

论 著

基于MRI及DTI双模态成像技术在盆底肌功能障碍诊断中的临床价值*

刘志飞¹ 艾买提江·阿不力米提^{1,*}
李亮杰¹ 戴国朝¹ 王禄马¹
苏文静¹ 陈艳玲¹ 刘朝晖¹
冯友珍² 艾杰尔古丽·麦合苏木¹

1.新疆喀什地区第一人民医院影像中心
(新疆 喀什 844000)
2.暨南大学医学院附属医院影像中心
(广东 广州 510000)

【摘要】目的 探究基于磁共振成像(MRI)及扩散张量成像(DTI)双模态成像技术在盆底肌功能障碍(PFD)诊断中的临床价值。方法 选取喀什地区第一人民医院收治的50例PFD患者作为研究对象并纳入PFD组,另选取同期于医院体检的30例正常志愿者作为对照,纳入对照组,两组均采用MRI及DTI双模态成像技术进行检查,比较两组患者临床资料、盆底肌扫描面积(髂骨尾骨肌、耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌)、肛提肌裂孔宽度、盆底标志线(H线、M线)、髂骨尾骨肌厚度(ICT)、髂骨尾骨肌角(ICA)及肛提肌角(LPA)、髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌各向异性分数(FA)及表观弥散系数(ADC)值。结果 两组一般资料比较在统计学上无显著性差异($P>0.05$);PFD组静态与动态髂骨尾骨肌、耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌面积均小于对照组($P<0.05$);PFD组静态与动态肛提肌裂孔宽度大于对照组,H线、M线长于对照组($P<0.05$);PFD组ICT少于对照组,LPA大于对照组,两组ICA比较在统计学上无显著性差异($P>0.05$);两组髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌FA、ADC值比较在统计学上无显著性差异($P>0.05$)。结论 基于MRI及DTI双模态成像技术可反映PFD患者盆底功能及形态变化,在PFD患者中具有良好的应用价值,可用于临床推广。

【关键词】盆底肌功能障碍;磁共振成像;扩散张量成像;双模态成像技术;诊断
【中图分类号】R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】喀什地区科学技术局(KS2022011)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.10.053

Clinical Value of Dual-Modality Imaging Based on MRI and DTI in the Diagnosis of Pelvic Floor Dysfunction*

LIU Zhi-fei¹, AIMAITIJIAN Abulimiti^{1,*}, LI Liang-jie¹, DAI Guo-chao¹, WANG Lu-ma¹, SU Wen-jing¹, CHEN Yan-ling¹, LIU Chao-hui¹, FENG You-zhen², AIJIEERGULI Maihesumu¹.
1.Imaging Center, the First People's Hospital of Kashgar Prefecture, Kashgar 844000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China
2.Imaging Center, the Affiliated Hospital of Jinan University Medical College, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

ABSTRACT
Objective To investigate the clinical value of dual-modality imaging based on MRI and DTI in diagnosing PFD. **Methods** A total of 50 patients with PFD admitted to the First People's Hospital of Kashgar (PFD group) and 30 normal volunteers (control group) were included in the study at the same time. All subjects were examined with MRI and DTI dual-modality imaging techniques. Comparison was made between the groups in terms of clinical data, scan areas of pelvic floor muscles (iliococcygeus muscle, pubococcygeal muscle and puborectal muscle), width of anal levator hiatus, pelvic floor marker lines (H line and M line), ICT, ICA, LPA, FA and ADC values of iliococcygeus muscle and puborectal muscle. **Results** General data of the two groups were comparable ($P>0.05$). Compared to control group, areas of static and dynamic iliococcygeus muscle, pubococcygeal muscle and puborectal muscle were smaller in PFD group ($P<0.05$). The width of static and dynamic anal levator hiatus was larger in PFD group. H line and M line were longer in PFD group ($P<0.05$). ICT was smaller and LPA was greater in PFD group. The two groups had similar ICA, and comparable FA and ADC values of iliococcygeus muscle and puborectal muscle ($P>0.05$). **Conclusion** Dual-modality imaging based on MRI and DTI can reflect the changes of pelvic floor function and morphology in patients with PFD. It has good application value in patients with PFD.
Keywords: Pelvic Floor Dysfunction; Magnetic Resonance Imaging; Diffusion Tensor Imaging; Dual-modality Imaging; Diagnosis

