

MAGiC 联合 IDEAL IQ 技术在皮炎/多发性肌炎定量诊断中应用

王玉琪¹, 田兆荣², 龚 瑞², 田 博², 徐奋玲¹, 马芳芳¹, 王志军²

(1. 宁夏医科大学临床医学院, 宁夏 银川 750001; 2. 宁夏医科大学总医院放射科, 宁夏 银川 750001)

[摘要] 目的:探讨 MR 集成(Magnetic resonance image compilation, MAGiC)序列联合非对称采集技术和迭代最小二乘估算法迭代水脂分离算法(IDEAL-IQ)在皮炎(Dermatomyositis, DM)/多发性肌炎(Polymyositis, PM)患者大腿肌肉定量诊断中的价值。资料与方法:回顾性收集宁夏医科大学总医院经临床及病理证实为 PM/DM 的患者 67 例(病例组),年龄、性别、体质指数(BMI)相匹配志愿者 23 例(对照组),采用 SIGNA Architect 3.0T 扫描仪行双大腿 MAGiC 序列、IDEAL IQ 序列及常规 T₁WI、T₂WI、T₂Flex 序列扫描。由两名放射科医生以独立双盲法于各序列上测量 12 块肌肉(阔筋膜张肌,缝匠肌,股四头肌,大收肌,长收肌,股薄肌,半膜肌,半腱肌,股二头肌)的 T₂ 值、T₁ 值、PD 值、FF 值及 R₂* 值。通过单因素方差分析比较不同组 T₂ 值、T₁ 值、PD 值、FF 值及 R₂* 值。通过受试者工作特征(ROC)曲线,分析 T₂ 值、PD 值、FF 值及 R₂* 值、T₂ 值与 FF 值两者联合及 EMG 对 DM/PM 的诊断效能。结果:①DM/PM 病例组 T₂ 值高于对照组($Z=-19.818, P<0.05$);病例组 FF 值高于对照组($Z=-14.586, P<0.05$);病例组 PD 值低于对照组($Z=-6.803, P<0.05$);病例组 R₂* 值低于对照组($Z=-5.475, P<0.05$);病例组 T₁ 值与对照组差异无统计学意义($Z=-0.936, P=0.349$)。②T₂ 值的 AUC 为 0.902(0.880~0.925),FF 值的 AUC 为 0.817(0.786~0.848),PD 值的 AUC 为 0.653(0.613~0.694),R₂* 值的 AUC 为 0.712(0.674~0.750); $P<0.05$;③T₂ 值联合 FF 值的 AUC 为 0.934(0.917~0.951), $P<0.05$ 。结论:MAGiC 定量图谱技术可定量 DM/PM 患者大腿肌肉水肿程度,IDEAL IQ 序列能定量大腿脂肪浸润情况,两者联合应用明显提高了 DM/PM 的诊断效能。

[关键词] 皮炎;磁共振成像

[中图分类号] R685.2;R445.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2024)02-0137-05

DOI:10.12117/jccmi.2024.02.015

MAGiC combined with IDEAL IQ technology in the quantitative diagnosis of dermatomyositis/polymyositis

WANG Yu-qi¹, TIAN Zhao-rong², GONG Rui², TIAN Bo², XU Fen-ling¹, MA Fang-fang¹, WANG Zhi-jun²

(1. Ningxia Medical University School of Clinical Medicine, Yinchuan 750001, China;

