

# 经会阴四维超声成像结合图像降噪技术评估产后盆底功能障碍的价值探讨

黄弋庭 周莹 尤沛 周凯

**摘要** **目的** 探讨经会阴四维超声成像结合图像降噪技术评估产后盆底功能障碍的价值。**方法** 应用 Field II 软件模拟医学超声图像,分别利用基于 NSCT 变换算法、噪声图像法、小波软阈值法、GenLik 算法、SRAD 算法对噪声图像进行降噪,比较各种方法的降噪性能,选择最佳方法进行四维超声图像的降噪。将 140 例行经会阴四维超声检查的女性分为产后组 70 例和未育组 70 例,产后组根据有无盆底功能障碍分为盆底功能障碍组 53 例和无障碍组 17 例,分别在静息状态、Valsalva 状态及缩肛状态时采集二维和四维超声图像,使用最佳方法进行降噪,测量并比较各组四维超声重建后的肛提肌裂孔面积(LHA)、肛提肌厚度(LAT)、从收缩状态到 Valsalva 状态肛提肌裂孔面积的变化( $\Delta$ LHA)。**结果** 基于 NSCT 变换算法的超声图像降噪方法的降噪性能最佳,优于其他算法。经会阴四维超声检查结果显示,产后组在静息状态、缩肛状态、Valsalva 状态下的 LHA、LAT、 $\Delta$ LHA 均明显高于未育组,差异均有统计学意义(均  $P < 0.01$ );盆底功能障碍组在静息状态、缩肛状态、Valsalva 状态下的 LHA、LAT、 $\Delta$ LHA 均明显高于无障碍组,差异均有统计学意义(均  $P < 0.01$ )。**结论** 基于 NSCT 变换算法的超声图像降噪方法能有效抑制斑点噪声,很好地保留图像的细节信息,降噪品质较高。经会阴四维超声成像结合有效的超声图像降噪技术对盆底结构及功能的评估具有一定优势。

**关键词** 超声检查,四维,经会阴;图像降噪技术;盆底功能障碍;肛提肌

[中图分类号]R445.1;R711.2

[文献标识码]A

## Evaluation on postpartum pelvic floor dysfunction by transperineal four-dimensional ultrasound imaging combined with image denoising technology

HUANG Yiting, ZHOU Ying, YOU Pei, ZHOU Kai

Department of Ultrasound, Yangzhou Health Center for Women and Children, Jiangsu 225000, China

**ABSTRACT** **Objective** To evaluate the postpartum pelvic floor dysfunction by transperineal four-dimensional ultrasound imaging combined with image denoising technology. **Methods** Field II software was applied to simulate medical ultrasound images. NSCT transform-based algorithm, noise image method, wavelet soft threshold method, GenLik algorithm and SRAD algorithm were respectively used to reduce noise of noise images. The noise reduction among various methods was compared, and the best method was selected to reduce noise of four-dimensional ultrasound images. A total of 140 women who underwent transperineal four-dimensional ultrasound were selected, they were divided into the postpartum group ( $n=70$ ) and the childless group ( $n=70$ ). The postpartum group was divided into the pelvic floor dysfunction group ( $n=53$ ) and non-dysfunction group ( $n=17$ ). Two-dimensional and four-dimensional images were collected during resting state, maximum Valsalva movement, and anal retraction state, respectively, and the optimal method was used for noise reduction. The changes of levator ANI hiatus area (LHA), levator ANI thickness (LAT), and levator ANI hiatus area from contraction state to Valsalva state ( $\Delta$ LHA) after four-dimensional ultrasound reconstruction of each subject were measured and compared. **Results** The ultrasonic image denoising method based on NSCT transformation algorithm has the best denoising performance than other algorithms. Transperineal four-dimensional ultrasound showed that the LHA, LAT and  $\Delta$ LHA in the postpartum group were significantly higher than those in the childless group in the resting state, the rectal state and the Valsalva state, and the differences were

