

• 论著—临床研究 •
尿控盆底 MRI 检查在女性压力性尿失禁患者中的
临床价值评估*车英玉¹ 张静¹ 赵志恒¹ 吴玥¹ 杨子涛¹ 王庆伟² 朱文² 王钊宇² 单帅帅²
程敬亮¹ 文建国²

[摘要] 目的:基于动静盆底 MRI 评估女性压力性尿失禁(stress urinary incontinence, SUI)盆底结构的变化,并探讨盆底 MRI 相关参数对女性 SUI 的预测价值。方法:前瞻性收集 2020 年 7 月—2022 年 3 月于郑州大学第一附属医院经尿动力学检查诊断为 SUI 患者 51 例作为 SUI 组,选取同期年龄与之相匹配的健康志愿者 49 例作为对照组。所有患者及健康志愿者均行动态盆底 MRI 扫描,在静态和动态最大力排相上观察有无膀胱颈漏斗及尿道开放征,并测量尿道倾斜角(UIA)、膀胱颈(BN)到耻骨尾骨线(PCL)的距离(BN-PCL)、尿道中段括约肌(横纹肌和平滑肌)厚度以及功能尿道长度(FUL)、双侧耻骨直肠肌(PRM)厚度、骶尾肌(ICM)厚度、肛提肌裂孔最大横径(LHW)、提肛板角(LPA)、骶尾角(ICA)等。分析 2 组动静 MRI 测量值的差异,筛选影响 SUI 发生的参数,建立 ROC 曲线并计算相关参数的 AUC 值、灵敏度、特异度、最佳阈值,并分析相关参数与尿动力学检查漏尿点压力(VLPP)的相关性。结果:膀胱尿道相关参数中,SUI 组的尿道中段横纹肌厚度、静态及动态最大力排相 FUL 值、静态及动态最大力排相 BN-PCL 值均较对照组小($P < 0.05$);SUI 组静态及动态最大力排相 UIA 值、UIA 差值、FUL 差值及 BN-PCL 差值均较对照组大($P < 0.05$);SUI 组静态及动态最大力排相膀胱颈漏斗征阳性率、动态最大力排相尿道开放征阳性率均大于对照组。肛提肌相关参数中,SUI 组双侧 PRM 厚度均较对照组小($P < 0.05$);SUI 组 LHW、静态及动态最大力排相 LPA 值、LPA 差值均较对照组增大($P < 0.05$)。动态最大力排相 BN-PCL、UIA、FUL 和尿道开放征的 AUC 值分别为 0.849、0.838、0.857 及 0.735;灵敏度分别为 81.6%、78.4%、80.2%、49.0%;特异度分别为 71.4%、75.5%、77.6%、98.0%。以上 4 个盆底参数分别进行 2 个、3 个和 4 个参数组合进行 ROC 曲线分析时,任意参数联合诊断效能均大于单项参数,其中 BN-PCL+UIA+FUL 参数联合评估是预测 SUI 的最佳指标。动态最大力排相 UIA 与 VLPP 呈负相关($r_s = -0.431, P < 0.05$);动态最大力排相 FUL 与 VLPP 呈正相关($r_s = 0.395, P < 0.05$)。结论:MRI 检查可以清楚显示盆底结构变化,利用盆底多种参数联合应用分析,能够明显提高对 SUI 的预测效能,并为进一步探讨女性 SUI 发病机制提供依据。

[关键词] 磁共振成像;压力性尿失禁;肛提肌;尿道;诊断

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2023.06.014

[中图分类号] R694 [文献标志码] A

Evaluation of the clinical value of pelvic floor MRI in female stress
urinary incontinenceCHE Yingyu¹ ZHANG Jing¹ ZHAO Zhiheng¹ WU Yue¹ YANG Zitao¹ WANG Qingwei²
ZHU Wen² WANG Chuanyu² SHAN Shuashuai² CHENG Jingliang¹ WEN Jianguo²⁽¹⁾Department of Magnetic Resonance Imaging, First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, 450052, China; ⁽²⁾Department of Urology, First Affiliated Hospital of Zhengzhou University)

Corresponding author: CHE Yingyu, E-mail: cheyingyujia@126.com

Abstract Objective: To evaluate the changes of pelvic floor structure of female stress urinary incontinence (SUI) based on dynamic and static pelvic floor MRI, and to explore the predictive value of pelvic floor MRI-related parameters for SUI. **Methods:** From July 2020 to March 2022, 51 patients with SUI diagnosed by urodynamic examination in First Affiliated Hospital of Zhengzhou University were prospectively collected as the SUI group, and 49 age-matched healthy volunteers were selected as the control group during the same period. All patients and healthy volunteers were scanned by static and dynamic pelvic floor MRI. The presence of bladder neck funneling

*基金项目:国家自然科学基金(No:U1904208)

