



安徽医科大学学报

Acta Universitatis Medicinalis Anhui

ISSN 1000-1492, CN 34-1065/R

《安徽医科大学学报》网络首发论文

题目： 女性不同体质量指数影响 IVF/ICSI 结局的分析
作者： 张惠茹，张媛媛，尹奕琪，周平
网络首发日期： 2026-07-22
引用格式： 张惠茹，张媛媛，尹奕琪，周平. 女性不同体质量指数影响 IVF/ICSI 结局的分析[J/OL]. 安徽医科大学学报.
<https://link.cnki.net/urlid/34.1065.R.20260722.1249.002>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

女性不同体质量指数影响 IVF/ICSI 结局的分析

张惠茹^{1,2}, 张媛媛³, 尹奕琪¹, 周平¹

(¹安徽医科大学第一附属医院生殖医学中心, 合肥 230022; ²涡阳县人民医院妇产科, 亳州 233607; ³延安大学附属医院妇产科, 延安 716200)

摘要 **目的** 探讨女性不同体质量指数 (BMI) 与体外受精/卵胞质内单精子注射 (IVF/ICSI) 助孕过程关键指标的相关性及其对产科结局的影响。**方法** 回顾性分析接受 IVF/ICSI 治疗的患者资料, 采用倾向性得分匹配平衡组间差异后, 入组周期 19 834 例。依据中国人群 BMI 标准并延伸, 将患者分为: 极低体质量组 ($\text{BMI} < 16$)、偏低体质量组 ($16.0 \leq \text{BMI} < 18.5$)、正常体质量组 ($18.5 \leq \text{BMI} < 24.0$)、超重组 ($24.0 \leq \text{BMI} < 28.0$) 和肥胖组 ($\text{BMI} \geq 28.0$)。比较 5 组患者的基本情况、促排方案及过程、助孕结局。另外, 后期随访到 75 例已分娩且有并发症的患者, 分析 BMI 影响妊娠期并发症的关联性。**结果** 5 组患者一般资料比较中, 各组间年龄、不孕年限、双窦卵泡数等基本情况的差异均无统计学意义。促排方案及过程比较中, 各组间 IVF 卵子数的差异有统计学意义 ($P < 0.001$), 正常组显著高于超重组和肥胖组。助孕结局比较中, 生化妊娠率、出生缺陷率的差异无统计学意义。各组间累积活产率的差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 超重组显著高于正常组。随访到的 75 例患者中, 妊娠期高血压 25 例, 妊娠合并糖尿病 22 例 (两并发症中超重和肥胖分别占 60.00%、45.40%)。**结论** 女性不同 BMI 与 IVF/ICSI 结局存在显著关联。极低体质量患者孕前体质量评估应予以重视; 超重和肥胖患者的活产率较正常体质量组相当, 但仍建议这类人群治疗前积极减重, 减少流产、早产和妊娠并发症的发生率。

关键词 体质量指数; IVF/ICSI; 子宫内膜容受性; 妊娠结局; 活产率; 并发症

中图分类号 R 711.6

文献标志码 A

Analysis of the impact of different body mass indexes on IVF/ICSI outcomes in women

基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: U24A20764)

作者简介: 张惠茹, 女, 硕士研究生;

周平, 女, 副教授, 主任医师, 博士生导师, 通信作者, E-mail: yfy101021@fy.ahmu.edu.cn

Zhang Huiru ^{1,2}, Zhang Yuanyuan ³, Yin Yiqi ¹, Zhou Ping ¹

(¹Reproductive Medicine Center, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022; ²Department of Obstetrics and Gynecology, Guoyang County People's Hospital, Bozhou 233607; ³Department of Obstetrics and Gynecology, Affiliated Hospital of Yan' an University, Yan' an 716200)

Abstract Objective To investigate the correlation between different female body mass index (BMI) values and key indicators of *in vitro* fertilization/intracytoplasmic sperm injection (IVF/ICSI) treatment cycles, as well as their impact on obstetric outcomes. **Methods** A retrospective analysis was conducted on data from patients who underwent IVF/ICSI treatment, with 19 834 cycles included after propensity score matching to balance group differences. Based on the Chinese BMI classification standards with extended categories, patients were stratified into five groups: severely underweight (BMI<16), underweight ($16.0 \leq \text{BMI} < 18.5$), normal weight ($18.5 \leq \text{BMI} < 24.0$), overweight ($24.0 \leq \text{BMI} < 28.0$), and obese ($\text{BMI} \geq 28.0$). Baseline characteristics, ovarian stimulation protocols, treatment processes, and assisted reproductive outcomes were compared among the groups. Additionally, 75 delivered patients with complications were followed up to analyze the association between BMI and pregnancy-related complications. **Results** No statistically significant differences were observed among the five groups in baseline parameters such as age, duration of infertility, or antral follicle count. Regarding ovarian stimulation protocols and processes, a statistically significant difference was found in the number of IVF oocytes retrieved ($P < 0.001$), with the normal-weight group showing a significantly higher number than both the overweight and obese groups. In terms of assisted reproductive outcomes, no significant differences were observed in biochemical pregnancy rates or birth defect rates. However, cumulative live birth rates differed significantly among the groups ($P < 0.05$), which was significantly higher in the overweight group than in the normal-weight group. Among the 75 followed-up patients, 25 were diagnosed with gestational hypertension, and 22 with gestational diabetes mellitus, of whom overweight and obese individuals accounted for 60.00% and 45.40% of the respective complications. **Conclusion** Female BMI is significantly associated with IVF/ICSI outcomes. Pre-pregnancy body mass evaluation should be emphasized in patients with

extremely low body weight. Although the live birth rate of overweight and obese patients was comparable to that of the normal-weight group, weight reduction prior to treatment is strongly recommended to minimize risks of miscarriage, preterm birth, and pregnancy complications.

