

• 儿童代谢性疾病 •

辅助生殖技术受孕单胎儿童在学龄前期代谢状况的研究

崔一帆^{1,2}, 胡丹¹, 汪晓霞¹, 刘亚萍¹, 王雨倩³, 肖绪武^{1,2}

1. 大连市妇女儿童医疗中心(集团), 辽宁 大连 116033; 2. 大连医科大学研究生院, 辽宁 大连 116044;

3. 大连医科大学附属第二医院

摘要: **目的** 比较辅助生殖技术(ART)受孕单胎学龄前儿童与自然受孕(NC)单胎儿童的代谢状况,为促进 ART 儿童的健康管理提供依据。**方法** 采用病例对照研究,选取 2023 年 1 月—2025 年 1 月于大连市妇女儿童医疗中心(集团)儿童保健门诊体检的 36~72 月龄 ART 受孕单胎儿童 70 例,并按 1:1 纳入同期年龄匹配的 NC 单胎儿童 70 例作为对照。收集父母一般资料、围生期信息及儿童喂养饮食情况,测量身高、体重、腰围、血压,并检测空腹血糖(FBG)、空腹胰岛素(FINS)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、载脂蛋白 A1(ApoA1)和载脂蛋白 B(ApoB)等指标。采用多元线性回归对饮食因素及父母 BMI 等混杂因素进行调整。**结果** ART 组父母生育年龄高于 NC 组,孕期体重增长低于 NC 组($t=6.761, 6.032, -2.329, P<0.05$)。调整混杂因素后,两组儿童体重、身高、BMI 及血压差异均无统计学意义($P>0.05$),但 ART 组腰围高于 NC 组($\beta=2.022, P<0.05$)。血液生化指标比较显示,调整后 ART 组 TG、ApoB 高于 NC 组($\beta=0.104, 0.038, P<0.05$),HDL-C、ApoA1 低于 NC 组($\beta=-0.298, -0.105, P<0.05$),而 TC、LDL-C、FBG、FINS 及 HOMA-IR 差异均无统计学意义($P>0.05$)。两组血压异常、血脂异常及血糖异常检出率差异均无统计学意义($P>0.05$);ART 组超重/肥胖检出率高于 NC 组($Z=-2.233, P<0.05$)。**结论** 学龄前期 ART 单胎儿童在部分血脂指标(TG、HDL-C、ApoB、ApoA1)与 NC 组儿童存在差异。但未表现出血脂异常风险增加,ART 组腰围、儿童肥胖、超重发生率均较 NC 组偏高,提示应加强对 ART 单胎儿童营养状况及代谢指标的长期监测,预防肥胖及相关代谢性疾病的发生发展。

关键词: 辅助生殖技术; 单胎儿童; 学龄前期; 代谢状况

中图分类号:R179 文献标识码:A 文章编号:1008-6579(2026)07-0754-06 doi:10.11852/zgetbjzz2025-1144

Metabolic status of singleton preschool children conceived by assisted reproductive technology

CUI Yifan^{1,2}, HU Dan¹, WANG Xiaoxia¹, LIU Yaping¹, WANG Yuqian³, XIAO Xuwu^{1,2}

1. Dalian Women and Children's Medical Group, Dalian, Liaoning 116033, China; 2. Graduate School, Dalian

Medical University, Dalian, Liaoning 116044; 3. The Second Hospital of Dalian Medical University

Corresponding author: XIAO Xuwu, E-mail: dlxiaoxw@sina.com

Abstract: **Objective** To compare the metabolic status of preschool singleton children conceived by assisted reproductive technology (ART) with naturally conceived (NC) singleton children, so as to provide evidence for the health management of ART-conceived children. **Methods** A total of 70 ART-conceived singleton children aged 36 - 72 months who underwent physical examination at the Dalian Women and Children's Medical Group from January 2023 to January 2025 were enrolled, and 70 age-matched NC singleton children were included at a 1:1 ratio during the same period. Parental demographics, perinatal information, and the children's feeding and dietary habits were collected. Anthropometric measurements (height, weight, waist circumference) and blood pressure were assessed. Fasting blood glucose (FBG), fasting insulin (FINS), triglycerides (TG), total cholesterol (TC), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), apolipoprotein A1 (ApoA1), and apolipoprotein B (ApoB) levels were measured. Multiple linear regression models were employed to adjust for potential confounding factors, including dietary habits and parental body mass index (BMI). **Results** Parents in the ART group had significantly older reproductive ages and lower gestational weight gain than those in the NC group ($t=6.761, 6.032, -2.329, P<0.05$). After adjustment for confounding factors, there were no statistically significant differences in body weight, height, body mass index, or blood pressure between the two groups ($P>0.05$). However, waist circumference was significantly greater in the ART group

