医学影像物理

3D-PDI相关参数对体外受精-胚胎移植妊娠结局的预测价值

刘环[1],努尔艾力·木台力甫[1],努尔比耶·图尔迪[1],丁芸[2]
1.喀什地区第一人民医院超声医学科,新疆 喀什 844000;2.喀什地区第一人民医院招标办,新疆 喀什 844000

【摘要】目的:分析三维能量多普勒血流显像超声(3D-PDI)相关参数对体外受精-胚胎移植(IVF-ET)妊娠结局的预测价值。方法:以2021年12月~2022年3月收治的IVF-ET助孕患者100例为研究对象,所有患者均进行IVF-ET助孕,后进行3D-PDI检查。根据患者IVF-ET后14 d孕酮水平将其分为孕酮升高组(34例)和孕酮正常组(66例),比较两组3D-PDI检查的相关参数;根据患者是否成功妊娠将患者分为妊娠组(47例)和未妊娠组(53例),比较两组3D-PDI检查的相关参数。绘制受试者工作特征(ROC)曲线获取曲线下面积(AUC),分析3D-PDI检查的相关参数单独及联合对IVF-ET助孕患者妊娠结局的预测价值。结果:孕酮升高组子宫内膜回声分型A型、B型及内膜血流分型Ⅱ型、Ⅲ型患者占比(20.59%、32.35%和20.59%、14.71%)低于孕酮正常组(33.33%、42.42%和37.88%、30.30%)(P<0.05),子宫内膜回声分型C型及内膜血流分型Ⅰ型患者占比(47.06%和64.71%)高于孕酮正常组(24.24%和31.82%)(P<0.05);孕酮升高组内膜厚度、容积、血管化指数(VI)、血管化血流指数(VFI)、血流指数(FI)均低于孕酮正常组(P<0.05)。妊娠组内膜容积、VI、VFI、FI高于未妊娠组(P<0.05)。ROC曲线分析结果显示内膜容积、VI、VFI、FI联合对预测IVF-ET助孕患者妊娠结局AUC及敏感度均高于其单独预测(P<0.05)。结论:IVF-ET助孕患者内膜容积、VI、VFI、FI升高有助于患者成功妊娠,同时4者联合对IVF-ET助孕患者妊娠结局具有良好的预测价值。

【关键词】体外受精;胚胎移植;助孕;经阴道三维能量多普勒血流显像超声;妊娠结局;受试者工作特征曲线

【中图分类号】R714.8　　　　　　　【文献标志码】A　　　　　　　【文章编号】1005-202X(2023)06-0709-05

Predictive value of 3D-PDI parameters for pregnancy outcomes after *in vitro* fertilization-embryo transfer

LIU Huan[1], NUERAILI Mutailifu[1], NUERBIYE Tuerdi[1], DING Yun[2]
1. Department of Ultrasound Medicine, The First People's Hospital of Kashgar, Kashgar 844000, China; 2. Department of Tender, The First People's Hospital of Kashgar, Kashgar 844000, China

Abstract: Objective To analyze the value of three-dimensional power Doppler imaging (3D-PDI) parameters to predict the pregnancy outcomes after *in vitro* fertilization-embryo transfer (IVF-ET). **Methods** A total of 100 patients treated with IVF-ET from December 2021 to March 2022 were enrolled. All patients underwent IVF-ET followed by 3D-PDI. According to the progesterone level on day 14 after IVF-ET, the patients were divided into progesterone elevation group (*n*=34) and normal progesterone group (*n*=66), and the relevant parameters of 3D-PDI were compared between the two groups. According to whether the pregnancy was successful or not, the patients were divided into pregnant group (*n*=47) and non-pregnant group (*n*=53), and the relevant parameters of 3D-PDI were compared between the two groups. The area under the receiver operating characteristic curve (AUC) was used to analyze the predictive value of 3D-PDI parameters alone and in combination for pregnancy outcomes after IVF-ET. **Results** The proportions of endometrial echo types A and B and endometrial blood flow types II and III in progesterone elevation group were 20.59%, 32.35%, 20.59%, 14.71%, respectively, lower than those in normal progesterone group (33.33%, 42.42%, 37.88%, 30.30%, respectively) (*P*<0.05). The endometrial echo type C and endometrial blood flow type I were observed in 47.06% and 64.71% of patients in progesterone elevation group, and in 24.24% and 31.82% of patients in normal progesterone group (*P*<0.05). Progesterone elevation group had lower intimal thickness, volume, vascularization index (VI), vascularization flow index (VFI) and blood flow index (FI) than