Key words body mass index; IVF/ICSI; endometrial receptivity; pregnancy outcomes; live birth rate; complications

Fund program National Natural Science Foundation of China (No. U24A20764)

Corresponding author Zhou Ping, E-mail: yfy101021@fy.ahmu.edu.cn

体外受精/卵胞质内单精子注射 (*in vitro* fertilization/intracytoplasmic sperm injection, IVF/ICSI) 是辅助生殖技术中治疗不孕不育的核心手段, 其助孕成功率受患者年龄、卵巢功能、生活方式等多种因素影响, 个体化治疗策略的制定尤为关键。当前女性体质量指数 (body mass index, BMI) 作为可调控的生理指标, 其对妊娠结局的潜在影响已成为临床关注的热点。BMI 因测量简便、结果可靠且可重复性强, 在临床中被广泛用于评估营养及健康状态。根据中国成年人群 BMI 标准, 可分为低体质量 ($BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$)、正常体质量 ($18.5 \leq BMI < 24.0 \text{ kg/m}^2$)、超重 ($24.0 \leq BMI < 28.0 \text{ kg/m}^2$) 和肥胖 ($BMI \geq 28.0 \text{ kg/m}^2$) [1]。

对于育龄期女性, 适宜的脂肪储备是维持正常月经周期及生殖功能的基础, BMI 异常可以通过影响内分泌平衡、卵泡微环境及子宫内膜容受性等途径干扰生育过程。目前研究多聚焦于超重和肥胖对 IVF/ICSI 结局的负面影响[2], 忽视了低 BMI ($BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$) 群体的生殖风险。不同 BMI 分层对胚胎发育、产科并发症及子代健康的影响机制尚未明确。本研究通过回顾性分析大样本 IVF/ICSI 治疗数据, 系统探讨女性不同 BMI 水平与助孕关键指标及产科结局的关联性, 为不同 BMI 患者的临床咨询及个性化体质量管理策略提供更可靠的理论依据。

1 材料与方法

1.1 病例资料

以 2022 年 1 月—2024 年 12 月期间在安徽医科大学第一附属医院生殖中心接受 IVF/ICSI 治疗的女性为研究对象, 排除自然周期取卵、供卵及基本信息缺失等患者, 共有 17 002 例患者资料参与研究。采用倾向得分匹配 (propensity score matching, PSM) 平衡组间差异后入组周期 19 834 例 (其中取卵周期 7 573 例, 移植周期 14 141 例, 即新鲜移植 1 880 例, 解冻移植 12 261 例)。为了进一步研究体质量过低对 IVF/ICSI 治疗结局的影响, 严格依据中

国人群 BMI 标准并延伸,将该院生殖中心的患者分为 5 组:极低体质量组($BMI < 16.0$, $n=24$)、偏低体质量组($16.0 \leq BMI < 18.5$, $n=739$)、正常体质量组($18.5 \leq BMI < 24.0$, $n=9\,049$)、超重组($24.0 \leq BMI < 28.0$, $n=7\,569$)和肥胖组($BMI \geq 28.0$, $n=2\,453$)。其中,极低体质量组取卵周期 8 例、移植周期 18 例(新鲜移植 2 例、解冻移植 16 例);偏低体质量组取卵周期 260 例、移植周期 566 例(新鲜移植 87 例、解冻移植 479 例);正常体质量组取卵周期 3\,244 例、移植周期 6\,646 例(新鲜移植 841 例、解冻移植 5\,805 例);超重组取卵周期 3\,062 例、移植周期 5\,244 例(新鲜移植 737 例、解冻移植 4\,507 例);肥胖组取卵周期 999 例、移植周期 1\,667 例(新鲜移植 213 例、解冻移植 1\,454 例)。

1.2 方法

1.2.1 促排卵及取卵

根据患者情况选择合适的促排卵方案,包括激动剂长方案、拮抗剂方案、其他(高孕激素方案、微刺激方案等)。促排至卵泡成熟(即阴道超声监测优势卵泡有 1 个直径 ≥ 18 mm、2 个直径 ≥ 17 mm 或 3 个直径 ≥ 16 mm),当晚注射人绒毛膜促性腺激素(human chorionic gonadotropin, HCG)(青岛冠龙生物制药有限公司,批号:210802,10000 IU)或艾泽(德国默克雪兰诺公司,批号:BA086042,250 μ g),36 h 后在阴道超声引导下进行穿刺取卵,获得的卵母细胞在体外培养 3~6 h 后进行 IVF/ICSI 助孕。取卵当日开始给予患者黄体支持治疗,即口服地屈孕酮片(荷兰雅培公司,批号:371585,10 mg/次,2 次/d)及肌注黄体酮注射液(浙江仙琚制药股份有限公司,批号:FB2402,60 mg,1 次/d)或者黄体酮阴道缓释凝胶(英国 Dendron Brands Limite 公司,批号:CA22142/E,90 mg,1 次/d)纳阴。

