

· 影像医学研究 ·

体素内不相干运动成像诊断胎盘植入及不同植入区域的应用价值

张瑾¹, 张璇¹, 陆超², 陈婷¹, 周欣³, 葛志平³, 晋柏³, 赵萌^{1*}

¹南京医科大学第一附属医院放射科, ²儿科, ³产科, 江苏 南京 210029

[摘要] 目的:探讨体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)成像对胎盘植入及植入区域的诊断价值。方法:回顾性收集在南京医科大学第一附属医院行磁共振成像检查(包含IVIM序列)并在该院生产的113例单胎妊娠孕晚期孕妇,根据手术记录及病理结果分为胎盘植入组(59例)及非植入组(54例)。选取非植入组中包含S1区及S2区的15例患者,将其胎盘以腹膜反折为界分为非植入组S1区域及非植入组S2区域;选取植入组中在S1区及S2区均有胎盘植入的病例(22例),将植入部位以腹膜反折为界分为S1植入区域及S2植入区域。计算灌注分数(f)、灌注扩散系数(D^{*})及标准扩散系数(D),比较各组间灌注结果的差异并分析参数的诊断价值。结果:胎盘植入组f值高于非植入组(P=0.011),ROC曲线中f值诊断胎盘植入的曲线下面积是0.639。胎盘植入组S2植入区域f值较S1植入区域高[(35.62±6.28)% vs. (30.77±6.41)%], P=0.023。结论:IVIM参数f值可定量评估胎盘植入时的高灌注状态,亦可用于辅助诊断胎盘植入及植入部位。

[关键词] 胎盘植入;体素内不相干运动;磁共振成像

[中图分类号] R714.259

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2023)09-1285-06

doi: 10.7655/NYDXBNS20230916

胎盘植入性疾病(placenta accreta spectrum, PAS)是指绒毛异常黏附或侵入子宫肌层的一类疾病,根据侵入深度分为粘连、植入及穿透性植入,粘连是指绒毛附着于子宫肌层,未累及蜕膜;植入是指绒毛侵入肌层,蜕膜消失;穿透性植入是指绒毛穿透整个肌层直至浆膜层,甚至侵犯临近器官。随着剖宫产技术的广泛应用,胎盘植入性疾病的发生率逐年提高^[1-2]。PAS的并发症包括出血、子宫切除甚至死亡等,在植入部位累及宫颈处时发病率更高。Palacios等^[3]的研究表明子宫体及子宫颈的血供不同。在2019年腹部放射协会及欧洲泌尿生殖放射学协会关于胎盘植入性疾病磁共振(magnetic resonance, MR)成像的共识中明确定义以腹膜反折为解剖标志,在膀胱后壁中点作垂线可以将胎盘分为S1区(对应子宫体部)及S2区(对应子宫下段),并认为该分区对于手术方式及预后有重要意义^[4]。研究认为手术技术难度、失血量和手术结果不仅取决于胎盘浸润的深度,更取决于植入部位。因此产前准确诊断胎盘植入及植入部位有助于规划多学科

[基金项目] 江苏省妇幼健康重点学科(新生儿医学)项目
*通信作者(Corresponding author), E-mail: zm18901582106@126.com

科处理,选择合适的手术方式,减少并发症,优化产妇及新生儿的护理。体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)成像是一种不需要造影剂即可观测血流灌注的方法,该模型适用于具有高血容量分数、各向异性大、富血供的器官,结果以灌注分数(f)、灌注扩散系数(D^{*})及标准扩散系数(D)显示,是比较公认的用于定量研究胎盘灌注的技术。目前,IVIM已被应用于PAS的相关研究,但研究结果之间尚有差异,且部分研究样本量较小。此外,尚未有对不同区域PAS灌注差异的研究。本研究根据S1、S2区血供结合不同分区分析其灌注是否存在差异,从而为胎盘植入的诊断和后续治疗提供影像学依据。