作者简介: 崔一帆(1988—),男,博士在读,主要研究方向为儿童保健。**通信作者:** 肖绪武, E-mail: dlxiaoxw@sina.com

than in the NC group ($\beta=2.022, P<0.05$). After adjustment, TG and ApoB levels remained significantly higher in the ART group ($\beta=0.104, 0.038$), while HDL-C and ApoA1 levels were significantly lower than those in the NC group ($\beta=-0.298, -0.105, P<0.05$). No significant differences were found in TC, LDL-C, FBG, FINS, or HOMA-IR between the two groups ($P>0.05$). There were no significant differences in the detection rates of abnormal blood pressure, dyslipidemia, or impaired blood glucose between the two groups ($P>0.05$). The detection rate of overweight/obesity was significantly higher in the ART group than in the NC group ($Z=-2.233, P<0.05$). **Conclusions** Preschool singleton children conceived by ART exhibit differences in several blood lipid parameters, including TG, HDL-C, ApoB, and ApoA1. However, these differences do not increase the risk of dyslipidemia. Increased waist circumference and a higher prevalence of overweight/obesity are observed in ART-conceived children, highlighting the importance of long-term monitoring of nutritional and metabolic status in this population to prevent obesity and related metabolic disorders.

Keywords: assisted reproductive technology; singleton children; preschool age; metabolic status

人类辅助生殖技术(assisted reproductive technology, ART)通常是指将精子、卵子或胚胎,在体外进行操作后送入体内的过程,主要包括体外受精-胚胎移植(in vitro fertilization-embryo transfer, IVF-ET)、卵泡浆内单精子注射(intracytoplasmic sperm injection, ICSI)等^[1]。与自然受孕(natural conception, NC)不同,ART 回避了正常生殖过程中对精子的自然选择;操作过程中精子、卵子或胚胎暴露在非生理环境中,这可能对子代的生长及代谢产生影响。目前已从动物实验及人类研究中获得了一些证据^[2-3]。本研究旨在比较 ART 与 NC 学龄前单胎儿童糖脂代谢指标的差异,为 ART 受孕单胎儿童的远期健康监测及干预策略提供依据。

1 对象和方法

1.1 对象 招募 2023 年 1 月—2025 年 1 月于大连市妇女儿童医疗中心(集团)儿保门诊体检的 IVF/ICSI 受孕单胎学龄前(36~72 月龄)儿童,进行体格测量及血糖、血脂等代谢指标测定。另选取同时期体检的 NC 单胎学龄前期儿童作为对照组。将研究对象按月龄划分为 36~48、>48~60 及 >60~72 月龄,在同月龄区间内进行 1:1 匹配;在同一分层内,采用随机数法为每个研究组对象抽取 1 名对照组对象;若匹配失败,则扩大相邻 1 个月龄区间的范围,再进行匹配。排除标准:出生 1 分钟及 5 分钟 Apgar 评分<7 分、遗传代谢病、肝脏疾病以及分娩孕周≤32 周儿童。最终获取两组儿童各 70 例。本研究经大连市妇女儿童医疗中心(集团)伦理委员会(2023007)批准,监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 随访内容 由经培训的护士采用自制的问卷收集父母、围生期以及喂养、饮食、运动及睡眠等信息,然后对入组儿童身高、体重、腰围及血压进行测量。

1.2.2 体格测量 儿童空腹穿着轻便衣服,使用校

准的电子身高体重秤测量身高(精确到 0.1cm)、体重(精确到 0.1kg),使用卷尺测量腰围(精确到 0.1cm),数据测量均测定两次,取平均值。使用校准的电子血压计(YE8900A)在坐姿时测量右臂血压三次,取后两次测量读数的平均值。同时测量入组儿童父母的体重、身高,计算体质量指数(body mass index, BMI)。