1.2.2 胚胎移植

体外完成受精后培养 3~7 d,选择最优质的 1~2 枚胚胎,在腹部超声引导下使用合适移植管进行宫内移植。患者移植术后需继续给予黄体支持。

1.2.3 拟解冻移植内膜准备

排除移植禁忌且拟解冻移植的患者,需采用适宜的内膜准备方案。对于月经规律的患者宜采用自然周期,当阴道超声监测优势卵泡至排卵后,且内膜厚度达到 8 mm 以上时,开始口服地屈孕酮片(荷兰雅培公司,批号:371585,10 mg/次,2 次/d),并推算移植日期进行胚胎移植。对于排卵异常患者采用人工周期,即激素替代疗法(hormone replacement therapy, HRT)准备内膜。患者从月经第 3 天开始口服补佳乐治疗(德国拜耳公司,批号:801A,2~3 mg/次,2 次/d),当阴道超声监测子宫内膜厚度稳定达到 8 mm 及以上时,给予黄体支持治疗(同新鲜移植),同时推算排卵及移植日期进行胚胎移植。

1.2.4 临床随访

移植术后 11 d 监测尿 HCG 或血 β -HCG 阳性即为生化妊娠；动态监测 HCG 阳性者，移植术后 28~30 d 行阴道超声检查是否有孕囊及原始心管搏动，发现孕囊者即为临床妊娠。若为宫内妊娠，继续黄体支持至移植后 65 d，之后患者若无不适则递减药量至停药。生殖中心负责随访护士定期进行电话随访并登记妊娠过程和产科分娩结局。妊娠不满 12 周发生的流产定义为早期流产。妊娠 12 周至 27 周末发生的流产定义为晚期流产。妊娠 28 周至 36 周末分娩定义为早产。妊娠满 37 周至不满 42 周分娩定义为足月产。妊娠达到或超过 42 周仍未分娩定义为过期产。妊娠满 28 周且至少有 1 个存活新生儿分娩定义为活产。

1.3 分析项目及临床指标计算

比较各组患者的基本情况，包括年龄、不孕年限、不孕因素、不孕类型、基础卵泡刺激素（follicle stimulating hormone, FSH）、黄体生成素（luteinizing hormone, LH）、双窦卵数（antral follicle count, AFC）等；各组患者促排方案及过程分析，包括受精方式、取卵方案、促性腺激素（gonadotropin, Gn）总剂量、Gn 总时间、取卵数、第二次减数分裂中期（metaphase II, MII）卵率、双原核（two pronuclei, 2PN）率、2PN 卵裂数、可移植胚胎率、优质胚胎率、移植胚胎数及拟解冻移植内膜准备方案等；各组患者助孕结局分析，包括生化妊娠率、临床妊娠率、流产率、早产率、活产率、累计临床妊娠率、累计活产率、出生缺陷率、胎儿出生体质量等。另外，通过对配偶进行电话随访，本研究成功联系到 195 例已完成分娩但产科结局有信息缺失的患者，其中存在并发症的有 75 例，进一步分析了 BMI 影响妊娠期并发症的关联性。临床指标计算： $\text{MII 卵率} = \text{MII 卵母细胞总数} / \text{获卵数} \times 100\%$ ； $\text{2PN 率} = \text{2PN 数} / \text{MII 数} \times 100\%$ ； $\text{可移植胚胎率} = \text{可移植胚胎数} / \text{2PN 卵裂数} \times 100\%$ ； $\text{优质胚胎率} = \text{优质胚胎数} / \text{2PN 卵裂数} \times 100\%$ ； $\text{生化妊娠率} = \text{生化妊娠周期数} / \text{总移植周期数} \times 100\%$ ； $\text{临床妊娠率} = \text{临床妊娠周期数} / \text{总移植周期数} \times 100\%$ ； $\text{流产率} = \text{流产周期数} / \text{临床妊娠周期数} \times 100\%$ ； $\text{早产率} = \text{早产周期数} / \text{活产周期数} \times 100\%$ ； $\text{活产率} = \text{活产周期数} / \text{总移植周期数} \times 100\%$ ； $\text{累计临床妊娠率} = \text{临床妊娠周期数} / \text{移植总人数} \times 100\%$ ； $\text{累计活产率} = \text{活产周期数} / \text{移植总人数} \times 100\%$ ； $\text{出生缺陷率} = \text{出生缺陷数} / \text{活产周期数} \times 100\%$ 。

