

# 实时三维超声在子宫内膜蠕动评价中的应用

沈桂丽<sup>1,2</sup>, 何姗姗<sup>2</sup>, 吴林琳<sup>2</sup>, 张颖<sup>2</sup>, 李宏波<sup>1,2</sup>

1. 南方医科大学附属龙华人民医院超声科, 广东 深圳 518109;

2. 南京中医药大学附属医院超声科, 江苏 南京 210029

**摘要:** **目的** 探讨经阴道实时三维 (RT-3D) 超声在评价子宫内膜蠕动方向和频率中的应用价值。**方法** 2021年12月至2022年5月在南京中医药大学附属医院招募122位未绝经的女性志愿者,在非经期行经阴道RT-3D超声检查,获得174个2 min的子宫矢状面和冠状面动态视频,以8倍速播放后由两位观察者对子宫内膜蠕动的方向和频率进行评估。**结果** 两位观察者对矢状面上前壁、后壁以及冠状面上左侧壁、右侧壁、宫底蠕动方向的评估具有高度的一致性(Kappa值分别为0.739、0.768、0.670、0.687和0.614,  $P < 0.01$ )。两位观察者之间在矢状面和冠状面上观察到的各壁蠕动频率的差异无统计学意义( $P > 0.05$ );两位观察者对各壁蠕动频率评估的一致性较好(矢状面上前壁、后壁以及冠状面上左侧壁、右侧壁和宫底的组内相关系数分别为0.888、0.899、0.828、0.853、0.858,  $P < 0.01$ )。**结论** RT-3D超声可在冠状面上观察子宫的蠕动情况,评估子宫宫底蠕动方向是否朝向排卵侧,技术重复性高,为评价子宫内膜蠕动的方向和频率提供了一种新的、可靠的技术和方法。

**关键词:** 实时三维超声, 冠状面, 矢状面; 子宫内膜蠕动; 蠕动波

**中图分类号:** R445.1 R711 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-8182(2023)08-1214-05

## Real-time three-dimensional ultrasound in the evaluation of endometrial peristalsis

SHEN Guili\*, HE Shanshan, WU Linlin, ZHANG Ying, LI Hongbo

\* *Department of Ultrasound, Longhua People's Hospital Affiliated to Southern Medical University, Shenzhen, Guangdong 518109, China*

*Corresponding author: LI Hongbo, E-mail: lhbbbbbb@163.com*

**Abstract: Objective** To investigate the value of real-time 3-dimensional (RT-3D) transvaginal ultrasound in evaluating the direction and frequency of endometrial peristalsis. **Methods** Transvaginal RT-3D ultrasound was conducted in 122 non-menopausal female volunteers recruited in the Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine from December 2021 to May 2022. A total of 174 dynamic videos (2 min) of sagittal and coronal planes of the uterus were obtained, which were played at 8-time speed and then evaluated by two observers for the direction and frequency of endometrial peristalsis. **Results** There was a high degree of agreement between two observers in the assessment of peristaltic direction of the anterior and posterior walls on the sagittal plane and the left wall, right wall and uterine fundus on the coronal plane, with kappa values of 0.739, 0.768, 0.670, 0.687 and 0.614, respectively. There was no significant difference in the peristaltic frequency among the walls on the sagittal and coronal planes ( $P > 0.05$ ). There was a good agreement between two observers for the evaluation of peristaltic frequency at each wall, with intra-group correlation coefficients of 0.888, 0.899, 0.828, 0.853 and 0.858, respectively for the anterior and posterior walls in the sagittal plane and the left wall, right wall and uterine fundus in the coronal plane ( $P < 0.01$ ). **Conclusion** RT-3D ultrasound can emerge the uterine peristalsis on the coronal plane and judge the peristaltic direction of the uterine fundus. The technique is highly reproducible and is a new and reliable method for evaluating the direction and frequency

of uterine peristalsis.