1.2.3 生化指标测量 经过至少 8h 禁食后,于次日上午抽取儿童静脉血液,进行空腹葡萄糖(fasting blood glucose, FBG)、甘油三酯(triglyceride, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、载脂蛋白 A1 (apolipoprotein A1, ApoA1)、载脂蛋白 B (apolipoprotein B, ApoB)测定,采用全自动生化分析仪(labospect 008 as)进行分析;空腹胰岛素(fasting serum insulin, FINS)采用罗氏 E601 化学发光免疫分析仪测定。运用稳态模型评估抵抗指数(homeostatic model assessment of insulin resistance, HOMA-IR)评估胰岛素敏感性, $HOMA-IR = FBG \text{ (mmol/L)} \times FINS \text{ (}\mu\text{U/mL)} / 22.5$ 。

1.2.4 相关指标判定标准 儿童肥胖诊断标准参照 WHO 身高标准体重:超过该身高标准体重 10% 以上为超重,20% 以上的为肥胖。按照 2017 年发布的中国 3~17 岁儿童性别、年龄别和身高别血压参照标准:以收缩压或舒张压 $\geq P_{95}$ 判定为血压偏高。儿童血糖评价采用 2020 年美国糖尿病协会发布的诊断标准:空腹血糖 $\geq 5.6\text{mmol/L}$ 为异常。参照《儿童血脂异常血症诊治专家共识(2022)》,血脂异常判定标准为血清 TG、TC、LDL-C、HDL-C 中至少一项异常,即 $TG \geq 1.12\text{mmol/L}$ 、 $TC \geq 5.17\text{mmol/L}$ 、 $LDL-C \geq 3.36\text{mmol/L}$ 或 $HDL-C < 1.03\text{mmol/L}$ 。

1.3 统计学方法 运用 SPSS 20.0 软件分析。计数资料采用例数(%)表示,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表

示,正态分布计量资料组间比较采用 t 检验,计数资料组间比较采用 χ^2 检验,期望频数在 1~5 之间,采用 Fisher 精确检验,等级资料采用两个独立样本非参数检验。运用线性回归排除混杂因素干扰,因变量为研究结果变量,协变量为两组间差异具有统计学意义或强混杂因素的控制变量。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 ART 组与 NC 组儿童父母及围生期状况

ART 组父母的生育年龄均大于 NC 组儿童,差异有统计学意义($P < 0.001$);NC 组母亲孕期体重增长较 ART 组偏高,差异有统计学意义($P < 0.05$);其余包括性别、父母教育水平、父母 BMI、孕周、母亲妊娠合并疾病、分娩方式、出生体重及身长、新生儿出生后是否住院治疗方面,两组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 ART 组与 NC 组儿童父母信息和围生期状况的比较($\bar{x} \pm s$)

Tab. 1 Comparison of parental information and perinatal status of children between the ART group and the NC group($\bar{x} \pm s$)