1.4 统计学处理

数据统计方面，不同 BMI 组间基线资料采用 PSM 平衡组间差异后使用 SPSS 27.0 进行数据分析。正态性检验使用 Kolmogorov-Smirnov 或 Shapiro-Wilk 检验。对于正态分布的计量资料，通过 $\bar{x} \pm s$ 进行描述，使用单因素方差分析进行各组别间的对比。对于非正态分布的计量资料，通过中位数 $M (P_{25}, P_{75})$ 进行描述，使用 Kruskal-Wallis 秩和检验进行各组别间

的对比。事后检验采用 Bonferroni 法。对于计数资料，采用 n (%) 进行描述，组间比较采用卡方检验或 Fisher 精确检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组患者基本情况分析

各组别之间年龄、不孕年限、不孕因素、不孕类型、FSH、LH、双窦卵泡数 AFC 的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 1。



表 1 各组患者基本情况分析 [M (P₂₅, P₇₅), n (%)]

Tab. 1 Analysis of baseline characteristics of patients in each group [M (P₂₅, P₇₅), n (%)]

Characteristic	severely underweight group (n=24)	underweight	normal weight group (n=9 049)	overweight group (n=7 569)	obese group (n=2 453)	H/ χ^2 value	P value
		group (n=739)					
Age (years)	32.00 (30.00, 35.50)	32.00 (29.00, 35.00)	32.00 (30.00, 35.00)	32.00 (29.00, 36.00)	32.00 (29.00, 35.00)	7.124	0.129
Infertility duration (years)	4.13 (2.00, 6.13)	3.00 (2.00, 5.00)	3.00 (2.00, 5.00)	3.00 (1.83, 5.00)	3.00 (1.75, 5.00)	8.101	0.088
Infertility factors (%)						20.549	0.057
Female	33.30 (8/24)	49 (362/739)	51.50 (4 658/9 049)	51.20 (3 874/7 569)	51.90 (1 274/2 453)		
Male	20.80 (5/24)	14.30 (106/739)	10.80 (980/9 049)	11.60 (879/7 569)	10.60 (260/2 453)		
Combined	45.80 (11/24)	29.40 (217/739)	30.90 (2 796/9 049)	30.20 (2 285/7 569)	31.20 (765/2 453)		
Unexplained	0 (0/24)	7.30 (54/739)	6.80 (615/9 049)	7.00 (531/7 569)	6.30 (154/2 453)		
Infertility type (%)						9.097	0.059
Primary infertility	45.80 (11/24)	49.90 (369/739)	48.10 (4 353/9 049)	46.90 (3 553/7 569)	50.10 (1 230/2 453)		
Secondary infertility	54.20 (13/24)	50.10 (370/739)	51.90 (4 696/9 049)	53.10 (4 016/7 569)	49.90 (1 223/2 453)		
FSH (mIU/mL)	6.93 (6.28, 8.31)	6.60 (5.49, 7.94)	6.47 (5.42, 7.78)	6.47 (5.36, 7.88)	6.43 (5.31, 7.78)	8.111	0.088
LH (mIU/mL)	5.74 (2.38, 7.96)	4.95 (3.62, 6.74)	4.66 (3.32, 6.40)	4.60 (3.21, 6.77)	4.47 (3.06, 7.27)	8.481	0.075
AFC (n)	13.00 (10.00, 20.00)	14.00 (9.00, 20.00)	14.00 (9.00, 20.00)	14.00 (8.00, 22.00)	14.00 (9.00, 22.00)	8.341	0.080

2.2 各组患者促排方案及过程分析

各组别之间优质胚胎率、ICSI M II 卵率、ICSI 可移植胚胎率的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。各组间取卵方案差异有统计学意义 ($\chi^2=74.658$, $P<0.001$)，超重组和肥胖组中拮抗剂方案比例显著高于偏低体质量组和正常组 ($P<0.05$)，且肥胖组中该比例显著高于超重组 ($P<0.05$)。各组间 IVF 卵子数差异有统计学意义 ($H=25.953$, $P<0.001$)，事后检验显示，正常组显著高于超重组和肥胖组 ($P<0.05$)。各组间 IVF M II 卵率、可移植胚胎率整体显著，但两两比较差异均无统计学意义，结合百分比可知，极低 BMI 组较其余组有偏低趋势。Gn 总剂量、Gn 总时间的差异有统计学意义 ($P<0.001$)，偏低 BMI 组 Gn 总剂量显著低于正常组、超重组和肥胖组 ($P<0.001$)，肥胖组 Gn 总时间显著高于偏低 BMI 组、正常组、超重组 ($P<0.05$)，超重组显著高于正常组 ($P<0.05$)。各组间拟解冻移植内膜准备方案差异有统计学意义 ($\chi^2=83.034$, $P<0.001$)，超重组和肥胖组中人工周期的比例显著高于偏低 BMI 组、正常组 ($P<0.05$)，肥胖组中人工周期显著高于超重组 ($P<0.05$)。见表 2。

表 2 各组患者促排方案及过程分析 [M (P₂₅, P₇₅), n (%)]

Tab. 2 Analysis of ovarian stimulation protocols and processes in each group of patients [M (P₂₅, P₇₅), n (%)]

