

• 骨骼肌肉影像学 •

MAGiC 技术在颈椎间盘退行性改变中的应用价值

孙其安, 李郑, 何玲, 张勇

【摘要】 目的:探讨 MAGiC 技术在颈椎间盘退行性改变中的临床应用价值。**方法:**前瞻性收集 2021 年 3 月至 2021 年 12 月于扬州大学附属医院接受颈椎 MRI 检查的患者 40 例(共 200 个颈椎间盘),患者均行常规颈椎 MRI 检查及 T₂ MAP、MAGiC 成像数据采集。由两位工作年限 10 年以上的医师对 T₂WI 图像的所有椎间盘进行 Pfirrmann 分级,分别对 T₂ MAP 和 MAGiC 序列的前、后纤维环及髓核进行定量值测定。**结果:**T₂ MAP 序列与 MAGiC 序列的 T₂ 值呈高度相关性(r 均 >0.8),T₂ MAP 序列与 MAGiC 序列的 T₂ 值均与年龄呈负相关,髓核区 T₂ 值与 Pfirrmann 分级的负相关性最为显著($r=-0.950, P<0.01$)。相邻 Pfirrmann 分级间 MAGiC 定量值分析结果显示,前纤维环的 T₁、T₂、PD 值在 Pfirrmann III 级与 IV 级间差异均有统计学意义($P<0.05$),PD 值在 Pfirrmann IV 级与 V 级间差异有统计学意义($P=0.027$)。髓核的 T₁、T₂、PD 值仅在 Pfirrmann IV 级与 V 级间差异无统计学意义($P>0.05$),其余定量值在相邻分级间差异均有统计学意义。后纤维环的 T₁、T₂、PD 值在 Pfirrmann III 级与 IV 级间差异均有统计学意义($P<0.05$),T₂ 值在 Pfirrmann II 级与 III 级间差异有统计学意义($P=0.019$)。髓核 T₁、T₂ 值鉴别诊断 Pfirrmann III 与 IV 级的曲线下面积(AUC)均高于前、后纤维环且差异有统计学意义(P 值均 <0.05);髓核 T₂ 值诊断 Pfirrmann I 到 IV 级的 AUC 均高于 T₁ 和 PD 值且差异有统计学意义(P 值均 <0.05)。**结论:**MAGiC 技术可定量评估颈椎退行性改变,且髓核 T₂ 值的诊断效能最高,可为颈椎间盘退行性改变提供更多诊断信息。

【关键词】 颈椎间盘退变;磁共振成像;MAGiC; T₂ MAP; 定量 MRI

【中图分类号】 R681.5; R445.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)01-0070-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.01.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application study of MAGiC technique on cervical intervertebral disc degeneration SUN Qi-an, LI Zheng, HE Ling, et al. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Yangzhou University, Jiangsu 225100, China

【Abstract】 Objective: To investigate the feasibility and clinical application value of the MAGiC technique on cervical intervertebral disc degeneration. **Methods:** A total of 40 patients with a summary of 200 cervical discs scanned by MRI from March to December of 2021 have been collected prospectively at the Affiliated Hospital of Yangzhou University. All patients underwent conventional cervical MRI scanning and T₂MAP and MAGiC data acquisition. All discs were graded with Pfirrmann evaluation on T₂WI images by two physicians with more than 10 years working experience. The quantitative values of anterior and posterior annulus fibrosus and nucleus pulposus on T₂MAP and MAGiC sequences were measured. **Results:** The T₂ values between the T₂MAP and MAGiC sequences are highly correlated (all $r>0.8$), and the T₂ values of both sequences are negatively associated with age. The T₂ value of the nucleus pulposus has the most negative correlation with Pfirrmann grading ($r=-0.950, P<0.01$). Among the neighbored Pfirrmann grades, MAGiC quantitative analysis shows that grades III and IV have statistical differences ($P<0.05$) on the anterior annulus fibrosis' T₁, T₂, and PD. In contrast, PD indicates a significant difference between grades IV and V ($P=0.027$). T₁, T₂, and PD of nucleus fibrosis only show the non-statistical difference between grade IV and V ($P>0.05$). T₁, T₂, and PD of posterior annulus fibrosus show statistical differences between grade III and IV ($P<0.05$), and T₂ shows a significant difference between grade II and III ($P=0.019$). The AUC of the T₁ and T₂ val-

作者单位: 225100 江苏, 扬州大学附属医院影像科

作者简介: 孙其安(1995-), 男, 江苏宿迁人, 技师, 主要从事磁共振成像技术工作。

通讯作者: 李郑, Email: lzzheng.lz@163.com

ues of annulus fibrosus in diagnosing grades III and IV are higher than that of anterior and posterior annulus fibrosis and show a statistical difference ($P<0.05$).The AUC of the T_2 value of annulus fibrosus in diagnosing grades I to IV is higher than that of T_1 and PD and shows a statistical difference ($P<0.05$).**Conclusion:** MAGiC technique can quantitatively evaluate cervical degenerative changes, and the T_2 value of the nucleus pulposus is most effective.The method can provide more accurate diagnostic information on cervical intervertebral degenerative changes.