1 对象和方法

1.1 对象

回顾性收集2018年6月—2022年9月在南京医科大学第一附属医院行MR检查(包含IVIM序列)并在本院生产的258例单胎妊娠孕晚期孕妇。纳入标准:①胎儿发育与胎龄一致;②手术记录或术后病理诊断为正常胎盘或具有胎盘植入性疾病。排除标准:①患者存在高血压、糖尿病或肾脏疾病(n=62);②确诊胎儿生长受限(n=56);③MR图像质量

差($n=5$);④临床数据缺失($n=22$)。最终纳入59例胎盘植入及54例非植入患者,共计113例进入最终分析。本研究经医院伦理委员会批准(2019-SR-426),所有孕妇或家属均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 MR扫描方法

采用西门子1.5TMR扫描仪,16通道体部线圈进行扫描。患者采取仰卧位,足先进,扫描范围从耻骨联合至宫底部。扫描序列有:①半傅里叶采集残次激发快速自旋回波(half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo, HASTE),行轴位、矢状、冠状位T2WI扫描,TR 1 400 ms、TE 92 ms,矩阵256×256,FOV 608 mm×320 mm,层厚4 mm。②T1加权梯度回声序列,行矢状位扫描,TR 8.4 ms、TE 3.2 ms,矩阵260×320,FOV 608 mm×320 mm,层厚4 mm。③T2加权自由游行序列,TR 5 ms,TE 2.5 ms;FA 70°,层厚3 mm。④DWI(b 值:0、800 s/mm²),行轴位扫描,TR 6 400 ms、TE 78 ms,矩阵228×228,FOV 608 mm×320 mm,层厚4 mm。⑤IVIM(B 值:0、50、100、200、300、400、500、600、700 s/mm²),行轴位扫描,TR 6 000 ms、TE 73.6 ms,矩阵144×144,FOV 760 mm×400 mm,层厚4 mm。