Item	severely underweight group	underweight group	normal weight group	overweight group	obese group	H/ χ^2 value	P value
Fertilization method						12.448	0.014
IVF (%)	75.00 (6/8)	59.80 (153/256)	68.00 (2 193/3 223)	65.60 (1 995/3 040)	70.40 (701/996)*		
ICSI (%)	25.00 (2/8)	29.30 (75/256)	21.90 (705/3 223)	24.20 (737/3 040)	22.50 (224/996)*		
Ovarian stimulation protocol						74.658	<0.001
Antagonist protocol (%)	50.00 (4/8)	51.30 (134/261)	57.40 (1 865/3 250)	61.00 (1 869/3 062)*#	68.80 (688/1 000)*#▲		
Long agonist protocol (%)	37.50 (3/8)	38.30 (100/261)	31.30 (1017/3 250)	25.70 (788/3 062)*#	21.10 (211/1 000)*#▲		
Others (%)	12.50 (1/8)	10.30 (27/261)	11.30 (368/3 250)	13.20 (405/3 062)	10.10 (101/1 000)		
Total Gn dose (IU)	1 893.75 (1 500.00, 2 400.00)	1 800.00 (1 350.00, 2 325.00)	2 025.00 (1 500.00, 2 625.00)*	2 250.00 (1 800.00, 3 000.00)*#	2 550.00 (2 012.50, 3 300.00)*#▲	372.022	<0.001
Total duration of Gn use (days)	9.50 (8.00, 11.00)	10.00 (8.00, 11.00)	9.00 (8.00, 11.00)	10.00 (9.00, 11.00)#	10.00 (9.00, 11.00)*#▲	41.531	<0.001
IVF							
Number of oocytes retrieved	8.00 (4.00, 10.00)	11.00 (7.00, 17.00)	11.00 (6.00, 16.00)	10.00 (5.00, 15.00)#	10.00 (5.00, 15.00)#	25.953	<0.001
M II oocyte rate (%)	59.30 (32/54)	70.20 (1 317/1 877)	67.90 (17 966/26 458)	67.40 (14 989/22 236)	66.80 (5 146/7 703)	11.037	0.026
2PN rate (%)	81.30 (26/32)	88.30 (1 163/1 317)	87.40 (15 706/17 966)	86.80 (13 007/14 989)	85.10 (4 381/5 146)*#▲	21.765	<0.001
Number of 2PN cleaved embryos	3.50 (2.00, 6.00)	6.00 (4.00, 10.00)	6.00 (3.00, 10.00)	5.00 (3.00, 9.00)*#	5.00 (3.00, 8.00)*#	38.886	<0.001
Transferable embryo rate (%)	56.50 (13/23)	75.50 (863/1 143)	74.10 (11 328/15 281)	74.40 (9 428/12 666)	75.90 (3 233/4 262)	9.768	0.045
High-quality embryo rate (%)	52.20 (12/23)	65.40 (748/1 143)	63.80 (9 746/15 281)	62.70 (7 945/12 666)	63.80 (2 718/4 262)	6.965	0.138

ICSI							
Number of oocytes retrieved	10.00 (6.00, 14.00)	9.00 (6.00, 14.00)	11.00 (6.00, 16.00)	8.00 (4.00, 15.00) [#]	9.00 (6.00, 15.00)	27.193	<0.001
M II oocyte rate (%)	70.00 (14/20)	76.70 (914/1 191)	77.20 (9 633/12 474)	78.20 (8 748/11 181)	77.20 (2 598/3 365)	5.113	0.276
2PN rate (%)	50.00 (7/14)	75.80 (693/914)	72.40 (6 971/9 633)	71.80 (6 282/8 748)	70.70 (1 838/2 598) [*]	12.748	0.013
Number of 2PN cleaved embryos	2.50 (1.00, 4.00)	5.00 (2.00, 9.00)	5.00 (3.00, 9.00)	4.00 (2.00, 9.00) [#]	5.00 (2.00, 8.00)	22.376	<0.001
Transferable embryo rate (%)	40.00 (2/5)	66.90 (451/674)	67.60 (4 584/6 786)	66.00 (4 016/6 082)	65.10 (1 159/1 780)	7.107	0.122
High-quality embryo rate (%)	40.00 (2/5)	54.60 (368/674)	55.20 (3 744/6 786)	52.90 (3 217/6 082)	53.40 (950/1 780)	7.593	0.098
Number of embryos transferred	1.00 (1.00, 2.00)	1.00 (1.00, 2.00)	1.00 (1.00, 2.00)	1.00 (1.00, 2.00)	1.00 (1.00, 2.00) [#]	16.100	0.003
Endometrial preparation protocol						83.034	<0.001
Artificial cycle (%)	81.30 (13/16)	65.10 (311/478)	68.50 (3 971/5 799)	73.10 (3 293/4 507) ^{*#}	79.10 (1 150/1 453) ^{*#} ▲		
Natural cycle (%)	18.80 (3/16)	34.90 (167/478)	31.50 (1 828/5 799)	26.90 (1 214/4 507) ^{*#}	20.90 (303/1 453) ^{*#} ▲		

* $P < 0.05$ vs underweight group; [#] $P < 0.05$ vs normal weight group; ▲ $P < 0.05$ vs overweight group.