¹郑州大学第一附属医院磁共振科(郑州,450052)²郑州大学第一附属医院泌尿外科

通信作者:车英玉, E-mail: cheyingyujia@126.com

and urethral opening sign were observed on static and maximal strain phase of dynamic MRI, and the urethral inclination angle (UIA), bladder neck (BN) to pubococcygeal line (PCL) distance (BN-PCL), midurethral sphincter (striated muscle and smooth muscle) thickness and functional urethral length (FUL), bilateral puborectalis muscle (PRM) thickness, iliococcygeus muscle (ICM) thickness, levator hiatus width (LHW), levator plate angle (LPA), iliococcygeal angle (ICA), etc. The differences between the two groups of dynamic and static MRI measurements were analyzed, then parameters affecting the occurrence of SUI were selected. The ROC curve was established and the AUC value, sensitivity, specificity and optimal threshold of relevant parameters were calculated. The correlation between relevant parameters and Valsalva leak point pressure (VLPP) was analyzed. **Results:** Among the parameters related to the bladder and urethra: the thickness of the striated muscle in the middle urethra, the FUL value of the static and maximal strain phase of dynamic MRI, and the BN-PCL value of the static and maximal strain phase of dynamic MRI of the SUI group were significantly decreased ($P < 0.05$). The UIA and the difference of UIA, FUL and BN-PCL values between static status and maximal strain phase were significantly increased ($P < 0.05$). The positive rate of bladder neck funnel in static status and maximal strain phase, urethral opening in maximal strain phase of SUI group increased significantly. Among the parameters related to the levator ani muscle: the bilateral PRM thickness in the SUI group were smaller than that in the control group ($P < 0.05$). The LHW, the static and maximal strain phase LPA value and LPA difference in the SUI group were larger than those in the control group ($P < 0.05$). The AUC values of BN-PCL, UIA, FUL and urethral opening sign on maximal strain phase of dynamic MRI were 0.849, 0.838, 0.857 and 0.735, respectively; the sensitivity were 81.6%, 78.4%, 80.2%, 49.0%; the specificity were 71.4%, 75.5%, 77.6%, and 98.0%, respectively. When the above four pelvic floor parameters were analyzed with two, three and four parameters, the combined diagnostic efficiency of any parameter was greater than a single parameter, among which the combined evaluation of BN-PCL+UIA+FUL parameters was the best index to predict SUI. The UIA on maximal strain phase of dynamic MRI was negatively correlated with VLPP ($r_s = -0.431, P < 0.05$), while the FUL on maximal strain phase was positively correlated with VLPP ($r_s = 0.395, P < 0.05$). **Conclusion:** MRI examination can clearly show the structural changes of the pelvic floor. The combined application and analysis of multiple parameters of the pelvic floor can significantly improve the prediction efficiency of SUI, and provide a basis for further exploring the pathogenesis of female SUI.

Key words magnetic resonance imaging; stress urinary incontinence; levator ani muscle; urethra; diagnosis

压力性尿失禁(stress urinary incontinence, SUI)是打喷嚏、咳嗽或运动等腹压增高时出现不自主的尿液自尿道外口漏出。尿动力学检查表现为充盈性膀胱测压时,在腹压增加而逼尿肌稳定性良好的情况下出现不随意漏尿。据文献报道,SUI发病率约为48%(29%~75%)^[1],不同年龄阶段的女性均可出现,多见于孕产后及绝经后女性^[2-3],且其患病率随年龄的增加而呈上升趋势,随着全球老龄化的加剧,SUI的患病率急剧上升,将严重影响患者的日常工作和生活。

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)技术具有较高的软组织、时间及空间分辨力等其他检查不具备的优势,能对复杂的盆底解剖结构做出全面精准的评估,并越来越多地被建议作为盆底功能障碍的辅助诊断工具^[4]。以往国内外关于MRI检查对SUI的研究多集中于盆底结构形态、径线、角度的变化,而利用MRI技术探讨女性SUI诊断标准的文献鲜有报道。因此本研究利用动静态MRI技术评估盆底形态结构,初步探讨盆底MRI参数对SUI的预测价值及最佳阈值,并与尿动力学检查结果进行相关性分析,为临床医生对SUI的诊断及治疗方案提供重要的科学依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

前瞻性收集2020年7月—2022年2月于郑州大学第一附属医院经临床诊断为SUI的女性患者51例作为SUI组,年龄32~79岁,平均(52.88±10.84)岁。SUI组纳入标准:①腹压突然增高时(如用力、咳嗽、打喷嚏、大笑等),出现溢尿(或漏

尿)症状;②经专科检查和尿动力学检查一致确诊。SUI组排除标准:①MRI检查禁忌证;②除剖宫产外其他盆腔手术史;③经过SUI手术治疗;④盆腔内占位;⑤合并症如膀胱过度活动症、急迫性尿失禁和中重度盆腔器官脱垂。选取同期年龄与之相匹配的健康志愿者49例作为对照组,年龄30~65岁,平均(51.22±6.44)岁,对照组纳入标准:①经过国际尿失禁咨询委员会尿失禁问卷(ICI-Q-LF)调查证实无SUI症状;②无盆底功能障碍疾病。对照组排除标准同SUI组。对所有受试者均行动静态盆底MRI检查。本研究经过医院伦理委员会审核批准(No:2021KY0133002),并所有受试者均签署知情同意书。

1.2 MR检查方法

采用德国西门子公司3.0T磁共振扫描仪(Siemens Healthcare, Skyra, Erlangen, Germany)进行扫描,受试者取仰卧位,头先进,使用18通道相控阵腹部线圈,在检查前30 min嘱受检者排空膀胱并充分训练提肛及屏气后尽最大力排空膀胱和直肠的动作(Valsalva动作)。

扫描序列及参数:静态扫描,采用快速自旋回波(TSE)序列分别进行横断位、矢状位及冠状位T2WI扫描。扫描参数:TR 2200 ms,TE 86 ms,FOV 240 mm×240 mm,矩阵384×257,层厚3 mm,层间距0.6 mm。动态扫描,采用半傅里叶采集单次激发快速自旋回波(HASTE)序列行经尿道矢状位扫描。扫描参数:TR 2000 ms,TE 197 ms,FOV 280 mm×280 mm,矩阵320×288,层厚12 mm,层数1,扫描时间40 s。嘱受试者在一次扫

