

· 论 著 ·

内膜容积与子宫血流参数在预测辅助生殖妊娠结局中的价值研究

王 紫, 贾寒冰, 莲花平, 刘志卿, 李丽辉, 周英杰*

(河北省石家庄市妇幼保健院功能科, 河北 石家庄 050000)

[摘要] 目的 探究辅助生殖技术(assisted reproductive technology, ART)妊娠结局的核心要素, 建立以子宫内膜容受能力及血流动力学指标为依据的临床妊娠预测模型。方法 回顾性收集2024年1月—2025年5月在河北省妇幼保健院接受ART诊疗患者300例的临床诊疗数据, 并依据最终妊娠情况分为妊娠组($n=113$)和未妊娠组($n=187$), 运用单因素分析及多因素 Logistic 回归分析筛选独立预测因子, 构建预测模型并借助受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估模型效能。结果 妊娠组的静息内膜容积[1.75(0.48)mL]显著高于未妊娠组[1.60(0.85)mL, $P=0.007$], 子宫动脉阻力指数(resistance index, RI)较低[0.78(0.16) vs. 0.82(0.11), $P=0.020$], 内膜血流 II 型占比更高(85.8% vs. 32.6%, $P<0.001$), 血流指数(flow index, FI)亦显著升高[(22.89±5.63) vs. (21.69±4.30), $P=0.040$]。多因素分析显示, 静息内膜容积($OR=1.686$, $P=0.024$)、RI值($OR=0.008$, $P<0.001$)、移植日内膜血流分型($OR=13.749$, $P<0.001$)及FI值($OR=1.063$, $P=0.041$)均为ART妊娠结局的独立预测指标。ROC曲线显示模型曲线下面积为0.800(95%CI:0.743~0.857, $P<0.001$), 预测效能良好。结论 本研究建立的基于子宫内膜容积与血流参数的预测模型具有良好的判别性能, 可为ART周期中对子宫内膜状态的风险分层与辅助评估提供参考, 有助于识别内膜容受性相对不足的高风险患者。该模型的临床应用价值仍需在大中心、大样本研究中进一步验证。

[关键词] 生殖技术, 辅助; 子宫内膜容受性; 血流动力学 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2026.02.011

[中图分类号] R321-33 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2026)02-0196-06

A study on the value of endometrial volume and uterine blood flow parameters in predicting pregnancy outcomes in assisted reproduction

WANG Zi, JIA Han-bing, LIAN Hua-ping, LIU Zhi-qing, LI Li-hui, ZHOU Ying-jie*

(Department of Function, Hebei Maternal and Child Health Hospital, Hebei Province, Shijiazhuang 050000, China)

[Abstract] **Objective** To identify the key determinants of pregnancy outcomes in assisted reproductive technology (ART) and to develop a clinical pregnancy prediction model based on endometrial receptivity and hemodynamic indicators. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 300 patients who underwent ART at Hebei Maternal and Child Health Hospital from January 2024 to May 2025. According to the final pregnancy results, patients were categorized into the pregnancy group ($n=113$) and the non-pregnancy group ($n=187$). Univariate analysis and multivariate logistic regression analysis were used to identify independent predictors, a prediction model was established, and its performance was assessed using receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** Resting endometrial volume was significantly higher in the pregnancy group [1.75 (0.48) mL] than in the non-pregnancy group [1.60 (0.85) mL, $P=0.007$]. The uterine artery resistance index (RI) was lower [0.78 (0.16) vs. 0.82 (0.11), $P=0.020$], the proportion of type II endometrial blood flow was markedly greater (85.8% vs. 32.6%, $P<0.001$), and the FI value was significantly elevated [(22.89±5.63) vs. (21.69±4.30), $P=0.040$]. Multivariate analysis identified resting endometrial volume ($OR=1.686$, $P=0.024$), uterine artery

[收稿日期]2025-10-02

[基金项目]河北省医学科学研究课题计划项目(20241161)

