

针对前次IVF流产患者冷冻胚胎移植策略的综述：直接移植与PGT-A筛选的深度剖析与循证决策

苏明娇^{1,2}, 曹旭^{1,2}, 付晓杰^{1,2}, 高璐^{1,2*}

¹西安医学院研究生工作部, 陕西 西安

²西北妇女儿童医院生殖中心, 陕西 西安

收稿日期: 2025年11月4日; 录用日期: 2025年11月29日; 发布日期: 2025年12月5日

摘要

经历体外受精(IVF)妊娠丢失并拥有剩余冷冻胚胎的患者面临关键的临床决策。本文系统综述了直接移植与PGT-A筛选两种策略的有效性、安全性及适用人群。多项研究表明, 尽管植入前非整倍体遗传学检测(PGT-A)旨在优选整倍体胚胎, 但其流程中的胚胎操作损伤与可移植胚胎的绝对减少, 可能导致其累积活产率反而低于形态学选择的直接移植策略。此外, 复发性流产(RPL)人群的胚胎整倍体率因其病因异质性, 显著低于因单基因病行单基因疾病植入前遗传学检测(PGT-M)的人群, 这限制了PGT-A在此类人群中的“筛选收益”。本综述整合最新研究, 提出了一个基于“获益-损伤-损耗”三角模型的临床决策框架, 强调对于多数IVF流产患者, 直接移植是追求累积活产的更优策略, 而PGT-A的应用应严格限定于经过筛选的特定亚组, 并需进行充分的知情同意。

关键词

复发性流产, 冷冻胚胎移植, PGT-A, 整倍体率, 累积活产率, 胚胎活检, 决策模型

A Review of Frozen Embryo Transfer Strategies for Patients with Previous IVF Pregnancy Loss: In-depth Analysis and Evidence-Based Decision-Making Regarding Direct Transfer vs. PGT-A Screening

*通讯作者。

文章引用: 苏明娇, 曹旭, 付晓杰, 高璐. 针对前次IVF流产患者冷冻胚胎移植策略的综述: 直接移植与PGT-A筛选的深度剖析与循证决策[J]. 临床医学进展, 2025, 15(12): 929-935. DOI: 10.12677/acm.2025.15123487

Mingjiao Su^{1,2}, Xu Cao^{1,2}, Xiaojie Fu^{1,2}, Lu Gao^{1,2*}¹Office of Graduate Student Affairs, Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi²Center for Assisted Reproductive Technology, Northwest Women's & Children's Hospital, Xi'an Shaanxi

Received: November 4, 2025; accepted: November 29, 2025; published: December 5, 2025

Abstract

Patients who have experienced in vitro fertilization (IVF) pregnancy loss and possess remaining cryopreserved embryos face critical clinical decisions. This article systematically reviews the effectiveness, safety, and applicable populations of two strategies: direct frozen embryo transfer and preimplantation genetic testing for aneuploidy (PGT-A) screening. Multiple studies indicate that although PGT-A aims to select euploid embryos, the procedural manipulations involved in embryo biopsy and the absolute reduction in transferable embryos may result in a lower cumulative live birth rate compared with the direct transfer of morphologically selected embryos. Furthermore, due to etiologic heterogeneity, the euploidy rate in patients with recurrent pregnancy loss (RPL) is significantly lower than in those undergoing preimplantation genetic testing for monogenic disorders (PGT-M), which limits the potential “screening benefit” of PGT-A in this population. Integrating the latest research, this review proposes a clinical decision-making framework based on a “Benefit-Injury-Depletion” triangle model. It emphasizes that, for most IVF patients with prior pregnancy loss, direct embryo transfer is the superior strategy for achieving cumulative live birth, while the application of PGT-A should be strictly limited to carefully selected subgroups and accompanied by thorough informed consent.