描时间内反复做 Valsalva 动作,共获得 20 个期相动态图像,重复扫描该序列 3 次,以便获取膀胱颈下降最大(最大力排相)的图像数据。

1.3 MRI 图像分析及测量

1.3.1 膀胱和尿道相关参数尿道倾斜角 人体长轴与尿道纵轴的夹角,在显示尿道长轴最佳 T2WI 矢状位图像上分别测量静态和动态最大力排相的尿道倾斜角(urethral inclination angle,UIA),若 UIA 角开口向上取负值,反之取正值(图 1a、b);膀胱颈(bladder neck,BN)到耻骨尾骨线(pubococcygeal line,PCL)的垂直距离(BN-PCL);于 T2WI 矢状位图像上分别测量静态和动态最大力排相上的 BN-PCL,若 BN 在 PCL 线之上为正值,反之则为负值(图 1c、d);尿道中段横纹肌厚度:在静态 T2WI 横断位图像上测量尿道中段层面的尿道横纹肌厚度,尿道横纹肌表现为尿道最外层的环形低信号(图 1e);尿道中段平滑肌厚度:在静态 T2WI 横断位图像上测量尿道中段层面的尿道平滑肌厚度,尿道平滑肌表现为尿道中间层较厚的环形稍高信号(图 1e);功能尿道长度(functional urethra length,FUL):在显示尿道长轴最佳矢状位图像上测量静态和动态最大力排相尿道括约肌覆盖的长度,即膀胱颈最低点(尿道内口)沿尿道长轴至稍低-稍高信号交界处的长度(图 1f);膀胱颈漏斗征:为膀胱颈-尿道内口扩张而呈漏斗状改变。在显示尿道长轴最佳矢状位图像上观察静态和动态最大力排相是否出现膀胱颈漏斗征,出现即为阳性(+),反之为阴性(-)(图 1g);尿道开放征:在显示尿道长轴最佳矢状位图像上观察静态和动态最大力排相尿道是否开放,开放即为阳性(+),反之为阴性(-)(图 1h)。

1.3.2 肛提肌(levator ani muscle,LAM)相关参数耻骨直肠肌(puborectalis muscle,PRM)厚度 于静态 T2WI 横断位图像上选取最厚的平面,在平阴道水平区以垂直肌肉的走行方向测量 PRM 厚度(图 2a);髂尾肌(iliococcygeal muscle,ICM)厚度:于静态 T2WI 冠状位图像上选取 ICM 显示最厚的平面,以垂直肌肉的走行方向测量其厚度(图 2b);提肛板角(levator ani plate angle,LPA):提肛板与水平方向的夹角,提肛板是髂尾肌后部的纤维逐渐收缩形成坚固的板样结构,于 T2WI 正中矢状位图像上分别测量静态和动态最大力排相 LPA(图 2c);髂尾角(iliococcygeal angle,ICA):ICM 和骨盆水平面(连接双侧骨标记如坐骨结节或股骨头的线)之间的角度,于静态 T2WI 冠状位图像上测量 ICA(图 2d);肛提肌裂孔最大横径(levator hiatus width,LHW):肛提肌裂孔是由耻骨联合、肛管直肠交界处、两侧耻骨直肠肌及耻骨直肠内脏肌的内侧围成的区域,于静态 T2WI 横断位图像上选取耻骨联合下缘的平面,测量两侧耻骨直肠肌内缘间最宽处的距离(图 2e)。

图像分析及数据测量由 1 名研究生和 1 名具

有丰富阅片经验的影像医生完成,分别测量每位患者和健康志愿者盆底相关参数 3 次后取平均值,最终数据为二者测量结果的平均值。膀胱颈漏斗及尿道开放征取二者共同一致意见进行记录。

1.4 尿动力学检查方法

所有 SUI 组患者使用加拿大 Laborie 尿动力学检查仪,依据世界尿控协会(International Continence Society,ICS)推荐的尿动力学检查标准程序进行。患者排空膀胱,测量排尿后残余尿量,然后患者置入膀胱三腔 10 号测压管和直肠腹压测压管,以 50 mL/min 的速度注入室温生理盐水灌注膀胱,灌注至 200 mL 时,得到 Valsalva 漏尿点压力(VLPP)。最终对确诊 SUI 患者得到的 VLPP 进行记录。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析与处理。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验对资料进行正态性分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 表示,组间比较采用两独立样本 *t* 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用 logistic 回归分析筛选影响 SUI 发生的参数。绘制各参数诊断 SUI 的受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线,计算曲线下面积(the area under the curve,AUC)、灵敏度、特异度及最佳阈值。当 AUC 值 ≤ 0.5 时,提示无诊断价值; $0.5 < \text{AUC} \leq 0.7$ 时,提示诊断准确性较低; $0.7 < \text{AUC} \leq 0.9$ 时,提示诊断有一定的准确性;AUC 值 > 0.9 时,提示诊断准确性较高。对 VLPP 进行正态性检验,使用 Pearson 或 Spearman 相关系数分析影响 SUI 发生的盆底 MRI 参数与 VLPP 的相关性,如果数据满足正态分布,使用 Pearson 相关系数,否则使用 Spearman 相关系数。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 SUI 组与对照组临床资料

SUI 组与对照组在年龄、绝经情况、产次及分娩方式方面比较差异无统计学意义($P > 0.05$);2 组体重指数(BMI)比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 SUI 组与对照组动静态 MRI 膀胱尿道相关评估参数的比较结果

SUI 组中段尿道横纹肌厚度、静态及动态最大力排相 FUL 值和静态及动态最大力排相 BN-PCL 值均较对照组小,差异有统计学意义($P < 0.05$);SUI 组静态及动态最大力排相 UIA 值、FUL 差值、UIA 差值及 BN-PCL 差值均较对照组大,差异有统计学意义($P < 0.05$);2 组尿道中段平滑肌肌厚度比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

SUI 组静态和动态最大力排相膀胱颈漏斗征阳性率、动态最大力排相尿道开放征阳性率均大于对

照组,差异有统计学意义($P < 0.05$);在静态 MRI 上 2 组均未出现尿道开放征;静态膀胱颈漏斗征阳性者在最大力排相上的征象更加明显。对照组中有 1 例在最大力排相出现尿道开放征。见表 3。

