8 年从业经验，主治医师 2 有 10 年从业经验），2 名医师在互相不知情的情况下独立完成 ROI 数据测量，2 次 ROI 测量之间无时间间隔.



a.合成 MRI-T2WI 图像可见不规则团片状混杂长 T1 长 T2 信号；b.T1 图；c.T2 图；d.PD 图.

图 1 60 岁男性，恶性骨肿瘤组（间叶源性恶性肿瘤）的 MAGIC 图像

Fig.1 MAGIC images of a mesenchymal malignant tumor in a 60-year-old male patient from the malignant bone tumor group



a.DWI 图（b＝800 s·mm^{-2}）示病灶呈高信号，弥散受限；b.ADC 彩图，ADC＝0.705×10^{-3} mm^2·s^{-1}.

图 2 60 岁男性，恶性骨肿瘤组（间叶源性恶性肿瘤）的 DWI 和 ADC 图像

Fig.2 DWI and ADC images of a malignant mesenchymal tumor in a 60-year-old male patient from the malignant bone tumor group

1.4 统计学方法

采用 SPSS 21.0 及 MedCalc 23.0 软件进行数据分析.Shapiro-Wilk 检验判断计量资料是否服从正态分布；对于服从正态分布的计量资料采用“平均值±标准差”表示，组间比较采用独立样本 t 检验；非正态分布的资料使用 Mann-Whitney U 检验.采用组内相关系数（intraclass correlation coefficicent，ICC）评价 2 名医师测量结果一致性，若 ICC 大于 0.75，则认为可信度高.使用 Medcal 软件，通过 Logistic 回归整合 T1 与 ADC 参数，绘制 ROC 曲线并计算 AUC、参数的敏感性（Sen）、特异性（Spe）、阳性预测值（PPV）和阴性预测

值(NPV),评估各定量参数及联合参数鉴别良、恶性骨肿瘤的能力.$P<0.05$ 认为差异具有统计学意义.

2 结 果

2.1 良、恶性骨肿瘤一般资料

共纳入 67 例患者,良性骨肿瘤组 30 例,包括骨纤维结构不良 4 例、非骨化性纤维瘤 6 例、脂肪硬化性纤维粘液样肿瘤 2 例、内生软骨瘤 10 例、骨软骨瘤 8 例;恶性骨肿瘤组 37 例,包括尤文肉瘤 8 例、间叶源性恶性肿瘤 2 例、骨肉瘤 11 例、软骨肉瘤Ⅰ-Ⅱ级 9 例、去分化软骨肉瘤 7 例.

2.2 数据一致性分析

MAGIC 序列参数 T1、T2、PD 值的观察者间 ICC 为 0.989、0.991、0.970;DWI 序列 ADC 参数观察者间 ICC 为 0.992.

2.3 良、恶性骨肿瘤的 MAGIC 参数 T1、T2、PD 值比较

经独立样本 t 检验,良性骨肿瘤组、恶性骨肿瘤组的 T1 值差异具有统计学意义($P<0.001$),见表 1.

表 1 良、恶性骨肿瘤的 T1、T2、PD 值的比较

Tab.1 Comparison of T1, T2, PD values between the malignant and benign bone tumors

测量者	参数/(10^{-3} mm^2 · s^{-1})	恶性	良性	P 值
测量者 1	T1(msec)	1 134.94±299.78	1 644.92±521.25	<0.001
	T2(msec)	91.60±37.95	108.59±47.29	0.185
	PD(pu)	70.48±14.68	74.59±14.68	0.540
测量者 2	T1(msec)	1 127.93±300.41	1 629.67±540.25	<0.001
	T2(msec)	91.38±35.41	106.94±46.61	0.204
	PD(pu)	70.69±15.73	76.72±15.62	0.318

注:T1 为纵向弛豫时间,T2 为横向弛豫时间,PD 为质子密度弛豫时间.

2.4 良、恶性骨肿瘤的 DWI 参数 ADC 值比较

经独立样本 t 检验,良性骨肿瘤组、恶性骨肿瘤组的 ADC 值差异具有统计学意义(P 值均为<0.001),见表 2.

表 2 良、恶性骨肿瘤的 ADC 值比较

Tab.2 Comparison of ADC values between the malignant and benign bone tumors

测量者	参数/(10^{-3} mm^2 · s^{-1})	恶性	良性	P 值
测量者 1	ADC	1.057±0.53	1.599±0.46	<0.001
测量者 2	ADC	1.054±0.55	1.640±0.43	<0.001

注:ADC 为表观弥散系数.