Keywords

Recurrent Pregnancy Loss, Frozen Embryo Transfer, PGT-A, Euploidy Rate, Cumulative Live Birth Rate, Embryo Biopsy, Decision-Making Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Open Access

1. 引言

胚胎染色体非整倍体是指胚胎细胞中染色体数目异常，包括染色体单体、三体或多体等。植入失败与早期妊娠丢失的首要原因，占早期流产病例的 50%~70% 其发生率与女性年龄呈指数增长关系[1]。具体数据显示，35 岁以下女性的胚胎非整倍体率约为 38%，而 35 岁以上女性的非整倍体率则迅速上升至 54% 以上[2]。特别是 38 岁以后，非整倍体率急剧增加，44 岁女性的胚胎非整倍体率可高达 94%。PGT-A 技术通过对囊胚滋养层细胞进行遗传学分析，旨在优先移植整倍体胚胎，从而提升植入率并降低流产率[3]。然而，对于拥有冷冻未活检囊胚的 IVF 流产患者，这一技术的引入构成了一个复杂的决策节点：是相信形态学评估的直接移植，还是依赖遗传学分析的精准筛选？这一争议的核心在于对技术双重性的认知：PGT-A 在提供遗传信息的同时，其操作流程本身即是一种干预，可能对胚胎活力构成挑战[4]。近期研究，特别是那些采用意向性治疗分析和累积活产终点的研究，对 PGT-A 的普适性价值提出了质疑[5]。本综述旨在超越表象，深入剖析两种策略背后的证据链，从妊娠结局、胚胎遗传学本质到微观损伤机制，并最

终构建一个立足于循证医学的、个体化的临床决策路径。

2. 妊娠结局的深度对比：超越单次移植效率

2.1. 累积活产率：评估终极目标的核心指标

累积活产率是衡量辅助生殖技术综合效率的终极指标。相关研究揭示了一个关键现象：PGT-A 组的累积活产/持续妊娠率显著低于直接移植组(34.7% vs. 52.7%) [6]。这一发现并非孤例。一项针对 SART-CORS 数据库的分析显示，尽管 PGT-A 在整体辅助生殖技术(ART)中的应用率显著上升(从 11.5%增至 49.0%)，但针对复发性流产(RPL)患者，调整年龄、BMI、AMH 等混杂因素后，PGT-A 并未在所有年龄段均表现出累积活产率(CLBR)的优势[7]。这背后是“筛选效率”与“胚胎损耗”的博弈：

1) 技术性损伤的微观机制：活检操作不仅去除了部分未来将发育为胎盘的细胞，更可能破坏囊胚的完整性，进而影响其后续的孵化与植入能力。尤为重要的是，二次玻璃化冷冻会对胚胎施加累积性的物理及化学应激。一方面，关于机械损伤风险：活检过程中的物理操作可能直接损伤胚胎结构，尤其是对囊胚的滋养层细胞(TE)或内细胞团(ICM)的完整性造成影响[8]。另一方面关于活检后胚胎发育延迟：研究表明，活检后的胚胎可能需要更长时间恢复，部分胚胎可能因应激反应而出现发育停滞[9]。相关研究表明，活检可能干扰胚胎的基因表达调控，例如影响与凋亡、线粒体功能相关的通路[10]。Cobo 等人的研究指出，即使是整倍体胚胎，经历二次冷冻后其活产率也显著低于仅经历一次冷冻的胚胎[11]。

2) 策略性损耗的宏观影响：PGT-A (胚胎植入前非整倍体遗传学检测)的核心目标是筛选出染色体正常的整倍体胚胎，以提高活产率并降低流产风险。然而，这一技术路径存在一个显著的“损耗点”：约 17% 的患者在 PGT-A 周期中因无整倍体胚胎而失去移植机会[12]。这一现象在高龄女性(>40 岁)中更为突出，其胚胎非整倍体率可高达 67% [13]。损耗的主要原因包括：胚胎非整倍体率高：尤其是高龄女性，染色体异常率随年龄增长显著上升[14]；活检技术局限性：活检过程可能影响胚胎发育潜力，且无法完全避免误诊(如嵌合体误判)[15]；经济与心理负担：PGT-A 增加了周期成本，而无移植机会可能对患者造成心理打击[16]。这与直接移植策略形成鲜明对比，后者赋予了每一个形态学可用胚胎(包括部分嵌合体甚至特定类型的非整倍体胚胎)成功的机会，包括：嵌合体胚胎、特定非整倍体胚胎以及减少周期中断风险，缩短治疗时间[15]。研究显示，在拥有 ≥ 3 个优质囊胚的患者中，常规 IVF 的累积活产率(81.8%)甚至略高于 PGT-A 组(77.2%) [1]，提示形态学筛选在某些人群中可能足够有效[17]。当我们将评价视角从“单次移植成功率”切换到“从起始周期到最终活产的全程效率”时，PGT-A 的劣势便凸显出来。

