

盆底超声联合剪切波弹性成像预测子宫全切术后盆底功能障碍性疾病的临床价值

张珍珍 薛梅 李明莉 时宁遥 杨宗利

摘要 **目的** 探讨盆底超声联合剪切波弹性成像(SWE)预测子宫全切术患者发生盆底功能障碍性疾病(PFD)的临床价值。**方法** 前瞻性选取因子宫良性疾病行子宫全切术患者 47 例为病例组,以及同期未行子宫切除术的已婚已育女性 70 例为对照组,应用盆底超声测量静息状态及最大 Valsalva 动作下两侧肛提肌厚度、肛提肌裂孔前后径、膀胱颈距参考线距离,计算膀胱颈移动度;应用 SWE 测量静息状态及最大 Valsalva 动作下肛提肌附于耻骨下支处、肌腹及尾侧杨氏模量最大值(E_{max})、最小值(E_{min})、平均值(E_{mean}),并计算其差值(ΔE_{max}、ΔE_{min}、ΔE_{mean}),比较两组上述参数的差异。采用多因素 Logistic 回归分析筛选 PFD 的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析盆底超声联合 SWE 预测子宫全切术后 PFD 的诊断效能。**结果** 病例组 PFD 的发生率高于对照组(59.6% vs. 42.9%),差异有统计学意义($P=0.005$)。病例组最大 Valsalva 动作下膀胱颈距参考线距离、膀胱颈移动度均较对照组增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);病例组静息状态及最大 Valsalva 动作下左、右侧肛提肌厚度均较对照组减小,肛提肌裂孔前后径均较对照组增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。病例组静息状态及最大 Valsalva 动作下肛提肌附于耻骨下支处、肌腹及尾侧 E_{max}、E_{min}、E_{mean} 均较对照组增大,ΔE_{max}、ΔE_{min} 及 ΔE_{mean} 均较对照组减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示,最大 Valsalva 动作下肛提肌裂孔前后径、最大 Valsalva 动作下左侧肛提肌肌腹 E_{max} 及左侧肛提肌肌腹 ΔE_{max}、ΔE_{mean} 均为 PFD 的独立影响因素(均 $P<0.05$)。ROC 曲线分析显示,最大 Valsalva 动作下肛提肌裂孔前后径、最大 Valsalva 动作下左侧肛提肌肌腹 E_{max} 及左侧肛提肌肌腹 ΔE_{max}、ΔE_{mean} 单独及联合应用预测子宫全切术后 PFD 的曲线下面积分别为 0.776、0.721、0.625、0.860、0.964,以联合诊断的曲线下面积最高,对应的灵敏度为 97.4%,特异度为 80.0%。**结论** 盆底超声联合 SWE 可用于预测子宫全切术患者 PFD 发生风险,有一定的临床应用价值。

关键词 超声检查,盆底;剪切波弹性成像;子宫全切术;肛提肌;盆底功能障碍性疾病

[中图分类号]R445.1

[文献标识码]A

Clinical value of pelvic floor ultrasound combined with shear wave elastography in predicting pelvic floor dysfunction after total hysterectomy

ZHANG Zhenzhen, XUE Mei, LI Mingli, SHI Ningyao, YANG Zongli

Department of Abdominal Ultrasound, Affiliated Hospital of Qingdao University, Shandong 266003, China

ABSTRACT **Objective** To explore the clinical value of pelvic floor ultrasound combined with shear wave elastography (SWE) in predicting pelvic floor dysfunction (PFD) in patients after total hysterectomy. **Methods** Forty-seven women who underwent total hysterectomy for benign uterine diseases were prospectively included as the case group, and 70 married and fertile women who did not undergo hysterectomy during the same period were included as the control group. Pelvic floor ultrasound was used to measure the thickness of levator ani muscle on both sides, the anteroposterior diameter of levator hiatus, and the distance from the bladder neck to the reference line under resting state and maximum Valsalva maneuver, and the bladder neck mobility was calculated. SWE was used to measure the maximum, minimum and mean of Young's (E_{max}, E_{min}, E_{mean}) modulus of the levator ani muscle attached to the inferior pubic branch, the muscle belly and the tail under the resting state and the maximum Valsalva maneuver, and the difference value (ΔE_{max}, ΔE_{min}, ΔE_{mean}) were calculated, and the differences of the above parameters between the two groups were compared. Multivariate Logistic regression analysis was used to

作者单位:266003 山东省青岛市,青岛大学附属医院腹部超声科(张珍珍、杨宗利);青岛市黄岛区中心医院超声医学科(薛梅、李明莉);潍坊医学院(时宁遥)