normal progesterone group (*P*<0.05). The endometrial volume, VI, VFI and FI of pregnant group were higher than those of non-pregnant group (*P*<0.05). Compared with parameter alone, the combination of endometrial volume, VI, VFI and FI had higher AUC and sensitivity for predicting pregnancy outcome after IVF-ET (*P*<0.05). **Conclusion** The increase of intimal volume, VI, VFI and FI in IVF-ET patients is helpful to the successful pregnancy, and their combination has a high predictive value for the pregnancy outcome after IVF-ET.

Keywords: *in vitro* fertilization; embryo transfer; assisted reproduction; transvaginal three-dimensional power Doppler imaging; pregnancy outcome; receiver operating characteristic curve

前　言

体外受精-胚胎移植（IVF-ET）是一种辅助生殖技术，已经成为目前解决人类生育障碍的重要治疗手段。相关统计研究显示，IVF-ET 受精率可达到 70%~80%，但其着床率仅有 20%~30%[1]。有学者发现子宫内膜的容受性异常是导致胚胎植入失败的主要原因[2]，而在内膜容受性的形成与胚胎植入的过程中，血流情况对于妊娠成功与否具有重要意义，其可为胚胎着床提供重要的物质基础。彩色多普勒超声是一种评估患者组织或器官血流频谱、血管分布的诊断技术，能量多普勒采集血液中红细胞的散射能量，无角度限制，是目前检测血流最有效的超声技术，其中经阴道三维能量多普勒血流显像超声（3D-PDI）可重建目标脏器，对脏器的血流情况显示得更加直观立体，为血管形成情况提供有效的评价标准，其对入射角和方向的依赖性更小，无混叠，可用于慢速血流发生的任何地方[3-4]。目前临床关于 3D-PDI 在预测 IVF-ET 助孕患者妊娠结局中的应用价值尚未完全明确，基于此，本研究采用 3D-PDI 对 IVF-ET 助孕患者进行检查，并统计其相关参数，分析 3D-PDI 检查的相关参数对患者妊娠结局的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

以 2021 年 12 月~2022 年 3 月喀什地区第一人民医院收治的 IVF-ET 助孕患者 100 例为研究对象，年龄 23~37 岁，平均（31.52±2.42）岁；不孕年限 1~6 年，平均（3.56±0.47）年。

1.2 纳入、排除、脱落与剔除标准

纳入标准：符合不孕诊断标准者[5]；婚后有正常性生活，未避孕且 1 年以上未怀孕者；纳入本研究前 3 个月无激素用药史、宫腔操作史者等。排除标准：有子宫、卵巢手术史或感染性疾病者；合并其他内分泌疾病者；染色体异常者；2 次及以上流产者等。脱落与剔除标准：男性伴侣不孕者；中途退出本研究者；IVF-ET 助孕结局为异位妊娠、发生生化妊娠或减胎者等。

1.3 方法

所有患者均进行 3D-PDI 检查。于 IVF-ET 助孕后 14 d 采用超声诊断仪对患者进行经阴道二维、三维超声检查，先采用二维超声对患者子宫内膜厚度进行检查，并评估患者子宫内膜回声分型情况；切换至三维能量多普勒模式，设置参数 WMF：low2，Quality：norm，PRF：0.9~1.4 kHz，Power：100%；对子宫正中矢状切面进行三维图像采集。