【Key words】 Cervical intervertebral degeneration; Magnetic resonance imaging; MAGiC; T2MAP; Quantitative MRI

颈痛是临床常见疾病且发病年龄有年轻化趋势,病因复杂,其中颈椎间盘退变是其重要原因之一。相关研究表明,颈痛程度与颈椎间盘退变节段数及部位有关^[1]。MRI 检查可以诊断颈椎间盘退变,但易受主观因素影响,缺乏量化标准,不能准确反映椎间盘内部结构成份变化^[2]。常规 MRI 定量技术扫描时间过长,高背景噪声及多种定量图谱合并使用时的额外空间配准,降低了其临床应用的可行性。合成磁共振成像(magnetic resonance image compilation, MAGiC)是一种多对比度一站式驰豫定量技术,可通过一次多动态多回波(multiple-dynamic multiple-echo, MDME)序列获取多种对比度图像及多种定量数据,且扫描时间缩短,具有临床应用可行性。本研究通过 MAGiC 技术获取的定量数据来分析椎间盘 Pfirrmann 分级间的差异,旨在探讨 MAGiC 定量技术在颈椎间盘退行性改变中的应用价值。

材料与方法

1.病例资料

回顾性搜集 2021 年 3 月至 2021 年 12 月在扬州大学附属医院行颈椎 MRI 检查的患者 42 例。病例纳入标准:①年龄≥18 岁;②颈部不适且单次或反复发作;③受检者可配合检查且无 MRI 检查绝对禁忌症。病例排除标准:①颈椎骨折、颈椎肿瘤、手术史、感染性疾病、脊柱畸形等影响椎间盘观察的患者;②图像质量差,包括运动伪影、硬件伪影等。本研究最终纳入 40 例患者,其中男 22 例,女 18 例,年龄 18~73 岁,平均(41±16)岁,共计 200 个颈椎间盘。排除 2 例因运动伪影致图像质量较差患者。

2.检查方法

MRI 检查采用 GE Architect 3.0T 超导 MR 成像仪,头颈联合线圈,受检者取头先进仰卧位,嘱受检者静坐 30 min 后行颈椎 MRI 扫描。扫描序列包括:常规序列矢状面 T_1 及 T_2 、矢状面 T_2 脂肪抑制、轴面 T_2 ;特殊序列包括矢状面 T_2 MAP(TR 900 ms, TE 9.1~72.6 ms,层厚 3 mm,扫描时间 5 min 48 s)及矢状面 MAGiC(TR 4071 ms, TE 18.4/91.9 ms, ETL 16,

层厚 3 mm,扫描时间 4 min 55 s),这两种序列均采用一致的视野(280 mm×280 mm)、矩阵(320×256)及扫描定位(图 1)。

3.感兴趣区的设定及测量

使用图像处理软件(MAGiC)生成 T_1 -mapping、 T_2 -mapping 及 PD-mapping 三组定量图谱,每组定量序列自动生成伪彩图。对照 Sag T_2 WI 序列选取正中矢状面层面设定感兴趣区(region of interest, ROI),将每节椎间盘(C_2-C_7)绘制成五等份,分别在第一、第三、第五区域设置等大椭圆形 ROI 并标记为前纤维环(anterior annulus fibrosus, AAF)、髓核(nucleus pulposus, NP)、后纤维环(posterior annulus fibrosus, PAF),测量前纤维环、髓核、后纤维环的 T_1 、 T_2 、PD 值。 T_2 MAP 序列在工作站(AW4.7)上获取 T_2 值,绘制 ROI 与 MAGiC 序列的方法相同。Pfirrmann 分级及定量值的测量由两位工作年限满 10 年以上的医师独立完成,取两者测量的平均值作为最终测量值,分级参照腰椎间盘 Pfirrmann 分级标准(表 1)。