2.3 各组患者助孕结局分析

各组别之间生化妊娠率、临床妊娠率、出生缺陷率的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。各组间流产差异有统计学意义 ($\chi^2=17.627$, $P=0.022$)，其中，肥胖组中晚期流产率显著高于正常组 ($P<0.05$)。各组间分娩类型差异有统计学意义 ($\chi^2=21.534$, $P=0.008$)，超重组中早产比例显著高于正常组 ($P<0.05$)，且其足月产比例显著低于正常组 ($P<0.05$)。各组间累积临床妊娠率差异有统计学意义 ($\chi^2=52.799$, $P<0.001$)，超重组中累积临床妊娠率显著高于极低 BMI 组和正常组 ($P<0.05$)。各组间累积活产率差异有统计学意义 ($\chi^2=36.312$, $P<0.001$)，超重组累积活产率显著高于正常组 ($P<0.05$)。新生儿体质量随着母亲 BMI 增加而递增。见表 3。另外，电话追踪随访到的 75 例患者中，妊娠期高血压 25 例（超重和肥胖组占 60.00%）、妊娠合并糖尿病 22 例（超重和肥胖组占 45.40%）、胎儿生长受限 5 例（各并发症中超重和肥胖组分别占 60.00%、45.40%、60.00%）、妊娠合并甲减 13 例（肥胖组占 53.80%）、妊娠合并贫血 7 例（超重组占 66.70%）、胎膜早破 13 例（偏低 BMI 组占 7.60%，超重组占 61.50%）、巨大儿 3 例（超重组占 66.70%）。

表 3 各组患者助孕结局分析 [$M(P_{25}, P_{75}), n(\%)$]Tab. 3 Analysis of assisted reproductive outcomes in each group of patients [$M(P_{25}, P_{75}), n(\%)$]

Indicator	severely underweight group	underweight	normal weight group	overweight group	obese group	H/χ^2 value	P value
		group					
Biochemical pregnancy rate	50.00 (9/18)	65.90 (373/566)	65.00 (4 318/6 646)	64.00 (3 358/5 244)	63.30 (1 056/1 667)	4.228	0.376
Clinical pregnancy rate	44.40 (8/18)	56.00 (317/566)	57.10 (3 793/6 646)	55.70 (2 922/5 244)	54.10 (902/1 667)	6.512	0.164
Abortion rate						17.627	0.022
Early abortion rate	37.50 (3/8)	12.60 (40/317)	14.00 (530/3 799)	13.80 (403/2 924)	13.40 (121/902)		
Late abortion rate	0 (0/8)	2.50 (8/317)	3.10 (117/3 799)	4.20 (124/2 924)	5.30 (48/902) [#]		
Live birth rate	27.80 (5/18)	47.50 (269/566)	47.40 (3 150/6 647)	45.60 (2 393/5 244)	44.00 (733/1 667)	10.574	0.032
Delivery type						21.534	0.008
Preterm birth rate	0 (0/5)	18.20 (49/269)	18.70 (588/3 152)	22.90 (549/2 397) [#]	20.10 (147/733)		
Term birth rate	100.00 (5/5)	81.80 (220/269)	81.20 (2 560/3 152)	76.80 (1 841/2 397) [#]	79.80 (585/733)		
Post-term birth rate	0 (0/5)	0 (0/269)	0.10 (4/3 152)	0.30 (7/2 397)	0.10 (1/733)		
Cumulative clinical pregnancy rate (%)	46.70 (7/15)	67.80 (307/453)	69.50 (3 641/5 240)	75.80 (2 763/3 644) ^{*#}	73.40 (850/1 158)	52.799	<0.001
Cumulative live birth rate (%)	33.30 (5/15)	59.20 (268/453)	59.90 (3 140/5 240)	65.60 (2 389/3 644) [#]	62.90 (728/1 158)	36.312	<0.001
Birth defect rate (%)	0 (0/5)	0.70 (2/269)	0.80 (24/3 150)	0.80 (18/2 393)	1.00 (7/733)	2.027	0.913
Neonatal birth weight (g)	3 300.00 (2 900.00, 3 300.00)	3 300.00 (3 000.00, 3 550.00)	3 400.00 (3 100.00, 3 650.00) [*]	3 450.00 (3 200.00, 3 770.00) ^{*#}	3 450.00 (3 200.00, 3 800.00) ^{*#}	66.262	<0.001

^{*} $P<0.05$ vs underweight group; [#] $P<0.05$ vs normal weight group.