1.4 观察指标

1.4.1 不同孕酮水平患者 3D-PDI 检查的相关参数　根据患者 IVF-ET 后 14 d 孕酮水平将其分为孕酮升高组（34 例，孕酮水平>9.4 nmmol/L）和孕酮正常组（66 例，孕酮水平 2.4~9.4 nmmol/L），根据 3D-PDI 检查结果统计患者子宫内膜回声分型、内膜血流分型、内膜厚度、容积及血管化指数（VI）、血管化血流指数（VFI）、血流指数（FI）等，其中参照 Gonen 分型[6]标准将子宫内膜回声分为 A 型（基底层与宫腔中线呈强回声，两侧内膜呈低回声）、B 型（患者宫腔中线较模糊，内膜呈均匀相对高回声，与邻近肌层分界清晰）、C 型（患者无明显宫腔中线，内膜呈均匀高回声）；内膜血流分型采用 Applebaum 分型法[7]，分为 I 型、II 型、III 型。

1.4.2 不同妊娠结局患者 3D-PDI 检查的相关参数　根据患者是否成功妊娠将其分为妊娠组（47 例，IVF-ET 后 14 d 经 3D-PDI 检查可见宫腔内孕囊）和未妊娠组（53 例，IVF-ET 后 14 d 经 3D-PDI 检查未见宫腔内孕囊），统计两组 3D-PDI 检查的相关参数，方法同 1.4.1。

1.4.3 3D-PDI 检查的相关参数对 IVF-ET 助孕患者妊娠结局的预测价值　绘制受试者工作特征（ROC）曲线，获取曲线下面积（AUC）、敏感度和特异度，分析 3D-PDI 检查的相关参数对 IVF-ET 助孕患者妊娠结局的预测价值。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 21.0 软件进行数据分析，计量资料以均数±标准差表示，行 *t* 检验。等级资料用秩和检验。绘制 ROC 曲线，获取 AUC，分析 3D-PDI 检查的相关参数单独及联合检测对 IVF-ET 助孕患者妊娠结局的预测价值。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 不同孕酮水平患者3D-PDI检查的相关参数比较

孕酮升高组子宫内膜回声分型 A 型、B 型及内膜血流分型 II 型、III 型患者占比(20.59%、32.35% 及 20.59%、14.71%)低于孕酮正常组(33.33%、42.42% 及

37.88%、30.30%)(P<0.05),子宫内膜回声分型 C 型及内膜血流分型I型患者占比(47.06% 及 64.71%)高于孕酮正常组(24.24% 及 31.82%)(P<0.05);孕酮升高组内膜厚度、容积、VI、VFI、FI 均低于孕酮正常组(P<0.05)。见表1。

表1 不同孕酮水平患者3D-PDI检查的相关参数比较

Table 1 Comparison of 3D-PDI parameters in patients with different progesterone levels

组别	n	子宫内膜回声分型[例(%)]			内膜血流分型[例(%)]			内膜厚度/mm	内膜容积/mL	内膜 VI	内膜 VFI	内膜 FI
		A 型	B 型	C 型	I 型	II 型	III 型					
孕酮升高组	34	7(20.59)	11(32.35)	16(47.06)	22(64.71)	7(20.59)	5(14.71)	9.86±2.07	5.11±0.83	5.20±1.35	1.04±0.14	19.43±2.51
孕酮正常组	66	22(33.33)	28(42.42)	16(24.24)	21(31.82)	25(37.88)	20(30.30)	11.97±2.56	6.36±0.95	17.07±2.73	4.20±0.18	22.41±3.16
Z/t值		2.160			2.933			4.154	6.497	23.853	89.315	4.774
P值		0.031			0.003			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

2.2 不同妊娠结局患者3D-PDI检查的相关参数比较

妊娠组子宫内膜回声分型、内膜血流分型和内膜厚度与未妊娠组比较,差异无统计学意义(P>0.05)。

妊娠组内膜容积、VI、VFI、FI高于未妊娠组(P<0.05),见表2。

表2 不同妊娠结局患者3D-PDI检查的相关参数比较

Table 2 Comparison of 3D-PDI parameters between pregnancy and non-pregnancy patients