2.2. 单周期结局与流产率：未被证实的优势

在首次冷冻胚胎移植(FET)周期结局上，大量研究证实两种策略在临床妊娠率和活产率上无显著差异[18]。对于流产率的控制，PGT-A 同样未能展现出稳定一致的益处。相关研究证明，在不明原因 RPL 患者中，PGT-A 组与非 PGT-A 组的早期流产率无显著差异(如 16.25% vs. 14.29%) [19]。针对染色体多态性携带者的 RPL 患者，PGT-A 虽能降低男性携带者的胚胎非整倍体率，但移植整倍体胚胎后，流产率与女性携带者或正常核型组相比仍无统计学差异[20]。一项针对高龄和 RPL 患者的回顾性研究显示，PGT-A 未能改善 RPL 组的持续妊娠率或流产率，甚至在高龄患者中，妊娠率反而降低[21]。这强烈提示，胚胎非整倍体并非 RPL 的唯一病因。母体因素，如子宫内膜容受性缺陷(可通过子宫内膜容受性阵列分析发现)、免疫调节异常(如 NK 细胞活性异常)及血栓形成倾向(抗磷脂综合征)等，共同构成了妊娠失败的复杂背景[22]-[24]。PGT-A 仅针对胚胎因素，若母体环境未获改善，移植整倍体胚胎仍可能以流产告终。

3. 胚胎遗传学特征的异质性：RPL 人群的特殊性

3.1. RPL 人群的整倍体率基准与误区

普遍存在一个认知误区，即 RPL 患者的胚胎非整倍体率必然异常升高。然而，多项研究报道其整倍体率在 48%~55% 之间，PGT-A 数据显示，RPL 患者胚胎的整倍体率(45.25%)与常规 IVF 患者相当，且年龄 < 35 岁者整倍体率更高[25]。这提示 RPL 患者的胚胎染色体异常并非流产主因。PGT-A 筛选后的整倍体胚胎可显著提高 RPL 患者的临床妊娠率，但早期流产率未达统计学差异[25]，暗示即使染色体正常的胚胎仍可能因母体因素导致妊娠失败。与同龄、无 RPL 史的 IVF 患者并无显著差异[25]。这说明，许多 RPL 患者的胚胎染色体状况与其不孕状况相符，而非更差。其流产的发生，可能是“胚胎-母体”对话失败的结果，而非单纯的胚胎质量问题。胚胎染色体筛查虽可排除部分异常，但母体微环境(如基因缺陷、免疫调节异常)或配子表观遗传修饰缺陷[26]可能是妊娠失败的核心。

3.2. 与 PGT-M 人群的比较：揭示病因学根源

相关研究表明，与整倍体率通常更高的 PGT-M 人群(约 55%~65%)相比，RPL 人群的遗传特征更复杂，表现为：更高的胚胎非整倍体率(尤其高龄患者)；多通路调控异常(免疫、代谢、印记基因)；单基因突变叠加生殖功能缺陷(如 HFM1、纤维蛋白原基因)；免疫微环境与表观遗传交互作用的独特模式[27]。PGT-M 是针对特定致病基因突变(如 BRCA1/2、SPAST、CD40LG 等)，通过连锁分析或直接突变检测筛选不携带致病基因的胚胎[28]。核心在于基因水平的精准编辑，而胚胎的染色体分离机制通常完好，因此胚胎非整倍体率较低(如 BRCA 突变携带者的胚胎异常率仅 38.17%，显著低于 PGT-A 组的 49.23%) [29]。

相比之下，复发性流产(RPL)患者(尤其是高龄或卵巢储备下降者)的病因是卵母细胞减数分裂错误导致的广泛染色体非整倍体(如 16 三体、22 三体等)，PGT-A (非整倍体筛查)需检测全染色体组，但高龄患者的胚胎异常率可高达 60% 而 RPL 患者特别是与卵巢储备功能下降或高龄相关的病例，其根源在于卵母细胞减数分裂中广泛的染色体不分离[29]。这种根本性的差异意味着，对 RPL 患者进行 PGT-A 的预期阳性预测值(即筛选出可移植胚胎的比例)较低，其临床效用自然受限。