2. Department of Radiology, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan 750001, China)

Abstract: Objective: To explore the value of quantitative diagnosis of thigh muscles in dermatomyositis/polymyositis(DM/PM) patients with polymyositis by MAGiC sequence combined with asymmetric acquisition technique and iterative least-squares estimation quantitation sequence (IDEAL-IQ). **Methods:** A total of 67 patients with PM/DM confirmed clinically and pathologically in the General Hospital of Ningxia Medical University (case group) and 23 volunteers matched by age, sex and body mass index (BMI)(control group) were retrospectively collected. A Signa Architect 3.0T scanner was used to perform double thigh MAGiC sequence, IDEAL IQ sequence and conventional T₁WI, T₂WI and T₂Flex sequence scanning. T₂ values, T₁ values, PD values, FF values and R₂* values of 12 muscles(tensor fascia lata, sartorius, quadriceps, adductor magnus, adductor longus, gracilis, semimembranosus, semitendinosus, biceps femoris) were measured independently in the double-blind method by two radiologists on each sequence. The T₂ values, T₁ values, PD values, FF values and R₂* values of different groups were compared by one-way ANOVA. The diagnostic efficacy of T₂ value, PD value, FF value and R₂* value and the combination of T₂ value and FF value in DM/PM was analyzed by receiver operating characteristic(ROC) curve. **Results:** ①The T₂ value of DM/PM case group was higher than that of the control group ($Z=-19.818, P<0.05$). The FF value of the case group was higher than that of control group ($Z=-14.586, P<0.05$). PD value of case group was lower than that of control group ($Z=-6.803, P<0.05$). The R₂* value of the case group was lower than that of the control group ($Z=-5.475, P<0.05$). There was no significant difference in T₁ values between the case group and the control group ($Z=-0.936, P=0.349$). ②The AUC of T₂ value is 0.902 (0.880~0.925), FF value is 0.817(0.786~0.848), PD value is 0.653(0.613~0.694), and R₂* value is 0.712(0.674~0.750). $P<0.05$. ③The AUC of T₂ value combined with FF value was 0.934(0.917~0.951), $P<0.05$. **Conclusion:** MAGiC quantitative atlas can quantify the degree of thigh muscle edema in DM/PM patients. IDEAL IQ sequence can quantify thigh fat infiltration.

Key words: Dermatomyositis; Magnetic Resonance Imaging

皮炎 (Dermatomyositis, DM)/多发性肌炎 (Polymyositis, PM) 是影响全身骨骼肌的自身免疫性疾病, 全球每年每百万人中有 5~10 例新发病例^[1]。及早对患者进行诊断, 对于治疗及预后至关重要。

[收稿日期] 2023-08-01; [修回日期] 2023-09-27

[作者简介] 王玉琪(1998-), 女, 河南人, 在读硕士研究生。E-mail: 1256436676@qq.com

[通信作者] 王志军, 宁夏医科大学总医院放射科, 750001。E-mail: wangzhijun2056@163.com

[基金项目] 宁夏回族自治区重点研发计划(编号:2021BEG03033); 宁夏回族自治区重点研发计划(编号:2023BEG03003)。

MR 集成序列(Magnetic resonance image compilation, MAGiC) 可以经过一次扫描调整重复时间(TR)及回波时间(TE)重建出不同的对比图像和定量图像, 获得特定的弛豫值定量评估受损组织中各成分含量改变^[2], 从分子影像学的角度可视化炎性肌病的肌肉水肿情况。非对称采集技术和迭代最小二乘估算法迭代水脂分离(IDEAL-IQ)技术可通过一次扫描产生关于水和脂肪相位差异的脂肪比像(Fat fraction, FF)、 R_2^* 弛豫像等 6 副图像, 可直接量化炎性肌病患者肌肉脂肪浸润程度^[3]。两序列联合时, 可提高对 DM/PM 的诊断, 并且能够量化肌肉的病变情况。目前, MAGiC 序列较多应用于前列腺、乳房、宫颈、直肠和脊柱方面^[4-6], IDEAL-IQ 技术较多应用于肝脏、胰腺、骨髓等组织的脂肪测定^[7-9], 但鲜有报道将 MAGiC 序列与 IDEAL IQ 序列联合应用于 DM 的诊断中, 本研究旨在探讨 IDEAL-IQ 序列联合 MAGiC 序列对 PM/DM 的定量诊断价值, 及其联合诊断效能。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性收集宁夏医科大学总医院经临床及病理证实为 PM/DM 并接受双大腿 MRI 检查的患者 67 例, 男 20 例, 女 47 例, 年龄 20~74 岁, 平均(43.79±13.11)岁。