2.5 良、恶性骨肿瘤的亚型比较

经独立样本 t 检验,骨肉瘤与尤文肉瘤、软骨肉瘤Ⅰ-Ⅱ级与内生性软骨瘤、软骨肉瘤Ⅰ-Ⅱ级与去分化软骨肉瘤的 T1 值差异具有统计学意义.ADC 值仅在软骨肉瘤Ⅰ-Ⅱ级与内生性软骨瘤之间的差异存在统计学意义,见表 3.

表 3 不同骨肿瘤亚型的参数比较

Tab.3 Comparison of values between subtypes of bone tumors

参数(测量者 1)	骨肉瘤	尤文氏肉瘤	P 值
T1(msec)	920.24±164.39	1 320.83±187.42	0.012
ADC/(10^{-3} mm^2 · s^{-1})	1.05	1.13	0.604
参数(测量者 1)	软骨肉瘤Ⅰ-Ⅱ级	内生性软骨瘤	P 值
T1(msec)	1 395.25±181.94	2 522.37±72.28	<0.001
ADC/(10^{-3} mm^2 · s^{-1})	1.22	2.14	<0.001
参数(测量者 1)	软骨肉瘤Ⅰ-Ⅱ级	去分化软骨肉瘤	P 值
T1(msec)	1 395.25±181.94	1 193.02±128.63	0.041
ADC/(10^{-3} mm^2 · s^{-1})	1.22	0.922	0.082

2.6 参数区分良、恶性骨肿瘤 ROC 曲线分析结果

良性骨肿瘤组和恶性骨肿瘤组 T1 以及 ADC 值差异具有统计学意义.将 2 个参数共同进行 ROC 曲线分析,评估其鉴别良、恶性骨肿瘤的诊断效能.由图 4 可知,ROC 分析结果显示,T1 联合 ADC 具有较高的诊断价值.选择最佳诊断阈值时,相应的灵敏度、特异度分别为 90.9%和 72%,AUC 显示为 0.865(95% CI:0.728～0.944),见表 4、图 3.

表 4 T1 与 ADC 单一参数及联合参数的 ROC 曲线

Tab.4 Area under the ROC curves obtained by each single and combined T1 and ADC parameters

测量者	阈值	曲线下面积	灵敏度/%	特异度/%	阳性预测值/%	阴性预测值/%
测量者 1	T1=1 590.67	0.787	100	52	62.9	100
	ADC=0.9	0.789	59.1	96	92.9	72.7
	T1 和 ADC	0.860	90.1	72	74.1	90
测量者 2	T1=1 566.5	0.769	100	52	62.9	100
	ADC=0.9	0.791	59.1	96	92.9	72.7
	T1 和 ADC	0.844	90.1	64	68.9	88.9

注:T1 为纵向弛豫时间/ms,ADC 为表观弥散系数/10^{-3} $mm^2 \cdot s^{-1}$.

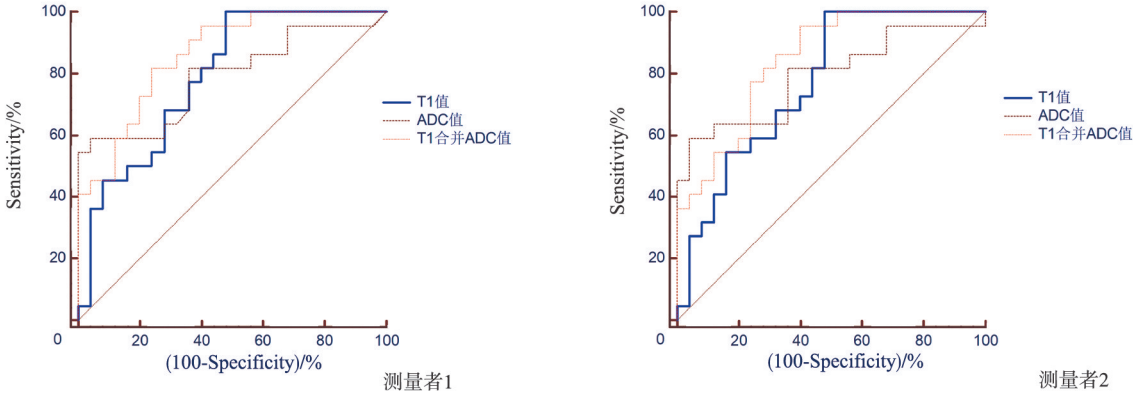


图 3 测得的测量者 1 和测量者 2 的 T1 与 ADC 参数,及 T1 联合 ADC 的 ROC 诊断价值曲线图

Fig.3 ROC diagnostic value curves for T1 and ADC parameters measured by observer 1 and observer 2,as well as for T1 combined with ADC