组别	n	子宫内膜回声分型[例(%)]			内膜血流分型[例(%)]			内膜厚度/mm	内膜容积/mL	内膜 VI	内膜 VFI	内膜 FI
		A 型	B 型	C 型	I 型	II 型	III 型					
妊娠组	47	10(21.28)	13(27.66)	24(51.06)	3(6.38)	39(82.98)	5(10.64)	10.53±2.73	6.32±0.93	3.19±0.94	1.62±0.37	22.93±2.68
未妊娠组	53	17(32.08)	14(26.42)	22(41.51)	1(1.89)	50(94.34)	2(3.77)	10.97±2.92	5.16±0.89	1.83±0.58	1.07±0.28	20.23±2.29
Z/t值		1.186			0.382			0.729	8.016	11.754	4.062	2.931
P值		0.236			0.703			0.467	0.000	0.000	0.000	0.004

2.3 3D-PDI检查的相关参数对IVF-ET助孕患者妊娠结局的预测价值

ROC 曲线分析结果显示,内膜容积、VI、VFI、FI 联合对预测 IVF-ET 助孕患者妊娠结局 AUC 及敏感度均高于其单独预测(P<0.05),见表3。

3 讨 论

随着 IVF-ET 技术的飞速发展,受精卵的整体质量已经有了很大的提高,但胚胎着床的成功率一直处于较低水平,说明胚胎着床失败已成为阻碍成功妊娠的关键因素[8-9]。子宫内膜容受性不良常常导致 IVE-ET 周期的移植失败,进而导致患者不能成功妊娠,因此评估子宫内膜容受性并对患者进行针对性治疗是提高 IVF-ET 助孕患者妊娠率、降低胚胎废弃率的关键[10-12]。子宫内膜厚度、形态、内膜血供等均

表3 3D-PDI检查的相关参数对IVF-ET助孕患者妊娠结局的预测价值

Table 3 Predictive value of 3D-PDI parameters for pregnancy outcomes after IVF-ET

相关参数	AUC	95% CI	敏感度/%	特异度/%
内膜容积	0.844*	0.758-0.909	68.09*	86.79
内膜 VI	0.889*	0.810-0.943	72.34*	86.23
内膜 VFI	0.908*	0.834-0.957	76.60*	88.68
内膜 FI	0.865*	0.782-0.925	72.34*	86.79
4项联合	0.929	0.859-0.971	85.11	83.02

*表示与4项参数联合比较,P<0.05

可对患者子宫内膜容受性产生影响[13]。经阴道多普勒超声在临床诊断妇产科疾病方面应用较广,其中

二维超声可对患者子宫内膜厚度、回声情况及血流分布等进行评估,但其不能准确评估患者子宫内膜容受性情况,需要联合更加优良的超声诊断技术进行评估[14]。

IVF-ET后14 d为人绒毛膜促性腺激素注射日,相关研究显示,人绒毛膜促性腺激素注射日孕酮升高可导致IVF-ET着床率和妊娠率下降[15]。本研究结果显示孕酮升高组子宫内膜回声分型A型、B型及内膜血流分型Ⅱ型、Ⅲ型患者占比低于孕酮正常组,子宫内膜回声分型C型及内膜血流分型Ⅰ型患者占比高于孕酮正常组,内膜厚度、容积、VI、VFI、FI均低于孕酮正常组,说明3D-PDI可有效评估不同孕酮水平IVF-ET助孕患者子宫内膜容受性。3D-PDI检测患者血流分布情况不是通过探测血流速度,而是通过探测血细胞的能量信号,其对低速血流有极高的敏感性,可有效探查子宫内膜及内膜下微细血管血流情况,通过虚拟器官计算机对患者VI、VFI、FI进行辅助计算,进而对患者子宫内膜血流分布情况进行分析[16-17],其中VI可对患者内膜血管丰富或稀疏程度进行评估,VFI表示血管化程度和血流综合情况,而FI表示子宫内膜血管在三维扫查瞬间通过的血细胞数,3者联合可有效对患者子宫内膜血流分布情况进行评估[18-19]。子宫内膜血流分型可反映患者雌、孕激素水平变化情况,其中C型患者内膜往往伴随着子宫内膜种植窗的关闭,可影响患者胚胎着床,导致妊娠失败,而IVF-ET助孕患者人绒毛膜促性腺激素注射日血流分型为A型患者胚胎着床率可明显提高,有利于患者成功妊娠[20-21]。