表 1 颈椎间盘 Pfirrmann 分级标准

等级	结构	髓核纤维环边界	信号	椎间盘高度
I 级	均质,色亮白	清楚	高信号	正常
II 级	非均质,有/无水平带	清楚	高信号	正常
III 级	非均质,色灰	不清楚	中等信号	正常至轻度降低
IV 级	非均质,色灰或黑	消失	中等或低信号	正常至中度降低
V 级	非均质,色黑	消失	低信号	椎间隙塌陷

4.统计学分析

采用 SPSS 26.0 和 MedCalc 19.2.0 软件进行统计学分析。对所有计量资料进行正态性检验(椎间盘数≤50 采用 S-W 检验,椎间盘数>50 采用 K-S 检验),符合正态性分布的数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态性分布的以 M(Q1, Q3)表示。符合正态分布的数据采用 Pearson 检验分析 T_2 MAP 序列与 MAGiC 序列 T_2 值、年龄与颈椎椎间盘各兴趣区 T_2 MAP/MAGiC 序列 T_2 值、Pfirrmann 分级与 MAGiC 序列各定量值(T_1 、 T_2 、PD)的相关性;不符合正态分布者采用 Spearman 检验。对 T_2 MAP 序列与 MAGiC 序列 T_2 值采用 Z 检验比较曲线下面积(area under curve, AUC)。符合正态分布的数据采用 One-Way ANOVA

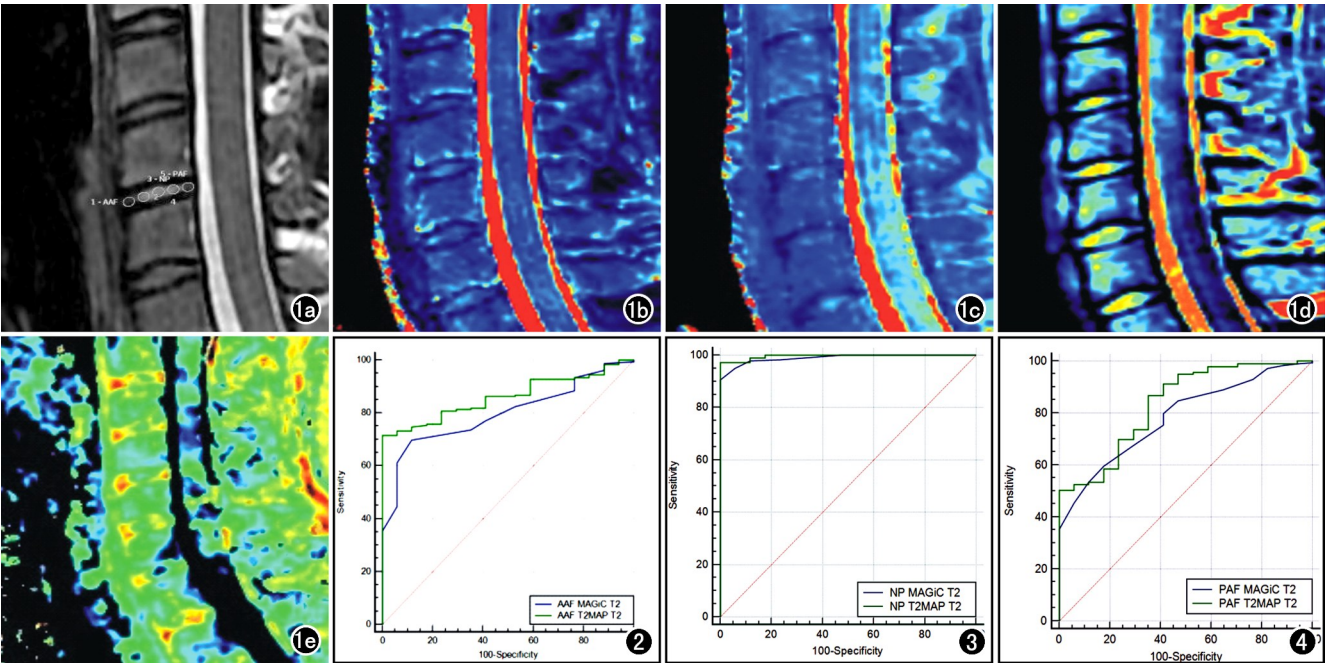


图 1 同一受检者 T₂WI 及各定量参数图。a) 常规 T₂WI 图像(1 为前纤维环 ROI,3 为髓核 ROI,5 为后纤维环 ROI);b) MAGiC 序列 T₁ 值定量图;c) MAGiC 序列 T₂ 值定量图;d) MAGiC 序列 PD 值定量图;e) T₂MAP 定量图。图 2 T₂MAP 与 MAGiC 序列 T₂ 值在 AAF 区诊断颈椎椎间盘退变的 ROC 曲线。图 3 T₂MAP 与 MAGiC 序列 T₂ 值在 NP 区诊断颈椎椎间盘退变的 ROC 曲线。图 4 T₂MAP 与 MAGiC 序列 T₂ 值在 PAF 区诊断颈椎椎间盘退变的 ROC 曲线。