3 讨 论

原发性骨肿瘤是临床常见肿瘤,良、恶性骨肿瘤的治疗方法和预后差异较大.良性骨肿瘤易根治且预后较好,恶性骨肿瘤则预后较差.因此,术前对良、恶性骨肿瘤鉴别十分关键.目前,采用常规影像学方法进行诊断:良性骨肿瘤多呈膨胀性生长、边界清晰,但部分病灶亦表现为浸润性生长,无包膜,边界不清;恶性骨肿瘤通常呈浸润性生长,边界模糊,但也有部分病例可形成假包膜,边界清晰.因此,包膜与边界不能作为判断良、恶性骨肿瘤的可靠依据[9].且不同亚型骨肿瘤的影像形态学表现较为相似,进一步加大了临床鉴别诊断的难度.尤文肉瘤发病率仅次于骨肉瘤,其定性诊断较为困难,且治疗方案与骨肉瘤差异较大,因此与骨肉瘤的鉴别区分具有重要临床价值.在软骨源性肿瘤中,低级别软骨肉瘤易被误诊为内生软骨瘤,会导致术后复发风险增高;且不同类型软骨肉瘤的预后差异显著,其中,去分化软骨肉瘤预后极差,5 年生存率仅为 24%,显著低于普通型软骨肉瘤.为了更加客观地鉴别良、恶性骨肿瘤,本研究采用快速无创的 MAGIC 联合 DWI 评估良、恶性骨肿瘤,实现了良、恶性骨肿瘤及部分亚型的初步鉴别.

MAGIC 序列是一种新的成像方法,一次扫描可获得多种定量参数图和相应的定量值[10].本研究采用此方法,结果显示良性骨肿瘤组 T1 值(1 644.92±521.25) ms 明显高于恶性骨肿瘤组(1 134.93±299.78) ms,与 Meng 等[11]研究结果相似,该研究表明 MAGIC 定量值可以有效鉴别诊断鼻咽癌与鼻咽部良性增生,其中鼻咽癌的 T1、T2、PD 值均明显低于鼻咽部良性增生.然而与 Meng[12]等研究结果不同,该研究利用 MAGIC 诊断对乳腺癌的研究结果表明乳腺恶性病变的 T1 值明显高于良性病变.本研究与 Meng 等[12]相关

研究存在差异，原因可能是其研究的部位为乳腺，所以在之后处理中，定量 T1、T2 值受大量脂肪分子的影响，导致 T1 值的差异.有研究表明，相同组织处于不同的磁场环境中时，其 T1 值也会存在差异，因此 T1 值的差异可能是受到磁场环境的影响，以及与序列选择有关.本研究结果中恶性骨肿瘤的 T1 值明显低，原因可能是恶性的骨肿瘤比良性骨肿瘤生长速度更快、组织细胞更密集[13]，另外，核浆比增大伴随炎性细胞浸润[14]，导致细胞外间隙自由水含量降低[15]，从而使恶性肿瘤组织的 T1 值低于良性骨肿瘤组.在亚型分析中，尤文肉瘤属于小圆形细胞肿瘤，核浆比高；而骨肉瘤的细胞密度更高，排列紊乱，核异型性显著，这可能是导致其 T1 值低于尤文肉瘤的原因.普通型软骨肉瘤含有丰富的软骨基质，肿瘤细胞散在分布、密度较低；去分化软骨肉瘤存在双相分化结构，去分化区域为高度密集的恶性梭形或圆形细胞实性增生，细胞密度显著升高、基质显著减少，间接导致 T1 值的下降.T1 值能够反映组织中水分子和细胞外基质分子间的慢频率作用，且不依赖于参考组织的信号强度[16].T1 值可对骨肿瘤细胞密度进行定量评估，反映骨肿瘤实质部分内在的特性和水含量的变化.