[作者简介]王紫(1989-),女,湖北石首人,河北省妇幼保健院主治医师,医学硕士,从事医学超声诊断研究。

*通信作者。E-mail:yingjiehero@163.com

RI (OR=0.008, $P<0.001$), endometrial blood-flow classification on the day of embryo transfer (OR=13.749, $P<0.001$), and FI (OR=1.063, $P=0.041$) as independent predictors of pregnancy outcomes following ART. The ROC curve showed an area under the ROC curve (AUC) of 0.800 (95% CI: 0.743–0.857; $P<0.001$), indicating good predictive performance. **Conclusion** The prediction model established in this study, based on endometrial volume and blood flow parameters, demonstrates good discriminative performance. It may serve as a reference tool for risk stratification and adjunctive assessment of endometrial status during ART cycles, helping to identify patients with relatively poor endometrial receptivity. The clinical applicability of this model requires further validation in multicenter studies with larger sample sizes.

[Key words] reproductive technology; assisted; endometrial receptivity; hemodynamics

女性的生育能力随年龄的增长不断下降^[1], 在35岁后尤为显著^[2], 40岁以上的女性自然妊娠率急剧降低^[3], 并且不孕症发病率持续上升^[4], 使得辅助生殖技术 (assisted reproductive technology, ART) 的需求日益增大^[5-7]。ART是不孕问题的重要手段, 但其成功率受到多种因素影响^[8-9], 目前相关研究多聚焦于年龄、胚胎质量等因素^[10-11], 并无探测子宫内膜容受性及血流动力学参数综合预测价值的研究^[12]。然而, 子宫内膜的容受性及血流状况被认为是胚胎着床和妊娠成功的重要影响因素^[13], 其变化可能直接关系到ART的结局。因此, 本研究旨在分析影响ART结局的关键因素, 重点探讨子宫内膜容积、血流分型等指标在预测妊娠结局中的作用, 构建具有更优性能的临床预测模型, 为临床个体化干预及优化ART方案提供理论依据和实践参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2024年1月—2025年5月在河北省妇幼保健院接受ART治疗的患者300例临床资料, 依据治疗后妊娠结局分为妊娠组 ($n=113$) 与未妊娠组 ($n=187$)。纳入标准: ①符合《人类辅助生殖技术管理办法》诊疗条件; ②年龄, 女性 ≤ 50 岁; ③因输卵管因素、排卵障碍 (如多囊卵巢综合征)、子宫内膜异位症、男性少弱精或不明原因不孕导致行体外受精—胚胎移植 (in vitro fertilization-embryo transfer, IVF-ET) 或卵胞浆内单精子注射 (intracytoplasmic sperm injection, ICSI); ④患者临床资料完整、超声检查结果齐全。排除标准: ①合并严重心肝肾功能不全、免疫系统疾病或精神障碍; ②存在生殖系统急性感染或母婴保健法规定的不宜妊娠的遗传性疾病; ③吸毒或长期接触放射性、致畸性物质; ④子宫发育异常或严重子宫内膜病变, 无法妊娠者。

1.2 检查方法 所有患者均在自然周期或促排卵周期中接受治疗, 在排卵前的静息状态和胚胎移植日分别对其进行三维经阴道彩色多普勒超声检查 (GE Voluson E10, 探头频率5~9 MHz), 为减少操作者偏差, 由同一位资深超声医师完成检查。

1.2.1 子宫内膜容积测定 采用三维成像模式获取子宫纵切面图像, 利用虚拟器官计算机辅助分析 (virtual organ computer-aided analysis, VOCAL) 软件对子宫内膜进行自动或半自动追踪, 步进角设置为 30° , 计算内膜体积。每例测量3次取平均值。

1.2.2 子宫血流动力学评估 在彩色多普勒模式下测定子宫动脉收缩期峰值流速 (S) 与舒张期末流速 (D), 计算搏动指数 (pulsatility index, PI)、子宫动脉阻力指数 (resistance index, RI) 及收缩期/舒张期血流速度比值 (systolic/diastolic ratio, S/D ratio)。同时通过三维能量多普勒超声获取子宫内膜区域的血管化指数 (vascularization index, VI)、血流指数 (flow index, FI) 及血管化—血流指数 (vascularization flow index, VFI), 以评估内膜血流灌注质量。