比较 Pfirrmann 各分级间的差异,相邻 Pfirrmann 分级间两两比较采用 Bonferroni 检验;不符合正态分布者采用 Kruskal-Wallis *H* 检验,两两比较采用 K-W 单因素 ANOVA 检验。将相邻 Pfirrmann 分级间各 ROI 区均有统计学差异的定量值进行受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线分析,采用 *Z* 检验比较 AUC。采用 ROC 曲线分析髓核区不同定量值鉴别诊断相邻 Pfirrmann 分级的效能,*Z* 检验比较 AUC,评估髓核区不同定量值诊断 Pfirrmann 分级的敏感度和特异度。

结 果

本研究共纳入 40 例患者,根据 Pfirrmann 分级标准计数共 200 个椎间盘,其中 I 级椎间盘 25 个,II 级椎间盘 55 个,III 级椎间盘 63 个,IV 级椎间盘 40 个,V 级椎间盘 17 个。统计学分析结果显示,T₂MAP 序列与 MAGiC 序列 T₂ 值具有高度相关性(*r* 均>0.8),T₂MAP 和 MAGiC 序列 T₂ 值均与年龄呈负相关性且在髓核区最为显著(表 2)。*Z* 检验结果显示,前纤维环 T₂MAP 序列 T₂ 值诊断颈椎椎间盘退变的 AUC 高于 MAGiC 序列(分别为 0.862、0.794,图 2),但差异无统计学意义(*Z*=1.823,*P*>0.05);髓核 T₂MAP 序列诊断颈椎椎间盘退变的 AUC 稍高于

MAGiC 序列(分别为 0.996、0.990,图 3),差异无统计学意义(*Z*=1.109,*P*>0.05);后纤维环 T₂MAP 序列诊断颈椎椎间盘退变的 AUC 稍高于 MAGiC 序列(分别为 0.834、0.784,图 4),差异无统计学意义(*Z*=1.057,*P*>0.05)。

表 2 颈椎间盘不同 ROI 区 T₂ 值相关性分析结果

ROI 区	T ₂ MAP 序列与 MAGiC 序列 T ₂ 值		年龄与 T ₂ MAP/ MAGiC 序列 T ₂ 值	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> ₁ / <i>r</i> ₂ 值	<i>P</i> ₁ / <i>P</i> ₂ 值
AAF	0.835	<0.01	-0.416/-0.367	均<0.01
NP	0.959	<0.01	-0.766/-0.783	均<0.01
PAF	0.817	<0.01	-0.560/-0.623	均<0.01

注:AAF:前纤维环;NP:髓核;PAF:后纤维环,*r*₁/*P*₁:年龄与 T₂MAP 序列 T₂ 值相关性比较 *r* 值及 *P* 值;*r*₂/*P*₂:年龄与 MAGiC 序列 T₂ 值相关性比较 *r* 值及 *P* 值

MAGiC 序列定量值(T₁、T₂、PD)与 Pfirrmann 分级相关性分析:在 AAF、NP、PAF 区 MAGIC 定量值与 Pfirrmann 分级均呈负相关,(T₁ 定量:*r* 值分别为 -0.368、-0.784、-0.278;T₂ 定量:*r* 值分别为 -0.558、-0.950、-0.637;PD 定量:*r* 值分别为 -0.426、-0.747、-0.402;*P* 值均<0.01),其中髓核 T₂ 值与 Pfirrmann 分级呈高度负相关,其次髓核 T₁ 及 PD 值、后纤维环 T₂ 值与 Pfirrmann 分级呈高度负相关,其余 ROI 区均呈中低负相关。