子宫内膜血管新生具有明显的空间和时间特异性。在进行IVF-ET后早期,血管新生活跃,可促进子宫内膜的蜕膜化,支持胚胎的着床、发育和妊娠的持续,因此在IVF-ET后对患者进行子宫内膜血流情况的探查有利于评估患者妊娠结局[22]。本研究结果显示妊娠组内膜容积、VI、VFI、FI高于未妊娠组,同时ROC曲线分析结果显示内膜容积、VI、VFI、FI联合对预测IVF-ET助孕患者妊娠结局AUC及敏感度均高于其单独预测,说明子宫内膜容受性对IVF-ET助孕患者妊娠结局具有重要影响,而内膜容积、VI、VFI、FI联合可提高对患者妊娠结局的预测价值。3D-PDI可有效显示胚胎着床部位微血流灌注情况,可以通过其血流直方图功能子宫内膜血流灌注状态,显示的血流信号不受角度、方向因素的影响,血流信号丰富,血管连续性好,能显示完整的血管床或血管树,无色彩混叠现象,显示信号动态范围广,增加了对血流显示的敏感性,能显示迂曲、低流量、低流速的血流,而且可以使高速和低速的血流同时很好地显示,

更有利于观察肿瘤血管构建形态和分布的整体效果,有助于探测患者子宫内膜低速、细微血流信号[23]。虚拟器官计算机辅助分析可对患者子宫内膜容积进行定量计算,其联合血流参数可有效评估患者子宫内膜容受性,进而对患者妊娠结局进行预测[24]。

综上所述,IVF-ET助孕患者内膜容积、VI、VFI、FI升高有助于患者成功妊娠,同时4者联合对IVF-ET助孕患者妊娠结局具有良好的预测价值,值得在临床推广应用。

【参考文献】

[1] Ying LY, Sanchez MD, Baron J, et al. Preimplantation genetic testing and frozen embryo transfer synergistically decrease very pre-term birth in patients undergoing *in vitro* fertilization with elective single embryo transfer[J]. J Assist Reprod Genet, 2021, 38(9): 2333-2339.

[2] Wu MH, Lin CW, Su PF, et al. Atosiban and pregnancy outcomes following *in vitro* fertilization treatment for infertile women requiring one, two, or more embryo transfer cycles: a longitudinal cohort study [J]. Reprod Sci, 2020, 27(3): 853-859.

[3] 吴炜, 梁莹, 孙毅, 等. 子宫内膜、卵巢三维超声能量多普勒血流参数与体外受精-胚胎移植妊娠结局的相关性研究[J]. 中华生殖与避孕杂志, 2017, 37(5): 396-398.
Wu W, Liang Y, Sun Y, et al. Study on the relationship between three dimensional ultrasound energy Doppler blood flow parameters of endometrium and ovary and pregnancy outcome of *in vitro* fertilization-Embryo transfer[J]. Chinese Journal of Reproduction and Contraception, 2017, 37(5): 396-398.

[4] 于姣姣, 陈玲, 胡兵, 等. 经阴道三维超声评价子宫内膜容受性对体外受精-胚胎移植患者妊娠结局的预测价值[J]. 山东医药, 2017, 57(26): 60-62.
Yu JJ, Chen L, Hu B, et al. Evaluation of endometrial receptivity by transvaginal three-dimensional ultrasound for predicting pregnancy outcome in patients with *in vitro* fertilization and embryo transfer[J]. Shandong Medical Journal, 2017, 57(26): 60-62.

[5] 顾美皎. 临床妇产科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001: 154-157.
Gu MJ. Clinical obstetrics and gynecology[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2001: 154-157.