3 讨论

近年来,许多研究^[3-5]探讨了女性 BMI 对助孕结局的影响,但针对以低 BMI 患者、产科并发症、新生儿出生体质量及出生缺陷为终点的大样本研究存在不足。本研究将低 BMI 细分为极低 BMI 组和偏低 BMI 组,并随访新生儿出生缺陷等情况,为不同 BMI 女性提供更精确的评估和指导,优化 IVF/ICSI 妊娠结局。

影响 IVF/ICSI 助孕成功的关键因素有胚胎质量、子宫内膜容受性、移植过程和女性整体身体状况等。本研究显示,不同 BMI 组间优质胚胎率差异无统计学意义,提示 BMI 可能并非影响胚胎质量的主要因素。子宫内膜容受性的评估目前首选经阴道超声检查,其中包括子宫内膜厚度、形态、容积、血流参数等^[6]。Bellver et al^[7]对 180 名女性进行子宫内膜容受性的前瞻性分析,发现肥胖可能直接影响子宫内膜环境,着床窗口延迟,从而对妊娠结局产生负面效应。另一项动物模型研究^[8]证实肥胖(尤其是合并代谢综合征)可以改变子宫内膜容受性,不同 BMI 的子宫内膜表达差异可能会影响子代健康。高 BMI 女性的脂肪因子直接作用于卵母细胞和子宫内膜,导致子宫内膜容受性降低、基质蜕膜受损和胎盘绒毛膜血管形成不足,增加流产、死胎、胎儿生长受限和先兆子痫等风险。在移植过程中,BMI 过高也可能干扰超声显像,提升手术难度。能量代谢和营养状态等对女性的身体状况有着深远影响。体质量增加与胰岛素抵抗存在密切关联^[9],引起的代谢综合征会抑制卵泡发育,导致不排卵或稀发排卵(常见于多囊卵巢综合征)。本研究也发现超重和肥胖患者有明显的“卵巢抵抗”特征,即需要更高的 Gn 剂量才能达到满意的卵泡发育水平,最终获卵数却少于正常体质量者。Ko et al^[10]的一项前瞻性队列研究认为肥胖会改变不孕症女性卵泡液的脂质组成,干扰早期胚胎发育。本研究未发现 BMI 对优质胚胎率及生化妊娠率有影响,可能与样本量及 BMI 分组标准有关。由于不同 BMI 对胚胎质量无明显影响,且在 IVF/ICSI 助孕前,移植条件和女性身体状况已评估无禁忌,本研究结果显示,各组别间的流产率、早产率及累计临床妊娠率均存在显著差异,超重和肥胖组的并发症发生率更高,由此可以间接推断,不同 BMI 影响子宫内膜容受性,这与先前的研究结果相吻合。

国外学者^[11]对接受 IVF/ICSI 治疗的 4 349 对夫妇进行了前瞻性分析,显示流产率和活产率在超重和肥胖组随着 BMI 增加逐渐降低,而低 BMI 组随着 BMI 降低而降低。说明 BMI 过高或过低对 IVF/ICSI 助孕结局都有负面影响。Chen et al^[12]研究表明 BMI 对首次 IVF/ICSI 新鲜胚胎移植后的妊娠结局影响不显著,而高 BMI 与妊娠合并糖尿病和妊娠期高血压相关。

另一位国外学者^[13]分析了 1 153 例试管助孕患者，未发现不同 BMI 会影响临床妊娠率和活产率，但应鼓励高 BMI 女性孕前 1 年甚至 3 个月内调整饮食，实施减重，以降低产科并发症的发生率。本研究结果与上述一致。孙宇欣等^[14]研究已证实每周 2~3 次抗阻运动可显著改善高 BMI 女性的糖脂代谢，必要时考虑药物或手术干预，尤其需全程关注心理支持。

本研究发现极低 BMI 对 ART 结局存在一定的负面影响，主要表现在 2PN 率、MII 卵率、活产率、累计临床妊娠率和累计活产率均有显著降低。尽管极低 BMI 组的样本量较少，但低 BMI 组在胎膜早破并发症中比例相对偏高，提示能量不足会影响胎膜营养供应。其能量储备被优先分配给更重要的器官，能量失衡会破坏性激素稳态，甚至导致停止排卵（下丘脑性闭经），严重损害生殖功能。因此，应重视低 BMI 的潜在影响，积极建议孕前营养干预，以增加获卵数、提升促排卵效果。Monteiro et al^[15]指出遵循地中海饮食模式联合临床营养健康软件可实现精准营养，保障能量供给，有益生殖健康。

综上所述，BMI 作为评估营养状况和肥胖程度的简易指标，与 IVF/ICSI 结局密切相关。本研究显示，超重和肥胖患者的活产率与正常组相比差异无统计学意义，这类人群应减轻孕前及孕期过度焦虑，在治疗前积极减重，从而减少流产、早产和妊娠并发症的发生率。合理降低体质量 5%~10%，有助于减少妊娠期并发症的发生。将 BMI 控制在 18.5~23.9kg/m² 可能获得最佳妊娠结局。应将个体化体质量管理作为孕前及孕期健康干预的核心环节，加强高 BMI 患者的血压、血糖及甲状腺功能监测，做到早发现、早诊断、早治疗；患者产后需持续随访体质量及代谢指标，实现全周期健康管理。由于该研究个别亚组样本量有限且未排除多囊卵巢综合征及代谢综合征等疾病的混杂效应，结果可能存在一定的偏倚。未来可开展大样本前瞻性干预研究，评估体质量干预对 IVF/ICSI 结局的改善效果，进一步探索 BMI 与胚胎表观遗传修饰等的相关机制，制定精准且个性化的体质量评估及管理策略，从而提升分娩质量，降低妊娠并发症。

