

Relationship between Quantitative Parameters of MRI T2 Mapping and Clinical Staging of Breast Cancer*

论 著

MA Shu-min, YUE Zhi-Ling*, LI Ying, XU Cai-Hong, WANG Jing-jing, WANG Na, LI Jian-Li.
CT/MRI Room, Handan Central Hospital, Handan 056000, Hebei Province, China

MRI T2 Mapping定量参数与乳腺癌临床分期的关系研究*

马书敏 岳志领* 李莹
许彩虹 王静静 王娜
李建丽

邯郸市中心医院CT/MRI室 (河北邯郸 056000)

【摘要】目的 分析磁共振成像(MRI) T2 mapping定量参数与乳腺癌临床分期的关系。**方法** 回顾性分析2023年8月~2024年8月邯郸市中心医院收治的86例乳腺癌患者的临床资料,根据病理结果分为中早期组(54例)和晚期组(32例)。比较两组患者基线资料、MRI图像特征(形态、边缘、强化方式及纤维腺体类型)及T2 mapping定量参数(10th位数、90th位数、熵值及平均值)。绘制受试者工作特征曲线,以曲线下面积(AUC)评估T2 mapping定量参数对晚期乳腺癌的诊断效能。使用Pearson法分析T2 mapping定量参数与晚期乳腺癌的关系。**结果** 两组患者基线资料、形态、边缘、强化方式、纤维腺体类型、90th位数及熵值比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。晚期组10th位数、平均值小于中早期组($P<0.05$)。ROC曲线显示, T2 mapping定量参数中的10th位数、平均值诊断晚期乳腺癌的AUC分别为0.826、0.870,二者联合(并联)诊断晚期乳腺癌的AUC为0.899(95%CI: 0.815~0.954),敏感度为87.50%,特异度为83.33%,联合诊断AUC高于单独指标($Z=6.997, 9.274, 均P<0.05$)。Pearson法分析结果显示, T2 mapping定量参数中的10th位数、平均值与晚期乳腺癌呈明显负相关($P<0.05$)。**结论** MRI T2 mapping定量参数中的10th位数、平均值与晚期乳腺癌呈明显相关性,可用于评估乳腺癌临床分期,联合检测有助于提高诊断准确性。

【关键词】 磁共振成像; T2mapping定量参数; 乳腺癌; 临床分期; 相关性

【中图分类号】 R737.9

【文献标识码】 A

【基金项目】 河北省医学科学研究课题
计划项目(20240858)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.022

ABSTRACT

Objective To analyze the relationship between quantitative parameters of magnetic resonance imaging (MRI) T2 mapping and clinical staging of breast cancer. **Methods** The clinical data of 86 patients with breast cancer admitted to Handan Central Hospital from August 2023 to August 2024 were analyzed retrospectively. According to pathological results, the patients were divided into early-intermediate stage group (54 cases) and advanced stage group (32 cases). Baseline data, MRI image features (morphology, edge, enhancement mode and fibroglandular type), and quantitative parameters of T2 mapping (10th percentile, 90th percentile, entropy and mean value) were compared between the two groups. The receiver operating characteristic curves were plotted, and the area under the curve (AUC) was used to evaluate the diagnostic efficacy of quantitative parameters of T2 mapping for advanced breast cancer. Pearson method was used to analyze the relationship between quantitative parameters of T2 mapping and advanced breast cancer. **Results** There were no statistically significant differences in baseline data, morphology, margin, enhancement mode, fibroglandular type, 90th percentile, and entropy between the two groups ($P>0.05$). The 10th percentile and mean value of the advanced stage group were lower than those of the early-intermediate stage group ($P<0.05$). The AUC values of 10th percentile and mean value for diagnosing advanced breast cancer were 0.826 and 0.870. The AUC of combination (in parallel) of the two parameters was 0.899 (95% CI: 0.815~0.954). The sensitivity and specificity were 87.50% and 83.33%. The AUC of combined diagnosis was larger than that of each parameter ($Z=6.997, 9.274, 均P<0.05$). Pearson analysis results showed that quantitative parameters of T2 mapping (10th percentile and mean value) were negatively correlated with advanced breast cancer ($P<0.05$). **Conclusion** The quantitative parameters of T2 mapping (10th percentile and mean value) are significantly correlated with advanced breast cancer. They can be used to evaluate the clinical stage of breast cancer, and combination of the two is helpful to improve the diagnostic accuracy.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging; Quantitative Parameters of T2 Mapping; Breast Cancer; Clinical Staging; Correlation