通讯作者:杨宗利,Email:qingyichaosheng@126.com

screen the independent influencing factors of PFD. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of pelvic floor ultrasound combined with SWE in predicting PFD after total hysterectomy. **Results** The incidence of PFD in the case group was higher than that in the control group (59.6% vs. 42.9%), and the difference was statistically significant ($P=0.005$). The distance from the bladder neck to the reference line under the maximum Valsalva maneuver, the mobility of the bladder neck in the case group were significantly higher than those in the control group (all $P<0.05$). The thickness of levator ani muscle on both sides in the case group were lower than those in the control group at resting state and maximum Valsalva maneuver, and the anteroposterior diameter of levator hiatus was higher than that in the control group, with statistically significant differences (all $P<0.05$). The Emax, Emin and Emean of the levator ani muscle attached to the inferior pubic branch, the muscle belly and the tail side in the case group were higher than those in the control group at resting state and maximum Valsalva maneuver, and ΔE_{max} , ΔE_{min} and ΔE_{mean} were lower than those in the control group, with statistically significant differences (all $P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that the anteroposterior diameter of levator hiatus under maximum Valsalva maneuver, Emax of the left levator anal muscle under maximum Valsalva maneuver, ΔE_{max} and ΔE_{mean} of the left levator anal muscle were independent risk factors for PFD (all $P<0.05$). ROC curve analysis showed that the areas under the curve for diagnosing PFD after total hysterectomy using the anteroposterior diameter of levator hiatus during maximum Valsalva maneuver, the Emax of the left levator ani muscle belly during maximum Valsalva maneuver, and the ΔE_{max} and ΔE_{mean} of the left levator ani muscle belly, both individually and combined, were 0.776, 0.721, 0.625, 0.860 and 0.964, respectively. The area under the curve of combined diagnosis was the highest, the corresponding sensitivity was 97.4%, and the specificity was 80.0%. **Conclusion** Pelvic floor ultrasound combined with SWE can accurately predict PFD in patients after total hysterectomy, and has certain clinical application value.

KEY WORDS Ultrasonography, pelvic floor; Shear wave elastography; Total hysterectomy; Levator ani muscle; Pelvic floor dysfunction

子宫全切术是治疗如子宫肌瘤、子宫腺肌病、子宫内膜增生、功能失调性子宫出血等妇科良性疾病的常见术式^[1],但术后患者盆底的整体结构及功能均会发生变化,可能发生盆底功能障碍性疾病(pelvic floor dysfunction, PFD)。盆底超声具有实时、简便、无创及可重复性好的优势,已被相关指南^[2]列为 PFD 的辅助检查方法之一,其可通过测量肛提肌厚度等超声参数间接反映肛提肌弹性,但不能量化其硬度。剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)可直接定量评估组织弹性,张利敏等^[3]应用 SWE 量化肛提肌弹性从而预测女性压力性尿失禁(stress urinary incontinence, SUI)发生风险;牛旺等^[4]应用 SWE 检测发现Ⅲ、Ⅳ级盆腔器官脱垂(pelvic organ prolapse, POP)患者的耻骨直肠肌收缩能力降低,均证实了 SWE 评价肛提肌功能的可行性。基于此,本研究联合盆底超声及 SWE 评估因良性病变而行子宫全切术患者的肛提肌形态和功能变化,进一步了解盆底结构及功能,旨在为预测子宫全切术后 PFD 发生风险提供准确可靠的影像学依据。

资料与方法

一、研究对象

前瞻性选取 2022 年 10 月至 2023 年 9 月于我院因子宫良性病变行子宫全切术患者 47 例为病例组,年

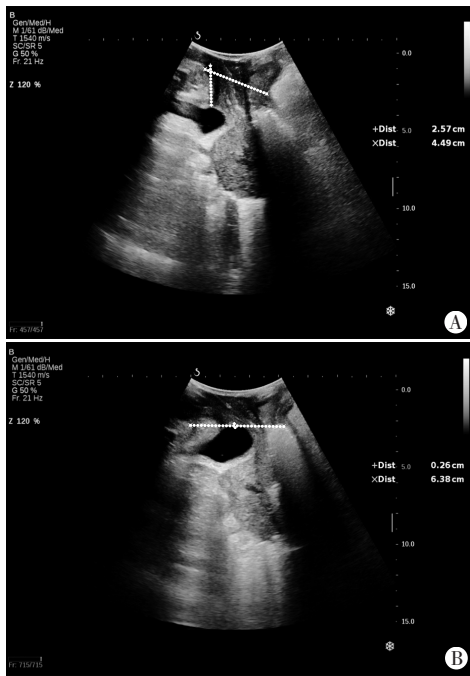
龄 40~69 岁,平均(53.28±8.59)岁,包括子宫腺肌病 15 例,子宫内膜不典型增生 12 例,中至重度异常子宫出血 11 例,多发性子宫肌瘤 9 例。另选同期未行子宫切除术的已婚已育女性 70 例为对照组,年龄 33~69 岁,平均(45.75±7.17)岁。纳入标准:①年龄 30~70 岁;②病例组入组时间为子宫全切术后 6 个月~2 年;③除剖宫产史外无其他盆底手术史;④无慢性咳嗽及长期便秘史。排除标准:①子宫恶性病变;②体质量指数>28 kg/m²;③病例组术前临床诊断为 PFD;④有激素替代治疗史;⑤无法完成 Valsalva 动作且超声图像质量差。两组年龄、身高、体质量及体质量指数比较,差异均无统计学意义。本研究经我院医学伦理委员会批准,受检者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用法国声科 Aixplorer 彩色多普勒超声诊断仪,SE12-3 腔内探头,频率 3~12 MHz;SC6-1 凸阵探头,频率 4~8 MHz;内置 SWE 定量分析软件。