**Keywords:** Real-time three-dimensional ultrasound, coronal plane, sagittal plane; Endometrial peristalsis; Peristalsis wave

**Fund program:** Jiangsu Provincial Maternal and Child Health Research Project (F201802)

子宫内蠕动是子宫内下肌层收缩引起内膜产生的波浪样运动,又称子宫蠕动,受激素调控,在整个月经周期中发生周期性变化,有排出经血、运输精子以及帮助胚胎着床等作用<sup>[1-2]</sup>。子宫内蠕动的可视化检查方法有经阴道二维(two-dimensional, 2D)超声和磁共振电影成像。经阴道2D超声仅从子宫矢状面观察子宫内蠕动的方向、频率和波幅,无法在子宫冠状面上对蠕动进行评估。磁共振电影成像可以在子宫矢状面上观察子宫内蠕动的方向、频率和波幅,也可以在子宫冠状面上观察内膜的蠕动情况,使评估宫底内膜蠕动方向是否朝向排卵侧成为可能<sup>[3-5]</sup>。但是磁共振电影成像技术参数的设置尚未完全统一,且价格较贵,有使用禁忌证,可重复性不高。随着超声新技术的发展,经阴道实时三维(real time three-dimensional, RT-3D)超声可通过三维(three-dimensional, 3D)重建获得实时显示的子宫冠状面图像,为在子宫冠状面上观察内膜蠕动的动态连续过程提供了可能。RT-3D超声已经被广泛应用于输卵管通畅性、产前筛查以及心脏疾病诊断等方面<sup>[6-10]</sup>。本研究利用RT-3D超声获得的子宫矢状面和冠状面对非经期女性子宫内蠕动的方向和频率进行观察,评估RT-3D超声在评价子宫内蠕动中的应用价值。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象** 采用前瞻性研究方法,于2021年12月至2022年5月在南京中医药大学附属医院招募122位女性志愿者,年龄20~49(30.5±4.4)岁,在非经期行经阴道RT-3D超声检查,以获得子宫内蠕动动态图像。纳入标准为月经周期规律的未绝经女性。排除标准:(1)近3个月有盆腔手术史;(2)近3个月使用过激素类药物;(3)子宫发育畸形。本研究已获得医院伦理委员会批准(2019NL-068-02),所有志愿者均知情并同意参与此研究。

**1.2 仪器及检测方法** 使用GE Voluson E6和E8超声诊断仪,阴道腔内容积探头(RIC5-9-D,频率5~9 MHz)。在非月经期行经阴道RT-3D超声检查,最终获得2 min RT-3D超声子宫矢状面和冠状面的动态图像。所有超声检查均由同一名超声医师完成。

**操作方法:**检查前记录志愿者月经情况(包括末次月经时间、近3个月月经是否规律、月经量等)、近

3个月激素类药物使用情况以及盆腔手术史,对符合要求的志愿者行RT-3D超声检查。嘱排空膀胱,截石位,检查过程中平稳呼吸、保持体位不变。检查过程和处理图像时采用4格图模式,图像处理完后采用2格图模式保存。操作过程:在仪器预设的“Routine THI”2D模式下,于子宫正中纵切面点击4D键,调节取样框大小到完全包绕子宫体和宫颈,容积角度90°,扫描速度中等,显示屏显示4幅图(图1),扫描过程中保持探头不动,采集2 min RT-3D超声图像并保存在仪器中。RT-3D超声图像后处理:在A平面使用轨迹球周围的“ROI”键和“Curv”键对图像进行处理,先点击“ROI”键,调节取样框(除了绿色虚线那边)的大小至刚好完全包绕宫底和宫颈,再点击“Curv”键,调节绿色取样线的幅度使其与子宫内膜线保持或接近一致,接着利用“X、Y、Z”轴对子宫矢状面和3D冠状面进行调节,直至获得可清晰显示内膜的2D矢状面和3D冠状面图像。转至2格图模式,显示屏显示2D矢状面和3D冠状面两幅图(即图1A、图1D),采用“Endometrium”模式对图像进行渲染,将图像储存在仪器中供后续离线分析。

**1.3 图像分析** 将超声仪器中处理好的2 min RT-3D超声图像导出为MP4格式,使用快剪辑视频处理软件(版本1.2.0.4106)以8倍速播放,最终获得15 s连续动态图像。由两位医师(A、B)分别对图像进行观察,观察内容如下。(1)各壁有无子宫内蠕动:包括矢状面上的前壁、后壁以及冠状面上的左侧壁、右侧壁和宫底,未见明显蠕动则记为不蠕动。(2)蠕动波的方向<sup>[11-12]</sup>:①矢状面的前、后壁和冠状面的左、右侧壁分为从宫颈到宫底(waves from cervix to fundus, CF,图2)、从宫底到宫颈(waves from fundus to cervix, FC)、CF和FC同时进行、CF和FC交替、未知;②冠状面上宫底分为从左到右、从右到左、从中间到双侧宫角、从双侧宫角到中间、未知。(3)各壁子宫内蠕动的频率,观察到一次完整的蠕动记为1,一次蠕动不完整不记,不蠕动则记为0。