颈椎间盘各 Pfirrmann 分级间 MAGIC 序列定量值比较:不同 Pfirrmann 分级在前后纤维环、髓核的定

量值差异均具有统计学意义(P 值均 <0.05 ,表 3)。前纤维环 T_1 、 T_2 、PD 值在 Pfirrmann Ⅲ级与Ⅳ级间差异均具有统计学意义($P<0.05$),且 PD 值在 Pfirrmann Ⅳ级与Ⅴ级间差异有统计学意义($P=0.027$)。髓核 T_1 、 T_2 、PD 值仅在 Pfirrmann Ⅳ级与Ⅴ级间差异无统计学意义($P>0.05$),其余定量值在相邻 Pfirrmann 分级之间差异均具有统计学意义(P 值均 <0.001)。后纤维环 T_1 、 T_2 、PD 值在 Pfirrmann Ⅲ级与Ⅳ级间差异均具有统计学意义(P 值均 <0.05),且 T_2 值在 Pfirrmann Ⅱ级与Ⅲ级间差异有统计学意义($P=0.019$),其余定量值在相邻 Pfirrmann 分级间差异均无统计学意义($P>0.05$,表 4)。

各 ROI 区 MAGiC 定量值鉴别诊断 Pfirrmann Ⅲ级与Ⅳ级的 ROC 曲线下面积比较:AAF、NP、PAF 区 T_1 值鉴别诊断 Pfirrmann Ⅲ级与Ⅳ级的 AUC 分别为 0.697、0.828、0.711,髓核与前、后纤维环的 AUC 差异均有统计学意义($Z=2.248$ 、 1.968 , $P=0.0246$ 、 0.0491);AAF、NP、PAF 区 T_2 值鉴别诊断 Pfirrmann Ⅲ级与Ⅳ级的 AUC 分别为 0.810、0.991、0.862,髓核与前、后纤维环的 AUC 差异均有统计学意义($Z=3.783$ 、 4.710 , $P=0.0002$ 、 $P<0.0001$);AAF、NP、PAF 区 PD 值鉴别诊断 Pfirrmann Ⅲ级与Ⅳ级的 AUC 分别为 0.734、0.779、0.738,髓核与前、后纤维环的 AUC 差异均无统计学意义($Z=0.732$ 、 0.818 , P 值均 >0.05)。

髓核区 MAGiC 定量值诊断 Pfirrmann I 到Ⅳ级的 ROC 曲线下面积比较; Z 检验结果显示, T_2 值鉴别诊断 Pfirrmann I 级与Ⅱ级、Ⅱ级与Ⅲ级、Ⅲ级与Ⅳ级的 AUC(分别为 0.953、0.973、0.991)均高于 T_1 值(分别为 0.883、0.859、0.828)及 PD 值(分别为 0.763、0.714、0.779,图 5~8),差异均具有统计学意义(P 值

均 <0.05); T_1 值鉴别诊断 Pfirrmann I 级与Ⅱ级、Ⅱ级与Ⅲ级、Ⅲ级与Ⅳ级的 AUC 均高于 PD 值;Pfirrmann Ⅲ级与Ⅳ级间的 PD 值差异无统计学意义($Z=0.987$, $P>0.05$),其余 Pfirrmann 分级 T_1 值与 PD 值间差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。

讨 论

MAGiC 是一种一站式弛豫定量技术,能够一次扫描获得多组不同对比度图象和多种弛豫定量数据^[2],对评估颈椎退行性变有较高价值。目前 T_2 -mapping 定量评估脊柱椎间盘退变已经有了显著的研究成果^[3-9],此类合成 MRI 技术在脊柱椎间盘方面也有了一定进展^[10-11],但 MAGiC 多种弛豫定量技术在颈椎椎间盘退变中的应用研究涉及较少。

1.MAGiC 序列在颈椎间盘退变应用方面的可行性分析

本研究结果表明,MAGiC 序列生成的 T_2 定量值与 T_2 MAP 定量值具有高度一致性,提示其定量数据具有可靠性。髓核及前、后纤维环的 MAGiC 与 T_2 MAP 定量值对诊断颈椎椎间盘退变无统计学差异,提示 MAGiC 与 T_2 MAP 诊断分级的效能具有一致性,髓核区的诊断效能更高。本研究结果表明 MAGiC 定量值在颈椎间盘退变的应用方面具有可行性,与 Jiang 等^[11]的结论一致。研究中发现影像对椎间盘形态的显示有限,且随着椎间盘退变的加重,对前、后纤维环绘制 ROI 带来了一定困难,尤其是 Pfirrmann V 级的椎体间隙变窄,更加难以区分前、后纤维环。Menezes-Reis 等^[12]研究发现高度退变的椎间盘髓核及纤维环分界不清对其绘制 ROI 及测量定量值影响很大,张洧蓝等^[13]对腰椎间盘 ROI 绘制存在相同的问题。颈椎间盘前纤维环较厚,后纤维环较稀薄,而髓核的位