2.3 SUI 组与对照组动静态 MRI 肛提肌相关评估参数的比较结果

SUI 组双侧 PRM 厚度均较对照组小,差异有统计学意义($P < 0.05$);SUI 组 LHW、静态及动态最大力排相 LPA 值、LPA 差值均较对照组大,差异有统计学意义($P < 0.05$);2 组双侧 ICM 厚度、双侧 ICA 比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 4。

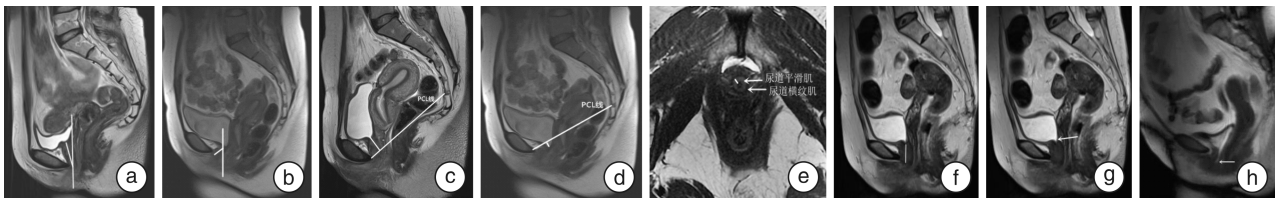
2.4 盆底 MRI 参数多因素分析及 ROC 曲线分析

根据以上分析结果,将中段尿道横纹肌厚度、PRM 厚度、LHW、静态及动态最大力排相 FUL 值、BN-PCL 值、UIA 值、LPA 值、膀胱颈漏斗征及尿道开放征、UIA 差值、BN-PCL 差值及 FUL 差值、LPA 差值,经过二元 logistic 回归分析显示与 SUI 发生显著相关的参数分别为:动态最大力排相 BN-PCL 减小 ($OR = 1.532, 95\% CI: 1.104 \sim 2.128$)、UIA 增大 ($OR = 0.837, 95\% CI: 0.724 \sim 0.968$)、FUL 缩短 ($OR = 1.409, 95\% CI: 1.179 \sim 1.685$)及尿道开放征 ($OR = 11.889, 95\% CI: 1.470 \sim 150.821$),得出 logistic 回归方程: $Logit(P) = -0.427 \times a + 0.188 \times b - 0.393 \times c + 2.914 \times d$,其中 P 为发生 SUI 概率,a 为 BN-PCL,b 为 UIA,c 为 FUL,d 为尿道开放征。见表 5。

经 ROC 曲线分析相关盆底参数对 SUI 发生的预测价值,结果显示,动态最大力排相 BN-PCL 和 UIA、FUL、尿道开放征的 AUC 值分别为 0.849、0.838、0.857 及 0.735,提示以上参数对 SUI 诊断有一定的准确性;诊断产后 SUI 的灵敏度分别为 81.6%、78.4%、80.2%、49.0%;特异度分别为 71.4%、75.5%、77.6%、98.0%;动态最大力排相 BN-PCL 和 UIA、FUL 最佳阈值分别为 -6.85 mm 、 35.58° 、 22.51 mm 。对以上 4 个盆底参数分别进行 2、3 和 4 个参数组合进行 ROC 曲线分析显示 AUC 均 > 0.9 ,说明任意参数联合诊断效能均大于单项参数,其中 2 个参数联合诊断时,UIA+FUL 的灵敏度最高为 90.9%;3 个参数联合诊断时灵敏度均 $> 90\%$;而 4 个参数联合诊断与 3 个联合诊断相比,其 AUC 值、灵敏度、特异度并未见明显提高。见表 6、图 3。

2.5 尿动力学检查 VLPP 与 MRI 参数相关性分析

VLPP 经正态性检验不符合正态分布,使用 Spearman 相关系数分析 VLPP 与动态最大力排相 BN-PCL 之间的相关性,结果显示两者无显著相关性 ($r_s = -0.273, P = 0.052$)。使用 Spearman 相关系数分析 VLPP 与动态最大力排相 UIA 和动态最大力排相 FUL 之间的相关性,结果显示动态最大力排相 UIA 与 VLPP 呈负相关 ($r_s = -0.431, P = 0.002$);动态最大力排相 FUL 与 VLPP 呈正相关 ($r_s = 0.395, P = 0.004$)。见图 4。



a,b:T2WI 尿道长轴最佳矢状位图像,UIA 为人体长轴与尿道纵轴的夹角(a:UIA 为负值;b:UIA 为正值);c,d:T2WI 尿道正中矢状面图像,BN-PCL 为 BN 到 PCL 的垂直距离(c:静态 BN-PCL 为正值;d:动态最大力排相上 BN-PCL 为负值);e:T2WI 横断面尿道中段层面图像,尿道横纹肌表现为尿道最外层环形低信号,尿道平滑肌表现为尿道中间层较厚的环形稍高信号,白线示尿道平滑肌的厚度,红线示横纹肌厚度;f:T2WI 尿道长轴最佳矢状位图像,FUL 为膀胱颈最低点(尿道内口)沿尿道长轴至稍低-稍高信号交界处的长度(白线);g:T2WI 尿道正中矢状面图像,膀胱颈漏斗征阳性为膀胱颈-尿道内口扩张呈漏斗状改变(↑);h:动态最大力排相上可见尿道开放(↑)。

图 1 膀胱和尿道相关参数示意图



a:T2WI 横断位 PRM 最厚平面图像,左、右侧 PRM 的厚度;b:T2WI 冠状位 ICM 最厚平面图像,左、右侧 ICM 的厚度;c:T2WI 正中矢状位图像,LPA 为提肛板与水平方向的夹角;d:T2WI 冠状位图像,ICA 为 ICM 和骨盆水平面(连接双侧骨标记如坐骨结节或股骨头的线)之间的角度;e:T2WI 横断位经耻骨联合下缘平面图像,LHW 为两侧耻骨直肠肌内缘间最宽处的距离。