项目	ART ($n=70$)	NC ($n=70$)	$t/z/\chi^2$ 值	P 值
性别 ($n, \%$)			0.261 ^a	0.609
男	41 (58.57)	38 (54.29)		
女	29 (41.43)	32 (45.71)		
母亲生育年龄 (岁)	32.51 $\pm$ 3.48	29.16 $\pm$ 3.08	6.032 ^b	<0.001
父亲生育年龄 (岁)	33.98 $\pm$ 3.29	30.41 $\pm$ 2.94	6.761 ^b	<0.001
母亲教育水平 ($n, \%$)			-0.917 ^c	0.359
硕士及以上	12 (17.14)	16 (22.86)		
大学	49 (70.00)	47 (67.14)		
大专及以下	9 (12.86)	7 (10.00)		
父亲教育水平 ($n, \%$)			-1.411 ^c	0.158
硕士及以上	17 (24.29)	25 (35.71)		
大学	48 (68.57)	41 (58.57)		
大专及以下	5 (7.14)	4 (5.72)		
母亲 BMI (kg/m^2)	22.90 $\pm$ 2.54	23.07 $\pm$ 2.36	-0.415 ^b	0.679
父亲 BMI (kg/m^2)	24.15 $\pm$ 3.88	23.48 $\pm$ 2.94	1.160 ^b	0.248
孕周 (周)	37.79 $\pm$ 1.40	37.98 $\pm$ 1.34	-0.845 ^b	0.400
孕期体重增长 (kg)	12.17 $\pm$ 2.30	13.13 $\pm$ 2.57	-2.329 ^b	0.021
妊娠合并疾病 ($n, \%$)			0.049 ^a	1.000
是	12 (17.14)	13 (18.57)		
否	58 (82.86)	57 (81.43)		
分娩方式 ($n, \%$)			1.605 ^a	0.278
顺产	44 (62.86)	51 (72.86)		
剖宫产	26 (37.14)	19 (27.14)		
出生体重 (kg)	3.15 $\pm$ 0.47	3.18 $\pm$ 0.49	-0.379 ^b	0.705
出生身长 (cm)	49.94 $\pm$ 1.29	49.79 $\pm$ 1.48	0.651 ^b	0.516
出生时是否住院治疗 ($n, \%$)				1.000
是	6 (8.57)	5 (7.14)		
否	64 (91.43)	65 (92.86)	0.099 ^a	

注:^a χ^2 值,^b t 值,^c Z 值。

2.2 ART 组与 NC 组儿童喂养、饮食情况比较

两组儿童在母乳喂养持续时间、奶制品、红肉、坚果及海产品摄入频率上差异无统计学意义($P > 0.05$),但 ART 组儿童每日蔬菜摄入频率较 NC 组偏高($P < 0.05$)。两组儿童每日户外活动时间及睡眠时间差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

表 2 ART 组与 NC 组儿童喂养、饮食等情况的比较(例,%)
Tab. 2 Comparison of feeding and dietary conditions between the ART group and the NC group of children($n, \%$)

项目	ART ($n=70$)	NC ($n=70$)	Z/χ^2 值	P 值
母乳喂养持续时间 ($n, \%$)			-0.099 ^a	0.921
从不	2 (2.86)	3 (4.28)		
0~3 个月	4 (5.71)	8 (11.43)		
>3~6 个月	8 (11.43)	6 (8.57)		
>6~12 个月	22 (31.43)	17 (24.29)		
>12 个月	34 (48.57)	36 (51.43)		
饮食及生活方式 ($n, \%$)				
奶制品量摄入 $\geq 300\text{mL}/\text{d}$	39 (55.71)	49 (70.00)	3.059 ^b	0.115
蔬菜摄入 ≥ 2 次/d	63 (90.00)	55 (78.57)	4.393 ^b	0.036
红肉摄入 ≥ 1 次/d	58 (82.86)	62 (88.57)	0.933 ^b	0.469
坚果摄入 ≥ 1 次/周	52 (74.29)	51 (72.86)	0.037 ^b	1.000
海产品摄入 ≥ 1 次/周	65 (92.86)	60 (85.71)	1.867 ^b	0.274
每日户外活动 $\geq 2\text{h}$	65 (92.86)	58 (82.86)	3.281 ^b	0.119
每日睡眠时间 $\geq 10\text{h}$	66 (94.29)	62 (88.57)	- ^c	0.366

注:^a Z 值,^b χ^2 值,^c采用 Fisher 确切概率法。

2.3 ART 组与 NC 组儿童体格发育指标的比较

两组在月龄、体重、身高、BMI、血压方面差异均无统计学意义($P > 0.05$),但 ART 组较 NC 组儿童腰围显著增加($P = 0.001$)。通过对两组儿童蔬菜摄入频率及父母 BMI(强混杂因素)进行调整后,显示除了腰围以外,其余方面差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 3。

2.4 ART 组与 NC 组儿童血液生化指标的比较

两组儿童 TC、LDL-C 水平差异无统计学意义($P > 0.05$);但 ART 组 TG、ApoB 高于 NC 组, HDL-C、ApoA1 低于 NC 组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组在 FBG 水平上差异无统计学意义($P > 0.05$),但 ART 组儿童 FINS、HOMA-IR 均偏高($P < 0.05$)。通过对蔬菜摄入频率及父母 BMI 进行调整后,两组在 TG、HDL-C、ApoB、ApoA1 方面差异仍显著($P < 0.05$),而 FINS、HOMA-IR 差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 4。