statistically significant (all  $P < 0.01$ ). The LHA, LAT and  $\Delta$ LHA in pelvic floor dysfunction group were significantly higher than those in non-dysfunction group in the resting state, the rectal state and the Valsalva state (all  $P < 0.01$ ). **Conclusion** The ultrasonic image denoising method based on NSCT transform can suppress speckle noise more effectively, better preserve the detail information of the image, and has higher noise reduction quality. Transperineal four-dimensional ultrasound combined with effective ultrasound image denoising technology has a certain value for evaluating pelvic floor structure and function.

**KEY WORDS** Ultrasonography, four-dimensional, transperineal; Image denoising technology; Pelvic floor dysfunction; Levator ani muscle

四维超声成像技术从多个层面显像,可实时、动态地评估盆底结构和功能的变化,并通过对超声图像的实时重建及后期处理获得较为完整的图像资料,显示盆底各脏器的空间立体关系<sup>[1-3]</sup>。本研究应用经会阴四维超声观察产后女性肛提肌裂孔及肛提肌形态,并利用基于NSCT变换算法对噪声图像进行降噪,探讨经会阴部四维超声成像结合图像降噪技术评估产后盆底功能障碍的价值。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取2016年3月至2018年11月在我院行经会阴四维超声检查的140例女性,其中产后女性70例(产后组),已婚无生育史女性70例(未育组)。产后组年龄20~35岁,平均(30.35±3.66)岁,体质量50~75 kg,体质量指数(21.32±2.30)kg/m<sup>2</sup>;未育组年龄20~35岁,平均(29.95±2.36)岁,体质量51~76 kg,体质量指数(21.51±2.41)kg/m<sup>2</sup>;两组一般资料比较差异无统计学意义。纳入标准:产后女性均为经阴道自然分娩的初产妇,单胎,月经规律。排除标准:有引产史、多次阴道分娩史、有助产分娩(产钳等)、盆腔手术史的女性,有尿失禁症状及不能有效完成规定动作者。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有受试者均签署知情同意书。

产后组根据经会阴四维超声检查有无盆底功能障碍分为盆底功能障碍组53例和无障碍组17例。盆底功能障碍诊断标准<sup>[4-5]</sup>:①Valsalva动作与静息时的膀胱颈下移距离差>1.5 cm, Valsalva动作时膀胱颈达到或低于耻骨下缘;②子宫颈距耻骨下缘水平<3.0 cm或Valsalva动作较静息时移动度>2.0 cm;③膀胱后壁或尿道突入阴道,最低点达耻骨联合下缘;④直肠前壁局部膨隆高度>0.5 cm;⑤肛提肌裂孔平面上出现高回声中断或低回声插入。

### 二、仪器与方法

1. 超声图像降噪方法:利用Field II软件模拟医学

超声图像,在图像中加入乘性斑点噪声,得到噪声图像,分别利用基于NSCT变换算法(参数选择利用maxflat非下采样塔型分解和dmaxflat7非下采样方向滤波器实现NSCT变换,分解层数为4层)、噪声图像法、小波软阈值法、GenLik算法、SRAD算法对噪声图像进行降噪。计算各种方法降噪图像与原始图像的各项参数:峰值信噪比(PSNR)、噪声抑制量参数( $\rho$ )及图像结构相似质量指数(SSIM),比较各种算法的降噪性能,选择最佳方法对经会阴四维超声图像进行降噪。

2. 经会阴四维超声检查:使用GE E8彩色多普勒超声诊断仪,三维容积探头,频率4~8 MHz。产后组于产后第42天(非月经期)行经会阴四维超声检查,未育组于非月经期行经会阴四维超声检查,分别于静息状态、Valsalva状态、缩肛状态采集二维和四维超声图像并储存,图像数据导出至超声图像工作站,选用最佳降噪方法对超声图像进行降噪。使用4D View 10.0离机分析软件对数据进行重建处理。测量并比较各组经会阴四维超声重建后的肛提肌裂孔面积(LHA)、肛提肌厚度(LAT)、从收缩状态到Valsalva状态肛提肌裂孔面积的变化( $\Delta$ LHA)。