病例纳入标准: ①经临床判断或病理确诊为 PM/DM; ②患者行心电图检查; ③年龄 18~75 岁; ④患者有完整的影像学及临床信息资料。病例排除标准: ①患者合并系统性红斑狼疮等其他免疫疾病; ②合并有严重的冠心病、高血压等慢性病。同时选择本院同期年龄、性别及 BMI 与病例组相匹配的志愿者, 纳入标准: ①年龄 18~75 岁; ②无其他免疫系统疾病。本研究符合《赫尔辛基宣言》, 获得宁夏医科大学总医院伦理委员会批准, 免除受试者知情同意, 批准文号: 2020-657。

1.2 检查方法

采用 Signa Architect 3.0T 扫描仪, 患者取仰卧位, 16 通道躯干线圈覆盖双腿, 双手放置于身侧, 行双大腿常规 T_1 WI、 T_2 WI、 T_2 Flex 序列、MAGiC 序列、IDEAL IQ 序列扫描。扫描范围: 自髂前上棘至腓窝水平。扫描序列及参数如下: ①常规轴位 T_1 WI 序列, TR=637 ms; TE=20 ms; 矩阵=320×256; 视野=380 mm×380 mm; 层厚=7 mm; 层间隔=1 mm; 扫描时间 51 s。②轴位 T_2 WI 序列, TR=3 000 ms; TE=63 ms; 矩阵=320×256; 视野=380 mm×380 mm; 层厚=7 mm; 层间隔=1 mm; 扫描时间 63 s。③轴位 T_2 Flex 序列,

TR=3 000 ms; TE=85 ms; 矩阵=320×256; 视野=380 mm×380 mm; 层厚=7 mm; 层间隔=1 mm; 扫描时间 3 min。④轴位 MAGiC 序列, TR=4 000 ms; TE=13.2 ms; 矩阵=320×256; 视野=380 mm×380 mm; 层厚=7 mm; 层间隔=1 mm; 扫描时间 272 s。⑤轴位 T_2 IDEAL-IQ 序列: TR=7.5 ms; TE=1 ms; 矩阵=320×256; 视野=380 mm×380 mm; 层厚=7 mm; 层间隔=1.0 mm; 扫描时间 63 s。

1.3 图像后处理

扫描结束后由 2 名具有 10 年以上肌骨影像诊断经验的放射科主治医师, 采用双盲独立阅片, 通过主机 MAGiC 软件包进行图像后处理, 在生成的 T_2 WI 轴位图像上测量 12 块肌肉(阔筋膜张肌, 缝匠肌, 股四头肌, 大收肌, 长收肌, 股薄肌, 半膜肌, 半腱肌, 股二头肌)的 T_1 值、 T_2 值; 在 GE ADW 4.7 工作站进行图像后处理, 在生成脂肪比像、 R_2^* 弛豫像等 6 组定量图谱上测量大腿肌肉的 FF 及 R_2^* 值。绘制 ROI 时应沿着肌肉边缘, 避开皮下脂肪、筋膜及其他组织(图 1)。ROI 的绘制及测量分别由 2 名放射科医师独立完成, 分别测量两次, 评估观察者间和观察者内的一致性, 最终分析 2 名医师独立测量结果的平均值。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 21.0 对所有数据进行统计分析。对所有计量资料使用 Kolmogorov-Smirnov 检验进行正态性检验。利用卡方检验比较心电图及病理检查差异。采用单因素方差分析比较不同组 T_1 、 T_2 、PD、FF 及 R_2^* 值差异, 对差异有统计学意义的指标绘制受试者工作特征(ROC)曲线, 评估大腿肌肉 T_1 、 T_2 、PD、FF 及 R_2^* 值诊断效能。采用 Lasso 回归筛选影像指标, 通过受试者 ROC 曲线分析 T_2 值与 FF 值联合对 DM/PM 的诊断效能。