2. 检查方法:受检者检查前排空膀胱和直肠(残余尿量<50 ml),取膀胱截石位,首先应用凸阵探头经会阴盆底正中矢状面分别测量静息状态及最大 Valsalva 动作下膀胱颈距参考线距离、肛提肌裂孔前后径(图 1),并计算膀胱颈移动度;然后切换至腔内探头,测量静息状态及最大 Valsalva 动作下左、右侧肛提肌厚度。

进行SWE成像时使取样框覆盖肛提肌,待框内充满颜色时冻结图像,将3个直径为5 mm的圆形感兴趣区分别置于两侧肛提肌耻骨下支、肌腹及尾侧处,测量静息状态及最大Valsalva动作下杨氏模量最大值(E_{max})、最小值(E_{min})、平均值(E_{mean}),计算两种状态下弹性模量值差值(ΔE_{max} 、 ΔE_{min} 、 ΔE_{mean})。所有参数均重复测量3次取平均值。以上操作均由2名具有5年以上盆底超声检查经验的医师经统一培训后完成,检查前指导患者练习Valsalva动作。



A:静息状态下肛提肌裂孔前后径为4.49 cm,膀胱颈距参考线距离为-2.57 cm;B:最大Valsalva动作下肛提肌裂孔前后径为6.38 cm,膀胱颈距参考线距离为+0.26 cm

图1 盆底超声测量肛提肌裂孔前后径、膀胱颈距参考线距离示意图

3.PFD超声诊断标准:参考《盆底超声检查中国专家共识》^[2],以耻骨联合后下缘水平线为参考线,测量膀胱颈、宫颈外口最低点/阴道穹窿及直肠壶腹部最下缘至参考线的距离,参考线上(近足侧)为+,线下(近头侧)为-。其中SUI超声诊断标准:膀胱颈移动度>2.5 cm,尿道内口漏斗形成,以上满足任意1项即可诊断。POP超声诊断标准:①膀胱膨出,包括轻度(膀胱颈最低点至参考线的距离0~+1.0 cm)、明显(膀胱颈最

低点至参考线的距离>+1.0 cm);②子宫/阴道穹窿脱垂(宫颈外口最低点/阴道穹窿至参考线的距离>0 cm);③直肠膨出(沿腹侧肛门内括约肌向头端引一条与肛管平行的延长线,测量膨出物顶端与其之间的垂直距离即直肠膨出高度),包括轻度(膨出高度<1.5 cm)、明显(膨出高度≥1.5 cm);④肠疝:小肠、腹膜下移至直肠壶腹部与阴道之间,以上满足任意1项即可诊断。会阴体过度运动:直肠壶腹部最下缘至参考线的距离≥+1.5 cm。

三、统计学处理

应用SPSS 26.0和MedCalc 20.1统计软件,正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用配对t检验;非正态分布的计量资料以M(IQR)表示,采用非参数检验。计数资料以例或频数表示,采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法。采用多因素Logistic回归分析筛选PFD的独立影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析盆底超声联合SWE预测子宫全切术后PFD的诊断效能。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组PFD发生情况比较

病例组发生SUI、POP、会阴体过度运动者分别有12、9、7例,对照组发生SUI、POP、会阴体过度运动者分别有13、10、7例。两组PFD发生率比较(59.6% vs. 42.9%),差异有统计学意义($P=0.005$)。

二、两组盆底超声参数比较

病例组静息状态及最大Valsalva动作下左、右侧肛提肌厚度均较对照组减小,肛提肌裂孔前后径均较对照组增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);两组静息状态下膀胱颈距参考线距离比较,差异无统计学意义,但最大Valsalva动作下膀胱颈距参考线距离比较,差异有统计学意义($P=0.002$),病例组膀胱颈移动度较对照组增大,差异有统计学意义($P=0.001$)。见表1和图2,3。

三、两组SWE参数比较

病例组静息状态及最大Valsalva动作下左、右侧肛提肌附于耻骨下支处、肌腹及尾侧 E_{max} 、 E_{min} 、 E_{mean} 均大于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。

表1 两组盆底超声参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	左侧肛提肌厚度		右侧肛提肌厚度		肛提肌裂孔前后径		膀胱颈距参考线距离		膀胱颈移动度
	静息状态	最大Valsalva动作	静息状态	最大Valsalva动作	静息状态	最大Valsalva动作	静息状态	最大Valsalva动作	
病例组	0.65±0.08	0.56±0.04	0.63±0.07	0.55±0.06	5.62±0.60	6.56±0.67	-27.95±2.89	1.12±1.49	3.29±1.45
对照组	0.79±0.08	0.69±0.07	0.80±0.09	0.68±0.07	4.50±0.51	5.36±0.59	-29.22±2.97	0.95±0.65	2.38±1.49
t值	6.266	6.773	6.481	6.503	6.792	6.833	0.961	8.069	8.253
P值	0.019	0.007	0.013	0.012	0.006	0.002	0.344	0.002	0.001