近年来,中国女性乳腺癌发病率和死亡率逐年上升^[1],呈年轻化趋势,严重威胁广大患者生命健康。早期乳腺癌患者经治疗后,其生存率可得到显著提高^[2],乳腺癌分期可直接影响治疗方案及预后。乳腺癌早期并无典型症状,具有一定隐匿性,易导致漏诊,部分患者就诊时已处于晚期,错失最佳治疗时机,部分患者经治疗后仍预后欠佳^[3]。若能在早期明确诊断,及时采取有效治疗措施,有助于提高患者生存率并改善其生存质量。磁共振成像(MRI)可用于鉴别诊断良恶性乳腺肿瘤^[4],主要通过病灶形态学特征进行诊断。但对于不同分期的乳腺癌患者,其形态学征象存在相似之处,仅依靠形态学特征则难以鉴别,需寻求其他检查方式。MRI T2定量成像技术可用于评估乳腺癌微卫星稳定性^[5],其稳定性在不同临床分期存在显著差异。MRI T2 mapping成像技术可用于量化被检查组织的相应定量参数值,具有可重复性,在宫颈癌的分化程度评估中具有一定应用价值^[6]。目前临床上关于MRI T2 mapping定量参数与乳腺癌临床分期相关性的研究尚不多见,基于此,本研究拟分析MRI T2 mapping定量参数与乳腺癌临床分期的关系,以指导临床。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析2023年8月至2024年8月邯郸市中心医院收治的86例乳腺癌患者的临床资料。

纳入标准: (1)均符合乳腺癌诊断标准^[7], MRI检查后经病理检查确诊; (2)均为首次确诊; (3)MRI检查前未接受临床治疗; (4)均为女性; (5)年龄 ≥ 18 岁; (6)无认知障碍或精神类疾病,可配合。排除标准: (1)存在严重感染、其他恶性肿瘤及免疫系统疾病; (2)既往有乳腺病变或手术史; (3)妊娠期或哺乳期女性; (4)存在MRI检查禁忌证; (5)影像学图像不清晰; (6)临床资料缺失。本研究为回顾性分析,已豁免知情同意。本研究符合《赫尔辛基宣言》原则。

1.2 方法

1.2.1 基线资料 通过查阅电子病历,获取患者基线资料,主要包括年龄、家族史及生育史等。

1.2.2 MRI检查 使用仪器为美国GE 3.0 T超导磁共振仪(型号: GE750 3.0 T)。检查前告知患者注意事项,除去携带的金属物品,指导患者取俯卧位,使双侧乳腺完全暴露,保持平稳呼吸状态,选择8通道相控乳房表面线圈。先行常规MRI扫描,包括横断位快速自旋回

【第一作者】 马书敏,女,主治医师,主要研究方向:影像诊断学。E-mail: msm202407@163.com

【通讯作者】 岳志领,女,主治医师,主要研究方向:影像诊断学。E-mail: m15690029770@163.com

波(FSE)T1WI序列、压脂T2WI序列,扫描参数大致如下:T1WI序列重复时间(TR)为4.3 ms,回波时间(TE)为2.1 ms,视野(FOV)为320 mm×320 mm;T2WI序列TR为5213 ms,TE为68 ms,层厚为4 mm,FOV为340 mm×340 mm;使用乳腺容积成像序列行动态增强磁共振扫描(DCE-MRI)扫描,在蒙片出现后,予以静脉处注射钆喷酸葡胺(生产厂家: Bayer Inc, 国药准字HJ20160593,规格: 10ml: 4.690g),注射完毕后予以0.9%氯化钠注射液15 mL冲管。使用DCE-MRI扫描1期蒙片+6期增强,TR为7.7 ms,TE为4.3 ms,FOV为320 mm×320 mm,扫描时间为8~10 min。使用多回波自旋回波(MESE)序列行T2 mapping扫描,设置参数如下:TR为1890 ms,TE分别为0.5 ms、21 ms、31.5ms、42 ms、52.5 ms、63 ms,FOV为280 mm×280 mm,层厚为4 mm,反转角为180°,回波链为6,扫描时间为5 min。