4. 构建循证决策

4.1. “获益-损伤-损耗”决策

为将现有证据有效转化为临床实践，在制定移植策略时，临床医生应引导患者共同聚焦于对以下三个核心要素的综合权衡：潜在的获益、技术操作带来的损伤、胚胎损耗的风险。获益：通过胚胎筛选提升单次移植效率(更高着床率和临床妊娠率)，为患者降低再次流产风险带来心理慰藉。技术操作的损伤：PGT-A 流程中，胚胎活检和二次玻璃化冷冻可能对胚胎发育活力造成不可逆负面影响。胚胎损耗的风险：更现实的考量，遗传学检测后，部分患者可能因无整倍体胚胎可用而取消治疗周期。临床决策的本质，便是在这三者之间进行审慎地评估与取舍，从而为患者选择最有可能实现生育目标的个体化路径。

4.2. 具体化临床路径推荐

1) 推荐直接移植路径：

人群特征：年龄 < 38 岁；冷冻胚胎数量 ≤ 4 个；胚胎形态学评级良好。

核心逻辑：在此情况下，胚胎是稀缺资源。避免操作损伤、最大化利用每一个胚胎是实现累积活产的最高原则。应同步进行全面的母体因素评估与干预[10]。

2) 推荐考虑 PGT-A 路径：

人群特征：高龄(≥38 岁)且拥有大量(≥5 个)冷冻胚胎；既往流产组织证实为非整倍体；患者在充分知

情同意后,对降低单次移植流产风险有极度强烈的意愿。

核心逻辑:此时,非整倍体风险显著升高,筛选可能更具价值。但必须明确告知,这是一种“以数量换质量”的权衡,可能牺牲累积活产机会,且无法解决母体因素[29]。对于携带单基因病致病突变的夫妇,PGT-M是诊断性的,具有明确的适应证,不应与PGT-A混淆[29]。

4.3. PGT-A 的适用情境与技术演进对“损伤-损耗”模型的修正

尽管本文强调直接移植在多数 IVF 流产患者中的优势,但 PGT-A 在特定临床情境下仍具有明确价值。对于高龄(≥ 38 岁)女性,尤其是胚胎数量充足(≥ 5 个)者,其胚胎非整倍体率显著升高,PGT-A 通过筛选整倍体胚胎,可有效降低因胚胎染色体异常导致的重复流产风险,从而在心理上为患者提供一定保障,减轻“反复妊娠丢失-再次移植”循环所带来的情绪负担。此外,对于有明确遗传指征(如平衡易位、单基因病携带)的患者,PGT-A 或其衍生技术(如 PGT-SR/PGT-M)具有不可替代的诊断价值,能够从源头上阻断遗传性疾病传递,实现优生目标。

在技术层面,PGT-A 本身也在不断演进。新一代测序技术(NGS)的应用提高了检测的敏感性与特异性,降低了误诊率,从而在一定程度上减少了因“假阴性/假阳性”导致的胚胎损耗。此外,嵌合体胚胎移植策略的提出,正在重新定义“损耗”边界。研究表明,部分低比例嵌合体胚胎仍具有发育潜能,其活产结局与整倍体胚胎无显著差异[21]。这意味着,在严格筛选与充分知情的前提下,嵌合体胚胎的纳入可有效扩大可移植胚胎池,降低“无胚胎可移”的风险,从而在“损伤-损耗-获益”三角中寻求新的平衡点,结合患者年龄、胚胎基础、遗传背景及技术发展阶段进行动态判断。未来的 PGT-A 实践将更加注重个体化与精准化,在最小化操作损伤与胚胎损耗的同时,最大化其在适宜人群中的筛选效益与心理支持价值。