3. 评价去噪后超声图像质量的方法:选用信号与均方误差的比值(S/MSE)和边缘保持度( $\beta$ )两个评价参数。S/MSE越大,去噪效果越好; $\beta$ 越大表明处理后图像的边缘信息保留得越好。

### 三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,行独立样本 $t$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、不同降噪方法降噪性能的比较

通过统计各降噪图像与原始图像的降噪参数,发现基于NSCT变换算法的超声图像降噪方法的PSNR、 $\rho$ 、SSIM均高于其他算法。见表1。

表1 不同降噪方法的降噪性能比较

方法	PSNR(dB)	$\rho$	SSIM
噪声图像法	26.38	0.9485	0.8836
小波软阈值法	28.20	0.9622	0.9230
GenLik算法	29.12	0.9695	0.9380
SRAD算法	28.71	0.9671	0.9306
基于NSCT变换算法	30.92	0.9801	0.9477

二、不同噪声水平下,基于NSCT变换算法降噪前后所得图像的S/MSE和 $\beta$ 比较

不同噪声水平下,基于NSCT变换算法降噪前后所得图像的S/MSE和 $\beta$ 比较见表2。降噪后,超声图像质量明显提高,图像边缘信息保留较好。

三、产后组和未育组经会阴四维超声检查指标比较

行经会阴四维超声检查并基于NSCT变换算法降

表3 产后组和未育组会阴四维超声检查指标比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	静息状态		缩肛状态		Valsalva状态		$\Delta$ LHA( $\text{cm}^2$ )
	LHA( $\text{cm}^2$ )	LAT(cm)	LHA( $\text{cm}^2$ )	LAT(cm)	LHA( $\text{cm}^2$ )	LAT(cm)	
产后组(70)	15.92 $\pm$ 1.45	0.76 $\pm$ 0.04	13.82 $\pm$ 1.07	0.76 $\pm$ 0.03	19.93 $\pm$ 1.62	0.77 $\pm$ 0.03	6.11 $\pm$ 0.43
未育组(70)	12.47 $\pm$ 1.30	0.74 $\pm$ 0.03	10.66 $\pm$ 1.20	0.75 $\pm$ 0.02	13.05 $\pm$ 1.41	0.74 $\pm$ 0.02	2.39 $\pm$ 0.46
<i>t</i> 值	14.8219	3.3466	16.4443	2.3205	26.8021	6.9614	49.4277
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01

LHA:肛提肌裂孔面积;LAT:肛提肌厚度; $\Delta$ LHA:从收缩状态到Valsalva状态肛提肌裂孔面积的变化

表4 盆底功能障碍组和无障碍组会阴四维超声检查指标比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	静息状态		缩肛状态		Valsalva状态		$\Delta$ LHA( $\text{cm}^2$ )
	LHA( $\text{cm}^2$ )	LAT(cm)	LHA( $\text{cm}^2$ )	LAT(cm)	LHA( $\text{cm}^2$ )	LAT(cm)	
盆底功能障碍组(53)	16.96 $\pm$ 1.73	0.75 $\pm$ 0.02	15.58 $\pm$ 1.61	0.76 $\pm$ 0.02	23.34 $\pm$ 2.30	0.76 $\pm$ 0.03	7.76 $\pm$ 0.85
无障碍组(17)	15.34 $\pm$ 1.36	0.73 $\pm$ 0.03	13.14 $\pm$ 1.20	0.73 $\pm$ 0.04	18.85 $\pm$ 1.71	0.73 $\pm$ 0.04	5.71 $\pm$ 0.06
<i>t</i> 值	3.5215	2.5653	5.7460	2.9651	7.4042	2.8410	9.0876
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01