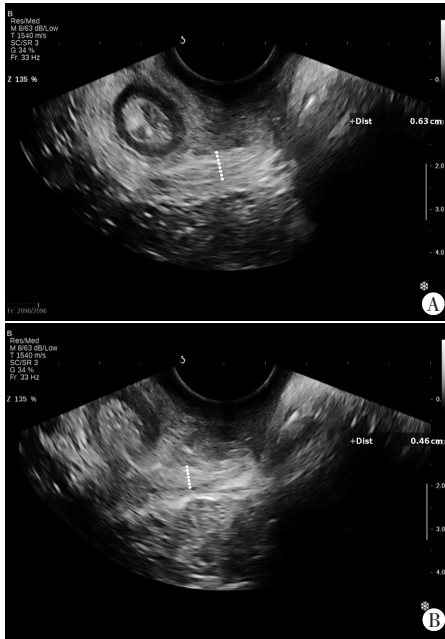


图2 A:静息状态下左侧肛提肌厚度为0.63 cm, B:最大Valsalva动作下左侧肛提肌厚度为0.46 cm

病例组(60岁绝经后女性,子宫全切术后2年)不同状态下盆底超声图
病例组左、右侧肛提肌附于耻骨下支处、肌腹及尾侧 ΔE_{max} 、 ΔE_{min} 和 ΔE_{mean} 均小于对照组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表2,3和图4,5。

四、多因素 Logistic 回归分析结果

将上述比较中差异有统计学意义的参数设为自变量,以是否存在PFD为因变量(PFD=1,非PFD=0),进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示最大Valsalva动作下肛提肌裂孔前后径、最大Valsalva动作下左侧肛提肌肌腹 E_{max} 及左侧肛提肌肌腹 ΔE_{max} 、 ΔE_{mean}

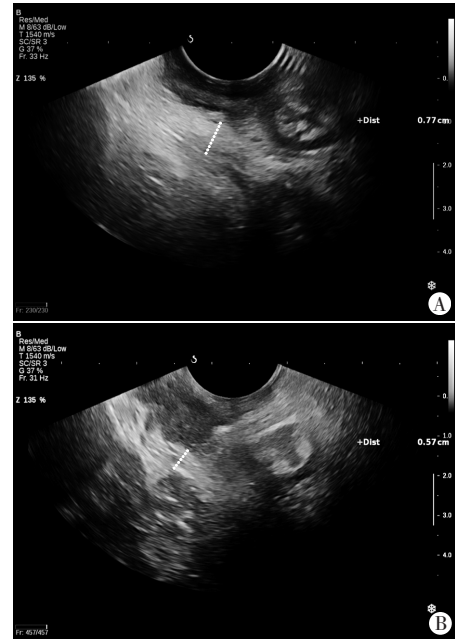


图3 A:静息状态下右侧肛提肌厚度为0.77 cm, B:最大Valsalva动作下右侧肛提肌厚度为0.57 cm

对照组(48岁未绝经女性)不同状态下盆底超声图
均为PFD的独立影响因素(均 $P < 0.05$)。见表4。

五、盆底超声联合SWE预测子宫全切术后PFD的诊断效能

ROC曲线分析显示,最大Valsalva动作下肛提肌裂孔前后径、最大Valsalva动作下左侧肛提肌肌腹 E_{max} 及左侧肛提肌肌腹 ΔE_{max} 、 ΔE_{mean} 预测子宫全切术后PFD的曲线下面积(AUC)分别为0.776、0.721、0.625、0.860,四者联合的AUC更高,为0.964,对应的灵敏度为97.4%,特异度为80.0%。见表5和图6。

表2 两组不同状态SWE参数比较[M(IQR)]

组别	左侧肛提肌耻骨下支处			左侧肛提肌肌腹			左侧肛提肌尾侧			kPa
	E_{max}	E_{min}	E_{mean}	E_{max}	E_{min}	E_{mean}	E_{max}	E_{min}	E_{mean}	
病例组										
静息状态	57.9(21.9)*	38.8(24.0)*	49.2(24.4)*	41.7(32.1)*	32.4(29.5)	41.0(20.9)*	36.1(16.6)	26.6(10.8)*	33.0(29.0)*	
最大Valsalva动作	89.3(22.2)*	64.4(33.6)*	69.2(39.7)	85.0(27.7)*	65.3(28.5)*	74.4(31.2)*	82.7(23.5)	60.2(24.0)*	65.1(26.7)*	
对照组										
静息状态	43.6(32.3)	29.5(22.7)	34.2(26.1)	37.5(21.4)	20.4(21.2)	29.3(20.4)	36.6(25.1)	23.6(19.8)	26.2(23.3)	
最大Valsalva动作	71.6(32.7)	56.0(38.3)	63.6(19.7)	65.7(31.3)	52.3(31.9)	56.0(32.4)	81.3(21.2)	53.5(28.0)	55.3(18.6)	
组别	右侧肛提肌耻骨下支处			右侧肛提肌肌腹			右侧肛提肌尾侧			kPa
	E_{max}	E_{min}	E_{mean}	E_{max}	E_{min}	E_{mean}	E_{max}	E_{min}	E_{mean}	
病例组										
静息状态	60.9(47.2)*	37.3(24.5)*	48.8(37.3)*	59.0(25.4)*	35.0(27.2)*	38.3(20.4)*	63.2(16.5)*	49.0(33.8)*	35.0(11.4)	
最大Valsalva动作	93.0(33.3)*	77.8(29.7)*	85.6(38.8)*	81.5(22.4)*	66.8(32.4)*	67.9(29.7)	73.6(20.7)	57.7(36.5)*	59.3(29.5)	
对照组										
静息状态	45.0(31.2)	21.6(10.5)	32.6(24.6)	40.7(15.9)	22.4(13.7)	31.6(15.9)	44.3(25.0)	20.6(7.9)	33.1(27.4)	
最大Valsalva动作	78.1(36.3)	36.8(19.8)	51.6(40.2)	73.2(29.5)	50.5(22.5)	66.6(34.1)	78.4(27.7)	36.6(21.4)	58.6(15.3)	