2 结果

2.1 观察者的一致性

两位观察者、两次测量大腿肌肉三组肌群一致性分析发现, 所有 ICC 值 $T_1=0.87$ 、 $T_2=0.83$ 、PD=0.88、FF=0.81 及 $R_2^*=0.78$, 均 >0.75 , P 均 <0.01 。

2.2 病例组与对照组定量参数值比较

DM/PM 患者病例组 T_2 值分别高于对照组 ($Z=-19.818$, $P<0.05$); 病例组 FF 值高于对照组 ($Z=-14.586$, $P<0.05$); 病例组 PD 值高于对照组 ($Z=-6.803$, $P<0.05$); 病例组 R_2^* 值高于对照组 ($Z=-5.475$, $P<0.05$); 病例组 T_1 值与对照组差异无统计学意义 ($Z=-0.936$, $P=0.349$) (表 1)。

2.3 病例组与对照组各肌肉影像学定量指标比较

DM/PM 患者病例组后组肌群(半膜肌、半腱肌、

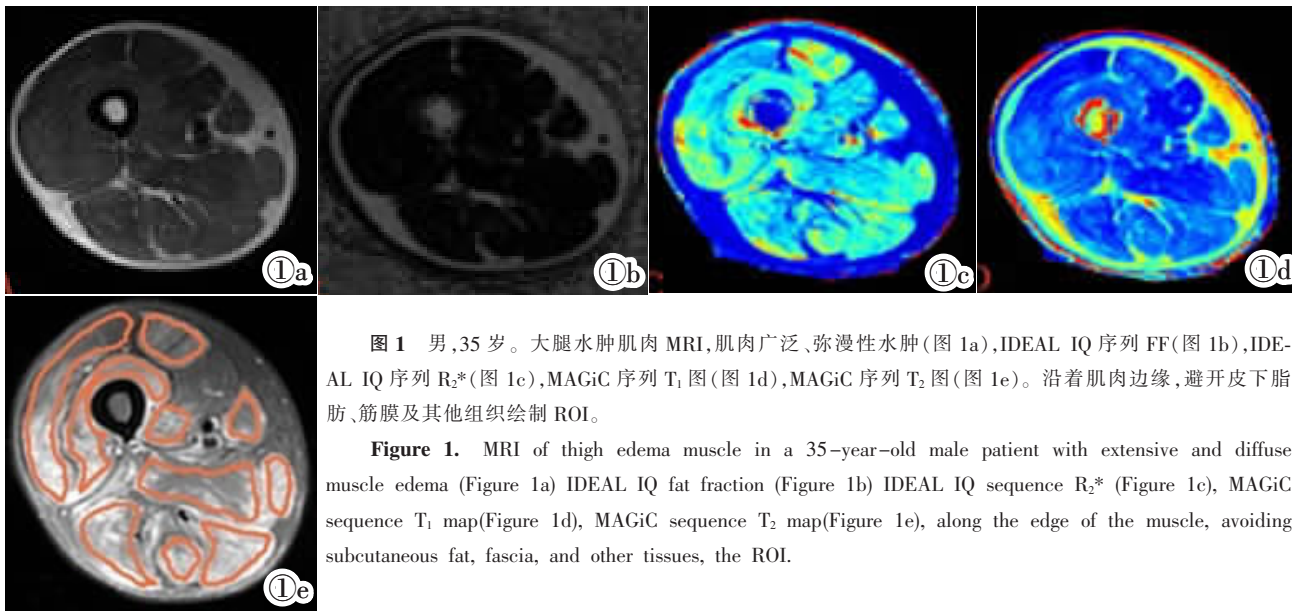


图 1 男,35 岁。大腿水肿肌肉 MRI,肌肉广泛、弥漫性水肿(图 1a),IDEAL IQ 序列 FF(图 1b),IDEAL IQ 序列 R₂* (图 1c),MAGiC 序列 T₁ 图(图 1d),MAGiC 序列 T₂ 图(图 1e)。沿着肌肉边缘,避开皮下脂肪、筋膜及其他组织绘制 ROI。

Figure 1. MRI of thigh edema muscle in a 35-year-old male patient with extensive and diffuse muscle edema (Figure 1a) IDEAL IQ fat fraction (Figure 1b) IDEAL IQ sequence R₂* (Figure 1c), MAGiC sequence T₁ map(Figure 1d), MAGiC sequence T₂ map(Figure 1e), along the edge of the muscle, avoiding subcutaneous fat, fascia, and other tissues, the ROI.