**1.4 统计学方法** 应用SPSS 26.0软件处理数据。平均频率为非正态计量数据,采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,对两位观察者(A和B)观察的差异采用Wilcoxon符号秩和检验比较;计数资料用例数表示。通过Kappa一致性分析评估两位观察者对子宫各壁蠕动方向观

察的一致性, Kappa 值在 0~0.20 为一致性极低, >0.20~0.40 为一致性一般, >0.40~0.60 为一致性中等, >0.60~0.80 为高度的一致性, >0.80~1.00 为几乎完全一致<sup>[13]</sup>。采用组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) 分析两位观察者对子宫各壁观察到的蠕动频率间的一致性, ICC 位于 0 和 1 之间, 1 表示完全可信, >0.75 表示信度良好, 0.4~0.75 表示信度中等, <0.4 表示信度较差, 0 表示不可信。P<0.05 为差异有统计学意义。

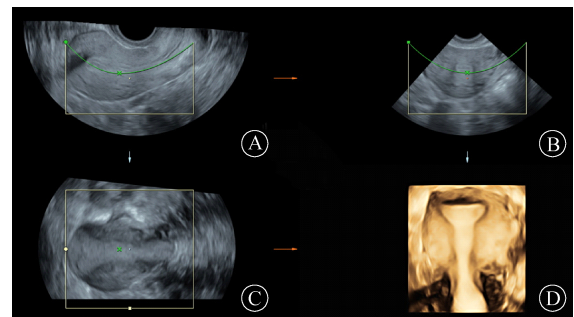
## 2 结果

共获得 174 个 2 min 的子宫矢状面和冠状面动态视频, 以 8 倍速播放后由两位观察者分别对子宫内壁蠕动的方向和频率进行评估, 并分析如下。表 1、表 2 为两位观察者观察到的子宫矢状面前后壁和冠状面左右侧壁及宫底的蠕动方向和平均频率; 表 3 为两位观察者所观察的子宫各壁蠕动方向和频率的比较。

**2.1 两位观察者观察到的各壁蠕动方向的一致性分析** Kappa 一致性分析结果显示, 两位观察者对矢状面上前壁和后壁, 冠状面上左侧壁、右侧壁和宫底蠕动方向的评估具有高度的一致性 (Kappa 值分别为

0.739、0.768、0.670、0.687、0.614, P<0.01)。见表 3。

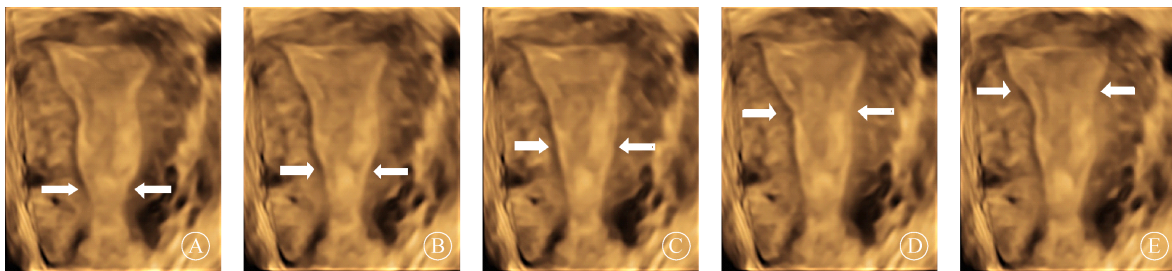
**2.2 两位观察者观察到的各壁蠕动频率的差异、一致性分析** Wilcoxon 符号秩和检验结果显示, 两位观察者之间在矢状面上前壁、后壁和冠状面上左侧壁、右侧壁、宫底观察到的蠕动频率差异无统计学意义 (P>0.05)。ICC 分析结果显示, 两位观察者对各壁蠕动频率评估的一致性较好 (矢状面上前壁、后壁以及冠状面上左侧壁、右侧壁和宫底的 ICC 分别为 0.888、0.899、0.828、0.853、0.858, P<0.01)。见表 3。



注: A 为子宫矢状面; B 为子宫横断面; C 为子宫冠状面; D 为重建后的子宫冠状面。

图 1 RT-3D 超声检查中显示的 4 格图模式

Fig. 1 The 4-frame pattern displayed in RT-3D ultrasonography



注: 从 A 到 E 依次为蠕动波的顺序。

图 2 RT-3D 超声子宫冠状面见从宫颈到宫底的蠕动波

Fig. 2 Peristaltic waves from the cervix to the fundus seen in the coronal plane of the uterus on RT-3D ultrasound