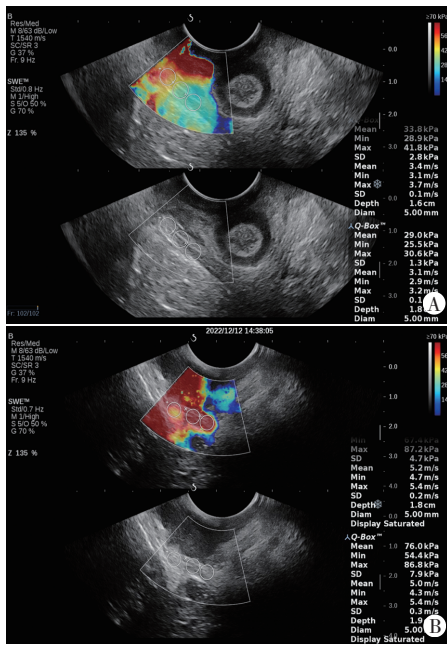
与对照组同一状态比较,* $P < 0.05$ 。 E_{max} :杨氏模量最大值; E_{min} :杨氏模量最小值; E_{mean} :杨氏模量平均值

表3 两组 ΔE_{max} 、 ΔE_{min} 和 ΔE_{mean} 比较[M(IQR)]

组别	左侧肛提肌耻骨下支处			左侧肛提肌肌腹			左侧肛提肌尾侧		
	ΔE_{max}	ΔE_{min}	ΔE_{mean}	ΔE_{max}	ΔE_{min}	ΔE_{mean}	ΔE_{max}	ΔE_{min}	ΔE_{mean}
病例组	25.5(6.7)	26.3(5.6)	23.4(4.9)	21.7(6.9)	25.4(5.0)	25.5(8.4)	26.5(9.1)	25.6(2.9)	24.5(9.7)
对照组	26.3(8.2)	25.3(3.7)	28.6(6.0)	25.9(8.2)	26.3(6.6)	27.6(7.9)	27.7(14.7)	26.7(5.6)	28.6(7.8)
Z值	-3.061	-4.011	-4.221	-4.051	-3.581	-4.017	-3.567	-3.278	-4.553
P值	0.001	0.010	<0.001	0.001	0.020	0.001	0.001	<0.001	0.002

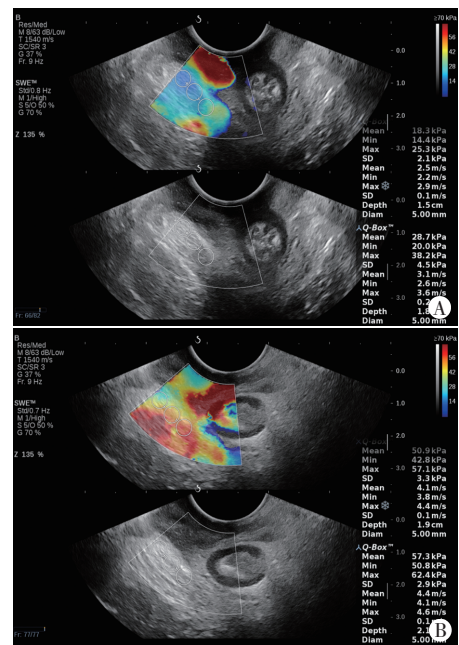
组别	右侧肛提肌耻骨下支处			右侧肛提肌肌腹			右侧肛提肌尾侧		
	ΔE_{max}	ΔE_{min}	ΔE_{mean}	ΔE_{max}	ΔE_{min}	ΔE_{mean}	ΔE_{max}	ΔE_{min}	ΔE_{mean}
病例组	23.5(4.6)	24.0(5.9)	25.9(6.7)	25.3(9.5)	23.0(8.0)	24.7(5.6)	24.5(5.0)	23.0(8.7)	25.3(4.8)
对照组	24.9(6.3)	25.0(7.0)	26.2(6.2)	27.9(4.8)	23.5(4.4)	25.6(9.0)	25.9(6.4)	27.0(10.3)	25.5(5.1)
Z值	-4.761	-4.891	-3.255	-4.291	-3.291	-4.065	-3.852	-3.458	-4.522
P值	<0.001	<0.001	0.001	0.001	0.020	0.002	<0.001	0.010	<0.001