表 3 颈椎间盘各 Pfirrmann 分级间 MAGiC 序列定量值比较

分级	椎间盘数 (个)	T ₁ 值(ms)			T ₂ 值(ms)			PD 值(pu)		
		AAF	NP	PAF	AAF	NP	PAF	AAF	NP	PAF
I 级	25	712.80±129.86	1467.44 (1255,1673)	726.00±132.21	50.00±4.98	80.08±4.17	53.68±3.98	62.30±14.72	90.28 (87.15,96.80)	50.96±9.22
Ⅱ级	55	755.04±150.65	1068.78 (895,1183)	728.85±107.88	50.24±3.81	69.62±4.28 (67,72)	52.11(50,54)	70.23±14.01	80.41±10.79	55.92±10.98
Ⅲ级	63	714.73±130.06	797.56±113.52	704.35±94.26	49.06±3.61	59.27±3.77	49.49±3.91	72.46±10.48	71.72±10.65	56.52±8.88
Ⅳ级	40	636.25±96.84	663.53±78.59	626.63±106.25	44.48 (41.25,47)	48.43 (47,49.75)	44.65±3.70	62.74±11.08	60.9±10.01	49.09±6.26
Ⅴ级	17	607.59±108.48	623.29±82.29	666.41±120.93	43.88±2.89	43.12±2.17	44.94±3.65	48.02±11.45	48.70±7.21	44.07 (38.10,47.20)
统计值		8.533 ^a	142.100 ^b	6.294 ^a	58.699 ^b	180.667 ^b	88.401 ^b	16.208 ^a	110.724 ^b	33.646 ^b
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:AAF:前纤维环;NP:髓核;PAF:后纤维环;^a 为 F 值;^b 为秩和统计量值;PD 为质子密度;pu 为单位体素内氢质子密度(per unit)

表 4 相邻 Pfirrmann 分级间 MAGiC 定量值比较结果

分类	AAF(P 值)			NP(P 值)			PAF(P 值)		
	T ₁	T ₂	PD	T ₁	T ₂	PD	T ₁	T ₂	PD
I—Ⅱ级	>0.05	>0.05	>0.05	0.004	0.007	0.009	>0.05	>0.05	>0.05
Ⅱ—Ⅲ级	>0.05	>0.05	>0.05	<0.001	<0.001	<0.001	>0.05	0.019	>0.05
Ⅲ—Ⅳ级	0.029	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.004	<0.001	0.002
Ⅳ—Ⅴ级	>0.05	>0.05	0.001	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