盆底支持结构损伤将导致患者产生盆底肌功能障碍(PFD),PFD以50岁以上女性最为常见,发病率约为22%~30%^[1],主要表现为压力性尿失禁与盆腔器官脱垂。临床对于PFD的评估常采用盆腔器官脱垂定量分期法(POP-Q)评分以及体格检查^[2],但前者未能对解剖结构异常进行评估,不利于多腔室病变的诊断与判定^[3],后者则常低估盆腔器官脱垂程度^[4],临床应用存在一定局限性,因此探究有效反映盆底肌动态功能与细微结构变化的方法对于PFD的诊断尤为重要。磁共振成像(MRI)可对盆底肌肉解剖关系及形态进行显示,为盆底疾病诊断提供有效参考依据^[5]。扩散张量成像(DTI)作用原理为通过不同组织水分子扩散运动差异进行三维追踪成像,对肌肉解剖形态进行还原,为评估盆腔功能异常较为理想的工具^[6],为使患者获得更加确切的诊断,本研究将对基于MRI及DTI双模态成像技术在PFD中的诊断价值进行探究,具体如下。

1 资料与方法

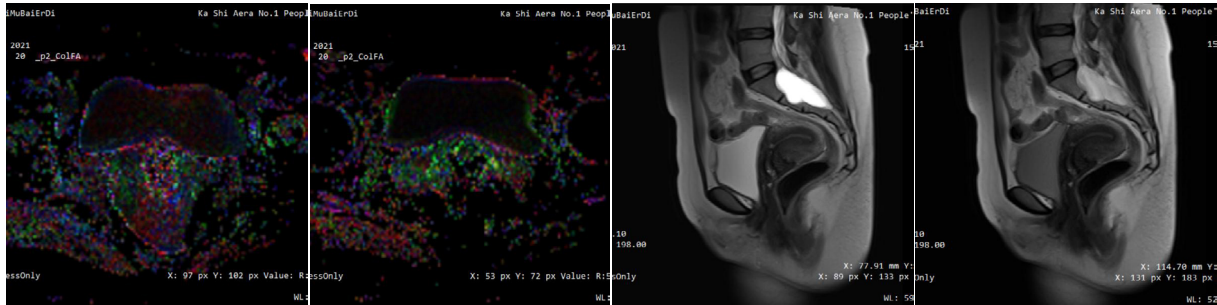
1.1 一般资料 选取喀什地区第一人民医院收治的50例PFD患者作为研究对象并纳入PFD组。纳入标准:盆腔MR扫描明确诊断为PFD的患者;自愿接受MRI检查;既往无盆底功能障碍的患者;盆腔无肿块的患者;患者知悉对本次研究内容并签署同意书;病例资料完整者。另选取同期于医院体检的30例健康者作为对照,纳入对照组。纳入标准:经临床判定为无PFD的女性;1次≤产次≤3次;自愿接受MRI检查;患者知晓对本研究并签署同意书;病例资料完整者。入组对象排除标准:既往有中晚孕引产史的患者;存在宫口愈合不良及产后大出血情况的患者;分娩时经阴道左侧会阴切开术者;合并有盆腔急慢性炎症的患者。喀什地区第一人民医院伦理委员会同意本次研究。

1.2 方法 检查前六十分钟患者需饮水200~300 mL并进行提肛及屏气训练,采用最大力排空直肠与膀胱。
使用18通道相控阵线圈和超导型MRI成像系统(Siemens Skyra 3.0 T),嘱咐患者仰卧,进行以耻骨联合为中心的扫描,扫描方位及范围分别为矢状位(双侧髂白内缘之间)、冠状位(自耻骨联合至直肠后壁)及轴位(由髂嵴水平至肛门,垂直于肛直肠连接部)。
扫描序列及参数:矢状位快速自旋回波(TSE)序列T₂WI:重复时间(TR) 4020 ms,回波时间(TE) 68 ms,视野(FOV)28 cm×28 cm,矩阵384×307;冠状位TSE序列T₂WI: TR 4200 ms, TE 101 ms, FOV28cm×28 cm, 矩阵320×288;轴位TSE序列T₂WI: TR2700 ms, TE80 ms, FOV22 cm×22 cm, 矩阵384×307;上述序列层厚3 mm,层间距0.6 mm。轴位自旋回波(SE)序列T₁WI: TR 600 ms, TE 18 ms, FOV28 cm×28 cm, 矩阵448×313,层厚4 mm,层间距0.8 mm。