DWI 可以从微观分子水平展现肿瘤细胞的信息，可反映早期与组织内水分含量相关的病理生理学改变[17].通过 ADC 获得检测组织内水分子的弥散受限程度，可在细胞水平上定量反映组织间差异、肿瘤边界以及侵袭特性[18].ADC 值与恶性肿瘤的细胞密度高度相关：肿瘤生长旺盛，细胞排列紧密，细胞外间隙明显减小，水分子弥散运动受到抑制，ADC 图信号明显降低[19]，一定程度上可以反映肌骨肿瘤的良、恶性[20].本研究结果表明良性骨肿瘤的 ADC 值高于恶性骨肿瘤，与 Pekcevik 等[21]研究结果一致，表明肿瘤恶性程度越高则细胞密集度越高，水分子弥散运动受限制越明显.研究者们对于最佳 b 值的选用意见不一.不同学者的研究结果差异原因可能与设备的厂家、场强、成像序列、b 值的数目及数值、ROI 的勾画方式等因素有关[22].目前并没有标准的 DWI 扫描 b 值，低 b 值（$<200\ s \cdot mm^{-2}$）容易受到灌注的影响[23]，多数研究推荐的 b 值$\geq 400\ s \cdot mm^{-2}$，可以消除灌注的影响.参考国内外临床 DWI 应用规范，本研究选取 $b=800\ s \cdot mm^{-2}$，该参数能够在弥散敏感度与图像信噪比之间取得平衡[24].

考虑到 T1 和 ADC 值在诊断中具有较高的敏感性和特异性，2 者的联合使用可能有利于提高诊断性能.与单一参数相比，AUC 得到了改善，证实了 T1 值和 ADC 值的互补临床价值，ROC 曲线下面积可达 0.865，可以提供更全面的骨肿瘤病变功能表征.T1 和 ADC 联合定量值能够反映病理生理变化，有望为区分肿瘤边界、评估肿瘤浸润范围提供有效信息，值得后续进一步研究.

本研究存在局限性：1）测量层面为病变实质部分最大直径所在层面，并未勾画整个病变，存在丢失病变细节的风险，可能有测量误差；2）对于良、恶性骨肿瘤最佳 b 值的选择有待进一步研究；3）样本量有限，未考虑不同部位骨组织起源肿瘤的差异，且亚型分析样本量偏小.未来应加大样本量，依据病理分型进一步开展研究，且进行多中心的研究，以提高良、恶性骨肿瘤鉴别诊断的准确度.

合成 MRI 即 MAGIC 联合 DWI 序列的应用能够获得常规对比图像中无法获得的定量值，从而避免了良性病变不必要的手术切除、过度穿刺活检，能够减少医疗资源浪费与手术相关并发症，为疾病诊断提供重要的定量评估手段.

参考文献：

[1] Xu Y，Shi F Q，Zhang Y T，et al.Twenty-year outcome of prevalence，incidence，mortality and survival rate in patients with malignant bone tumors[J].International Journal of Cancer，2024，154(2)：226-240.DOI：10.1002/ijc.34694.

[2] Miquelestorena-standley E，Tallegas M，Bouvier C，et al.From an optimal management of bone tissue samples to a quality patients′ care in 2022：a new paradigm[J].Annales de Pathologie，2022，42(3)：202-207.DOI：10.1016/j.annpat.2022.01.001.

[3] Sharma G，Saran S，Saxena S，et al.Multiparametric evaluation of bone tumors utilising diffusion weighted imaging and dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging[J].Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma，2022，30：101899.DOI：10.1016/j.jcot.2022.101899.

[4] Guirguis M，Gupta A，Thakur U，et al.Diffusion weighted imaging of extremity bone tumors-inter-reader analysis and incremental value over conventional MR imaging[J].The British Journal of Radiology，2023，96(1151)：20230352.DOI：10.1259/bjr.20230352.

[5] Xu F，Liu L L，Yan S Z，et al.Predictive value of combined detection of serum PSA，PCA3，and apparent diffusion coeffi-

cient of magnetic resonance imaging in bone metastasis of prostate cancer[J].Alternative Therapies in Health and Medicine,2024,30(10):516-521.

[6] Zhang K,Liu C R,Zhu Y F,et al.Synthetic MRI in the detection and quantitative evaluation of sacroiliac joint lesions in axial spondyloarthritis[J].Frontiers in Immunology,2022,13:1000314.DOI:10.3389/fimmu.2022.1000314.

[7] Konar A S,Paudyal R,Shah A D,et al.Qualitative and quantitative performance of magnetic resonance image compilation (MAGiC) method:an exploratory analysis for head and neck imaging[J].Cancers,2022,14(15):3624.DOI:10.3390/cancers14153624.

[8] Kumar N M,Fritz B,Stern S E,et al.Synthetic MRI of the knee:phantom validation and comparison with conventional MRI[J].Radiology,2018,289(2):465-477.DOI:10.1148/radiol.2018173007.

[9] Palombo M,Valindria V,Singh S,et al.Joint estimation of relaxation and diffusion tissue parameters for prostate cancer with relaxation-VERDICT MRI[J].Scientific Reports,2023,13:2999.DOI:10.1038/s41598-023-30182-1.