4.4. 未来展望:迈向精准与微创

展望未来,胚胎评估技术的演进将围绕“精准”与“微创”两大核心原则展开,旨在实现对胚胎发育潜能更全面、更安全的评估。

1) 非侵入性 PGT-A: 当前基于胚胎培养液游离 DNA 检测的非侵入性 PGT-A 技术,因其能完全避免活检对胚胎造成的物理损伤,而被视为极具潜力的发展方向[15][24]。其理论基础是胚胎在发育过程中会向培养环境中主动释放 DNA。然而,该技术走向成熟临床应用仍面临几大关键瓶颈:首先,滋养层细胞嵌合体会导致培养液中的 DNA 无法完全代表内细胞团(将来发育为胎儿的部分),造成误判。其次,培养液中可能混杂有母源颗粒细胞 DNA,其污染会干扰检测结果的准确性。此外,目前对于检测信号的解读、cut-off 值的设定尚未形成统一标准。因此,尽管前景广阔,但 PGT-A 在成为可靠的临床工具前,仍需大规模、前瞻性临床试验的严谨验证,以明确其诊断效能与适用范围。

2) 人工智能与形态动力学: 人工智能与形态动力学: 利用时差成像系统持续监控胚胎发育,并结合人工智能算法对海量形态动力学参数进行深度挖掘,为无创评估开启了另一扇大门[30]。AI 模型能够识别出人眼难以捕捉的细微发育特征,例如原核消失时间、细胞分裂同步性、以及囊胚形成速度等,这些特征与胚胎的整倍体状态和发育潜能存在显著关联。这种方法的优势在于完全无创、实时动态。未来的研究将致力于整合更多的形态学、代谢组学数据,训练出预测能力更强、泛化性更佳的 AI 模型,使其不仅能预测整倍体性,更能精准判断胚胎的“植入潜力”,从而实现真正的智能优选。

3) 综合诊疗模式: 对于复发性流产患者,未来的诊疗必须超越单一的胚胎筛选思维,转向“胚胎-母体”一体化的综合诊疗模式。这一体系应整合三大支柱:一是精准的胚胎评估(通过上述技术);二是子宫内腔容受性的精准诊断,如通过子宫内腔容受性阵列分析确定个体化的“种植窗”;三是全面的母体

病因筛查, 包括免疫因素(如自然杀伤细胞、调节性 T 细胞功能)和凝血功能等[31]。通过建立这样的综合体系, 我们才能为每位患者量身定制治疗方案: 不仅选择最具潜力的胚胎, 更在移植前为其准备一个最佳的着床环境, 并调控母体的免疫耐受状态, 最终实现从“移植一个好胚胎”到“为一个好胚胎创造一次成功的对话”的根本性转变。

5. 总结

综合当前证据, 对于前次 IVF 流产并拥有冷冻胚胎的患者, 直接移植策略在实现累积活产这一终极目标上, 通常显示出比 PGT-A 筛选策略更高的效率与性价比。PGT-A 所固有的胚胎操作损伤和周期取消风险, 往往超过了其在部分病例中可能带来的单次移植效率提升。临床决策应基于“获益-损伤-损耗”模型, 结合患者的年龄、胚胎数量与质量、既往流产原因及个人价值观进行综合判断。在充分告知两种策略的循证依据与潜在风险的基础上, 引导患者共同做出最符合其自身利益的个体化选择。