【第一作者】刘志飞,男,副主任医师,主要研究方向:肌骨系统影像诊断。E-mail: liuzhifei2023123@163.com
【通讯作者】艾买提江·阿不力米提,男,主治医师,主要研究方向:脊骨系统影像诊断。E-mail: amatjan113900@163.com

采用HASTE及True-FISP序列进行动态MRI矢状位扫描检查, HASTE序列参数: TR、TE、层厚、层距分别为2000ms、197ms、12mm、6mm, 矩阵、扫描范围分别为 320×288 、 $28\text{cm} \times 28\text{cm}$, 扫描时间为40 s, 共获得动态MRI图像20幅; True-FISP 序列参数: TR、TE、层厚、层间距分别为4.27ms、2.14ms、10mm、2mm, 矩阵、扫描范围分别为 320×256 、 $28\text{cm} \times 28\text{cm}$, 扫描时间、重复检查次数分别为18s、3次, 每次获得动态MRI图像20幅。DTI序列扫描, 设置参数: TR、TE、层厚、层间距分别为3250ms、48ms、5mm、1mm, 扫描范围为

20cm, 施加方向以 15° 为一个梯度, 弥散敏感度 b 值 $=400\text{s/mm}^2$ 。
1.3 图像分析 由两名高年资、工作年限长(≥ 10 年)且具有主治医师资格的MRI诊断医师通过双盲法进行阅片, 取一致意见作为最终结果, 对50例PFD患者及30名正常志愿者在静息相及力排相MRI图像进行观察、测量与分析, 包括盆底肌扫描面积(髂骨尾骨肌、耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌)、肛提肌裂孔宽度、盆底标志线(H线、M线)、髂骨尾骨肌厚度(ICT)、髂骨尾骨肌角(ICA)及肛提肌角(LPA), 髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌各向异性分数(FA)及表观弥散系数(ADC)值, 典型病例见图1-4。



1.4 统计学方法 采用SPSS 28.0进行数据统计与分析, 计量资料采用 $(\bar{x} \pm s)$ 描述与配对样本、独立样本t检验; 计数资料采用频数(%)表示与 χ^2 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 两组年龄、体质指数(BMI)等一般资料比较差异无统计意义($P>0.05$), 见表1。

2.2 两组MRI检测结果比较

2.2.1 两组髂骨尾骨肌、耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌面积比较 PFD组静态与动态髂骨尾骨肌、耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌面积均小于对照组($P<0.05$), 见表2。

2.2.2 两组肛提肌裂孔宽度、H线、M线比较 PFD组静态与动态肛提肌裂孔宽度大于对照组, H线、M线长于对照组($P<0.05$), 见表3。

2.2.3 两组ICT、ICA、LPA比较 PFD组ICT少于对照组, LPA大于

表1 两组一般资料比较

指标	PFD组(n=50)	对照组(n=30)	t	P
年龄(岁)	55.31 ± 4.62	54.83 ± 4.59	1.024	0.307
BMI(kg/m ²)	25.28 ± 2.47	24.77 ± 2.35	0.910	0.367
产次	2.06 ± 0.42	1.87 ± 0.61	1.648	0.103
流产次数	0.61 ± 0.17	0.55 ± 0.09	1.786	0.078

对照组, 两组ICA比较差异无统计学意义($P<0.05$), 见表4。

2.3 两组DTI检测结果比较

2.3.1 两组髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌FA比较 两组髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌FA比较差异无统计学意义($P>0.05$), 见表5。

2.3.2 两组髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌ADC值比较 两组髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌ADC值比较差异无统计学意义($P>0.05$), 见表6。

表2 两组髂骨尾骨肌、耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌面积比较(mm²)

组别	例数	髂骨尾骨肌		耻骨尾骨肌		耻骨直肠肌	
		静态	动态	静态	动态	静态	动态
PFD组	50	21.33 ± 3.04	17.11 ± 5.72	22.16 ± 4.35	17.36 ± 4.81	23.37 ± 4.65	18.34 ± 6.07
对照组	30	25.38 ± 4.21	24.53 ± 4.39	27.39 ± 5.18	25.97 ± 5.33	27.91 ± 5.08	28.99 ± 6.54
t		4.981	6.103	4.843	7.442	4.083	7.380
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表3 两组肛提肌裂孔宽度、H线、M线比较(cm)