[10] Arita Y,Takahara T,Yoshida S,et al.Quantitative assessment of bone metastasis in prostate cancer using synthetic magnetic resonance imaging[J].Investigative Radiology,2019,54(10):638-644.DOI:10.1097/RLI.0000000000000579.

[11] Meng T,He H,Liu H,et al.Investigation of the feasibility of synthetic MRI in the differential diagnosis of non-keratinising nasopharyngeal carcinoma and benign hyperplasia using different contoured methods for delineation of the region of interest[J].Clinical Radiology,2021,76(3):238.e9-238.e15.DOI:10.1016/j.crad.2020.10.010.

[12] Meng T B,He N,He H Q,et al.The diagnostic performance of quantitative mapping in breast cancer patients:a preliminary study using synthetic MRI[J].Cancer Imaging,2020,20(1):88.DOI:10.1186/s40644-020-00365-4.

[13] Wei S Z,Patchefsky A S,Pei J M,et al.PHF1::TFE3-positive fibromyxoid sarcoma? Report of 2 casesand review of 13 cases of PHF1::TFE3-positive ossifying fibromyxoid tumor in the literature[J].American Journal of Clinical Pathology,2025,163(2):224-230.DOI:10.1093/ajcp/aqae114.

[14] Leitão D,Teixeira R P A G,Price A,et al.Efficiency analysis for quantitative MRI of T1 and T2 relaxometry methods[J].Physics in Medicine & Biology,2021,66(15):15NT02.DOI:10.1088/1361-6560/ac101f.

[15] Men M Ö,Akpınar R,Çomunoğlu C,et al.Histopathological,immunohistochemical and clinical features of granular cell tumors:re-evaluation of malignancy criteria in a series of 54 tumors[J].International Journal of Surgical Pathology,2025,33(6):1425-1432.DOI:10.1177/10668969251326253.

[16] Debnath P,Tkach J,Saad M,et al.T1 signal intensity ratio correlation with T1 mapping in pediatric pancreatitis[J].Abdominal Radiology,2025,50(3):1342-1352.DOI:10.1007/s00261-024-04609-w.

[17] Obara M,Kwon J,Yoneyama M,et al.Technical advancements in abdominal diffusion-weighted imaging[J].Magnetic Resonance in Medical Sciences,2023,22(2):191-208.DOI:10.2463/mrms.rev.2022-0107.

[18] Wang F,Xiang Y S,Wu P,et al.Evaluation of amide proton transfer imaging for bladder cancer histopathologic features:a comparative study with diffusion-weighted imaging[J].European Journal of Radiology,2023,159:110664.DOI:10.1016/j.ejrad.2022.110664.

[19] Igarashi T,Shiraishi M,Watanabe K,et al.3D quantitative analysis of diffusion-weighted imaging for predicting the malignant potential of intraductal papillary mucinous neoplasms of the pancreas[J].Polish Journal of Radiology,2021,86:e298-e308.DOI:10.5114/pjr.2021.106427.

[20] Lv N,He N,Wu Y P,et al.Effect of vascular haemoglobin concentrations on ultrasound-guided diffuse optical tomography in differentiating benign from malignant breast lesions[J].European Radiology,2014,24(11):2848-2856.DOI:10.1007/s00330-014-3356-x.

[21] Pekcevik Y,Kahya M O,Kaya A.Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the diagnosis of bone tumors:preliminary results[J].Journal of Clinical Imaging Science,2013,3:63.DOI:10.4103/2156-7514.124094.

[22] Arslan S,Ergen F B,Aydın G B,et al.Different attenuation models of diffusion-weighted MR imaging for the differentiation of benign and malignant musculoskeletal tumors[J].Journal of Magnetic Resonance Imaging,2022,55(2):594-607.DOI:10.1002/jmri.27887.

[23] He L,Zhang Z,Zhang J,et al.Synthetic diffusion-weighted imaging in prostate cancer diagnosis:a comparison study with different B-value combinations[J].Clinical Radiology,2025,81:106770.DOI:10.1016/j.crad.2024.106770.

[24] Barnes A,Alonzi R,Blackledge M,et al.UK quantitative WB-DWI technical workgroup:consensus meeting recommendations on optimisation,quality control,Paucessing and analysis of quantitative whole-body diffusion-weighted imaging for cancer[J].The British Journal of Radiology,2018,91(1081):20170577.DOI:10.1259/bjr.20170577.

(责任编辑　张晓曼)