图 2 肛提肌相关参数示意图

表 1 SUI 组与对照组临床资料比较

项目	SUI 组(51 例)	对照组(49 例)	例(%), $\bar{X} \pm S, M(P_{25}, P_{75})$	
			$t/Z/\chi^2$	P 值
年龄/岁	52.88±10.84	51.22±6.44	0.934	0.353
BMI/(kg/m ²)	25.03±3.35	22.71±2.51	4.384	<0.001
绝经情况			0.918	0.632
未绝经	12(23.53)	12(24.49)		
围绝经	11(21.57)	7(14.29)		
绝经	28(54.90)	30(61.22)		
产次	2(2,3)	2(2,2)	-1.120	0.263
分娩方式				
阴道次数	2(1,2)	2(1,2)	-0.098	0.922
剖宫产次数	0(0,1)	0(0,1)	-9.140	0.361

表 2 SUI 组与对照组动静态 MRI 膀胱尿道相关参数比较

参数	SUI 组(51 例)	对照组(49 例)	$\bar{X} \pm S, M(P_{25}, P_{75})$	
			t/Z 值	P 值
尿道中段横纹肌厚度(静态)	2.05±0.37	2.46±0.36	-5.640	<0.001
尿道中段平滑肌肌厚度(静态)	4.19±0.61	4.30±0.78	-0.816	0.417
FUL(静态)	26.32±2.69	29.65±2.42	-6.478	<0.001
FUL(动态最大力排相)	18.04±3.48	23.97±4.09	-7.809	<0.001
FUL(差值)	8.27±3.81	5.67±3.47	-3.558	0.001
UIA(静态)	6.21(-6.12,9.95)	-5.37(-10.26,4.54)	-3.075	0.002
UIA(动态最大力排相)	51.07±19.15	28.13±15.76	6.522	<0.001
UIA(差值)	50.96(41.60,69.19)	30.11(22.99,35.35)	-5.220	<0.001
BN-PCL(静态)	16.01±6.13	20.31±4.23	-4.061	<0.001
BN-PCL(动态最大力排相)	-3.65(-9.27,5.01)	13.21(4.78,15.55)	-6.127	<0.001
BN-PCL(差值)	17.49(13.97,23.12)	7.87(6.26,13.31)	-5.130	<0.001

表 3 SUI 组与对照组膀胱漏斗及尿道开放征阳性率比较

组别	例数	例(%)							
		静态膀胱颈漏斗征		动态最大力排相膀胱颈漏斗征		静态尿道开放征		动态最大力排相尿道开放征	
		+	-	+	-	+	-	+	-
SUI 组	51	41(80.39)	10(19.61)	51(100.00)	0	0	51(100.00)	25(49.02)	26(50.98)
对照组	49	21(42.86)	28(57.14)	25(51.02)	24(48.98)	0	49(100.00)	1(2.04)	48(97.96)
χ^2 值		14.944		32.868				28.666	
P 值		<0.001		<0.001				<0.001	

表 4 SUI 组与对照组动静态 MRI 肛提肌相关参数比较

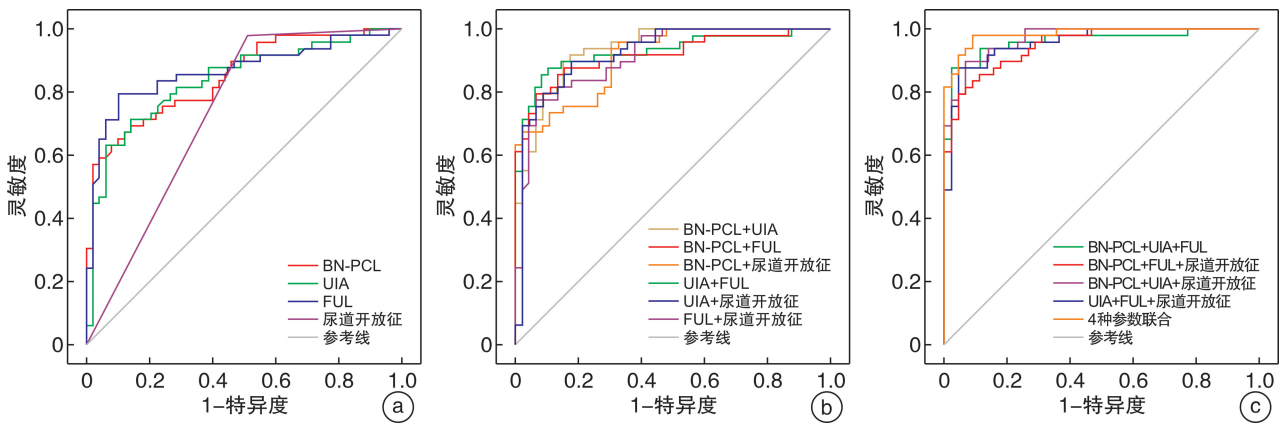
参数	SUI 组(51 例)	对照组(49 例)	$\bar{X} \pm S, M(P_{25}, P_{75})$	
			t/Z 值	P 值
PRM-L(静态)	6.24±1.91	7.21±2.18	-2.358	0.020
PRM-R(静态)	5.56±1.70	6.67±1.88	-3.095	0.003
ICM-L(静态)	3.37±1.13	3.62±1.02	-1.135	0.259
ICM-R(静态)	3.33±1.06	3.61±1.01	-1.397	0.166
LHW(静态)	35.97±4.60	32.20±3.39	4.645	<0.001
ICA-L(静态)	38.01±7.15	37.26±8.50	0.474	0.637
ICA-R(静态)	37.87±8.03	36.41±7.99	0.914	0.363
LPA(静态)	35.86±6.75	31.16±4.19	4.198	<0.001
LPA(动态最大力排相)	50.87±9.51	41.58±5.37	6.037	<0.001
LPA(差值)	13.27(8.96,22.11)	10.01(7.99,12.09)	-2.786	0.005