1.2.3 分类变量的定义与分级标准 为保证数据的准确性与可重复性, 本研究采用统一的影像学判定标准, 对涉及的分型变量进行如下定义和分级: ①子宫内膜血流分型 (参考三维能量多普勒血流分型法)^[14], 将内膜血流分为三型, I型为血流信号仅分布于子宫肌层, 未达内膜, 提示内膜灌注不足; II型为血流信号进入内膜但未达宫腔中央, 提示中等灌注; III型为血流信号延伸至宫腔中央, 灌注充分, 通常代表良好的内膜容受性。本研究样本以I型和II型为主, 统计分析中纳入这2型进行比较。内膜血流分型均基于胚胎移植日三维能量多普勒超声结果进行判定; 由于III型内膜血流患者数量极少, 且不满足统计分析基本要求, 本研究在后续比较与建模分析中仅纳入I型

与Ⅱ型患者。②方向分型与幅度分型,根据超声动态观察子宫蠕动波方向与幅度分级体系进行评估方向分型^[15](1~5级):1级为无明显蠕动;2级为宫底→宫颈方向蠕动;3级为宫颈→宫底方向蠕动;4级为双向交替蠕动;5级为无规律或逆行蠕动。幅度分型(0~3级):0级为无明显收缩波;1级为轻度、低幅度蠕动;2级为中等幅度蠕动;3级为高幅度、规则性蠕动。③收缩频率分级:记录宫腔收缩波在1 min内出现的次数,将频率分为6级;无收缩为0级,1次/min为1级,2次/min为2级,3次/min为3级,4次/min为4级,≥5次/min为5级。④内膜形态分型(依据Gonen与Casper标准),依据Gonen与Casper提出的超声学分型法^[16]:A型为三线征明显,中央高回声线清晰;B型为三线征模糊,中线部分可见;C型为中线消失,回声均质。A型代表内膜发育良好,C型多提示容受性下降。

1.3 移植与妊娠结局判定 所有患者均接受新鲜或冻融胚胎移植,移植后第14天检测血清β-人绒毛膜促性腺激素(β-human chorionic gonadotropin, β-hCG),若阳性,则于移植后第30天进行超声确认宫内妊娠。

1.4 统计学方法 应用SPSS 26.0统计软件分析数据。计量资料比较采用独立样本 t 检验和Mann-Whitney U 检验;计数资料比较采用 χ^2 检验。采用二元Logistic回归分析,整合单因素分析中具有统计学意义的变量,将其纳入多因素模型,从而筛选影响ART妊娠结局的独立预测因素。对筛选至模型的自变量进行多重共线性诊断后建模,使用方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)评估变量间线性相关性,当 $VIF > 10$ 表示存在严重共线性,需剔除或合并变量。而本研究中各自变量的VIF值均 < 10 ,表明变量间不存在多重共线性。通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评价模型的判别效能,计算曲线下面积(area under the curve, AUC),分析其敏感度和特异度。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2组临床及超声指标比较 本研究共纳入300例接受ART治疗的患者,其中妊娠组113例(37.70%),未妊娠组187例(62.30%)。2组年龄及静息状态下子宫内膜厚度差异无统计学意义($P > 0.05$)。其余子宫内膜容积、移植日内膜

厚度及移植日内膜容积在妊娠组均明显升高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表1。

2.2 子宫内膜形态与血流动力学 妊娠组A型子宫内膜比例高于未妊娠组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。子宫动脉S/D、PI及RI在妊娠组均低于未妊娠组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。VI和FI在妊娠组升高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。内膜血流分型Ⅱ型在妊娠组占比显著高于未妊娠组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表1。

2.3 宫腔动力学 宫腔收缩方向、幅度及频率在妊娠组与未妊娠组差异有统计学意义($P < 0.05$),妊娠组高等级收缩比例低于未妊娠组。宫底厚度及宫腔壁厚度2组差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。