ΔE_{max} :最大Valsalva动作下与静息状态下杨氏模量最大值差值; ΔE_{min} :最大Valsalva动作下与静息状态下杨氏模量最小值差值; ΔE_{mean} :最大Valsalva动作下与静息状态下杨氏模量平均值差值



A: 静息状态下右侧肛提肌肌腹 Emax 为 30.6 kPa, Emin 为 25.5 kPa, Emean 为 29.0 kPa, B: 最大Valsalva动作下右侧肛提肌肌腹 Emax 为 86.8 kPa, Emin 为 54.4 kPa, Emean 为 76.0 kPa

图4 病例组(55岁绝经后女性,子宫全切术后1.5年)不同状态下SWE图



A: 静息状态下右侧肛提肌肌腹 Emax 为 38.2 kPa, Emin 为 20.0 kPa, Emean 为 28.7 kPa, B: 最大Valsalva动作下右侧肛提肌肌腹 Emax 为 62.4 kPa, Emin 为 50.8 kPa, Emean 为 57.3 kPa

图5 对照组(58岁绝经后女性)不同状态下SWE图

表4 多因素 Logistic 回归分析PFD的独立影响因素

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P值	OR值及其95%可信区间
最大Valsalva动作下肛提肌裂孔前后径	0.008	0.042	4.611	<0.001	1.253(1.082~3.851)
最大Valsalva动作下左侧肛提肌肌腹 Emax	0.162	0.283	3.825	0.006	1.080(1.248~3.261)
左侧肛提肌肌腹 ΔE_{max}	0.363	0.389	3.309	0.040	0.270(0.683~0.976)
左侧肛提肌肌腹 ΔE_{mean}	0.427	0.431	5.034	<0.001	1.769(1.335~4.167)

讨论

女性盆底是由包绕骨盆的多层肌肉、筋膜、韧带及神经构成,其中肛提肌在盆底肌群中起着最重要的支撑作用。肛提肌围绕直肠后部形成“U”形肌肉吊带附着于耻骨支上^[5],其特定肌束的拉伸有助于排尿和

排便过程的顺利进行,同时又可以防止盆腔内脏器过度下移^[6]。若肛提肌受到损伤或出现松弛,支撑力量减弱,则将引起盆底器官的位置和功能异常,此为导致PFD的主要病因^[7]。子宫全切术是妇科最常见的手术之一,虽然可以根治子宫良性疾病,但手术中大范围切除子宫、下推膀胱、离断韧带、结扎血管等操作不

表5 各超声参数单独及联合应用预测子宫全切术后PFD的诊断效能

方法	截断值	AUC及其95%可信区间	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	P值
最大Valsalva动作下肛提肌裂孔前后径	5.05 cm	0.776(0.642 ~ 0.909)	79.3	72.2	0.515	0.002
最大Valsalva动作下左侧肛提肌肌腹 Emax	55.0 kPa	0.721(0.571 ~ 0.871)	58.6	83.3	0.419	0.011
左侧肛提肌肌腹 ΔEmax	25.7 kPa	0.625(0.460 ~ 0.789)	58.6	66.7	0.253	0.155
左侧肛提肌肌腹 ΔEmean	20.9 kPa	0.860(0.743 ~ 0.978)	93.1	72.2	0.653	<0.001
四者联合	-	0.964(0.919 ~ 1.000)	97.4	80.0	0.774	<0.001

AUC: 曲线下面积

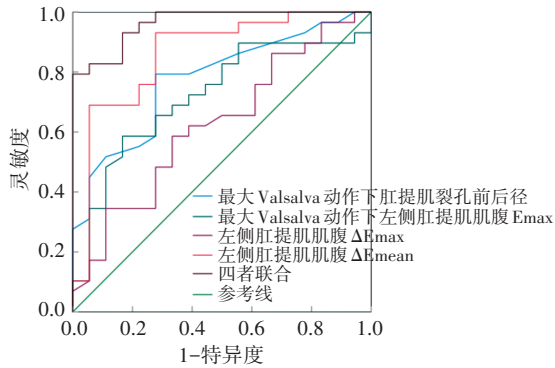


图6 各超声参数单独及联合应用预测子宫全切术后PFD的ROC曲线图

仅造成盆腔内整体结构的破坏,也会导致肌肉、筋膜和韧带等盆底支持结构的营养血管障碍、神经组织损伤及卵巢功能下降等^[8],同时其也是影响盆底肌肉强度的重要因素^[9]。因此,采用客观准确的影像学检查手段定量评估子宫全切术后盆底功能的变化具有重要意义。目前评估盆底功能的主要影像学方法有CT、MRI及超声,但CT对软组织的分辨率相对较低且具有辐射,MRI的使用禁忌较多且检查费用高等,均限制了其应用。超声具有操作简便、实时、安全、可重复性好等优点,且骨盆底几乎全部在距皮5~7 cm深度以内,是腹部超声探头探查的最佳深度范围,成像清晰度高^[10],目前已成为评估盆底功能的首选影像学方法。盆底超声不仅可以动态清晰显示盆底器官的结构和位置,还可定量评估盆底功能变化和PFD严重程度,为临床医师提供更准确的诊断依据,已在临床诊疗中广泛应用。本研究应用盆底超声联合SWE前瞻性探索了子宫全切术患者肛提肌及盆底功能改变,旨在为预防和治疗PFD提供更加全面客观的影像学依据和新思路。