表 5 影响 SUI 发生的盆底参数 logistic 回归分析结果

参数	B	SE	P 值	OR	$OR(95\%CI)$	
					下限	上限
BN-PCL(动态最大力排相)	-0.427	0.167	0.011	1.532	1.104	2.128
UIA(动态最大力排相)	0.188	0.074	0.017	0.837	0.724	0.968
FUL(动态最大力排相)	-0.393	0.173	0.020	1.409	1.179	1.685
尿道开放征(动态最大力排相)	2.914	1.179	0.016	11.889	1.470	150.821

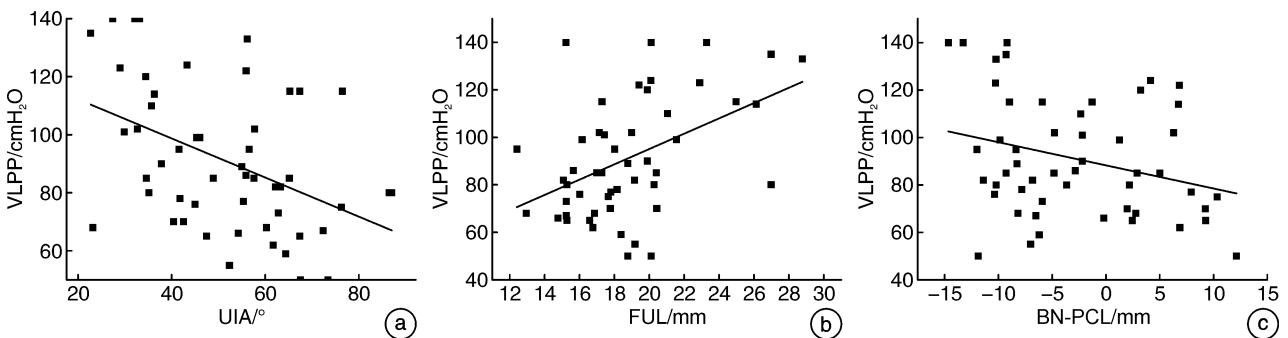
表 6 盆底 MRI 参数诊断 SUI 的 ROC 曲线分析结果

参数	AUC 值	最佳阈值	灵敏度	特异度	约登指数
BN-PCL(动态最大力排相)	0.849	-6.85	81.6%	71.4%	0.553
UIA(动态最大力排相)	0.838	35.58	78.4%	75.5%	0.539
FUL(动态最大力排相)	0.857	22.51	80.2%	77.6%	0.637
尿道开放征(动态最大力排相)	0.735	-	49.0%	98.0%	0.470
BN-PCL+UIA	0.936	0.476	84.4%	86.0%	0.675
BN-PCL+FUL	0.918	0.463	84.7%	85.2%	0.702
BN-PCL+尿道开放征	0.910	0.356	75.1%	92.1%	0.641
UIA+FUL	0.929	0.571	90.9%	84.5%	0.754
UIA+尿道开放征	0.923	0.464	82.0%	88.1%	0.729
FUL+尿道开放征	0.911	0.585	85.9%	79.8%	0.678
BN-PCL+UIA+FUL	0.962	0.786	97.9%	84.7%	0.781
BN-PCL+UIA+尿道开放征	0.966	0.649	93.6%	87.2%	0.765
UIA+FUL+尿道开放征	0.955	0.752	94.2%	82.5%	0.781
BN-PCL+FUL+尿道开放征	0.951	0.642	92.6%	83.7%	0.689
4 种参数联合	0.982	0.469	90.4%	89.3%	0.831



a:4 个单独参数的 ROC 曲线分析图;b:2 个参数组合的 ROC 曲线分析图;c:3 个参数与所有 4 个参数组合的 ROC 曲线分析图。

图 3 预测 SUI 参数的 ROC 曲线分析图



a:动态最大力排相 UIA 与 VLPP 呈负相关($r_s = -0.431, P < 0.05$);b:动态最大力排相 FUL 与 VLPP 呈正相关($r_s = 0.395, P < 0.05$)。c:动态最大力排相 BN-PCL 与 VLPP 间无显著相关性($r_s = -0.273, P > 0.05$)。

图 4 尿动力学检查 VLPP 与动态最大力排相 UIA、FUL、BN-PCL 相关性分析散点图

3 讨论

SUI 的发生是多因素的,目前其发病机制尚未完全清楚。以往国内外学者认为除尿道支持结构与 SUI 发生有关外,膀胱颈和尿道功能在 SUI 发生中起着同样重要的作用^[5-6]。因此,探讨 SUI 患者 LAM 及尿道括约肌的结构变化并进一步了解

盆底 MRI 相关参数对其预测价值极为必要。由于 LAM 及尿道括约肌内含有雌激素受体及受孕产史的影响较大,为了避免这些混杂因素,本研究中 SUI 组的年龄、绝经情况、产次和分娩方式与对照组并无明显差异。而 BMI 的增加已被证明是 SUI 的独立危险因素^[7-8],本研究中 SUI 组 BMI 明显高

于对照组。

3.1 SUI 患者膀胱尿道动静态 MRI 相关参数的变化特征

前期研究已经发现尿道中段横纹肌变薄可导致其收缩功能减弱,当无法抵抗腹压突然增高时,则会出现 SUI^[9]。另外 SUI 患者存在膀胱漏斗征较为常见,但无症状者也可存在,并且目前尚缺乏对膀胱颈漏斗进行量化的标准化方法,故不能将其作为 SUI 特有征象。FUL 明显缩短则提示尿道内闭合压降低及腹压传导障碍,导致腹压增大时膀胱压力高于尿道内压力,从而促使 SUI 的发生^[9]。