2.4 妊娠结局预测因素 以妊娠结局为因变量,以静息内膜容积、子宫内脉RI值、移植日内膜血流分型、移植日FI值为自变量,多因素Logistic回归分析显示,静息内膜容积、子宫动脉RI、移植日内膜血流分型及FI值为妊娠结局的独立影响因素($P < 0.05$);各指标之间未见多重共线性。见表2~4。

2.5 模型判别能力 ROC曲线分析显示,联合预测模型对妊娠结局的判别能力良好,AUC值为0.800。根据Youden指数确定的最佳截断值敏感度为75.2%,特异度为68.1%,约登指数为0.43。见图1。

3 讨 论

本研究通过单因素及多因素Logistic回归分析,探讨了影响ART患者妊娠结局的相关因素,并构建了早期预测模型,结果筛选出4个与妊娠结局显著相关的独立预测变量,分别为子宫静息状态内膜容积、子宫动脉RI值、移植日子宫内膜血流分型以及子宫内膜三维能量多普勒超声中的FI值,模型判别效能良好($AUC = 0.800$)。研究结果提示,子宫内膜容受性及子宫血流动力学状态与妊娠结局密切相关,良好的内膜结构及相对低阻力的血流环境可能为胚胎着床提供有利的内在条件。

本研究结果指出,子宫内膜血流分型预测临床妊娠结局的效果十分显著,表明内膜微环境和血流灌注状态在胚胎着床过程中具有重要作用。有研究^[17]指出,胚胎质量是影响妊娠结局的核心因素之一,未来可将内膜血流状态与胚胎质量等因素相结合,来进一步提升模型的预测效能与临

表1 2组基线资料比较
Table 1 Comparison of baseline data between the two groups

组别	例数	年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	静息内膜厚度 [M(QR),mm]	静息内膜容积 [M(QR),mL]	移植日内膜厚度 [M(QR),mm]	移植日内膜容积 [M(QR),mL]			
妊娠组	113	33.18±4.23	0.46(0.11)	1.75(0.48)	0.95(0.17)	4.20(1.65)			
未妊娠组	187	33.98±5.51	0.42(0.16)	1.60(0.85)	0.88(0.21)	3.70(2.10)			
<i>t/Z</i> 值		1.146	1.232	2.696	3.070	2.916			
<i>P</i> 值		0.158	0.219	0.007	0.002	0.004			
方向分型(例数,%)									
组别	例数	1级	2级	3级	4级	5级			
妊娠组	113	38(33.60)	65(57.50)	8(7.10)	2(1.80)	0(0.00)			
未妊娠组	187	54(28.90)	80(42.80)	6(3.20)	21(11.20)	26(13.90)			
<i>t/Z</i> 值		29.880							
<i>P</i> 值		<0.001							
幅度分型(例数,%)									
组别	例数	幅度分型(例数,%)				内膜形态(例数,%)			
		0级	1级	2级	3级	A型	B型	C型	
妊娠组	113	0(0.00)	1(0.90)	28(24.80)	84(74.30)	20(17.70)	93(82.30)	0(0.00)	
未妊娠组	187	25(13.40)	0(0.00)	39(20.90)	123(65.80)	4(2.10)	181(96.80)	2(1.10)	
<i>t/Z</i> 值		17.995					24.145		
<i>P</i> 值		<0.001					<0.001		
收缩频率(例数,%)									
组别	例数	0级	1级	2级	3级	4级	5级		
妊娠组	113	0(0.00)	1(0.90)	18(15.90)	78(69.00)	16(14.20)	0(0.00)		
未妊娠组	187	25(13.40)	3(1.60)	38(30.30)	80(42.80)	33(17.60)	8(4.30)		
<i>t/Z</i> 值		30.679							
<i>P</i> 值		<0.001							

表2 Logistic回归模型变量赋值表

Table 2 Variable assignment for logistic regression model

变量名称	变量类型	分类/取值
妊娠结局	因变量	妊娠=1,未妊娠=0
静息内膜容积(mL)	自变量	连续变量
子宫动脉RI值	自变量	连续变量
移植日内膜血流分型	自变量	II型=1, I型=0
移植日FI值	自变量	连续变量