表 1 病例组与对照组 MRI 定量参数比较

	T ₂	T ₁	PD	FF	R ₂ *
病例组	55(49,66)	895.5(810,1002)	61.2(47.2,76.875)	4.4(2.7,8.2)	38.9(34.9,42.5)
对照组	44(41,47)	893.5(804,992.75)	71.1(60.075,83.725)	2(1.225,3.5)	40.45(37.2,44.675)
Z	-19.818	-0.936	-6.803	-14.586	-5.475
P	<0.05	0.349	<0.05	<0.05	<0.05

股二头肌)的 FF 值升高高于前外侧(阔筋膜张肌、缝匠肌、股四头肌)及内侧肌群(大收肌、长收肌、股薄肌)($P<0.05$);前外侧肌群的 T₂ 值升高高于内侧及后侧肌群($P<0.05$),差异有统计学意义($P<0.05$)。R₂* 值及 PD 值升高在大腿各肌肉中无明显规律。

2.4 MAGiC 及 IDEAL IQ 序列定量参数对 DM/PM 的诊断价值

DM/PM 患者病例组 T₂ 值的 AUC 为 0.902 (0.880~0.925), 敏感度为 94.8%, 特异度为 69.1%, $P<0.05$; FF 值的 AUC 为 0.817 (0.786~0.848), 敏感度为 75.9%, 特异度为 72.4%, $P<0.05$; PD 值的 AUC 为 0.653 (0.613~0.694), 敏感度为 76.3%, 特异度为 48.7%, $P<0.05$; R₂* 值的 AUC 为 0.712 (0.674~0.750), 敏感度为 68.1%, 特异度为 65.9%, $P<0.05$ (表 2, 图 2)。

表 2 各影像参数对 DM/PM 的诊断效能

序列	AUC(95%CI)	P	敏感度	特异度
T ₂	0.887(0.862~0.909)	<0.000 1	94.80%	69.10%
PD	0.653(0.613~0.694)	<0.000 1	76.30%	48.70%
FF	0.782(0.751~0.814)	<0.000 1	75.90%	72.40%
R ₂ *	0.712(0.674~0.750)	<0.000 1	68.10%	65.90%

2.5 MAGiC 联合 IDEAL IQ 序列定量参数对 DM/PM 的诊断效能

经过 Lasso 分析, T₂ 值 $\lambda=0.168$, FF 值 $\lambda=0.113$, DM/PM 患者病例组 T₂ 值联合 FF 值的 AUC 为 0.934 (0.917~0.951), 敏感度为 87.1%, 特异度为

87.5% ($P<0.05$) (图 2)。

2.6 EMG 对 PM/DM 的诊断效能

EMG 诊断 PM/DM 的 AUC 为 0.814 (0.664~0.964), 灵敏度为 83.58%, 特异度为 72%, $P<0.05$ 。

3 讨论

DM/PM 是特发性炎症性肌病(IIM)主要亚型, 早期准确诊断不仅有利于治疗, 减少激素造成的骨损伤, 还能减少呼吸困难导致的死亡及恶性肿瘤的发生^[10]。本研究将 MAGiC 技术与 IDEAL IQ 技术联合应用于 DM/PM 的诊断中, 并与肌电图对比, 结果发现病例组后组肌群 FF 值最大, 前组肌群 T₂ 值最大, 两者可对大腿肌肉水肿及脂肪浸润进行定量评估, 且两序列联合, 其诊断效能较高。