参考文献

- [1] Ata, B., Kalafat, E. and Somigliana, E. (2021) A New Definition of Recurrent Implantation Failure on the Basis of Anticipated Blastocyst Aneuploidy Rates across Female Age. *Fertility and Sterility*, **116**, 1320-1327. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2021.06.045>
- [2] Dang, T., Phung, T.M., Le, H., Nguyen, T., Nguyen, T.S., Nguyen, T.L.H., *et al.* (2019) Preimplantation Genetic Testing of Aneuploidy by Next Generation Sequencing: Association of Maternal Age and Chromosomal Abnormalities of Blastocyst. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, **7**, 4427-4431. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.875>
- [3] Mei, Y., Wang, Y., He, L., Zheng, J., Lin, Y. and Wang, F. (2024) Performance of Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy for Patients with Unexplained Recurrent Pregnancy Loss and Repeated Implantation Failure. *Heliyon*, **10**, e31983. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31983>
- [4] Martin, A., *et al.* (2023) Mosaic Results after Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy May Be Accompanied by Changes in Global Gene Expression. *Frontiers in Molecular Biosciences*, **10**, Article ID: 1180689.
- [5] Wang, S.F. and Seifer, D.B. (2025) Comparative Age-Stratified Analysis of Live-Birth Outcomes in Primary Embryo Transfer to Assess the Effect of Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy. *Obstetrics & Gynecology*, **146**, 898-906. <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000006047>
- [6] Cai, H., Kirshenbaum, M., Zhang, D., Bai, H., Li, W., Xue, X., *et al.* (2025) Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy on Previously Cryopreserved Unbiopsied Blastocysts: A Cohort Study in Women with IVF Pregnancy Loss. *Reproductive Biology and Endocrinology*, **23**, Article No. 31. <https://doi.org/10.1186/s12958-025-01371-6>
- [7] Mason-Otey, A. and Seifer, D.B. (2025) United States Racial/Ethnic Disparities in PGT-A Use: An Analysis of 2014-2020 SART CORS Database. *Reproductive Biology and Endocrinology*, **23**, Article No. 66. <https://doi.org/10.1186/s12958-025-01399-8>
- [8] Revelli, A., Canosa, S., Carosso, A., Filippini, C., Paschero, C., Gennarelli, G., *et al.* (2019) Impact of the Addition of Early Embryo Viability Assessment to Morphological Evaluation on the Accuracy of Embryo Selection on Day 3 or Day 5: A Retrospective Analysis. *Journal of Ovarian Research*, **12**, Article No. 73. <https://doi.org/10.1186/s13048-019-0547-8>
- [9] Irani, M., Zaninovic, N., Canon, C., O'Neill, C., Gunnala, V., Zhan, Q., *et al.* (2018) A Rationale for Biopsying Embryos Reaching the Morula Stage on Day 6 in Women Undergoing Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy. *Human Reproduction*, **33**, 935-941. <https://doi.org/10.1093/humrep/dev053>
- [10] Lal, A., Kranyak, A., Blalock, J., Athavale, D., Barré, A., Doran, A., *et al.* (2022) Apoptotic qPCR Gene Expression Array Analysis Demonstrates Proof-of-Concept for Rapid Blastocoel Fluid-Conditioned Media Molecular Prediction. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, **39**, 1515-1522. <https://doi.org/10.1007/s10815-022-02510-3>
- [11] Theodorou, E., Jones, B.P., Cardenas Armas, D.F., Heath, C., Serhal, P. and Ben-Nagi, J. (2022) Live Birth Rate Following a Euploid Blastocyst Transfer Is Not Affected by Double Vitriification and Warming at Cleavage or Blastocyst Stage. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, **39**, 987-993. <https://doi.org/10.1007/s10815-022-02440-0>
- [12] Ziogas, A.C., Liasidi, P., Katouna, A., Koutsouni, A., Faki, K., Karangeli, E., *et al.* (2025) Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy in Recurrent Pregnancy Loss: A Fertility Success Story. *Cureus*, **17**, e84084. <https://doi.org/10.7759/cureus.84084>
- [13] Nair, J., Shetty, S., Kasi, C.I., Thondehalmath, N., Ganesh, D., Bhat, V.R., *et al.* (2022) Preimplantation Genetic Testing