模型经多重共线性诊断, VIF<10,提示变量间独立性良好。

床决策价值。

既往研究^[18]认为, 子宫血管阻力增加会导致RI的轻度升高, 影响螺旋动脉舒张和局部灌注, 致使内膜氧合不足, 不利于胚胎的黏附与侵入;

本研究中RI与妊娠结局呈显著负相关关系, 与上述生理机制相对应。需要强调的是, Logistic回归模型中的OR值主要用于反映变量与结局之间的统计学关联方向和相对权重, 该值受到多方面因素影响(变量量纲、分布特征及参照组事件率等), 与生物学效应的线性变化幅度并不完全一致。

子宫内膜血流分型是一种综合性影像学指标, 它能够在一定程度上反映内膜灌注深度、血管分布范围及局部供氧能力。本研究结果显示, 与I型相比, II型内膜血流患者妊娠发生的概率显著升高(OR=13.749, 95%CI: 7.110~26.587)。表明当内膜血流状态由明显灌注不足改善至相对正常水平时, 妊娠结局可能会随之发生显著变化,

表3 妊娠结局Logistic回归结果

Table 3 Logistic regression results for pregnancy outcomes

指标	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	<i>P</i> 值	OR值	95%CI
静息状态内膜容积	0.522	0.231	5.098	0.024	1.686	1.071~2.652
子宫动脉RI值	-4.792	1.307	13.442	<0.001	0.008	0.001~0.108
移植日内膜血流	2.621	0.336	60.679	<0.001	13.749	7.110~26.587
移植日FI值	0.061	0.030	4.183	0.041	1.063	1.003~1.128
常量	-0.707	1.158	0.373	0.542	0.493	—

表4 VIF与容差结果

Table 4 VIF and tolerance results

自变量	容差 (Tolerance)	VIF
静息状态内膜容积	0.979	1.021
移植日内膜血流分型	0.977	1.024
移植日FI	0.991	1.009
子宫动脉RI	0.992	1.008

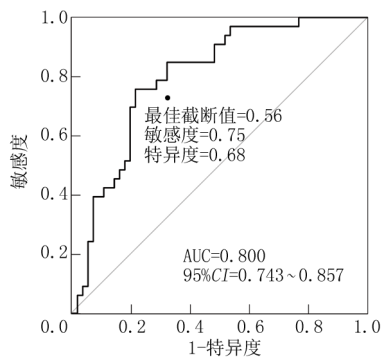


图1 妊娠结局预测ROC曲线

Figure 1 ROC curve for predicting pregnancy outcomes

具有一定的“阈值效应”特征，而非线性增加。该OR值的可信区间未跨越“1”，表明其关联方向具有一定的稳定性，但效应量估计仍存在不确定性。

从统计建模角度分析，该研究中OR值较大，可能受到多方面因素的共同影响：一方面，I型内膜血流患者妊娠事件发生率较低，作为参照组可能导致效应值在统计上被放大；另一方面，本研究为单中心回顾性研究，样本来源相对同质单一，部分潜在混杂因素（如胚胎质量、不孕病因构成、既往移植失败史及移植周期类型等）未能完全纳入模型校正，均可能对效应量估计产生影响。

本研究样本以内膜血流I型和II型患者为主，III型血流患者比例较低。该分布并非人为筛选，而是单中心真实ART临床人群在回顾性纳入中的客观反映。临床实践中，III型内膜血流通常提示较好的内膜容受性，此类患者往往在较早周期即可获得妊娠，因而在回顾性研究中容易出现该种类型患者的“自然流失”。本研究更聚焦于内膜容受性尚未达到理想状态、妊娠结局不确定性较高的ART人群，具有一定程度的临床针对性。

该研究中III型血流样本数量有限，因此该模型主要适用于内膜血流I~II型为主的患者群体。研究中子宫动脉RI及内膜血流分型所呈现的效应，表明模型在当前研究人群中具有较强风险分层价值，但并不能直接应用于普遍人群。未来仍需在