本研究结果发现病例组的 T₂、FF 值均高于正常对照组, PD、R₂* 值低于正常对照组。相较于常规 MRI 仅凭肉眼评价病变严重程度存在明显的主观性, 且无法对炎症进行定量描述, 对治疗后炎症的轻度改善可能难以评价, MAGiC 序列是一种能定量分析损伤组织中各种成分含量改变的 MRI 新技术, 通过测量感兴趣区的 T₂ 值、PD 值对组织成分进行定量评估, 反映骨骼肌的炎症细胞浸润, 并检测肌肉水肿的程度, 用于测量水结合变化, 该变化与生理或病理大分子环境的变化相关^[11]。本研究中病例组 PD 值低于对照组, 应该是由于肌肉信号相对较高, 造成软组织损伤改变被掩盖, 且病例数较少造成的误差。



图2 病例组与对照组各肌肉 FF 值、T₂ 比较。

Figure 2. Comparison of muscle FF values, T₂ values between case group and control group.

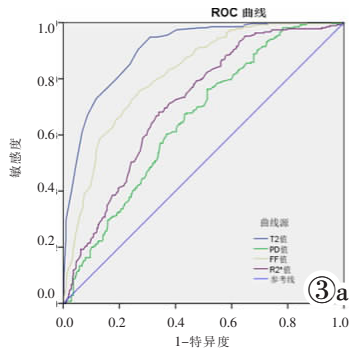
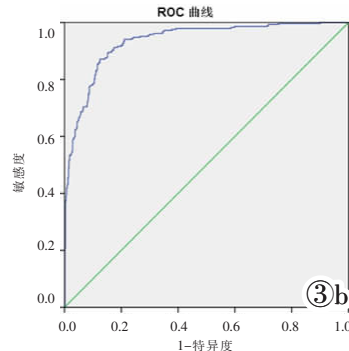


图3a MAGiC 及 IDEAL IQ 序列定量参数对 DM/PM 诊断的 ROC 曲线。

Figure 3a. ROC curves of DM/PM diagnosis by MAGiC and IDEAL IQ sequence quantitative parameters. Figure 3b. ROC curve of DM/PM diagnosis by T₂ value combined with FF value.



IDEAL IQ 技术的 R₂* 弛豫像常用于无创定量评估肝铁过载量,与组织内脱氧血红蛋白浓度呈正相关,与氧合血红蛋白浓度呈负相关,可以无创反映局部组织氧含量,炎症导致肌肉局部耗氧量增加,局部组织氧合能力上升时 R₂* 值降低^[12]。DM/PM 病理表现可见脂肪组织逐步替代正常的肌肉纤维,FF 值可以客观测量测量组织中脂肪含量,量化脂肪浸润程度^[13]。

本研究结果显示,DM/PM 患者大腿肌肉水肿及脂肪浸润程度具有显著的分布特征,病例组大腿前侧肌群的 T₂ 值显著高于内组及后组肌群。这是因为股四头肌是人体最大的肌肉之一,它在行走过程中扮演着稳定膝关节的重要角色。当外侧肌群承受过大的压力时,可能会导致外侧肌群的神经组织受损,从而引起水肿。股四头肌的肌纤维呈羽毛状排列,倾斜地走向并汇聚于肌腹中央的肌腱。这种排列方式使得股四头肌具有较高的肌纤维密度,从而使其收缩力量大于平行排列的肌纤维。肌肉内部产生的乳酸菌堆积量大于平行肌,更易导致炎细胞浸润肌束膜,细胞间液增多,形成水肿^[14]。病例组大腿后组肌群的 FF 值显著高于前组及内组肌群,由于久坐,使大腿后组肌群承受了较大负担,造成血液流动及代谢变得缓慢,并且后侧肌群其表面与皮下脂肪组织紧密贴合,相较薄弱,在运动锻炼的过程中容易被忽视,导致大腿后侧脂肪积累,因此 PM/DM 患者脂肪浸润最常受影响的为后侧肌群,肌肉水肿最常受影