表 1 两位观察者对子宫矢状面前后壁和冠状面左右侧壁蠕动方向和频率的观察结果 (n=174)

Tab. 1 Observation of the peristaltic direction and frequency of the left and right walls in the sagittal, posterior and coronal planes of the uterus by two observers (n=174)

观察项目	矢状面				冠状面			
	前壁		后壁		左侧壁		右侧壁	
	A	B	A	B	A	B	A	B
方向(例)								
CF	98	101	98	100	100	102	102	102
FC	32	30	32	30	30	29	30	30
CF 和 FC 同时	6	6	6	5	4	4	4	5
CF 和 FC 交替	7	7	8	8	8	8	8	8
未知	2	7	2	7	8	6	8	5
不蠕动	29	23	28	24	24	25	22	24
频率 <sup>a</sup> (次/2 min)	4(2,6)	4(2,5)	4(2,6)	4(2,5)	4(2,6)	4(2,5)	4(2,6)	4(2,5)

注: <sup>a</sup> 表示数据为 M(P<sub>25</sub>, P<sub>75</sub>)。

表 2 两位观察者对子宫冠状面宫底蠕动方向和频率的观察结果 (n=174)

Tab. 2 Observation of the peristaltic direction and frequency of uterine fundus in the coronal plane of the uterus by two observers (n=174)

观察项目	宫底	
	A	B
蠕动方向(例)		
从右到左	21	23
从左到右	10	14
从双侧宫角到中间	21	21
从中间到双侧宫角	60	76
未知	32	8
不蠕动	30	32
频率 <sup>a</sup> (次/2 min)	4(2,6)	4(2,5)

注: <sup>a</sup> 表示数据为 M(P<sub>25</sub>, P<sub>75</sub>)。

表3 两位观察者对子宫各壁蠕动方向和频率观察结果的比较  
Tab. 3 Comparison of the direction and frequency of peristalsis in each wall of the uterus

子宫各壁	蠕动方向一致性 <sup>a</sup>		频率差异 <sup>b</sup>		频率一致性 <sup>c</sup>	
	Kappa 值	P 值	Z 值	P 值	ICC (95%CI)	P 值
子宫矢状面						
A 前壁—B 前壁	0.739	<0.001	-1.196	0.232	0.888 (0.852, 0.916)	<0.001
A 后壁—B 后壁	0.768	<0.001	-1.382	0.167	0.899 (0.866, 0.924)	<0.001
子宫冠状面						
A 左侧壁—B 左侧壁	0.670	<0.001	-1.339	0.181	0.828 (0.775, 0.869)	<0.001
A 右侧壁—B 右侧壁	0.687	<0.001	-1.949	0.051	0.853 (0.807, 0.889)	<0.001
A 宫底—B 宫底	0.614	<0.001	-1.927	0.054	0.858 (0.814, 0.893)	<0.001

注：<sup>a</sup>Kappa 分析；<sup>b</sup>Wilcoxon 符号秩和检验；<sup>c</sup>ICC 分析。

### 3 讨论

导致女性不孕的因素很多,子宫内皮蠕动是其中一个重要因素,但其对检查技术要求较高。以往大多利用经阴道 2D 超声或磁共振技术评估子宫内皮蠕动,本研究利用 RT-3D 超声从子宫冠状面和矢状面同步分析非经期女性子宫内皮蠕动的方向和频率,探讨 RT-3D 超声评价子宫内皮蠕动的应用价值。

RT-3D 超声作为一种超声新技术,也称四维超声,在 3D 超声的基础上增加了时间维度,可以获得连续、动态、同步显示的子宫矢状面和冠状面图像,从而得以评估子宫内皮蠕动的方向和频率。本研究结果显示,在对子宫矢状面和冠状面上各壁蠕动方向和频率的评估中,两位观察者之间的一致性均较好,与 Moliner 等<sup>[14]</sup>研究结果一致。初步证明 RT-3D 超声是评价子宫内皮蠕动的可靠工具,利用 RT-3D 超声可以获得同一子宫时间同步、同时显示的矢状面和冠状面动态图像,便于同时观察子宫矢状面上前壁和后壁以及子宫冠状面上左侧壁、右侧壁和宫底的蠕动情况。与 2D 超声相比,RT-3D 超声可实时显示子宫冠状面,观察蠕动更形象直观,可以清楚的观察子宫左侧壁、右侧壁以及宫底的蠕动情况。另外,RT-3D 超声呈现的冠状面图像经过自动渲染,进一步增加了内膜与肌层的对比度,图像更加形象、逼真,可视性增强,子宫内皮肌层结合带也可清晰显示。与电影磁共振技术<sup>[4-5]</sup>相比,RT-3D 超声检查无禁忌证,可重复性高<sup>[15]</sup>,仪器参数设置统一,可同步显示子宫冠状面和矢状面,更有利于进行多中心的研究。此外,在 Shitano 等<sup>[3]</sup>的研究中可得知,电影磁共振成像是采用快速自旋回波序列,以每隔 3 s 采集一幅图的速度采集 3 min 子宫矢状面和冠状面图像,共获得 60 幅序列图像,而在本研究中,1 min RT-3D 超声图像由 70 帧左右图像组成,可以获得更流畅的动态视频,有