本研究结果显示,病例组最大Valsalva动作下膀胱颈距参考线距离、膀胱颈移动度及PFD的发生率均高于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),其中以SUI的发生率最高。表明子宫全切术是导致PFD的重要危险因素,且SUI是子宫全切术后最常见的症状,与既往研究^[11]结果相似。分析其原因:①子宫全切术时大范围地切除子宫和宫旁组织,使盆腔空间增大,膀胱活动度增大;②手术致尿道膀胱连接处或逼尿肌

的平滑肌纤维受损,当腹内压大于尿道闭合压时,则可发生SUI;③术后阴道顶端支持缺失,使力的轴向改变,当力施加于薄弱阴道时易出现阴道穹隆脱垂;④手术破坏了卵巢供血的子宫动脉卵巢分支,其供血占卵巢总供血的50%以上,导致卵巢储备功能受损,雌激素水平降低,致使维持盆底坚固性的胶原蛋白合成减少^[12-13]。以上因素均可导致腹压升高时发生PFD。

此外,病例组静息状态及最大Valsalva动作下左、右侧肛提肌厚度均较对照组减小,肛提肌裂孔前后径均较对照组增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),提示子宫全切术后肛提肌变薄,肛提肌裂孔变大。肛提肌由耻骨和耻骨直肠肌群构成,是横纹肌纤维的主要组成部分,其在抬高直肠、缩小肛提肌裂孔方面具有重要作用^[14]。子宫全切术后肛提肌肌纤维直径缩短致其萎缩,同时肛提肌裂孔大小及形态也发生变化,此为盆底支持结构损伤的重要标志,也是引起PFD的主要原因。研究^[15]显示子宫全切术后发生POP的风险增加,最大Valsalva动作下肛提肌裂孔大小与POP的严重程度呈正相关($r=0.83, P<0.05$),推测肛提肌裂孔前后径可以间接反映肛提肌裂孔大小。本研究结果与其相似。除上述直接损伤盆底的原因外,研究^[16]表明对于子宫良性病变,阴道子宫切除术在手术时间和术后疼痛方面较其他术式(如全腹腔镜子宫切除术和全腹子宫切除术)更具优势,是良性子宫切除术的首选术式。而肛提肌神经位于肛提肌上方,近盆底肌肉内脏侧,其解剖结构使其在经阴道手术干预过程中极易受损^[17]。总之,子宫全切术可导致肛提肌及其支配的神经受损,支撑作用下降,当无法有效对抗腹部压力增大时,则可能发生PFD。

肛提肌对盆底脏器具有重要的承托作用,因此定量评估肛提肌收缩功能变化具有积极的临床价值。虽然盆底超声可通过测量肛提肌厚度变化间接评价其弹性,但其不能直接量化其功能。SWE是近年来发展的一项新技术,可定量检测组织弹性,且无创、安全、可重复性好。已有研究^[18]证实SWE在评估产后女性肛提肌弹性及收缩性方面具有较高的可行性,且肛提肌的收缩功能可通过测量其拉伸前后杨氏模量值

的差异来进行量化^[19]。本研究结果显示,病例组静息状态及最大Valsalva动作下左、右侧肛提肌附于耻骨下支处、肌腹及尾侧E_{max}、E_{min}、E_{mean}均大于对照组,而ΔE_{max}、ΔE_{min}和ΔE_{mean}均小于对照组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),提示子宫全切术后肛提肌硬度增加,弹性降低,收缩功能减弱,与Ji等^[20]研究结果相似。分析其原因:子宫全切术后肛提肌的内部结构可能发生变化,这些变化可能与微观肌肉损伤有关(如血管床减少、平滑肌细胞退化、成纤维细胞增多变形或排列紊乱等)^[20-21],导致肛提肌硬度增加,自主收缩能力降低,从而影响其功能。

本研究采用多因素 Logistic 回归进一步筛选 PDF 的独立影响因素,结果显示最大Valsalva动作下肛提肌裂孔前后径、最大Valsalva动作下左侧肛提肌肌腹E_{max}及左侧肛提肌肌腹ΔE_{max}、ΔE_{mean}均为PFD的独立影响因素(均 $P < 0.05$)。ROC曲线分析显示,最大Valsalva动作下肛提肌裂孔前后径、最大Valsalva动作下左侧肛提肌肌腹E_{max}及左侧肛提肌肌腹ΔE_{max}、ΔE_{mean}预测子宫全切术后PFD的AUC分别为0.776、0.721、0.625、0.860,提示各超声参数对子宫全切术后PFD均有一定的预测价值,尤以左侧肛提肌肌腹ΔE_{mean}能更准确地反映肛提肌的弹性功能变化,与既往研究^[3]结果一致。而四者联合应用预测子宫全切术后PFD的AUC最高(0.964),对应的灵敏度为97.4%,特异度为80.0%,诊断效能优于各超声参数单独应用,提示SWE可定量评估子宫全切术后患者肛提肌生物学弹性,弥补了盆底超声评估肌肉弹性方面的不足,二者联合可更全面地进行评估从而提高对子宫全切术后PFD的诊断效能,与Gachon等^[21]研究结果一致。