[6] 申萌萌, 刘雁峰, 梁嘉玲, 等. 二补助育汤对反复体外受精-胚胎移植失败患者子宫内膜超声学指标的影响[J]. 北京中医药大学学报, 2019, 42(2): 167-170.
Shen MM, Liu YF, Liang JL, et al. Effects of Erjieyu Decoction on endometrial ultrasonography in patients with repeated *in vitro* fertilization and embryo transfer failure[J]. Journal of Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2019, 42(2): 167-170.

[7] 张金玲, 付瑞, 李豆豆, 等. 经阴道彩色多普勒超声检测子宫内膜癌及对肌层浸润程度和血流分级的诊断分析[J]. 实用癌症杂志, 2021, 36(7): 1140-1143.
Zhang JL, Fu R, Li DD, et al. Detection of endometrial carcinoma by transvaginal color Doppler ultrasonography and diagnosis of muscular layer infiltration degree and blood flow grading[J]. The Practical Journal of Cancer, 2021, 36(7): 1140-1143.

[8] 赵姗姗, 彭珍, 涂子滢, 等. 高龄卵巢储备功能不全不孕患者使用非降调节方案行IVF/ICSI-ET助孕治疗的临床分析[J]. 生殖医学杂志, 2023, 32(3): 350-356.
Zhao SS, Peng Z, Tu ZY, et al. Clinical analysis of IVF/ICSI-ET treatment for pregnant elderly infertile patients with ovarian reserve insufficiency[J]. Journal of Reproductive Medicine, 2023, 32(3): 350-356.

[9] Kim J, Lee J, Jun JH. Non-invasive evaluation of embryo quality for the selection of transferable embryos in human *in vitro* fertilization-embryo transfer[J]. Clin Exp Reprod Med, 2022, 49(4): 225-238.

[10] 夏秋平, 李艳萍, 张叶青, 等. 体外受精-胚胎移植中受精失败的相关因素[J]. 中南大学学报(医学版), 2020, 45(8): 960-965.
Xia QP, Li YP, Zhang YQ, et al. Identification of factors related to

fertilization failure in *in vitro* fertilization-embryo transfer[J]. Journal of Central South University (Medical Science), 2020, 45(8): 960-965.

[11] Iwasawa T, Takahashi T, Maeda E, et al. Effects of localisation of uterine adenomyosis on outcome of *in vitro* fertilisation/intracytoplasmic sperm injection fresh and frozen-thawed embryo transfer cycles: a multicentre retrospective cohort study[J]. Reprod Biol Endocrinol, 2021, 19(1): 84.

[12] Insogna IG, Lanes A, Lee MS, et al. Association of fresh embryo transfers compared with cryopreserved-thawed embryo transfers with live birth rate among women undergoing assisted reproduction using freshly retrieved donor oocytes[J]. JAMA, 2021, 325(2): 156-163.

[13] Bell JL, Hardy P, Greenland M, et al. E-Freeze-a randomised controlled trial evaluating the clinical and cost effectiveness of a policy of freezing embryos followed by thawed frozen embryo transfer compared with a policy of fresh embryo transfer, in women undergoing *in vitro* fertilisation: a statistical analysis plan[J]. Trials, 2020, 21(1): 596.

[14] 李建荣, 杨坤, 邵蕾, 等. 经阴道超声子宫内膜变化系数预测体外受精-胚胎移植临床结局[J]. 中国超声医学杂志, 2019, 35(7): 633-635.
Li JR, Yang K, Shao L, et al. Prediction of clinical outcome of in vitro fertilization and embryo transfer by transvaginal ultrasonography[J]. Chinese Journal of Ultrasound Medicine, 2019, 35(7): 633-635.

[15] 孙海琴, 严志汉. 三维能量多普勒超声评估卵巢储备降低女性卵巢血供对排卵与否及早期妊娠结局的预测价值[J]. 中国妇幼保健, 2019, 34(2): 402-404.
Sun HQ, Yan ZH. Prediction value of reduced ovarian blood supply by three-dimensional energy Doppler ultrasound on ovulation and early pregnancy outcome in women[J]. Maternal and Child Health Care of China, 2019, 34(2): 402-404.