利于对子宫内皮蠕动精细运动的观察。

以往关于子宫内皮蠕动的研究多由 2~3 个人分别观察经阴道超声子宫内皮蠕动的原始或者加速视频,最佳观察时长尚无定论,1~15 min 均有报道。本研究采集了每位志愿者 2 min RT-3D 超声内皮蠕动动态视频,以 8 倍速播放后获得 15 s 视频,再由两位观察者分别进行观察。分析数据后得出,两位观察者对矢状面上前壁和后壁以及冠状面上左侧壁、右侧壁和宫底蠕动方向的评估均具有高度的一致性(Kappa 值分别为 0.739、0.768、0.670、0.687、0.614);两位观察者对各壁蠕动频率评估的一致性较好(矢状面上前壁、后壁以及冠状面上左侧壁、右侧壁和宫底的 ICC 分别为 0.888、0.899、0.828、0.853、0.858),由此说明经人眼目测评估子宫内皮蠕动视频时,采集 2 min 子宫内皮蠕动图像并以 8 倍速处理是可行的,具有较高的可重复性。笔者在超声扫查和图像后处理中发现,应用 RT-3D 超声观察子宫内皮蠕动,有以下注意点:(1) 扫查前务必嘱咐被检查者在检查过程中保持身体不动,平稳呼吸,采集 RT-3D 图像时一定要保持探头不动;(2) 在处理 2 min 子宫内皮蠕动图像时,“ROI”感兴趣区取样框(除了绿色虚线那边)一定要完全包绕子宫体和宫颈,否则会导致重建后的子宫冠状面不能完全显示子宫体和宫颈,致使部分信息丢失;(3) 将动态图像经过倍速播放后,子宫周围的肠管蠕动和血管搏动也会更加明显,需要观察者将其与子宫内皮蠕动区别开,可根据蠕动的范围和蠕动特点进行区别,肠管蠕动和血管搏动在子宫周围,并且是一阵一阵的动,而子宫内皮蠕动主要在子宫内皮区域,并且蠕动是连续性的、有规律的;(4) 由于子宫内皮蠕动短时间内可能形成局部高回声,容易被误认为是息肉,可结合被检查者临床病史或者等一阵蠕动波过后再观察。

由于利用 RT-3D 超声获得的动态图像组织分辨率有所下降,难以使两位观察者对内膜下低回声区域

是否向子宫外肌层传导的分析保持统一标准,故本研究未进行子宫内膜蠕动是否向子宫外肌层传导的分析。因为子宫内膜蠕动是一项精细、微妙的运动,靠目测评估波幅较困难,故本研究没有对子宫内膜蠕动的波幅进行分析。近期已见北京大学深圳医院超声研究者使用基于光流技术新开发自动分析算法,在经阴道超声的视频图像中量化子宫蠕动,结果与视觉评估相当<sup>[16]</sup>。期待在未来可以实现自动化技术评估的临床应用。此外,后期可通过超声仪器内置的视频后处理软件实现视频的倍速处理,从而实现对子宫冠状面上内膜蠕动的评估。