LHA:肛提肌裂孔面积;LAT:肛提肌厚度; $\Delta$ LHA:从收缩状态到Valsalva状态肛提肌裂孔面积的变化



图1 产后组Valsalva状态下LHA为28.20  $\text{cm}^2$  图2 未育组Valsalva状态下LHA为13.10  $\text{cm}^2$  图3 盆底功能障碍组Valsalva状态下LHA为35.04  $\text{cm}^2$  图4 无障碍组Valsalva状态下LHA为21.40  $\text{cm}^2$

### 讨论

女性盆底功能障碍是由于盆底支持结构的损伤与缺陷,导致盆腔脏器移位,进而引发盆腔器官位置和功能异常的疾病。研究<sup>[6-9]</sup>证实,肥胖、多次分娩、长期便秘、绝经、盆腔手术等因素均可导致女性盆底功

表2 不同噪音水平下基于NSCT变换算法降噪前后图像的S/MSE和 $\beta$ 值比较

参数	$\sigma=0.8$		$\sigma=0.7$		$\sigma=0.6$	
	降噪前	降噪后	降噪前	降噪后	降噪前	降噪后
S/MSE	11.0716dB	16.7441dB	12.1759dB	17.8125dB	13.3280dB	18.4460dB
$\beta$	0.2789	0.7998	0.2401	0.8180	0.2757	0.8423

噪后,产后组在静息状态、缩肛状态、Valsalva状态下的LHA、LAT、 $\Delta$ LHA均明显高于未育组,差异均有统计学意义(均 $P<0.01$ )。见表3和图1,2。

四、盆底功能障碍组和无障碍组经会阴四维超声检查指标比较

行经会阴四维超声检查并基于NSCT变换算法降噪后,盆底功能障碍组在静息状态、缩肛状态、Valsalva状态下的LHA、LAT、 $\Delta$ LHA均明显高于无障碍组,差异均有统计学意义(均 $P<0.01$ )。见表4和图3,4。

能障碍,其中经阴道自然分娩是女性盆底功能障碍发生的独立危险因素。若产后盆底功能障碍发生进行性加重,可引起尿失禁、盆底器官脱垂、排便异常、性功能障碍等症状,严重影响患者身心健康和生活质量。本研究应用经会阴四维超声观察产后女性肛提肌裂孔及肛提肌形态,并利用基于NSCT变换算法对

噪声图像进行降噪,探讨经会阴部四维超声成像结合图像降噪技术评估产后盆底功能障碍的价值。

本研究对所有研究对象行经会阴四维超声检查,并选择LHA和LAT作为评估女性盆底功能的观察指标。肛提肌为盆底肌性结构,肛提肌裂孔及其形态变化反映了肛提肌的弹性及顺应性。肛提肌对盆底器官起着重要的支撑作用,但高达30%的经阴道分娩女性可出现肛提肌损伤,最终导致盆底器官脱垂。应用经会阴四维超声检查可准确评估肛提肌损伤程度,并可测量肛提肌裂孔大小。本研究结果显示,产后组在静息状态、缩肛状态、Valsalva状态下的LHA、LAT、 $\Delta$ LHA均明显高于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.01$ ),进一步比较盆底功能障碍组和无障碍组的上述指标,发现两组在静息状态、缩肛状态、Valsalva状态下均存在明显差异(均 $P<0.01$ ),说明经会阴四维超声检查对女性盆底结构及功能的检测有一定优势。