- for Aneuploidy (PGT-A)—A Single-Center Experience. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, **39**, 729-738. <https://doi.org/10.1007/s10815-022-02413-3>
- [14] Guo, Q.Q., *et al.* (2023) Growth Hormone Supplementation Ameliorates Blastocyst Euploidy Rates and Improves Pregnancy Outcomes in Women Undergoing Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy Cycles. *Frontiers in Endocrinology*, **14**, Article ID: 1117706.
- [15] Homer, H.A. (2019) Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy (PGT-A): The Biology, the Technology and the Clinical Outcomes. *Australian and New Zealand Journal of Obstetrics and Gynaecology*, **59**, 317-324. <https://doi.org/10.1111/ajo.12960>
- [16] Akin-Olugbade, O., Jain, T. and Komorowski, A. (2025) A Review of Cost-Effectiveness of Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy. *Obstetrical & Gynecological Survey*, **80**, 169-173. <https://doi.org/10.1097/ogx.0000000000001373>
- [17] Banti, M., Al Bishtawi, M., Van Zyl, E., Kafetzis, D. and Griffin, D.K. (2025) Evaluating Non-Invasive Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy (niPGT-A) from Spent Culture Medium: Prolonged Embryo Culture to Day 6 Increases Informativity without Negatively Impacting Quality and Live Birth Rates. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, **42**, 2597-2608. <https://doi.org/10.1007/s10815-025-03564-9>
- [18] Zhao, D., Zhao, G., Fan, J., Chen, H., Lopriore, E. and Li, X. (2021) Live Birth Rate of Twin Pregnancies after Frozen Embryo Transfer: Natural Cycle versus Ovulation Induction Regimens. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, **304**, 619-626. <https://doi.org/10.1007/s00404-021-06014-w>
- [19] Zhou, T., Zhu, Y., Zhang, J., Li, H., Jiang, W., Zhang, Q., *et al.* (2021) Effects of PGT-A on Pregnancy Outcomes for Young Women Having One Previous Miscarriage with Genetically Abnormal Products of Conception. *Reproductive Sciences*, **28**, 3265-3271. <https://doi.org/10.1007/s43032-021-00542-1>
- [20] Cao, M.Z., *et al.* (2022) Analysis of Aneuploidy Rate and Pregnancy Outcomes in Unexplained Recurrent Pregnancy Loss Couples with Chromosome Polymorphism after PGT-A. *Frontiers in Medicine*, **9**, Article ID: 803988.
- [21] 袁牧, 张荣荣, 宋雪梅, 等. PGT-A 技术在反复妊娠丢失和高龄人群辅助生殖治疗中的应用[J]. 徐州医科大学学报, 2022, 42(11): 833-838.
- [22] 单红英, 周平, 李蓉. 多囊卵巢综合征患者子宫内膜容受性异常机制研究[J/OL]. 中华生殖与避孕杂志, 2023. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn101441-20211217-00561>, 2023-04-25.
- [23] Kuwabara, Y., Shiraishi, T., Kato, R., *et al.* (2025) Reply to Comment on “Clinical Significance of Biochemical Pregnancy Loss in Recurrent Pregnancy Loss Patients: Insights from Euploid Embryo Transfers Minimizing Embryonic Bias”. *Reproductive Medicine and Biology*, **24**, e12668. <https://doi.org/10.1002/rmb2.12683>
- [24] 刘曼曼, 徐诗联, 张贺博, 等. 低分子肝素及胚胎植入前非整倍体检测对不明原因复发性流产患者妊娠结局的影响[J]. 现代妇产科进展, 2024, 33(5): 321-326.
- [25] 张坤, 马晓慧, 王萍, 等. 复发性流产及高龄患者行 PGT-A 治疗的妊娠结局分析[J]. 新疆医学, 2024(9): 1071-1075.
- [26] Sills, E.S., Obregon-Tito, A.J., Gao, H., McWilliams, T.K., Gordon, A.T., Adams, C.A., *et al.* (2017) Pathogenic Variant in NLRP7 (19q13.42) Associated with Recurrent Gestational Trophoblastic Disease: Data from Early Embryo Development Observed during *in Vitro* Fertilization. *Clinical and Experimental Reproductive Medicine*, **44**, 40-46. <https://doi.org/10.5653/term.2017.44.1.40>
- [27] 李哲涛, 李伍高, 唐永梅, 等. 高龄, 复发性流产和反复种植失败患者胚胎植入前遗传学筛查结果分析[J]. 实用妇科内分泌电子杂志, 2021, 8(10): 1-4.
- [28] Weizel, I., Shavit, T., Shuli, Y., Adler Lazarovich, C., Halevi, R., Ben Ari, T., *et al.* (2024) Outcomes of BRCA Pre-Implantation Genetic Testing According to the Parental Mutation Origin: A Cohort Study. *Reproductive Biology and Endocrinology*, **22**, Article No. 8. <https://doi.org/10.1186/s12958-023-01180-9>
- [29] 杨小璇, 王菁, 沈鉴东, 等. 不同特征患者胚胎植入前遗传学检测结果和治疗结局分析[J]. 生殖医学杂志, 2020, 29(7): 857-864.
- [30] Rajendran, S., Brendel, M., Barnes, J., Zhan, Q., Malmsten, J.E., Zisimopoulos, P., *et al.* (2024) Automatic Ploidy Prediction and Quality Assessment of Human Blastocysts Using Time-Lapse Imaging. *Obstetrical & Gynecological Survey*, **79**, 725-726. <https://doi.org/10.1097/01.ogx.0001096656.39837.23>
- [31] 王统菲, 贺立颖, 康晓敏, 等. 阿司匹林对早期复发性流产患者子宫血流动力学的作用[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2017, 37(4): 518-522.