膀胱颈尿道位于正常的位置对维持尿控至关重要。UIA 反映尿道活动性常用指标,正常女性的 UIA $\leq 30^\circ$,当静息状态及最大力排相 $>30^\circ$ 时,代表着尿道过度活动^[10]。尿道过度活动、BN 位置下移亦可导致腹部压力不能有效传至尿道,使尿道闭合压减小^[11]。本研究结果显示 SUI 组静态和动态最大力排相 UIA 及 UIA 差值均明显大于对照组,其中 SUI 组动态最大力排相 UIA 及 UIA 差值均 $>30^\circ$,提示 SUI 患者表现为尿道过度活动,与李敏等^[12]研究结果一致。Li 等^[13]研究发现 SUI 组的 BN 位置在静态及动态最大力排相上明显下降并且动静态 BN 位置差值明显增大,本研究与 Li 等结果一致。

3.2 SUI 患者肛提肌动静态 MRI 相关参数的变化特征

LAM 是一个主要为横纹肌的复合体肌群,当腹压突然增高时 LAM 快速收缩以压迫尿道、阴道和直肠使肛提肌裂孔关闭,进而防止漏尿及盆腔内器官脱垂。本研究发现 SUI 组双侧 PRM 厚度均较对照组小,与 Yaşar 等^[14]研究结果一致,认为可能是因阴部神经去神经支配引起的肌肉萎缩或 PRM 损伤引起的肌肉缺失所致。国内外文献报道 LPA、ICA 及 LHW 能反映 LAM 的功能状况,并已证实 LAM 损伤与盆腔器官脱垂密切相关,而以上 LAM 功能参数在 SUI 患者中的变化报道尚不一致^[13,15]。Singh 等^[16]认为髂尾肌主要功能是支撑盆腔内器官,而耻骨直肠肌具有括约肌的功能,损伤时则可能导致 SUI。本研究发现 SUI 组静态及动态最大力排相 LPA 值、LPA 差值、LHW 较对照组增大,而双侧 ICM 的厚度及双侧 ICA 并未发生明显变化,同样提示 LAM 肌群中 PRM 与 SUI 的发生有更密切的关系。

3.3 盆底 MRI 多参数 ROC 曲线分析

既往多项研究已证实 BN-PCL、UIA、FUL 及尿道开放征可反映膀胱尿道移动性及尿道功能^[11-13],然而,目前国内外研究关于 SUI 相关的 MRI 参数并未提供明确的最佳临界值。本研究通过 ROC 曲线分析,发现动态最大力排相 BN-PCL、UIA、FUL 及尿道开放征的 AUC 均 >0.7 ,说明上述参数对女性 SUI 具有重要的诊断价值,最佳阈

值分别为 -6.85 mm、 35.58° 、 22.51 mm。其中动态最大力排相 BN-PCL 的灵敏度最高为 81.6%,但其特异度仅为 71.4%;而动态最大力排相尿道开放征的特异度最高为 98%,故我们认为没有尿道开放征提示患者几乎不会出现 SUI,因此,此征象可以作为排除 SUI 诊断可能的筛查指标,而动态最大力排相 BN-PCL 则是诊断 SUI 的重要指标。UIA 作为评估尿道活动性的一个重要参数,Xiao 等^[17]利用经阴唇实时三维超声对 SUI 患者进行研究发现 UIA 最佳临界值为 45° ,AUC 值为 0.762,灵敏度为 67.2%,特异度为 79.8%,而在本研究中 UIA 的 AUC 值为 0.838,灵敏度为 78.4%,特异度为 75.5%,我们认为 MRI 盆底检查具有更加直观标准的测量角度,也更易于评估预测 SUI 发生情况。

另外本研究评估了 MRI 4 种参数的各种组合,发现 AUC 均大于 90%,灵敏度及特异度也有所提高,说明动态最大力排相时 BN-PCL、UIA、FUL 及尿道开放征多参数联合诊断可提高对 SUI 的预测价值,其中 2 个参数联合诊断时,UIA + FUL 的预测能力最好,其 AUC 值为 0.929,灵敏度为 90.9%、特异度为 84.5%,我们认为由于 UIA + FUL 组合同时提供了尿道活动性及尿道本身功能的信息,故对尿道的综合估计意义更大。当 3 个参数联合诊断时,各个组合的 AUC 值均大于 0.95,灵敏度均大于 90%,特异度均大于 80%,提示相对于 2 个参数联合,3 个参数联合诊断的预测能力进一步提高,其中 BN-PCL + UIA + FUL 的预测能力最好,其 AUC 值为 0.962,灵敏度为 97.9%、特异度为 84.7%。而 4 个参数联合诊断与 3 个联合诊断相比,其 AUC 值、灵敏度、特异度并未见明显提高,提示尿道开放征的预测价值较小,而其观察阳性指征也受到更多的人为因素影响,故我们认为 BN-PCL + UIA + FUL 参数联合评估是利用盆底 MRI 检查预测 SUI 的最佳指标,可为临床医师早期诊断和预防 SUI 发生提供重要的影像学依据。

3.4 尿动力学检查 VLPP 与 MRI 盆底预测参数之间的相关性分析

Valsalva VLPP 或腹压 ALPP 是测量腹内压增加时尿道括约肌闭合和适应能力的一种方法,其定义是指在逼尿肌没有收缩的情况下,通过 Valsalva 动作增加腹压而出现漏尿时所测的最低膀胱压力^[18]。目前国内外发布的多个共识对 VLPP 的尿动力学检查提出了一个分型建议, ≤ 60 cmH₂O 通常被认为是尿道固有括约肌缺陷(ISD)的指征, ≥ 90 cmH₂O 则被用作尿道过度活动的指征^[19-20]。

MRI 盆底检查优点是可以无创性观察膀胱尿道形态及位置变化,不会因侵入性检查改变尿道的自然形状,测量不受尿道运动的影响,避免了检查时由于导管或传感器运动造成的人工影响。目前