综上所述,RT-3D 超声为评价子宫内膜蠕动的方向和频率提供了一种新的、可靠的技术和方法,对子宫内膜蠕动的评估具有重要的价值。

利益冲突 无

#### 参考文献

- [1] Tanos V, Lingwood L, Balami S. Junctional zone endometrium morphological characteristics and functionality: review of the literature [J]. *Gynecol Obstet Invest*, 2020, 85(2): 107-117.
- [2] 许彬,李艳萍.子宫内膜蠕动波与胚胎着床[J].*中国实用妇科与产科杂志*,2020,36(6):507-512.  
Xu B, Li YP. Endometrial peristalsis wave and embryo implantation [J]. *Chin J Pract Gynecol Obstet*, 2020, 36(6): 507-512.
- [3] Shitano F, Kido A, Kataoka M, et al. Evaluation of uterine peristalsis using cine MRI on the coronal plane in comparison with the sagittal plane[J]. *Acta Radiol*, 2016, 57(1): 122-127.
- [4] 严璠,崔磊,印洪刚.磁共振电影成像观察子宫内膜蠕动波的研究进展[J].*中国医学计算机成像杂志*,2021,27(1):79-82.  
Yan J, Cui L, Yin HG. Research progress on cine-MRI in observing endometrial peristalsis[J]. *Chin Comput Med Imaging*, 2021, 27(1): 79-82.
- [5] 杨媛媛,吕富荣.电影磁共振成像技术观察子宫蠕动的研究进展[J].*磁共振成像*,2017,8(7):547-550.  
Yang YY, Lyu FR. Progress of cine magnetic resonance imaging in uterine peristalsis [J]. *Chin J Magn Reson Imaging*, 2017, 8(7): 547-550.
- [6] 李宏波,殷立平,张玫玫,等.实时三维子宫输卵管造影的不良反应与处理[J].*中国医学影像学杂志*,2017,25(6):474-477,480.  
Li HB, Yin LP, Zhang MM, et al. Adverse reactions and management of real-time three-dimensional hysterosalpingo-contrast sonography[J]. *Chin J Med Imaging*, 2017, 25(6): 474-477, 480.
- [7] 刘丹妮,冉海涛,敖梦.实时三维超声心动图和斑点追踪成像评价房颤患者心房结构和功能的研究进展[J].*中国医学影像学杂志*,2022,30(5):518-523.  
Liu DN, Ran HT, Ao M. Research progress of real-time three-dimensional echocardiography and speckle tracking imaging in evaluating atrial structure and function of patients with atrial fibrillation [J]. *Chin J Med Imaging*, 2022, 30(5): 518-523.
- [8] Maderkova Tozzi M, Furstova J, Lubusky M et al. Should 3D volume assessment of the corpus callosum and cerebellar vermis be a part of a routine second trimester screening? [J]. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*,2022,166(4):428-433.
- [9] 张晓玲,姬东辉,李晓云.全容积三维超声心动图诊断冠心病患者心脏局部容积和心脏功能的应用效果[J].*中国临床研究*, 2020,33(6):828-831.  
Zhang XL, Ji DH, Li XY. Full volume three-dimensional echocardiography in the diagnosis of local volume and cardiac function in patients with coronary heart disease[J]. *Chin J Clin Res*, 2020, 33(6): 828-831.
- [10] 计春敏,李振森,李方园,等.三维超声在孕中期胎儿畸形筛查及诊断中的应用[J].*中国临床研究*,2021,34(7):927-929.  
Ji CM, Li ZM, Li FY, et al. Three-dimensional ultrasound in screening and diagnosis of fetal malformations in second trimester of pregnancy[J]. *Chin J Clin Res*, 2021,34(7): 927-929.
- [11] van Gestel I, IJland MM, Evers JL, et al. Complex endometrial wave-patterns in IVF[J]. *Fertil Steril*, 2007, 88(3): 612-615.
- [12] Ijland MM, Evers JL, Dunselman GA, et al. Endometrial wavelike movements during the menstrual cycle[J]. *Fertil Steril*, 1996, 65(4): 746-749.
- [13] Agrawal D, Meshram M, Darak H, et al. Intra-and inter-observer agreement in the classification of dyssynergic defecation on high-resolution anorectal manometry using water-perfusion system[J]. *Indian J Gastroenterol*, 2022, 41(4): 336-342.
- [14] Moliner B, Llacer J, Sellers F, et al. 4D ultrasound as a method to assess uterine peristalsis [J]. *Fertil Steril*, 2021, 116(1): 272-274.
- [15] Kuijsters NPM, Sammalı F, Rabotti C, et al. Visual inspection of transvaginal ultrasound videos to characterize uterine peristalsis: an inter-observer agreement study[J]. *J Ultrasound*, 2020, 23(1): 37-44.
- [16] Wang Y, Li X, Wei N, et al. Automated measurement of endometrial peristalsis in cine transvaginal ultrasound images[J]. *Front Physiol*,2022,13:983177.

收稿日期:2022-10-24 修回日期:2023-02-24 编辑:石嘉莹