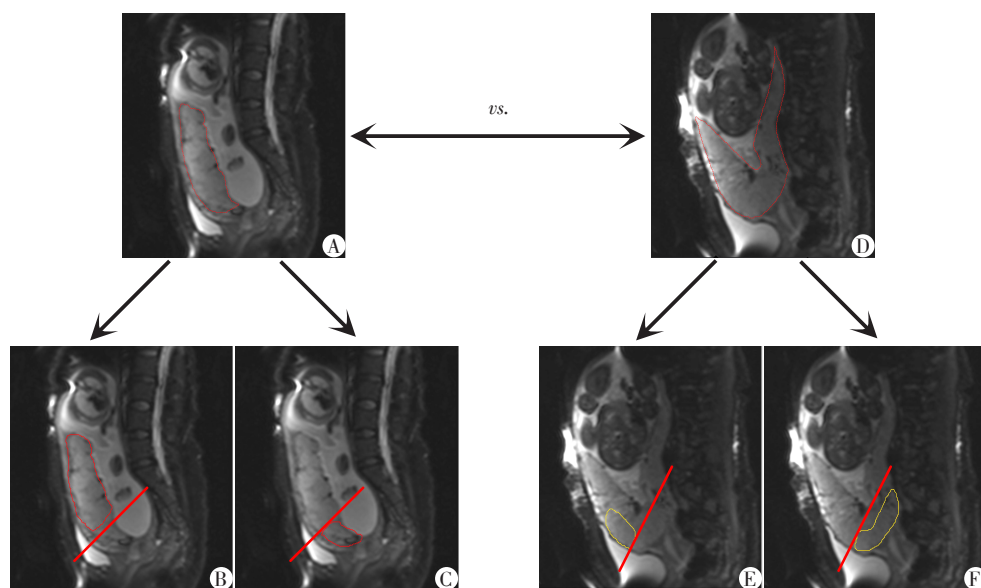
1.2.2 图像分析

根据手术及病理结果将病例分为非植入组及

胎盘植入组,结合HASTE序列,首先选取IVIM序列胎盘显示良好或植入区域显示最佳的最大3个层面,避开胎盘纤维化、囊变及出血区勾画胎盘整体作为胎盘植入组及非植入组的感兴趣区(region of interest, ROI),使用fire-voxel-394D软件测量获得灌注分数(f)、灌注扩散系数(D^*)及标准扩散系数(D),比较两组间灌注差异。其次,以膀胱后壁中点垂线可以将胎盘以腹膜反折为界分区:S1区域为胎盘位于腹膜反折以上的部位,S2区域为对应腹膜反折以下的部位。选择非植入组中15例包含S1和S2区域的胎盘,勾画S1区整体作为非植入组S1区域ROI,勾画S2整体作为非植入组S2区域ROI,ROI勾画原则与上述一致。将灌注结果进行组间比较。最后,根据手术记录及病理记录结合MR图像判断植入组中胎盘植入部位,选择同时存在S1区及S2区植入的22例患者,勾画腹膜反折以上的植入部位为S1植入区域,腹膜反折以下的植入部位为S2植入区域(图1),组间比较灌注差异。

1.3 统计学方法

采用SPSS 23.0统计学软件,采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)比较2名医生测量结果的一致性:<0.40为一致性较差;0.40~0.75为一致性中等;>0.75为一致性较好。采用配对样本 t 检验及Mann-Whitey U 检验比较临床基本特征



A~C:部分性前置胎盘不伴PAS患者(34岁,孕29周);D~F:完全性前置胎盘伴PAS患者(34岁,孕32周)。图中红色直线是用于胎盘分区的辅助线,以胎盘后壁中点作垂线将胎盘进行分区。ROI勾画以红色及黄色线条显示。A、D:勾画非植入组及胎盘植入组胎盘ROI。B、C:在非植入组中选取包含S1及S2区域的胎盘勾画(B图勾画患者腹膜反折以上整体作为非植入组S1区域ROI,C图勾画患者腹膜反折以下整体作为非植入组S2区域ROI)。E、F:在植入组中选取S1区及S2区同时植入的病例勾画(E图勾画腹膜反折以上的植入区域作为S1植入区域ROI,F图勾画腹膜反折以下的植入区域作为S2植入区域ROI)。

图1 ROI勾画方法

及灌注结果的差异。评估参数预测能力采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料

本研究共纳入 113 例患者, 其中非植入组 54 例, 胎盘植入组 59 例。胎盘植入组中粘连型 33 例, 植入型 22 例, 穿透性植入 4 例。非植入组中 15 例同时包含 S1 区及 S2 区, 余 39 例只包含 S1 区域。胎盘植入组中 14 例仅植入 S1 区域, 23 例仅植入 S2 区域, 22 例在 S1 区及 S2 区均有植入。非植入组及胎盘植入组患者临床资料的比较结果如表 1 所示。两组患者年龄及既往剖宫产史差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 胎盘植入组的宫腔操作史及体外受精-胚胎移植比例更大, 但差异无统计学意义。胎盘植入组的产时失血量、术中输注的红细胞及血浆量均显著高于非植入组 ($P < 0.05$)。

2.2 IVIM 结果

胎盘植入组与非植入组相比, 有更高的 f 值 ($P < 0.05$, 表 1), ROC 曲线下面积为 0.639, 以 30.36% 为阈值时灵敏度 61.02%, 特异度 72.22% (图 2)。两

组 D^* 、 D 值差异均无统计学意义 (表 1)。非植入组的不同分区之间灌注指标无明显差异 (表 2)。胎盘植入组 S1 植入区域、S2 植入区域之间 f 值差异有统计学意义 ($P < 0.05$), D^* 及 D 值之间差异无统计学意义 (表 3, 图 3)。ICC 显示观察者间 f 、 D^* 、 D 参数的一致性分别为 0.582、0.383、0.701, 其中 D^* 值上一致性较差, 其余参数一致性中等。