1.2.3 图像分析 将图像上传至工作站,自动生成T2mapping伪彩图像,由两位高年资影像科医师在T2 mapping伪彩图像上逐层手动勾画病变感兴趣区(ROI),勾画ROI时需剔除病变最上层及最下层,沿肿瘤边缘进行勾画,选取的ROI区域不少于总面积的2/3,同时注意避开囊变、钙化、出血、坏死区域及正常组织,若同侧乳腺存在多个肿块时,选取最大肿块进行测量。使用Pyradiomics软件获取ROI的T2 mapping定量参数,主要包括10th位数、90th位数、熵值及平均值。同时由上述两位医师观察患者MRI特征,主要包括形态(圆形/卵圆形、不规则形)、边缘(毛刺征、非毛刺征)、强化方式(均匀、不均匀)、纤维腺体类型(脂肪型、少量腺体型、多量腺体型和致密腺体型)

1.2.4 乳腺癌分期标准^[8] 若病灶最大径≤2 cm,且尚未发生转移,则判定为I期;若2 cm<病灶最大径≤5 cm。尚未发生转移,但病灶处存在明显肿胀,则判定为II期;若病灶最大径>5 cm,已发生转移,且病灶处存在肿胀,则判定为III期;若皮肤表面已出现病变,同时伴有远处转移,则判定为IV期。

1.2.5 分组方法 以活检或手术病理结果为金标准明确患者乳腺癌分期,I期和II期纳入中早期,III期和IV期纳入晚期。

1.2.6 质量控制 两位影像科医师均不知晓患者临床资料、病理结果及其他检查结果,分别进行结果判读。若出现意见分歧,则由两位医师进行商讨以获取统一结论。

1.3 统计学分析 使用SPSS 26.0统计学软件分析数据。符合正态分布的计量资料如年龄、T2 mapping定量参数(10th位数、90th位数、熵值及平均值),以($\bar{x} \pm s$)表示,行t检验;计数资料如家族史、生育史、MRI图像特征(形态、边缘、强化方式及纤维腺体类型),以n(%)表示,行 χ^2 检验。绘制受试者工作特征(ROC)曲线,以曲线下面积(AUC)评估T2 mapping定量参数对晚期乳腺癌的诊断效能(计算AUC差异的标准误差SE和95%CI,根据标准误差,采用Z检验进行假设检验,判断AUC差异是否显著)。使用Pearson法分析T2 mapping定量参数与晚期乳腺癌的关系。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果 本研究共纳入86例患者,根据病理结果可知,其中浸润性导管癌65例,浸润性粘液癌2例,浸润性导管癌伴导管内癌13例,导管内癌3例,浸润性腺样囊性癌1例。患者乳腺癌分期为I期19例(22.09%),II期35例(40.70%),III期22例(25.58%),IV期10例(11.63%)。中早期组为54例,MRI图像特征见图1;晚期组为32例,MRI图像特征见图2。

图1患者,女,53岁,病理结果提示浸润性导管癌。行MRI检查提示:左乳内侧一不规则肿物,边缘毛糙,大小约1.6 cm×1.4 cm×1.6cm,平扫T1WI稍低信号,抑脂T2WI呈稍高信号,相应DWI呈高信号,动态增强后呈不均匀强化,T2 mapping原始图及处理后彩图见图1E~1F。

图2患者,女,44岁,病理结果提示浸润性导管癌。行MRI检查提示:左乳外上至外下体可见局限异常强化,整体呈段性分布,范围约7.3 cm×3.5 cm×6.0 cm,平扫T1WI呈低信号,抑脂T2WI呈等信号,相应DWI呈较高信号,动态增强后可见明确渐进性强化,T2 mapping原始图及处理后彩图见图2E~2F。