响的为前组肌群,与既往研究结果相似^[15]。

本研究证明,DM/PM 患者和对照组肌肉的 T₂、FF 值存在显著性差异。T₂ mapping 是一种无创的影像学生物标志物,可识别软组织变性的早期阶段,先于常规核磁可见的形态损伤^[16], DM/PM 患者水肿肌肉的病理学表现为伴有表皮萎缩的细微空泡界面改变、轻度毛细血管扩张和血管周围淋巴细胞稀疏充盈,这种病理状态可能会增加肌膜的通透性,导致细胞内自由水增加。肌肉组织自由水含量增加导致组织水肿,可通过 T₂ 值增高来识别,这种差异亦导致 T₂ 弛豫时间明显延长^[17]。DM/PM 患者脂肪组织不规则的分布在肌肉纤维间隔中,肌层内膜增厚、胶原组织生长或脂肪渗入,束周肌纤维萎缩,可同时观察到再生的肌纤维,炎性细胞浸润和明显肌纤维坏死,肌膜内脂褐素增多、基底膜明显增厚和脂滴增多,FF 值可以客观测量精准的数据,量化脂肪浸润程度,均与既往研究结果相似^[15,18-19]。患者 MAGiC 序列 T₂ 值及 IDEAL IQ 序列 FF 值的 ROC 曲线表示,T₂ 与 FF 值可实现对 DM/PM 的诊断,具有较高的诊断价值。

本研究中,T₂ 值联合 FF 值的 ROC 曲线下面积为 0.934,表明两序列指标联合对 DM/PM 有较高的诊断价值。在 DM/PM 急性期,肌肉表现为炎性水肿,肌肉组织脂肪浸润表现不明显,到慢性期时,水肿的肌肉结构被破坏,被脂肪组织所替代,出现了明

显的脂肪浸润^[20],但在临床实践中,通常可同时存在肌肉水肿和脂肪浸润。因此,当两序列联合时,可提高对 DM/PM 的诊断,并且能够区分疾病的演变过程。尽管肌电图异常作为诊断 DM/PM 的标准之一,在肌病诊断中仍然是一项有用的辅助检查。在本研究中,EMG 检查对 DM/PM 的诊断灵敏度为 83.58%,特异度为 72%,诊断效能低于两影像指标联合。肌肉 MRI 检查具有敏感、无创、高效等优点。它具有高分辨率、多参数和多序列等优势,能够显示非特异性炎症性肌病患者的骨骼肌炎性水肿、肌肉萎缩、脂肪浸润和替代等病理改变。在炎性肌病的诊断、评估病变活动度、评估治疗效果以及指导临床合理治疗方面发挥重要作用。MAGiC、IDEAL IQ 序列测量肌肉 T₂ 值、FF 值还可进行定量分析,并具有较高的应用价值。

3.4 本研究的局限性

目前研究存在一定的局限性:①由于样本量较少,未来可以纳入更多活动期皮肌炎病例,以进行大样本量的研究,进一步探究皮肌炎活动期的特征;②后期将会对患者治疗前后 MRI 图像差异对比,进行研究分析,验证 MAGIC 定量图谱技术与 IDEAL IQ 技术可定量分析治疗效果。

综上所述,MAGiC 定量图谱技术可定量 DM/PM 患者大腿肌肉水肿程度,IDEAL IQ 序列能定量大腿脂肪浸润情况,两者联合可对 DM/PM 的诊断价值高于肌电图。