3 讨论

IVIM 由 Le Bihan 等^[5]首次提出, 他们认识到毛细血管内的血液流动也会模拟弥散过程, 最终影响 MR 的弥散测量, 此模型是在 DWI 的基础上, 用更多 b 值对信号强度衰减曲线进行双指数拟合, 拟合公式为 $S(b)/S(0) = f \times \exp(-b \times D^*) + (1-f) \times \exp(-b \times D)$, 反映水分子弥散及微循环灌注, 微循环灌注表现为慢速表观扩散系数 (D^*)、快速扩散所占容积分数 (f), 水分子的弥散表现为快速表观扩散系数 (D)。这项技术被广泛应用于脑、肝脏与肾脏肿瘤等相关研究中。Moore 等^[6]首先将 IVIM 技术应用于人体胎盘, 为后续研究奠定了基础。在胎盘中, 该技术主要用于测定胎盘灌注从而评估胎盘功能、预测临床预后, 进而影响临床决策, 改善孕产妇及新生儿的妊

表 1 非植入组与胎盘植入组临床资料及 IVIM 参数的比较

指标	非植入组 ($n=54$)	胎盘植入组 ($n=59$)	P 值
年龄 [$n(\%)$]			0.008
< 35 岁	44(81.48)	38(64.40)	
≥ 35 岁	10(18.52)	21(35.60)	
检查时孕周 [周, $M(P_{25}, P_{75})$]	34(32, 36)	34(32, 36)	0.804
既往剖宫产次数 [$n(\%)$]			< 0.001
0	37(68.51)	18(30.51)	
1	12(22.22)	34(57.63)	
≥ 2	5(9.27)	7(11.86)	
宫腔操作史 [$n(\%)$]			0.238
无	51(94.44)	49(83.05)	
有	3(5.56)	10(16.95)	
体外受精-胚胎移植 [$n(\%)$]			0.297
无	47(87.03)	47(79.66)	
有	7(12.96)	12(20.34)	
产时失血量 [$n(\%)$]			< 0.001
< 1 000 mL	53(98.14)	37(62.71)	
≥ 1 000 mL	1(1.86)	22(37.29)	
术中红细胞输注 [U, $M(P_{25}, P_{75})$]	0(0, 0)	0(0, 3)	< 0.001
术中血浆输注 [mL, $M(P_{25}, P_{75})$]	0(0, 0)	0(0, 375)	< 0.001
f [%, $M(P_{25}, P_{75})$]	28.76(26.35, 31.27)	31.35(27.30, 34.86)	0.011
D [$\times 10^{-3}$ mm ² /s, $M(P_{25}, P_{75})$]	1.71(1.58, 7.78)	1.72(1.61, 1.80)	0.260
D^* [$\times 10^{-3}$ mm ² /s, $M(P_{25}, P_{75})$]	131.19(93.94, 166.86)	121.12(89.65, 76.22)	0.446

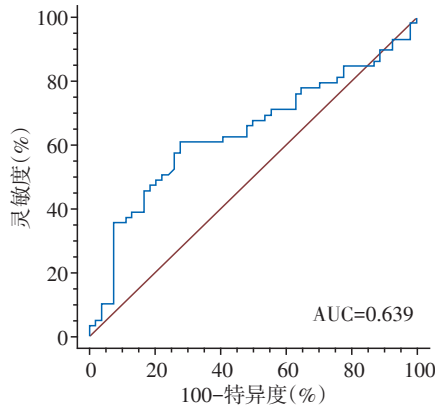


图2 f值的ROC曲线

妊娠结局,目前研究热点在胎儿宫内生长迟缓以及PAS中。既往研究发现,胎盘植入组f值会显著提高^[7-8],这与本研究结果一致。f值及D*在低b值时占主导,描述毛细血管网内的水分子运动,与毛细血管网的