[16] 张玲玲, 郭聪颖, 李硕, 等. 超微血流成像技术预测体外受精-胚胎移植患者妊娠结局的应用价值[J]. 中华超声影像学杂志, 2018, 27(1): 58-63.
Zhang LL, Guo CY, Li S, et al. Application value of ultramicro-flow imaging in predicting pregnancy outcome of *in vitro* fertilization-embryo transfer patients[J]. Chinese Journal of Ultrasound Imaging, 2018, 27(1): 58-63.

[17] 周秀萍, 赵雅萍, 王启亮, 等. 经阴道三维能量多普勒血流显像超声监测IVF-ET中子宫内膜参数评估子宫内膜容受性[J]. 浙江医学, 2019, 41(10): 1053-1056.
Zhou XP, Zhao YP, Wang QL, et al. Evaluation of endometrial receptivity by transvaginal three-dimensional energy Doppler flow imaging ultrasonography in IVF-ET[J]. Zhejiang Medical Journal, 2019, 41(10): 1053-1056.

[18] 李舒, 石惠杰, 王颖, 等. 三维能量多普勒超声定量参数对胎盘植入的诊断价值[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2019, 53(5): 506-509.
Li S, Shi HJ, Wang Y, et al. Diagnostic value of three-dimensional energy Doppler ultrasound quantitative parameters for placenta accretion[J]. Journal of Harbin Medical University, 2019, 53(5): 506-509.

[19] 孟宪欣, 王光彬. 三维能量多普勒超声评价胎盘植入的可行性研究[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(8): 1466-1469.
Meng XX, Wang GB. Evaluation of placental accretion by three-dimensional energy Doppler ultrasound[J]. Journal of Medical Imaging, 2020, 30(8): 1466-1469.

[20] 高洁, 余文惠, 陈丹丹, 等. 三维超声在体外受精-胚胎移植成功后早孕期胎囊滞留宫角的诊断及指导预后的应用价值[J]. 中国妇产科临床杂志, 2022, 23(1): 89-90.
Gao J, Yu WH, Chen DD, et al. Application value of three-dimensional ultrasound in the diagnosis and prognosis of fetal sac retention in early pregnancy after *in vitro* fertilization-embryo transfer[J]. Chinese Journal of Obstetrics and Gynecology, 2022, 23(1): 89-90.

[21] 刘耘利, 许伟标, 刘琼珠, 等. 经阴道三维超声对体外受精-胚胎移植患者子宫内膜容受性的评估及对妊娠结局的预测价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(6): 426-431.
Liu YL, Xu WB, Liu QZ, et al. Evaluation of endometrial receptivity and prediction value of pregnancy outcome in patients with *in vitro* fertilization-embryo transfer by transvaginal three-dimensional ultrasound[J]. Chinese Journal of Clinical Medical Imaging, 2021, 32(6): 426-431.

[22] Zhu F, Zhao B, Wu J, et al. Effect of transcutaneous electrical acupoint stimulation on pregnancy outcomes in women with *in vitro* fertilization-embryo transfer: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Cell Dev Biol, 2022, 10: 1068894.

[23] 王彬, 彭宇洪, 梁见弟, 等. 子宫内膜容受性与体外受精/卵胞浆内单精子注射-胚胎移植患者妊娠结局的关系[J]. 中国优生与遗传杂志, 2020, 28(12): 1532-1534.
Wang B, Peng YH, Liang JD, et al. Relationship between endometrial receptivity and pregnancy outcome in patients with *in vitro* fertilization/intracytoplasmic single sperm injection-embryo transfer[J]. Chinese Journal of Birth Health & Heredity, 2020, 28(12): 1532-1534.

[24] Gao M, Jiang X, Li B, et al. Intrauterine injection of human chorionic gonadotropin before embryo transfer can improve *in vitro* fertilization-embryo transfer outcomes: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Fertil Steril, 2019, 112(1): 89-97.

（编辑：黄开颜）