将MRI与尿动力学检查参数进行相关分析研究的文献少有报道。我们通过与尿动力学检查结果VLPP的相关性研究发现,FUL与VLPP之间呈显著正相关,尿道括约肌越长,VLPP越高,越短则VLPP降低,提示因存在尿道ISD,尿道括约肌关闭功能受损,进而发生SUI;而UIA与VLPP之间呈显著负相关,说明UIA增大,VLPP降低,提示由于尿道过度活动(UH)更容易发生SUI。BN-PCL与VLPP并未发现显著相关,这与前面参数预测价值的结果相似,提示FUL和UIA两项磁共振参数更能反映SUI的发病因素,而BN-PCL主要作为磁共振检查诊断膀胱脱垂的参数^[4],其在单独分析SUI中的作用可能有限。近几年,影像尿动力学检查在评估SUI病因时由于可以直观观察膀胱排尿,在临床工作中已推荐使用。本研究认为盆底MRI检查的相关参数在评估SUI时和尿动力学检查分析结果相一致,这项检查有望在日后经过更多的研究后得到临床认可。

本研究具有一定的局限性。首先,本研究纳入SUI的患者临床资料影响因素较多,故需要更多的样本量提高二元logistic回归分析相关因素的准确性;第二,对经过尿动力学检查证实的SUI患者不同分型未进行进一步的对比分析。

综上所述,动静态盆底MRI能够直观、准确、全面地评估SUI患者肛提肌及膀胱尿道形态及功能的变化;在较多影响SUI发生的MRI参数中,动态最大力排相BN-PCL、UIA和FUL联合应用,能够提高对SUI的预测效能,其中UIA和FUL两项参数更为可靠,可以评估SUI是由ISD还是UH造成的尿失禁,为临床医生评估疾病发生提供客观依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Liu XH, Hu H, Zhang WY, et al. Repeat mid-urethral sling in management of recurrent or persistent stress urinary incontinence[J]. *Chin Med J(Engl)*, 2020, 133(3):367-368.
- [2] Legendre G, Fritel X, Panjo H, et al. Incidence and remission of stress, urge, and mixed urinary incontinence in midlife and older women: A longitudinal cohort study[J]. *Neurourol Urodyn*, 2020, 39(2):650-657.
- [3] 崔伟,王策正,车梓,等.经阴手术治疗女性盆腔器官脱垂合并隐匿性压力性尿失禁临床分析[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2021, 36(10):820-822, 826.
- [4] 中华医学会放射学分会MR学组.女性盆底功能障碍性疾病的MRI技术与报告规范[J]. *中华放射学杂志*, 2022, 56(1):16-24.
- [5] Falah-Hassani K, Reeves J, Shiri R, et al. The pathophysiology of stress urinary incontinence: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int Urogynecol J*, 2021, 32(3):501-552.
- [6] 李晓伟,王建六.尿失禁的病因和发病机制[J]. *实用妇产科杂志*, 2018, 34(3):162-164.
- [7] Pereira TA, Dancona C, Cândido EC, et al. Prevalence of LUTS and urodynamics results in obese women[J]. *Neurourol Urodyn*, 2022, 41(1):468-474.
- [8] Qi X, Shan J, Peng L, et al. The effect of a comprehensive care and rehabilitation program on enhancing pelvic floor muscle functions and preventing postpartum stress urinary incontinence[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(35):e16907.
- [9] 张静,杨子涛,张艳,等.静态和动态盆底MRI及扩散张量成像评估女性压力性尿失禁患者尿道形态及功能的应用研究[J]. *中华放射学杂志*, 2022, 56(4):411-417.
- [10] Li M, Wang B, Liu X, et al. MR defecography in the assessment of anatomic and functional abnormalities in stress urinary incontinence before and after pelvic reconstruction[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 126:108935.
- [11] Ansquer Y, Fernander P, Aimot S, et al. MRI urethrovesical junction mobility is associated with global pelvic floor laxity in female stress incontinence[J]. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 2007, 86(10):1243-1250.
- [12] 李敏,王颺,刘潇,等.盆底MRI在女性压力性尿失禁诊疗中的应用价值[J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54(4):345-349.
- [13] Li N, Cui C, Cheng Y, et al. Association between Magnetic Resonance Imaging Findings of the Pelvic Floor and de novo Stress Urinary Incontinence after Vaginal Delivery[J]. *Korean J Radiol*, 2018, 19(4):715-723.
- [14] Yaşar L, Telci SO, Dogan K, et al. Predictive role of measurement of pelvic floor muscle thickness with static MRI in stress and mixed urinary incontinence[J]. *Int Urogynecol J*, 2019, 30(2):271-277.
- [15] 栗敏,白玫,韩悦.女性压力性尿失禁盆膈裂孔径线变化的MRI研究[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(9):661-664.
- [16] Singh K, Reid WM, Berger LA. Magnetic resonance imaging of normal levator ani anatomy and function[J]. *Obstet Gynecol*, 2002, 99(3):433-438.
- [17] Xiao T, Chen Y, Gan Y, et al. Can Stress Urinary Incontinence Be Predicted by Ultrasound? [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 213(5):1163-1169.
- [18] Ajay D, Kahokehr AA, Lentz AC, et al. Valsalva leak point pressure(VLPP) greater than 70 cm H₂O is an indicator for sling success: a success prediction model for the male transobturator sling[J]. *Int Urol Nephrol*, 2022, 54(7):1499-1503.
- [19] Rosier PF, Gajewski JB, Sand PK, et al. Executive summary: The International Consultation on Incontinence 2008—Committee on: "Dynamic Testing"; for urinary incontinence and for fecal incontinence. Part 1: Innovations in urodynamic techniques and urodynamic testing for signs and symptoms of urinary incontinence in female patients[J]. *Neurourol Urodyn*, 2010, 29(1):140-145.
- [20] 黄健.中国泌尿外科和男科疾病诊断治疗指南(2019版)[M].北京:科学出版社,2020:350.

(收稿日期:2023-01-16)