多中心、大样本、前瞻性研究中结合连续变量标准化处理，充分校正胚胎及临床异质性因素，来进一步验证该模型的有效性。

Lédée等^[19]研究指出，低阻力血流有利于妊娠，本研究与其结果一致。在预测模型方面，Cai等^[20]建立的临床妊娠预测模型，纳入了年龄、不孕持续时间、既往IVF次数、卵母细胞数量4个传统临床变量，其AUC为0.71（95%CI: 0.71~0.72），本研究构建模型的AUC值达到0.800，与其模型相比判别性能更优。两项研究在人群构成和方法设计方面存在差异，变量类型也不同，Cai等^[20]研究为大型异质性样本，患者不孕病因、临床处理方案及移植周期类型多样，其模型更依赖传统临床变量；而本研究为单中心同质性人群，血流动力学指标的效应更加稳定。Ouyang等^[15]指出，内膜血流灌注状态越好，着床率越高，本研究得出，移植日FI值（OR=1.063）是妊娠结局的影响因素，与其结论相符。

本研究尚未明确不同种类不孕病因（如输卵管性、内分泌性及男性因素等）在预测模型中的异质性作用。尽管纳入标准中涵盖了多种不孕病因，但在统计分析中没有对不同病因进行分层校正，可能对模型效应估计产生一定影响。此外，ART妊娠结局同时受“胚胎质量”（种子）与“子宫内膜容受性”（土壤）共同影响，而本研究仅研究了子宫内环境的相关指标，并未对胚胎质量进行分层分析；同时，既往ART周期数及反复种植失败（recurrent implantation failure, RIF）史等关键临床因素亦未纳入模型，这些因素均可能影响效应量估计和模型的稳健性。

尽管存在上述局限，本研究基于静息状态子宫内腔容积、子宫动脉RI、胚胎移植日子宫内膜血流分型及三维能量多普勒FI等指标，构建了用于预测ART妊娠结局的模型，模型具有良好的判别性能（AUC=0.800）。研究结果提示，子宫内腔结构及血流灌注状态在ART妊娠结局中具有重要参考价值，尤其有助于在以内膜血流I~II型为主、内膜容受性尚未达到理想状态的人群中进行风险分层。

需要指出的是，该模型的预测价值更应被理解为辅助临床评估与风险识别的工具，而非对妊娠结局的确定性判断，其临床应用仍需结合胚胎质量及其他临床因素综合决策。相关结论仍需在多中心、大样本、前瞻性研究中进一步验证，以评估其在不同人群中的稳定性与泛化能力。从临

床意义上看,本研究结果进一步强调了在胚胎移植前系统评估子宫内膜状态的重要性,尤其是通过超声多普勒技术综合评估内膜容积、血流分型及子宫动脉阻力,有助于识别内膜容受性相对不足的高风险患者,并为是否调整移植时机或采取改善内膜灌注的个体化干预措施提供依据。

未来研究可从以下方面进一步深化:①开展多中心、前瞻性大样本研究,以验证本研究模型在不同地区及不同不孕病因人群中的稳定性与泛化能力;②在模型中系统纳入胚胎生物学指标(如胚胎评分、发育动力学特征及胚胎植入前遗传学筛查—染色体异常结果),明确胚胎因素与内膜因素在联合预测中的相对贡献;③结合分子生物学标志物,构建影像学—血流动力学—分子层面的多维预测体系;④探索针对低RI或不良内膜血流分型患者的干预策略,并评估内膜灌注改善是否能够转化为妊娠率的真实提升;⑤尝试引入机器学习方法与传统 Logistic 回归模型进行对比,以优化预测性能并提高模型的临床适用性。

综上所述,本研究从影像学与血流动力学角度阐明了子宫内膜结构及灌注状态在 ART 妊娠结局中的重要作用,并构建了具有一定判别能力的预测模型。相关结论仍需在更大样本及不同人群中进一步验证,以期形成更加稳健且具有推广价值的临床预测工具。

[参考文献]