组别	例数	肛提肌裂孔宽度		H线		M线	
		静态	动态	静态	动态	静态	动态
PFD组	50	50.39 ± 10.56	55.17 ± 10.49	5.59 ± 1.07	6.08 ± 1.52	2.00 ± 0.31	2.31 ± 0.48
对照组	30	44.07 ± 9.58	45.37 ± 9.13	4.66 ± 1.21	4.63 ± 1.41	1.79 ± 0.25	1.76 ± 0.27
t		2.681	4.241	3.582	4.242	3.145	5.745
P		0.009	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001

表4 两组ICT、ICA、LPA比较

组别	例数	ICT(mm)	ICA($^\circ$)	LPA($^\circ$)
PFD组	50	2.42 ± 0.39	33.75 ± 5.72	41.66 ± 9.94
对照组	30	3.11 ± 0.52	31.49 ± 3.15	34.18 ± 5.81
t		6.747	1.988	3.750
P		<0.001	0.050	<0.001

表5 两组髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌FA比较

组别	例数	髂骨尾骨肌	耻骨直肠肌
PFD组	50	0.35±0.09	0.39±0.06
对照组	30	0.38±0.11	0.35±0.04
t		1.327	0.036
P		0.189	0.971

表6 两组髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌ADC值比较(×10⁻³mm²/s)

组别	例数	髂骨尾骨肌	耻骨直肠肌
PFD组	50	1.15±0.32	1.48±0.16
对照组	30	1.18±0.30	1.46±0.19
t		0.415	0.504
P		0.679	0.616

3 讨 论

PFD为一种慢性进行性疾病，PFD的影响因素包括分娩、年龄、久坐、不良排便习惯等，部分患者因对疾病相关知识了解不清晰，盆底肌受损后未及时就医，随着疾病进展，患者产生子宫下垂、重度压力性尿失禁后才于医院就诊，错过最佳康复时间，严重影响患者生活^[7-8]。MRI具有高分辨率及多平面成像等优势，可对韧带、盆底肌肉等解剖结构进行清晰显示，通过静态与动态各径线变化对盆底支持结构功能进行反映。DTI为对活体组织水分子扩散情况(向异性)以及组织细微结构变化进行评价与反映的唯一方式，可反映^[9]。李娟^[10]与刘郭坤^[11]等分别采用MRI与DTI对患者盆底功能进行评价，结果显示两者均有较好的诊断价值，但对于两者在PFD中的应用效果如何尚待探究，基于此，本研究对基于MRI及DTI双模态成像技术在PFD诊断中的临床价值进行分析，结果如下。

两组两组髂骨尾骨肌、耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌面积比较结果显示：与对照组相比，PFD组静态与动态髂骨及耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌面积更小，提示PFD患者盆底解剖结构发生显著变化，髂骨尾骨肌、耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌面积均缩小且动态MRI扫描较静态更加明显，腹腔压力在患者屏气时会有一定程度上升，盆底肌稳定性因力量不足而下降，此种情况的发生可能与妊娠及分娩过程中因肌肉过度拉伸及扩张造成的损伤相关。髂骨尾骨肌、耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌为盆底肌构成的主要部分，髂骨尾骨肌为盆隔部分的主要肌肉，盆底支持功能的上升与下降受到其力量的影响，可导致前盆腔脏器膨出^[12]；脏器构成的主要肌肉即耻骨尾骨肌、耻骨直肠肌，两者受损同样可导致脏器支持力量减弱，盆底对阴道壁、直肠的支撑力减少，引起直肠阴道脱垂^[13]。盆底肛提肌裂孔为管腔结构(阴道、尿道等)物质进出的通道，韧带与盆底肌功能正常则可保证盆底肛提肌裂孔张力的维持^[14]。PFD患者的盆底肛提肌裂孔宽度未能对正常张力进行维持，在进行动态MRI检测时则可更加清晰地显示。肛提肌裂解水平位置与肛提肌裂解宽度可由H线与M线反映^[15]。两组肛提肌裂孔宽度、H线、M线及ICT、ICA、LPA比较结果显示：PFD组静态与动态肛提肌裂孔宽度大于对照组，H线、M线长于对照组；PFD组ICT少于对照组，LPA大于对照组，两组ICA比较差异无统计学意义，表明PFD患者不仅肛提肌裂孔宽度增加，且肛提肌裂孔水平位置同样发生变化，提示患者盆底肌力量减弱导致盆隔位置及盆腔脏器位置向下移动。明显肛提肌损伤情况可在常规MRI检查中显示，但对于轻微损伤则难以发现。生物组织微观结构信息可采用DTI进行反映，本研究DTI检测结果显示：两组髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌FA及ADC值比较差异无统计学意义，PFD组患者髂骨尾骨肌、耻骨直肠肌FA较对照组低，ADC值高于对照组，表明纤维束排列在肌肉损伤后产生紊乱，周围间隙水分子(肌细胞)扩散各向同性增加，FA降低，ADC值升高。但两组未见显著差异，与既往研究存在一定差异，分析可能与研究所用样本数量有限相关，后续将通过扩大样本量的方式对DTI在PFD中的应用做进一步探究。