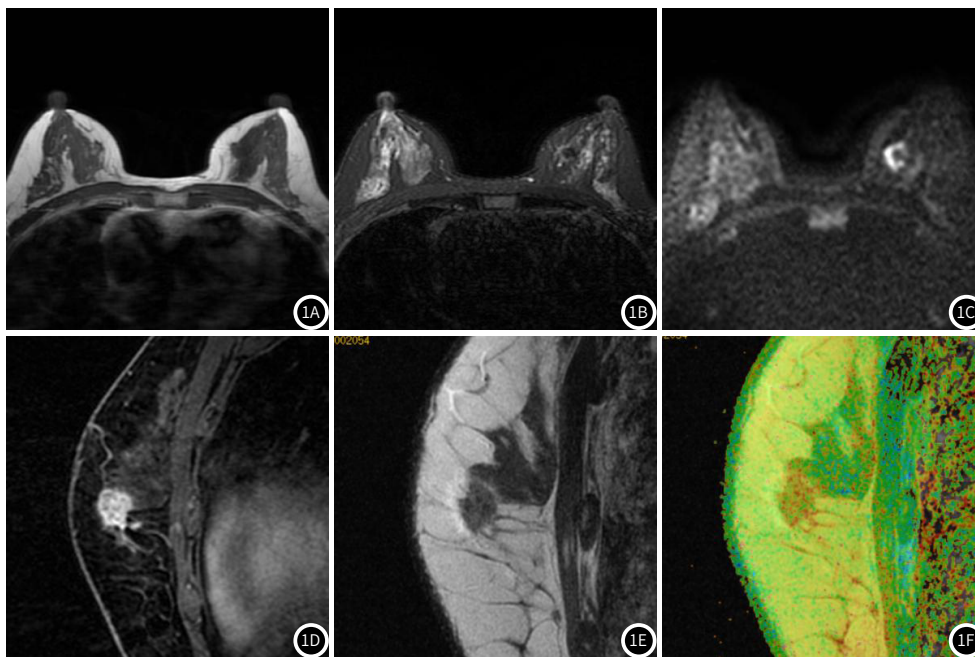


图1A: 平扫T1WI图像, 图1B: 抑脂T2WI图像, 图1C: DWI图像;
图1D: DCE-MRI图像, 图1E: T2 mapping原始图, 图1F: T2 mapping处理后彩图。

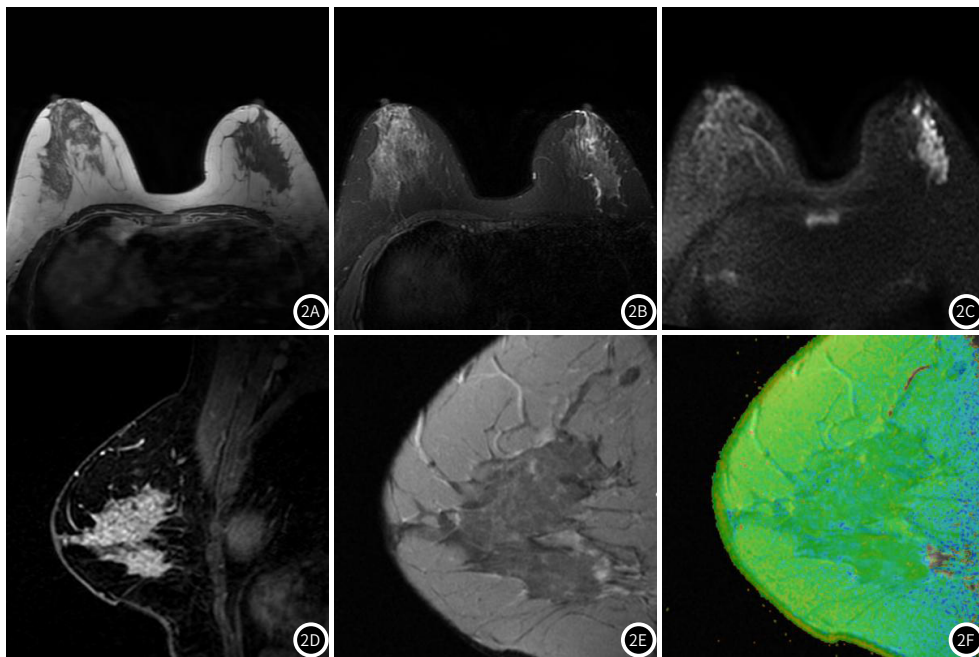


图2A: 平扫T1WI图像, 图2B: 抑脂T2WI图像, 图2C: DWI图像;
图2D: DCE-MRI图像, 图2E: T2 mapping原始图, 图2F: T2 mapping处理后彩图。