【参考文献】

- [1]Lundberg IE, de Visser M, Werth VP. Classification of myositis [J]. *Nat Rev Rheumatol*, 2018, 14(5): 269–278.
- [2]Tanenbaum LN, Tsiouris AJ, Johnson AN, et al. Synthetic MRI for clinical neuroimaging: results of the magnetic resonance image compilation (MAGiC) prospective, multicenter, multireader trial[J]. *AJNR*, 2017, 38(6): 1103–1110.
- [3]Shan B, Ding H, Lin Q, et al. Repeatability and image quality of IDEAL-IQ in human lumbar vertebrae for fat and iron quantification across acquisition parameters [J]. *Comput Math Methods Med*, 2022, 2022: 2229160.
- [4]Gouel P, Hapdey S, Dumouchel A, et al. Synthetic MRI for radiotherapy planning for brain and prostate cancers: phantom validation and patient evaluation[J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 841761.
- [5]Moran CJ. Editorial for “Investigation of synthetic relaxometry and diffusion measures in the differentiation of benign and malignant breast lesions as compared to BI-RADS”[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2021, 53(4): 1128–1129.
- [6]Nunez-Gonzalez L, van Garderen KA, Smits M, et al. Pre-contrast MAGiC in treated gliomas: a pilot study of quantitative MRI [J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 21820.
- [7]Watanabe D, Kimura T, Yanagida K, et al. Feasibility of assessing male osteoporosis using MRI IDEAL-IQ sequence of proximal femur in prostate cancer patients [J]. *Aging Male*, 2022, 25(1): 228–233.
- [8]Li Y, Xiong Y, Hou B, et al. Detection of erosions and fat metaplasia of the sacroiliac joints in patients with suspected sacroiliitis using a chemical shift-encoded sequence(IDEAL-IQ)[J]. *Eur J Radiol*, 2023, 158: 110641.
- [9]Ma LP, Sheng CY, Qian L, et al. Chemical shift-encoded MRI of bone metabolic markers in ankylosing spondylitis[J]. *Dis Markers*, 2022, 2022: 1846667.
- [10]Leatham H, Schadt C, Chisolm S, et al. Evidence supports blind screening for internal malignancy in dermatomyositis: Data from 2 large US dermatology cohorts[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2018, 97(2): e9639.
- [11]Nunez-Gonzalez L, van Garderen KA, Smits M, et al. Pre-contrast MAGiC in treated gliomas: a pilot study of quantitative MRI[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 21820.
- [12]Wang Y, Shen Y, Hu X, et al. Application of R₂* and apparent diffusion coefficient in estimating tumor grade and T category of bladder cancer[J]. *AJR*, 2020, 214(2): 383–389.
- [13]Shan B, Ding H, Lin Q, et al. Repeatability and image quality of IDEAL-IQ in human lumbar vertebrae for fat and iron quantification across acquisition parameters[J]. *Comput Math Methods Med*, 2022, 2022: 2229160.
- [14]Uruha A, Goebel HH, Stenzel W. Updates on the immunopathology in idiopathic inflammatory myopathies [J]. *Curr Rheumatol Rep*, 2021, 23(7): 56.
- [15]Zheng Y, Liu L, Wang L, et al. Magnetic resonance imaging changes of thigh muscles in myopathy with antibodies to signal recognition particle[J]. *Rheumatology(Oxford)*, 2015, 54(6): 1017–1024.
- [16]Francavilla ML, Serai SD, Brandon TG, et al. Feasibility of T₂ mapping of the sacroiliac joints in healthy control subjects and children and young adults with sacroiliitis [J]. *ACR Open Rheumatol*, 2022, 4(1): 74–82.
- [17]Albano D, Chianca V, Cuocolo R, et al. T₂-mapping of the sacroiliac joints at 1.5 Tesla: a feasibility and reproducibility study[J]. *Skeletal Radiol*, 2018, 47(12): 1691–1696.
- [18]Ran J, Dai B, Liu C, et al. The diagnostic value of T₂ map, diffusion tensor imaging, and diffusion kurtosis imaging in differentiating dermatomyositis from muscular dystrophy[J]. *Acta Radiol*, 2022, 63(4): 467–473.
- [19]Wang F, Zhou S, Hou B, et al. Assessment of idiopathic inflammatory myopathy using a deep learning method for muscle T₂ mapping segmentation [J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(4): 2350–2357.
- [20]Leatham H, Schadt C, Chisolm S, et al. Evidence supports blind screening for internal malignancy in dermatomyositis: Data from 2 large US dermatology cohorts[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2018, 97(2): e9639.