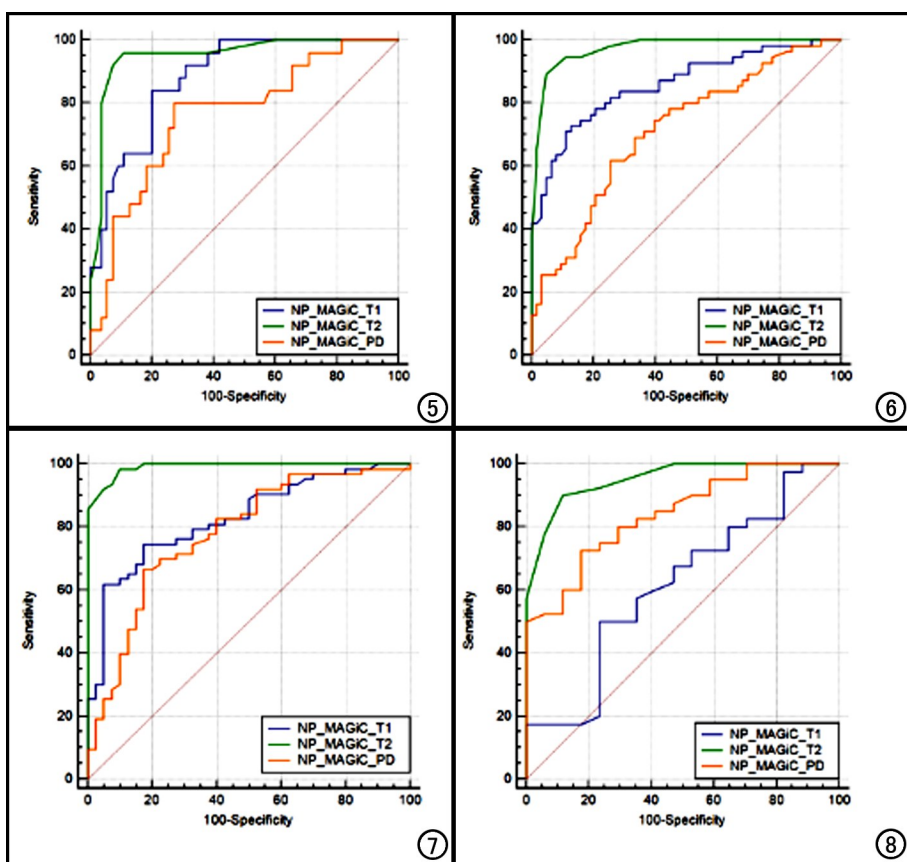


图 5 髓核区 MAGiC 序列定量值鉴别诊断 Pfirrmann I 级与 II 级的 ROC 曲线。图 6 髓核区 MAGiC 序列定量值鉴别诊断 Pfirrmann II 级与 III 级的 ROC 曲线。图 7 髓核区 MAGiC 序列定量值鉴别诊断 Pfirrmann III 级与 IV 级的 ROC 曲线。图 8 髓核区 MAGiC 序列定量值鉴别诊断 Pfirrmann IV 级与 V 级的 ROC 曲线。

置相对固定,容易测量,研究结果显示两组序列髓核区定量值的一致性最高,提示髓核区具有更高的诊断价值。

2. MAGiC 髓核区 T_2 值与年龄的相关性分析

本研究结果显示髓核区 T_2 值与年龄呈明显负相关,纤维环区 T_2 值与年龄呈弱负相关性,提示随着年龄的增长 T_2 弛豫时间显著缩短。椎间盘退变过程中,髓核含水量降低、蛋白多糖黏液样基质减少、胶原蛋白增多均是导致退变椎间盘 T_2 WI 信号强度降低的因素^[14]。后纤维环相关性大于前纤维环,提示后纤维环随着年龄增加 T_2 值变化差异更大。

3. 不同 Pfirrmann 分级间的 MAGiC 定量值差异

本研究结果显示髓核 T_2 值与 Pfirrmann 分级呈高度负相关,髓核 T_1 及 PD 值、后纤维环 T_2 值与 Pfirrmann 分级呈稍高负相关,提示髓核 T_2 值在评估 Pfirrmann 分级方面具有重要意义,与曾菲菲等^[8]的结论一致。髓核区 T_1 、 T_2 、PD 值 Pfirrmann 分级两两间比较,除 IV 级与 V 级之间差异无统计学意义外,其余两两比较差异均有统计学意义,表明 T_1 、 T_2 值随着

Pfirrmann 分级的增高而降低;提示 IV 级和 V 级间变化与组织定量值无关,可考虑仅是形态学的变化。早期椎间盘退变(I 级与 II 级间)仅在髓核区定量值的差异存在统计学意义,在前、后纤维环上, T_1 与 PD 定量值在早期椎间盘退变上差异均无统计学意义,表明髓核区定量值诊断早期退变的效果最佳。早期退变时在纤维环区病变不明显,在 II 级以后更容易产生纤维环病变。中晚期椎间盘退变(III 级与 IV 级间)在前、后纤维环及髓核区定量值差异均有统计学意义,与 Pfirrmann 分级 III 级到 IV 级影像学上髓核及纤维环信号发生改变相一致。本研究发现 Pfirrmann IV 级与 V 级仅在前纤维环 PD 值上差异有统计学意义,提示晚期退变前纤维环氢质子含量减低,因 V 级椎间盘定量值测量困难且样本量较少,其结果是否具有临床意义有待进一步研究。

为进一步分析髓核与前、后纤维环 MAGiC 定量诊断差异,将 MAGiC 定量值鉴别诊断 Pfirrmann III 级与 IV 级的效能进行 ROC 曲线分析。结果显示髓核区

T_1 及 T_2 值鉴别诊断 Pfirrmann III 级与 IV 级的效能均高于前、后纤维环,而髓核 PD 值的诊断效能与前、后纤维环差异无统计学意义,提示 MAGiC 定量值在颈椎间盘中晚期退变髓核区具有更高的诊断价值。