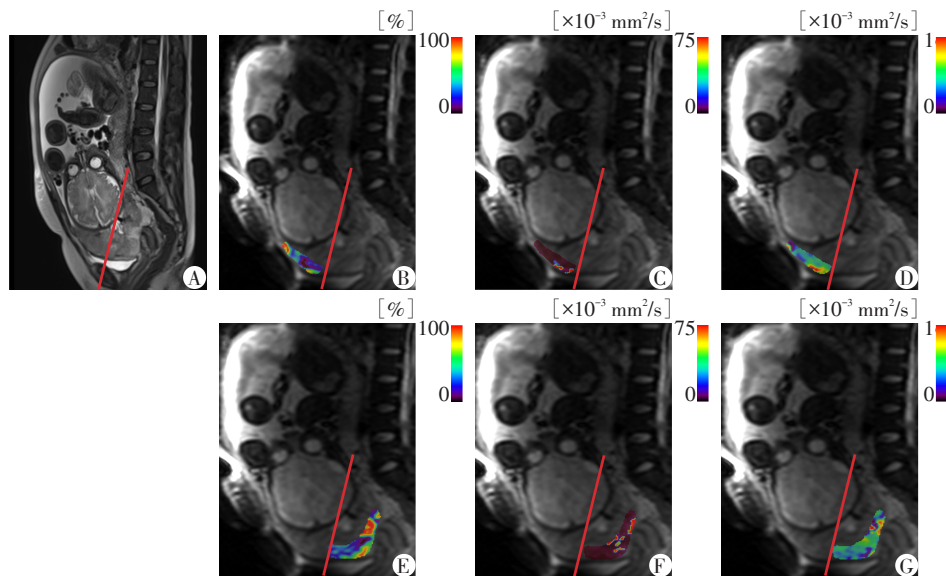
丰度及血液黏度密切相关,代表血流灌注,与胎盘血管化有关。胎盘植入时,f值升高可能是由于绒毛侵入肌层导致放射状血管及弓形血管的扩张,以及植入部位新生血管的形成^[9-10];也有研究表明胎盘植入时,血管在大小及分布上异质性更高,胎盘植入部位的血管更稀疏,管径更粗,异质性更大^[11]。本研究还表明非植入组S1区域及非植入组S2区域之间灌注无差异,说明胎盘没有植入时,胎盘的灌注不受分区影响。但是胎盘植入S2植入区域的f值高于S1植入区域,考虑是S1区域由子宫动脉及膀胱上动脉供血,S2区域由起自多根动脉(膀胱动脉及阴道动脉等)的吻合支供血^[12],在植入发生时,两者血供差异导致局部植入区灌注差异,植入部位的胎盘子宫交界面血管异常化具有差异性。既往研究显示S2区植入时子宫切除、输尿管损伤率、ICU收

表2 非植入组S1区域及非植入组S2区域IVIM结果

参数	非植入组S1区域(n=15)	非植入组S2区域(n=15)	($\bar{x} \pm s$)	P值
f(% , $\bar{x} \pm s$)	29.31 ± 3.80	33.39 ± 9.35		0.086
D($\times 10^{-3}$ mm ² /s, $\bar{x} \pm s$)	1.71 ± 0.16	1.76 ± 0.24		0.467
D* [$\times 10^{-3}$ mm ² /s, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	158.87(85.47, 212.11)	109.92(88.06, 193.44)		0.482

表3 胎盘植入组S1植入区域及S2植入区域IVIM结果

参数	S1植入区域(n=22)	S2植入区域(n=22)	($\bar{x} \pm s$)	P值
f(% , $\bar{x} \pm s$)	30.77 ± 6.41	35.62 ± 6.28		0.023
D($\times 10^{-3}$ mm ² /s, $\bar{x} \pm s$)	1.65 ± 0.18	1.67 ± 0.13		0.612
D* [$\times 10^{-3}$ mm ² /s, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	96.80(76.42, 165.00)	102.77(58.69, 183.59)		0.919