2.2 基线资料比较 两组患者年龄、家族史及生育史比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表1。

2.3 MRI图像特征比较 两组患者MRI图像特征中形态、边缘、强化方式及纤维腺体类型比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表2。

2.4 T2 mapping定量参数比较 经比较可知, 晚期组10th位数、平均值小于中早期组($P < 0.05$); 两组90th位数、熵值比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表3。

表1 基线资料比较[n(%)]

组别	例数	年龄(岁)	家族史		生育史	
			有	无	有	无
中早期组	54	52.14±11.69	16(29.63)	38(70.37)	48(88.89)	6(11.11)
晚期组	32	51.38±10.74	10(31.25)	22(68.75)	31(96.88)	1(3.12)
t/x^2		0.300	0.025		1.714	
P		0.765	0.874		0.190	

表2 MRI图像特征比较[n(%)]

组别	例数	形态		边缘		强化方式		纤维腺体类型			
		圆形/卵圆形	不规则	毛刺征	非毛刺征	均匀	不均匀	脂肪型	少量腺体	多量腺体	致密腺体
中早期组	54	19(35.19)	35(64.81)	40(74.07)	14(25.93)	18(33.33)	36(66.67)	2(3.70)	16(29.63)	25(46.30)	11(20.37)
晚期组	32	10(31.25)	22(68.75)	26(81.25)	6(18.75)	7(21.88)	25(78.12)	0(0)	3(9.38)	17(53.12)	12(37.50)
x^2		0.139		0.580		1.279		7.313			
P		0.709		0.446		0.258		0.063			

表3 T2 mapping定量参数比较

组别	例数	10th位数	90th位数	熵值	平均值
中早期组	54	73.62±9.85	113.28±10.25	1.28±0.26	92.07±10.63
晚期组	32	64.07±8.13	110.32±6.48	1.22±0.23	83.12±5.74
t		4.793	1.467	1.079	4.392
P		<0.001	0.146	0.284	<0.001

2.5 T2 mapping定量参数对晚期乳腺癌的诊断价值 ROC曲线显示, T2 mapping定量参数中的10th位数、平均值诊断晚期乳腺癌的AUC分别为0.826、0.870, 二者联合(并联)诊断晚期乳腺癌的AUC为0.899(95%CI: 0.815~0.954), 敏感度为87.50%, 特异度为83.33%, 联合诊断AUC高于单独指标($Z=6.997、9.274, P \leq 0.001、<0.001$)。见图3、表4。

2.6 T2 mapping定量参数与晚期乳腺癌的关系 Pearson法分析结果显示, T2 mapping定量参数中的10th位数、平均值与晚期乳腺癌呈明显负相关($P < 0.05$), 见表5。

表4 T2 mapping定量参数对晚期乳腺癌的诊断价值

指标	AUC	SE	P	95%CI	截断点	敏感度(%)	特异度(%)
10th位数	0.826	0.047	<0.001	0.729~0.899	66.91	75.00	83.33
平均值	0.870	0.040	<0.001	0.780~0.933	91.37	96.87	74.07
联合	0.899	0.034	<0.001	0.815~0.954	-	87.50	83.33