但在经会阴四维超声检查过程中,诸多因素会对超声图像质量产生影响,常见的两种因素为受检者不能完成有效的缩肛和Valsalva动作,以及超声成像机制的限制,这些因素不可避免产生一些噪声,表现为超声灰阶图像中出现斑点、网纹、颗粒、雪花纹等,导致图像扭曲,失真。为有效抑制四维超声成像中的固有斑点噪声对超声图像质量的影响,本研究采用一种基于NSCT变换的超声图像降噪新算法<sup>[10]</sup>,仿真图像和临床超声图像的实验结果均证实,基于NSCT变换算法的超声图像降噪方法得到的PSNR、 $\rho$ 、SSIM均高于其他算法(噪声图像法、小波软阈值法、GenLik算法、SRAD算法),NSCT变换算法具有很好的频率选择性和正则性,可用于图像的降噪、增强和轮廓提取,并可减少伪影的出现,因此降噪后图像的S/MSE和 $\beta$ 均有明显提高,说明基于NSCT变换算法的超声图像降噪方法不但能够更有效地抑制斑点噪声,而且很好地保留了图像的细节信息<sup>[11]</sup>。但NSCT算法降噪时间偏长,此为NSCT变换算法用于超声图像降噪的不足之处。本研究列举的降噪方法有限,仅探讨了对于医学超声图像降噪方面的比较,对比参数单薄,随着科学的发展,今后将会有更完善的降噪方法有待于我们去

发现和运用。

综上所述,经会阴四维超声成像技术结合NSCT变换算法降噪技术,通过获取多层面盆底显像,实时重建超声图像和进行有效后处理,较好地纠正图像失真,提高了超声图像质量,对产后盆底功能障碍的评估具有重要价值。

#### 参考文献

- [1] Chamié LP, Ribeiro DMFR, Caiado AHM, et al. Translabial US and dynamic MR imaging of the pelvic floor: normal anatomy and dysfunction[J]. Radiographics, 2018, 38(1):287-308.
- [2] Wen L, Zhang J, Zeng S, et al. Using Z-scores to evaluate levator hiatus dimensions with four-dimensional translabial ultrasound [J]. J Obstet Gynaecol Res, 2017, 43(12): 1840-1847.
- [3] Trutnovsky G, Kamsan Atan I, Ulrich D, et al. Levator ani trauma and pelvic organ prolapse—a comparison of three translabial ultrasound scoring systems [J]. Acta Obstet Gynecol Scand, 2016, 95(12): 1411-1417.
- [4] Rejano-Campo M, Desvergeé A, Pizzoferrato AC. Relationship between perineal characteristics and symptoms and pelvic girdle pain: a literature review [J]. Prog Urol, 2018, 28(4): 193-208.
- [5] Ding S. Pelvic floor biofeedback therapy in pelvic floor diseases [J]. Zhonghua Wei Chang Wai Ke Za Zhi, 2017, 20(12): 1351-1354.
- [6] Dietz HP, Erdmann M, Shek KL. Reflex contraction of the levator ani in women symptomatic for pelvic floor disorders [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2012, 40(2): 215-218.
- [7] Ozdemir FC, Pehlivan E, Melekoglu R. Pelvic floor muscle strength of women consulting at the gynecology outpatient clinics and its correlation with sexual dysfunction: a cross-sectional study [J]. Pak J Med Sci, 2017, 33(4): 854-859.
- [8] Rival T, Clapeau L. Effectiveness of pelvic floor rehabilitation in erectile dysfunction: a literature review [J]. Prog Urol, 2017, 27(17): 1069-1075.
- [9] Zhao Y, Xiao M, Tang F, et al. The effect of water immersion delivery on the strength of pelvic floor muscle and pelvic floor disorders during postpartum period: an experimental study [J]. Medicine (Baltimore), 2017, 96(41): e8124.
- [10] Yang G, Li M, Chen L, et al. The nonsubsampling contourlet transform based statistical medical image fusion using generalized gaussian density [J]. Comput Math Methods Med, 2015, 20(15): 269-272.
- [11] 闫晟, 刘明刚, 原建平, 等. 一种基于NSCT变换的超声图像降噪新算法 [J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(5): 1005-1012.

(收稿日期: 2019-01-23)