在S1区及S2区均有植入的患者(34岁,孕37周),A:T2WI矢状位图像,显示胎盘与子宫前壁、后壁下段及宫颈口分界不清,子宫肌层变薄,后壁下段局部膨出,术前MR诊断可疑植入,术中证实为S1区及S2区植入;B~D:显示S1植入区域的f值(B)、D*值(C)及D值(D)的结果,相应的伪彩色条对应值的范围;E~G:显示S2植入区域的f值(E)、D*值(F)及D值(G)的结果,相应的伪彩色条对应值的范围,S2植入区域f值37.42%(E图)高于S1植入区域f值25.47%(B图)。图中红色线条是用于胎盘分区的辅助线。

图3 胎盘植入患者S1植入区域及S2植入区域IVIM成像结果

住率、出血量及输血量都显著高于S1区植入,且S1区植入时采用子宫动脉栓塞即可有效控制出血,而S2区植入时该方法效果不佳,需要腹主动脉球囊栓塞^[13],因此,术前诊断植入部位可以有效辅助制定围产期治疗策略,采取合适的手术方式,有效改善产妇及新生儿预后。f值在不同植入部位的差异结果提示IVIM可能有助于临床诊断植入部位,具有研究价值。

关于D*值不同研究结果上存在一定差异性,有研究表明D*值在胎盘植入组及非植入组之间存在统计学差异^[14-15],而本研究及León等^[8]研究中D*值在各组间无明显差异。观察者间一致性显示在D*的测量上一致性较差。观察者间一致性较差以及研究结果之间的差异性可能与D*易受呼吸运动、场不均匀性、磁化率伪影等方面的影响,且与测量不稳定有关。

D值代表组织内弥散,在高b值时占主导,与分子布朗运动有关,受到细胞大小及细胞膜渗透性等组织生理学特征的影响。有研究中胎盘植入组与非植入组D值差异无统计学意义,提示胎盘扩散功能不受植入的影响^[14,16],本研究结果与之一致。

ROC曲线分析显示,用f值诊断胎盘植入性疾病时,曲线下面积为0.639,以30.36%为阈值时灵敏度为61.02%,特异度为72.22%,与其他研究结果相似,Lu等^[15]研究结果表明以32%为阈值时,灵敏度为64%,特异度为71%。IVIM作为定量模型,可以客观评估胎盘灌注,并且不同研究结果具有一致性,为诊断胎盘植入提供了新方法。但其作为单独模式评估胎盘是否伴有植入的优越性并不突出,因此计划进一步研究联合IVIM及常规MR影像是否可以提高诊断胎盘植入及植入部位的诊断效能。

基于既往研究结果,妊娠期糖尿病患者胎盘灌注与正常胎盘有差异^[17]。IVIM参数f值在先兆子痫患者中明显减低,在晚期子痫中则高于正常胎盘^[18],且子痫和慢性肾脏疾病之间存在双向关联^[19],胎儿生长受限的孕妇胎盘灌注降低^[20]。为避免这些情况对胎盘灌注的影响,在本研究中也将会合并上述疾病的患者排除。患有PAS的产妇术中出血量明显升高,大多是由于剥离胎盘过程中胎盘子宫循环中断以及子宫和其他器官的吻合支中断,出现手术中损伤以及凝血障碍时出血量进一步增加^[1]。本研究中胎盘植入组术中出血量明显高于非植入组,符合既往研究结果,结果中参数f升高提示胎盘植入时灌注增加,能在一定程度上解释此现象。一些研究通常将产时出血 $\geq 1\ 000$ mL作为产科不良结局之一^[21-22],本研究中非植入组有1例产时出血1 000 mL,该患者

孕期多次发生前置胎盘伴出血,在住院期间胎膜早破,患者要求下进行阴道试产,试产过程中阴道大量出血,后予急诊剖宫产术。胎盘植入组中37.29%的患者产时出血量 $\geq 1\ 000$ mL,且没有切除子宫病例,比相关文献^[23-24]预后要好,一方面是由于本研究中胎盘植入组中囊括了胎盘粘连,此类型植入浅,出血较少;另一方面则是由于完善的术前综合评估,对于B超和MR考虑胎盘植入深肌层甚至穿透的高风险人群,剖宫产时会联合腹主动脉球囊临时阻断术,大幅度减少了术中出血量及输血量,也为子宫修复争取了宝贵时间。随着样本量的扩大,以后会继续进行预后相关研究。