表5 10th位数、平均值与晚期乳腺癌相关性

指标	晚期乳腺癌	
	r	P
10th位数	-0.658	<0.001
平均值	-0.724	<0.001

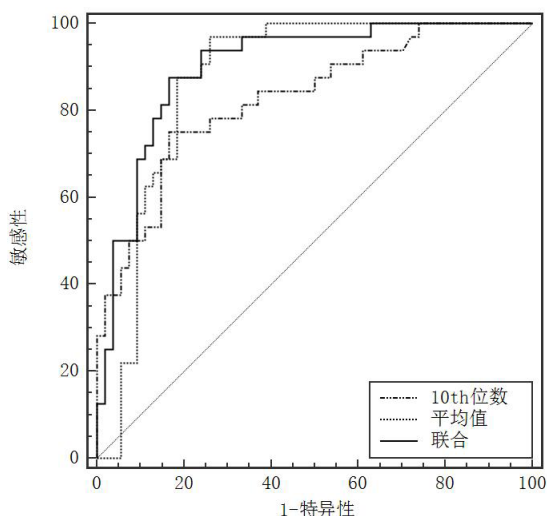


图3 T2 mapping定量参数诊断晚期乳腺癌的ROC曲线。

3 讨论

近年来,在中国女性癌症相关性死因中乳腺癌居于第五位^[9],严重威胁广大女性生命健康。对于乳腺癌患者,尽早明确诊断是降低死亡率、改善生存质量的最有效方式,临床分期不仅可反映乳腺癌患者病情严重程度,还是影响患者预后的重要因素^[10]。在接受规范化治疗后,早期乳腺癌患者5年生存率显著高于晚期患者^[11],因此,若能在早期明确诊断并采取相应治疗措施,可显著提高患者5年生存率、改善患者生存质量。

近年来,在不同MRI成像技术诊断乳腺癌方面已获取重大进步,主要通过影像学形态特征鉴别诊断乳腺良恶性病变,有学者认为MRI诊断准确性高于乳腺钼靶^[12]。但对于乳腺癌不同分期患者,仅依靠形态学特征则难以明确诊断,尤其是III期和IV期患者均已出现远处转移,形态学特征存在相似之处;另外,受检查仪器硬件因素和诊断医师主观性影响,可能导致判读结果出现偏倚,因此,基于精准诊疗理念,需使用准确性更高的MRI定量分析技术。T2 mapping成像技术属于定量成像技术的一种,通过MESE序列在一个TR时间内可采集到两个及两个以上TE,采集时间短,且信噪比高。T2 mapping定量参数值基于被检组织,具有良好的客观性,以往主要用于评估骨关节炎、心肌病变^[13-14],近年来有研究用于评估鼻咽癌放疗后损伤分级^[15],但关于T2 mapping定量参数在乳腺癌分期评估中的应用尚不多见。

本研究结果显示,两组患者MRI图像特征中形态、边缘、强化方式及纤维腺体类型比较无统计学差异,说明仅依靠MRI形态学特征难以区分乳腺癌分期,将病灶MRI图像特征与定量参数联合使用有助于明确乳腺癌术前分期诊断^[16]。在不同分期乳腺癌T2 mapping定量参数比较中,晚期组10th位数、平均值小于中早期组,而两组90th位数、熵值无统计学差异,表明不同分期乳腺癌患者的T2 mapping定量参数存在显著差异。在一定场强及温度下,被检组织的T2 mapping定量参数为固定物理参数,通过测量病灶特性值以评估病情,可反映组织特性,具有良好的可重复性。T2 mapping定量参数值基于被检组织固有特性,数值变化受肿瘤组织含水量影响^[17]。以往有研究指出,乳腺恶性肿瘤患者乳腺组织T2值高于良性肿瘤^[18],说明MRI T2 mapping定量参数可用于鉴别乳腺良恶性肿瘤。T2值主要受组织含水量影响,乳腺良性肿瘤生长速度相对缓慢,故细胞密度相对较低,游离水含量偏高;与乳腺良性肿瘤相比,恶性肿瘤体积更大,实质成分含量

较高,导致细胞外间隙缩小,游离水含量相应减少,故T2值小于良性肿瘤。随着乳腺恶性肿瘤不断增殖,恶性程度增加,其T2值呈逐渐下降趋势。

ROC曲线显示,T2 mapping定量参数中的10th位数、平均值诊断晚期乳腺癌的AUC分别为0.826、0.870,二者联合(并联)诊断晚期乳腺癌的AUC为0.899(95%CI: 0.815~0.954),敏感度为87.50%,特异度为83.33%,联合诊断AUC高于单独指标($Z=6.997$ 、 9.274 ,均 $P<0.05$),上述结果说明T2 mapping定量参数可用于肿瘤分期评估。T2值受组织含水量影响,随着乳腺癌病情进展,肿瘤细胞增殖速度逐渐加快、细胞密度上升,导致细胞外间隙减小、游离水含量下降,引起T2 mapping定量参数值减小^[19]。Pearson法分析结果显示,T2 mapping定量参数中的10th位数、平均值与晚期乳腺癌呈明显负相关,与以往研究^[20]结果类似。

综上所述,MRI T2 mapping定量参数中的10th位数、平均值与晚期乳腺癌呈明显相关性,可用于评估乳腺癌临床分期,联合检测有助于提高诊断准确性。但本研究同时存在不足之处,是基于已有临床资料的小样本回顾性分析,可能造成研究结果偏倚,未来可开展大样本多中心研究以进一步证实。