综上所述，MRI可对PFD患者盆底肌肉功能及孔隙变化情况显示，DTI参数则可对PFD肛提肌主要分支损伤情况进行定量诊断，两者均可对PFD诊断提供客观依据，但由于本研究所纳入受试者数量较少导致结果可能存在一定偏倚，后续将通过多中心大样本研究对结果作进一步分析。

参考文献

[1]Tennfjord MK,Engh ME,Bø K.The influence of early exercise postpartum on pelvic floor muscle function and prevalence of pelvic floor dysfunction 12 months postpartum[J].Phys Ther,2020,100(9):1681-1689.

[2]温小多,田海燕,闫晓静,等.经会阴超声监测肛提肌裂孔前后径变化对盆底肌功能障碍诊断价值的研究[J].中华超声影像学杂志,2020,29(3):266-270.

[3]赵菊芬,杨柳风,王云雁.生物反馈电刺激治疗对盆底功能障碍性疾病患者盆底肌肉张力、盆底功能及POP-Q的影响[J].解放军医药杂志,2022,34(6):76-79.

[4]靳翠平,尚玉敏,胡同秀,等.盆底肌电在产后盆底功能障碍性疾病诊断和治疗中的价值[J].中国现代医学杂志,2021,31(1):62-67.

[5]赵津艺,胥卉苹,刘蓉,等.经会阴实时三维超声与MRI评估女性子宫形态改变及盆底功能障碍性疾病中的临床意义[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(6):145-147.

[6]张静,杨子涛,赵志恒,等.磁共振扩散张量成像对正常女性尿道括约肌复合体及肛提肌结构的分析研究[J].磁共振成像,2022,13(4):128-131.

[7]武爱品.仿生生物电刺激联合Kegel家庭训练在产后盆底功能障碍患者中的应用[J].罕少疾病杂志,2021,28(2):83-84,108.

[8]李云芳,王小燕,勾明月.围绝经期盆底肌功能障碍患者血清松弛素H2、LN和Fibulin-5变化及意义[J].分子诊断与治疗杂志,2023,15(4):598-601.

[9]张静,杨子涛,赵志恒,等.磁共振扩散张量成像对正常女性尿道括约肌复合体及肛提肌结构的分析研究[J].磁共振成像,2022,13(4):128-131.

[10]李娟,高雪梅,程敬亮.高分辨率MRI及动态MRI在盆底功能障碍性疾病中的应用[J].临床放射学杂志,2019,38(12):2361-2365.

[11]刘郭坤,杨素君,相世峰,等.DTI在产后盆底损伤早期诊断及后期恢复评价中的应用[J].医学影像学杂志,2021,31(9):1565-1569.

[12]赵玉娇,崔璨,郭丽美,等.肛提肌形态学损伤阴性的盆腔器官脱垂产妇的肛提肌微观结构改变:基于MRDTI的分析[J].放射学实践,2020,35(12):1566-1571.

[13]周琳夕,谷雪莲,杜洪灵.基于有限元法研究顺产肛提肌损伤与盆底疾病的发生[J].医用生物力学,2020,35(6):732-738.

[14]李清莹,陈华,王诗雅,等.全栈式自动盆底超声获取并测量最小肛提肌裂孔平面的可行性[J].中华超声影像学杂志,2022,31(2):145-150.

[15]马春燕,魏珊,符叶柳.盆底超声测量前腔室结构参数及静、动态MRI在初产妇产后压力性尿失禁诊断及防治中的应用观察[J].中国临床医学影像杂志,2022,33(3):210-215.

(收稿日期: 2023-07-10)
(校对编辑: 韩敏求)