本研究存在一定不足:①本研究为单中心回顾性研究,不是前瞻性研究;由于纳入人群及ROI的严格限制,且一般只有前置胎盘才有S2区域,最终入组病例较少,因此没有对PAS进行分型分析;②尽管有手术及病理作为参照,人工勾画ROI仍旧存在不可避免的主观误差,需要更精准客观的测量方法进一步提高结果的准确性;③本研究人群主要为超声检查后PAS高危患者,由于MR不是一种筛查方法,结果可能存在偏倚。

精准诊断PAS以及制定产科管理计划时,联合IVIM技术是非常有必要且有价值的。胎盘植入累及S2区域时,由于空间狭窄、吻合血管丰富、植入区域与膀胱之间存在大量纤维组织等,手术中子宫切除、发生大出血导致患者生命垂危的风险极高^[25-26]。因此准确诊断植入区域能够提示在术前提前做好腹主动脉球囊临时阻断、输血准备等操作,做好围手术期管理,具有重要意义。而常规MR评估具有较大的主观性,十分依赖影像医师的临床经验,且观察者间一致性较低^[27]。本研究应用IVIM技术,发现不同区域胎盘植入的灌注存在差异,IVIM或许可以为临床诊断PAS及植入区域提供更多依据。

[参考文献]

- [1] FONSECA A, AYRESDE C D. Maternal morbidity and mortality due to placenta accreta spectrum disorders [J]. Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol, 2021, 72: 84-91
- [2] JAUNIAUX E, GRØNBECK L, BUNCE C, et al. Epidemiology of placenta previa accreta: a systematic review and meta-analysis [J]. BMJ Open, 2019, 9(11): e31193
- [3] PALACIOS J M, GARCÍA M R, BARBOSA N E, et al. Lower uterine blood supply: extrauterine anastomotic system and its application in surgical devascularization techniques [J]. Acta Obstet Gynecol Scand, 2007, 86 (2): 228-234