4. 髓核区 MAGiC 定量值评估 Pfirrmann 分级的价值

为了评估 MAGiC 各定量值对 Pfirrmann 分级的诊断效能,将 Pfirrmann I 到 IV 级均存在统计学差异的髓核区进行 ROC 曲线下面积比较。结果显示髓核区 T_2 值对 Pfirrmann I 级到 V 级的诊断效能高于 T_1 值和 PD 值, T_1 值对 Pfirrmann I 级到 IV 级的诊断效能高于 PD 值,且差异有统计学意义,提示髓核区 T_2 值对 Pfirrmann 分级的诊断效能最佳, T_1 值也具有较高的诊断价值,PD 值在诊断 Pfirrmann 分级方面优势最小。Pfirrmann III 级与 IV 级间的 T_1 、PD 值差异无统计学意义,提示 Pfirrmann III 级与 IV 级间两者具有相近的诊断效能。

本研究存在以下局限性:①在 Pfirrmann 分级上

仅凭视觉评价,可能存在主观因素导致的结果偏差,在绘制与选择 ROI 时一定程度上也存在主观偏差;②本研究样本量相对有限,未来将加大样本量进一步研究;③缺少组织学与病理学结果,未来将结合组织学与病理学结果进一步验证与研究。

综上所述,MAGiC 技术可定量评估颈椎退行性变,且髓核区 T_2 值的诊断效能最高,其一站式多弛豫定量成像技术可为颈椎间盘退行性变提供更多诊断信息。

参考文献:

- [1] DePalma MJ, Ketchum JM, Saullo T. What is the source of chronic low back pain and does age play a role? [J]. Pain Med, 2011, 12(2): 224-233.
- [2] Callaghan MF, Mohammadi S, Weiskopf N. Synthetic quantitative MRI through relaxometry modelling[J]. NMR Biomed, 2016, 29(12): 1729-1738.
- [3] 张素芳, 张炳, 王国华, 等. 3.0T MR $T_{1\rho}$ 及 T_2 -mapping 在颈椎间盘退行性变中的应用研究[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(8): 702-706.
- [4] 黄耀渠, 赵晓梅, 伍琼惠, 等. MR T_2 弛豫时间评估颈椎间盘退变的初步研究[J]. 磁共振成像, 2015, 6(11): 843-847.
- [5] Cui Y, Yang X, Liu P, et al. Preliminary study on diagnosis of lumbar disc degeneration with magnetic resonance $T_{1\rho}$, T_2 -mapping and DWI quantitative detection technologies [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2016, 20(16): 3344-3350.
- [6] Wu N, Liu H, Chen J, et al. Comparison of apparent diffusion coefficient and T_2 relaxation time variation patterns in assessment of age and disc level related intervertebral disc changes[J]. PLoS one,

2013, 8(7): e69052.

- [7] Chen C, Huang M, Han Z, et al. Quantitative T_2 magnetic resonance imaging compared to morphological grading of the early cervical intervertebral disc degeneration: an evaluation approach in asymptomatic young adults[J]. PLoS one, 2014, 9(2): e87856.
- [8] 曾菲菲, 查云飞, 邢栋, 等. 磁共振扩散峰度成像和 T_2^* -mapping 技术定量检测腰椎间盘退变的对比研究[J]. 放射学实践, 2018, 33(10): 1087-1092.
- [9] 熊玉超, 曾旭文, 梁治平, 等. 磁共振 T_2 -mapping 及 T_2^* -mapping 对兔腰间盘退变的定量研究[J]. 放射学实践, 2021, 36(8): 1042-1047.
- [10] Drake-Pérez M, Delattre B, Boto J, et al. Normal values of magnetic relaxation parameters of spine components with the synthetic MRI sequence[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2018, 39(4): 788-795.
- [11] Jiang Y, Yu L, Luo X, et al. Quantitative synthetic MRI for evaluation of the lumbar intervertebral disk degeneration in patients with chronic low back pain [J]. Eur J Radiol, 2020, 124(3): 108858.
- [12] Menezes-Reis R, Salmon CE, Carvalho CS, et al. $T_{1\rho}$ and T_2 -mapping of the intervertebral disk: comparison of different methods of segmentation[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2015, 36(3): 606-611.
- [13] 张清蓝, 朱婧怡, 徐晓晗, 等. 合成 MRI 技术对腰椎间盘变性级别的定量诊断研究[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(6): 621-626.
- [14] 余文昌, 杨建勇, 庄文权, 等. 腰椎间盘 MRI 信号强度与髓核胶原蛋白含量的相关性[J]. 中华放射学杂志, 2006, 40(10): 1101-1104.

(收稿日期: 2021-12-22 修回日期: 2022-02-19)