参考文献

- [1] Zheng Y, Dong X, Chen B, et al. Body mass index is associated with miscarriage rate and perinatal outcomes in cycles with frozen-thawed single blastocyst transfer: a retrospective cohort study[J]. BMC Pregnancy Childbirth, 2022, 22(1): 118. doi:10.1186/s12884-022-04443-2.
- [2] Zhang L, Feng Y, Sun X, et al. Impact of body mass index on assisted reproductive technology outcomes in patients with polycystic ovary syndrome: a meta-analysis[J]. Reprod Biomed Online,

2024, 48(6): 103849. doi:10.1016/j.rbmo.2024.103849.

[3] Ribeiro L M, Sasaki L M P, Silva A A, et al. Overweight, obesity and assisted reproduction: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2022, 271: 117-27. doi:10.1016/j.ejogrb.2022.01.019.

[4] Zheng D, Wang Y, Chen L, et al. Association between body mass index and *in vitro* fertilization/intra-cytoplasmic sperm injection outcomes: an analysis of 15, 124 normal ovarian responders in China[J]. Chin Med J, 2024, 137(7): 837-45. doi:10.1097/CM9.0000000000002992.

[5] Rafael F, Rodrigues M D, Bellver J, et al. The combined effect of BMI and age on ART outcomes[J]. Hum Reprod, 2023, 38(5): 886-94. doi:10.1093/humrep/dead042.

[6] Zhang C H, Chen C, Wang J R, et al. An endometrial receptivity scoring system basing on the endometrial thickness, volume, echo, peristalsis, and blood flow evaluated by ultrasonography[J]. Front Endocrinol, 2022, 13: 907874. doi:10.3389/fendo.2022.907874.

[7] Bellver J, Marín C, Lathi R B, et al. Obesity affects endometrial receptivity by displacing the window of implantation[J]. Reprod Sci, 2021, 28(11): 3171-80. doi:10.1007/s43032-021-00631-1.

[8] McCoski S R, Cockrum R R, Ealy A D. Short Communication: maternal obesity alters ovine endometrial gene expression during peri-implantation development[J]. J Anim Sci, 2022, 100(7): skac090. doi:10.1093/jas/skac090.

[9] 向卉芬, 张 品, 徐祖滢, 等. 多囊卵巢综合征患者冻融胚胎移植周期妊娠结局的影响因素分析 [J]. 安徽医科大学学报, 2024, 59(4): 684-9. doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2024.04.020.

[9] Xiang H F, Zhang P, Xu Z Y, et al. Analysis of pregnancy outcomes after transplantation of frozen-thawed embryo transfer in PCOS patients[J]. Acta Univ Med Anhui, 2024, 59(4): 684-9. doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2024.04.020.

[10] Ko Y R, Kim M K, Kim J W, et al. Impact of obesity on follicular fluid lipid composition and IVF/ICSI outcomes in Korean women: a lipidomic study[J]. PLoS One, 2025, 20(5): e0324511. doi:10.1371/journal.pone.0324511.

[11] Nicoletti A, Petersen C G, Massaro F C, et al. O-157 Female body mass index (BMI) influences pregnancy outcomes: an evaluation of 4349 IVF/ICSI cycles[J]. Hum Reprod, 2022, 37(Supplement_1): I92. doi:10.1093/humrep/deac105.063.

[12] Chen H, Li J, Cai S, et al. Impact of body mass index (BMI) on the success rate of fresh

embryo transfer in women undergoing first *in vitro* fertilization/intracytoplasmic sperm injection (IVF/ICSI) treatment[J]. Int J Obes (Lond), 2022, 46(1): 202-10. doi:10.1038/s41366-021-00978-0.

[13] Merviel P, Jacamon A S, Bouée S, et al. Effects of female body mass index on the outcome of *in vitro* fertilization/intracytoplasmic sperm injection or intrauterine insemination[J]. Clin Obstet Gynecol Reprod Med, 2020, 6(5): 1-13. doi:10.15761/cogrm.1000301.

[14] 孙宇欣, 郭晓媛, 陈 适, 等. 以抗阻运动为主的运动处方对超重和肥胖成年人群糖脂代谢影响的 Meta 分析[J]. 协和医学杂志, 2025, 16(1): 235-47. doi:10.12290/xhyxzz.2024-0225.

[14] Sun Y X, Guo X Y, Chen S, et al. Meta-analysis of the effect of resistance exercise prescription on glucose and lipid metabolism in overweight and obese adults[J]. Med J Peking Union Med Coll Hosp, 2025, 16(1): 235-47. doi:10.12290/xhyxzz.2024-0225.

[15] Monteiro J, Bicho M, Valente A. The contribution of precision nutrition intervention in subfertile couples[J]. Nutrients, 2024, 17(1): 103. doi:10.3390/nu17010103.