- [4] JHA P, PÖDER L, BOURGIOTI C, et al. Society of Abdominal Radiology (SAR) and European Society of Urogenital Radiology (ESUR) joint consensus statement for MR imaging of placenta accreta spectrum disorders [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(5): 2604–2615
- [5] LEBIHAN D, BRETON E, LALLEMAND D, et al. MR imaging of intravoxel incoherent motions: application to diffusion and perfusion in neurologic disorders [J]. *Radiology*, 1986, 161(2): 401–407
- [6] MOORE R J, ISSA B, TOKARCZUK P, et al. *In vivo* intravoxel incoherent motion measurements in the human placenta using echo-planar imaging at 0.5 T [J]. *Magn Reson Med*, 2000, 43(2): 295–302
- [7] LU T, SONG B, PU H, et al. Prognosticators of intravoxel incoherent motion (IVIM) MRI for adverse maternal and neonatal clinical outcomes in patients with placenta accreta spectrum disorders [J]. *Transl Androl Urol*, 2020, 9(2): 258–266
- [8] LEÓN R L, BROWN B P, PERSONH S A, et al. Intravoxel incoherent motion MR imaging analysis for diagnosis of placenta accrete spectrum disorders: a pilot feasibility study [J]. *Magn Reson Imaging*, 2021, 80: 26–32
- [9] JAUNIAUX E, ZOSMER N, SUBRAMANIAN D, et al. Ultrasound-histopathologic features of the utero-placental interface in placenta accreta spectrum [J]. *Placenta*, 2020, 97: 58–64
- [10] SCHWICKERT A, HENRICH W, VOGEL M, et al. Placenta percreta presents with neoangiogenesis of arteries with von willebrand factor-negative endothelium [J]. *Reprod Sci*, 2022, 29(4): 1136–1144
- [11] 曾 晚, 刘从容, 黄 欣, 等. 胎盘植入性疾病分子机制和病理诊断研究进展 [J]. *生殖医学杂志*, 2022, 31(2): 268–272
- [12] PALACIOS JARAQUEMADA J M, BRUNO C H. Magnetic resonance imaging in 300 cases of placenta accreta: surgical correlation of new findings [J]. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 2005, 84(8): 716–724
- [13] 周仲元, 王晓娟, 李秀芳. 腹主动脉球囊阻断术联合子宫重塑术治疗凶险性前置胎盘伴胎盘植入疗效 [J]. *中国计划生育学杂志*, 2022, 30(1): 189–192
- [14] BAO Y, PANG Y, SUN Z, et al. Functional diagnosis of placenta accreta by intravoxel incoherent motion model diffusion-weighted imaging [J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(2): 740–748
- [15] LU T, PU H, LI K D, et al. Can introvoxel incoherent motion MRI be used to differentiate patients with placenta accreta spectrum disorders? [J]. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2019, 19(1): 531
- [16] 路 涛, 蒲 红, 崔 威, 等. MRI体素内不相干运动对晚孕期凶险性前置胎盘胎盘血流灌注状态的初步研究 [J]. *临床放射学杂志*, 2019, 38(8): 1459–1462
- [17] 汤 敏, 张 鑫, 张小玲, 等. 基于MRI-IVIM评价妊娠期糖尿病胎盘灌注及扩散特征的研究 [J]. *临床放射学杂志*, 2021, 40(10): 1969–1973
- [18] SOHLBERG S, MULIC-LUTVICA A, LINDGREN P, et al. Placental perfusion in normal pregnancy and early and late preeclampsia: a magnetic resonance imaging study [J]. *Placenta*, 2014, 35(3): 202–206
- [19] DI LEO V, CAPACCIO F, GESUALDO L. Preeclampsia and glomerulonephritis: a bidirectional association [J]. *Curr Hypertens Rep*, 2020, 22(5): 36
- [20] CHEN T, ZHAO M, SONG J, et al. The effect of maternal hyperoxygenation on placental perfusion in normal and fetal growth restricted pregnancies using intravoxel incoherent motion [J]. *Placenta*, 2019, 88: 28–35
- [21] ZHENG W, ZHANG H, M A J, et al. Validation of a scoring system for prediction of obstetric complications in placenta accreta spectrum disorders [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2022, 35(21): 4149–4155
- [22] WU X, ZHOU R, LIN M, et al. The maximum length of T2-dark intraplacental bands may help predict intraoperative haemorrhage in pregnant women with placenta accreta spectrum (PAS) [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2022, 47(10): 3594–3603
- [23] BOURGIOTI C, ZAFEIROPOULOU K, FOTOPOULOS S, et al. MRI prognosticators for adverse maternal and neonatal clinical outcome in patients at high risk for placenta accreta spectrum (PAS) disorders [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2019, 50(2): 602–618
- [24] MILLER S E, LEONARD S A, MEZA P K, et al. Red blood cell transfusion in patients with placenta accreta spectrum: a systematic review and meta-analysis [J]. *Obstet Gynecol*, 2023, 141(1): 49–58
- [25] CHEN X, SHAN R, SONG Q, et al. Placenta percreta evaluated by MRI: correlation with maternal morbidity [J]. *Arch Gynecol Obstet*, 2020, 301(3): 851–857
- [26] PALACIOS-JARAQUEMADA J M, D'ANTONIO F, BUCA D, et al. Systematic review on near miss cases of placenta accreta spectrum disorders: correlation with invasion topography, prenatal imaging, and surgical outcome [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2020, 33(19): 3377–3384
- [27] FINAZZO F, D'ANTONIO F, MASSELLI G, et al. Interobserver agreement in MRI assessment of severity of placenta accreta spectrum disorders [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2020, 55(4): 467–473

[收稿日期] 2023-05-10

(本文编辑:陈汐敏)