参考文献

- [1] 崔芳芳, 鲍俊哲, 王琳琳, 等. 1990-2019年中国女性“两癌”疾病负担变化趋势及预测分析[J]. 中国卫生统计, 2022, 39(5): 647-652.
- [2] 黄晓, 邵曼婧, 王嘉琪, 等. 预测年轻乳腺癌患者生存率列线图的建立和验证[J]. 现代肿瘤医学, 2022, 30(17): 3120-3126.
- [3] 肖晶晶, 黄美玲, 延常姣, 等. 合并患侧腋窝淋巴结乳腺癌患者的临床病理特征及预后影响因素[J]. 中华肿瘤杂志, 2024, 46(2): 146-154.
- [4] 张萍, 刘新爱, 刘荣成. MRI动态增强与SWI技术对乳腺肿瘤良恶性的诊断鉴别价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(1): 104-106.
- [5] 周毅, 黎勇, 李然, 等. 基于1.5 T磁共振T2定量成像预测乳腺癌微卫星不稳定性的临床价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2023, 22(10): 1108-1111.
- [6] 王语, 白娇, 宋惠贞, 等. 磁共振T2mapping、T2*mapping成像评估宫颈癌的病理学特征[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42(5): 812-817.
- [7] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2021年版)[J]. 中国癌症杂志, 2021, 31(10): 954-1040.
- [8] Teichgraber DC, Guirguis MS, Whitman GJ. Breast cancer staging: updates in the AJCC cancer staging manual, 8th edition, and current challenges for radiologists, from the AJR special series on cancer staging[J]. AJR Am J Roentgenol, 2021, 217(2): 278-290.
- [9] Qi J, Li M, Wang L, et al. National and subnational trends in cancer burden in China, 2005-20: an analysis of national mortality surveillance data[J]. Lancet Public Health, 2023, 8(12): e943-e955.
- [10] 秦媛, 郭广成, 薛茗子, 等. 影响年轻乳腺癌患者新辅助化疗后病理完全缓解与预后的因素分析[J]. 实用癌症杂志, 2022, 37(10): 1706-1709.
- [11] 陈海珍, 徐红, 吉光, 等. 2007-2017年江苏省南通市肿瘤医院乳腺癌住院患者生存率分析[J]. 中国肿瘤, 2023, 32(11): 820-826.
- [12] 唐竹晓, 徐丽娜, 孙召龙, 等. 乳腺钼靶与3.0T磁共振成像对乳腺良恶性病变的鉴别诊断研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(10): 48-52.
- [13] 俞顺, 苏家威, 林敏贵, 等. MRI mapping技术定量评估中轴型脊柱关节炎骶髂关节炎活动性[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(1): 113-117.
- [14] 张晋清, 和荣丽. 心肌T1、T2 mapping定量分析在老年慢性心力衰竭患者心肌评估中应用价值[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(11): 2561-2565.
- [15] 叶勇军, 余日胜, 陈家骏, 等. 基于mapping技术量化评估鼻咽癌放疗后胸锁乳突肌纤维化[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(3): 309-313.
- [16] 崔巍, 刘永波, 曹钢. DCE-MRI时间-信号曲线联合扩散加权成像技术在乳腺癌不同分期评估中的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(4): 91-93.
- [17] 朱柳红, 路伟宏, 刘豪, 等. 1.5T及3.0T MR T2 mapping技术定量鉴别子宫良恶性肿瘤[J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 37(2): 259-263.
- [18] Liu L, Yin B, Shek K, et al. Role of quantitative analysis of T2 relaxation time in differentiating benign from malignant breast lesions[J]. J Int Med Res, 2018, 46(5): 1928-1935.
- [19] 刘洁, 李淑健, 刘静静, 等. T2定量成像技术在宫颈癌临床分期与病理分化评估中的应用[J]. 郑州大学学报(医学版), 2023, 58(3): 419-423.
- [20] 李方正, 李芹, 吴莎莎, 等. 合成MRI定量参数图与ADC图直方图特征对乳腺癌Ki-67表达状态的预测研究[J]. 磁共振成像, 2022, 13(7): 29-34, 67.