- [1] Wang X, Wang L, Xiang W. Mechanisms of ovarian aging in women: A review[J]. *J Ovarian Res*, 2023, 16(1):67.
- [2] Jiang W, Zheng Z, Yan N, et al. Maternal age-related declines in live birth rate following single euploid embryo transfer: A retrospective cohort study[J]. *J Ovarian Res*, 2025, 18(1):24.
- [3] Chemerinski A, GarciaDeParedes J, Blackledge K, et al. Mechanisms of endometrial aging: Lessons from natural conceptions and assisted reproductive technology cycles [J]. *Front Physiol*, 2024, 15:1332946.
- [4] Zhang L, Qiao D. Perceptions of health system professionals on integrating fertility care into reproductive health policy in China[J]. *Healthcare (Basel)*, 2025, 13(5):555.
- [5] Huang R, Yu J, He W, et al. Feasibility analysis of China's medical insurance coverage of assisted reproductive technology [J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1):7998.
- [6] Wei L, Zhang J, Deng X, et al. Impacts of the COVID-19 pandemic on Chinese assisted reproductive technology institutions and human sperm banks: Reflections in the post-pandemic era[J]. *J Health Popul Nutr*, 2023, 42(1):82.
- [7] Ferreira FC, Teixeira J, Lidon F, et al. Assisted reproduction technologies (ART): Impact of mitochondrial (Dys) function and antioxidant therapy [J]. *Animals (Basel)*, 2025, 15(3):289.
- [8] Salih M, Austin C, Warty RR, et al. Embryo selection through artificial intelligence versus embryologists: A systematic review[J]. *Hum Reprod Open*, 2023, 2023(3):hoad031.
- [9] Ferrell EL, Choudhry AA, Schon SB. Obesity and in vitro fertilization[J]. *Semin Reprod Med*, 2023, 41(3/4):87-96.
- [10] Topkara Sucu S, Goktug Kadioglu B, Elmas B, et al. New immunological indexes for the effect of systemic inflammation on oocyte and embryo development in women with unexplained infertility: Systemic immune response index and pan-immune-inflammation value[J]. *Am J Reprod Immunol*, 2024, 92(3):e13923.
- [11] Wu Y, Shi L, Jin Z, et al. A nomogram prediction model for embryo implantation outcomes based on the cervical microbiota of the infertile patients during IVF-FET [J]. *Microbiol Spectr*, 2025, 13(4):e0146224.
- [12] Sharma M, Dubey P, Sunda U, et al. A Comprehensive review of the endometrial receptivity array in euploid embryo transfer cycles[J]. *Cureus*, 2024, 16(6):e63173.
- [13] Hazari V, Sarvi F, Alyasin A, et al. Enhancing endometrial receptivity in FET cycles: Exploring the influence of endometrial and subendometrial blood flow along with endometrial volume [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2024, 11:1260960.
- [14] Li X, Peng Y, Mao Y, et al. Endometrial receptivity change: Ultrasound evaluation on ovulation day and transplantation day during the natural frozen embryo transfer cycle [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14:1118044.
- [15] Ouyang Y, Peng Y, Mao Y, et al. An endometrial receptivity scoring system evaluated by ultrasonography in patients undergoing frozen-thawed embryo transfer: A prospective cohort study[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2024, 11:1354363.
- [16] Liao J, Yang S, Chen K, et al. A predictive model for first-trimester pregnancy inception after IVF-ET based on multimodal ultrasound evaluation of endometrial receptivity [J]. *BMC Med Imaging*, 2022, 22(1):158.
- [17] Cimadomo D, Chiappetta V, Innocenti F, et al. Towards automation in IVF: Pre-clinical validation of a deep learning-based embryo grading system during PGT-A Cycles [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(5):1806.
- [18] Xie J, Lu J, Zhang H. Effect of GnRH agonist down-regulation combined with hormone replacement treatment on reproductive outcomes of frozen blastocyst transfer cycles in women of different ages[J]. *Peer J*, 2024, 12:e17447.
- [19] Lédée N, Petitbarat M, Prat-Ellenber L, et al. The next frontier in ART: Harnessing the uterine immune profile for improved performance[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(14):11322.
- [20] Cai J, Jiang X, Liu L, et al. Pretreatment prediction for IVF outcomes: Generalized applicable model or centre-specific model?[J]. *Hum Reprod*, 2024, 39(2):364-373.

(本文编辑:何祯)