本研究的局限性:①分娩可能会影响肛提肌的弹性,但由于不同年龄段样本收集较困难,故未设置未生育者作为对照组;②为单中心研究,样本量小,有待后续扩大样本量、完善研究设计并进一步行多中心研究深入探讨。

综上所述,盆底超声联合SWE可用于预测子宫全切术患者PFD发生风险,有一定的临床应用价值。

参考文献

- Chao X, Wang X, Xiao Y, et al. Clinical analysis of high risk factors for pelvic malignant tumors after hysterectomy for benign diseases [J]. *Medicine*, 2021, 98(41): e17540.
- 中华医学会超声医学分会妇产超声学组. 盆底超声检查中国专家共识[J]. *中华超声影像学杂志*, 2022, 31(3): 185-191.
- 张利敏, 杨宗利, 郑学东, 等. 经会阴盆底超声联合剪切波弹性成像测量肛提肌诊断女性压力性尿失禁[J]. *中国医学影像技术*, 2021, 37(10): 1514-1519.
- 牛旺, 史铁梅, 张原溪. 剪切波弹性成像技术定量评估盆腔器官脱垂患者耻骨直肠肌功能[J]. *中国医学影像技术*, 2018, 34(2): 270-274.
- Betschart C, Singer A, Scheiner D. Female pelvic floor: anatomy and normal function [J]. *Ther Umsch*, 2019, 73(9): 529-534.
- Baramée P, Muro S, Suriyut J, et al. Three muscle slings of the pelvic floor in women: an anatomic study [J]. *Anat Sci Int*, 2020, 95(1): 47-53.
- 易颖义, 洪莉. 女性盆底功能障碍性疾病的肛提肌损伤研究进展 [J]. *中国计划生育和妇产科*, 2021, 13(8): 19-22.
- 罗莉, 温情. I 水平重建防治腹腔镜全子宫切除术后盆底功能障碍的临床价值 [J]. *腹腔镜外科杂志*, 2022, 27(3): 215-219.
- Sarit-apirak S, Manonai J, Udumsubpayakul U. Factors associated with pelvic floor muscle strength in women with pelvic floor dysfunction assessed by the Brink scale [J]. *J Health Sci Med Res*, 2020, 33(1): 1-3.
- Dietz HP. Pelvic floor ultrasound: a review [J]. *Clin Obstet Gynecol*, 2017, 60(1): 58-81.
- Christoffersen NM, Klarskov N, Gradel KO, et al. Increased risk of stress urinary incontinence surgery after hysterectomy for benign indication—a population-based cohort study [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2023, 229(2): 149.e1-149.e9.
- Tulokas S, Mentula M, Härkki P, et al. Stress urinary incontinence after hysterectomy: a 10-year national follow-up study [J]. *Arch Gynecol Obstet*, 2022, 305(4): 1089-1097.
- Dilbaz B. What is the impact of PPAR- γ agonist-rosiglitazone on ovarian reserve after hysterectomy? An experimental study [J]. *Turk J Med Sci*, 2020, 50(5): 1399-1408.
- Muro S, Moue S, Akita K. Twisted orientation of the muscle bundles in the levator ani functional parts in women: Implications for pelvic floor support mechanism [J]. *J Anat*, 2023, 244(3): 486-496.
- 李玲, 申吉泓. 肛提肌裂孔对盆底应力性功能障碍疾病的意义 [J]. *实用妇产科杂志*, 2023, 39(4): 241-244.
- Lee SH, Oh SR, Cho YJ, et al. Comparison of vaginal hysterectomy and laparoscopic hysterectomy: a systematic review and Meta-analysis [J]. *BMC Womens Health*, 2019, 19(1): 83.
- Nyngang Timoh K, Moszkowicz D, Zaitouna M, et al. Detailed muscular structure and neural control anatomy of the levator ani muscle: a study based on female human fetuses [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2018, 218(1): 121.e1-121.e12.
- Bertrand G, Antoine N, Fabrice P, et al. In vivo assessment of the levator ani muscles using shear wave elastography: a feasibility study in women [J]. *Int Urogynecol J*, 2019, 30(7): 1179-1186.
- 蒋云秀, 官逸群, 秦蕾, 等. 经会阴三维超声联合剪切波弹性成像评估经阴道分娩对肛提肌的影响 [J]. *临床超声医学杂志*, 2019, 21(9): 694-696.
- Ji R, He B, Wu J. Application of transperineal ultrasound combined with shear wave elastography in pelvic floor function assessment after hysterectomy [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2023, 102(2): e32611.
- Gachon B, Fritel X, Pierre F, et al. Transperineal ultrasound shear-wave elastography is a reliable tool for assessment of the elastic properties of the levator ani muscle in women [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 15532.