2.5 ART 组与 NC 组儿童营养状况及心血管代谢

指标比较 两组血压异常、血脂异常、血糖异常上差异无统计学意义($P > 0.05$);但 ART 组儿童超重及肥胖发生率较 NC 组增高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 5。

表 3 ART 组与 NC 组儿童体格发育情况比较($\bar{x} \pm s$)

Tab. 3 Comparison of physical development between the ART group and the NC group of children ($\bar{x} \pm s$)

项目	ART ($n=70$)	NC ($n=70$)	t 值	P 值	调整后 β 值 ^a (95%CI)	P_1 值
月龄(月)	56.09±9.44	58.53±11.08	-1.404	0.162	—	—
体重(kg)	20.20±6.00	19.22±4.49	1.096	0.275	0.757(-0.882~2.397) ^a	0.363
身高(cm)	110.26±7.44	111.16±7.19	-0.728	0.468	-1.085(-3.562~1.391) ^a	0.388
BMI(kg/m ²)	16.14±2.70	15.61±2.16	1.279	0.203	0.371(-0.279~1.021) ^a	0.261
腰围(cm)	52.18±3.66	50.04±3.39	3.587	<0.001	2.022(0.892~3.151) ^a	0.001
收缩压(mmHg)	94.64±8.44	95.33±7.15	-0.519	0.605	-0.493(-3.186~2.200) ^a	0.718
舒张压(mmHg)	60.97±6.17	61.71±5.68	-0.741	0.460	-0.472(-2.504~1.560) ^a	0.647

注:^a通过线性回归对饮食及父母 BMI 情况进行调整, P_1 值为对饮食及父母 BMI 混杂因素进行调整后的 P 值。

表 4 ART 组与 NC 组儿童血液生化指标的比较($\bar{x} \pm s$)

Tab. 4 Comparison of blood biochemical indicators between the ART group and the NC group of children ($\bar{x} \pm s$)

项目	ART ($n=70$)	NC ($n=70$)	t 值	P 值	调整后 β 值(95%CI)	P_1 值
TC (mmol/L)	3.80±0.66	3.73±0.69	0.662	0.509	0.045(-0.187~0.277)	0.702
TG (mmol/L)	0.67±0.25	0.56±0.18	3.024	0.003	0.104(0.031~0.176)	0.006
HDL-C (mmol/L)	1.48±0.32	1.75±0.45	-4.149	<0.001	-0.298(-0.430~-0.165)	<0.001
LDL-C (mmol/L)	1.70±0.57	1.58±0.48	1.400	0.164	0.078(-0.097~0.253)	0.379
ApoA1 (g/L)	1.20±0.15	1.31±0.17	-3.916	<0.001	-0.105(-0.158~-0.051)	<0.001
ApoB (g/L)	0.75±0.12	0.70±0.11	2.256	0.026	0.038(0.000~0.077)	0.049
FBG (mmol/L)	4.71±0.57	4.68±0.50	0.385	0.701	0.036(-0.149~0.221)	0.702
FINS (μ U/mL)	5.74±2.07	5.03±1.89	2.099	0.038	0.526(-0.114~1.165)	0.106
HOMA-IR	1.22±0.49	1.05±0.39	2.244	0.026	0.130(-0.015~0.274)	0.078

注:^a通过线性回归对饮食及父母 BMI 情况进行调整, P_1 值为对饮食及父母 BMI 因素进行调整后的 P 值。

表 5 两组儿童营养状况及心血管代谢指标的比较(例,%)

Tab. 5 Comparison of nutritional status and cardiometabolic indicators between the two groups of children($n, \%$)

项目	分组	ART ($n=70$)	NC ($n=70$)	Z/χ^2 值	P 值
血压	正常	69(98.57)	70(100.00)	— ^a	1.000
	异常	1(1.43)	0(0.00)		
营养	肥胖	10(14.29)	7(10.00)	-2.233 ^b	0.026
	超重	12(17.14)	3(4.29)		
	正常	48(68.57)	60(85.71)		
血脂	正常	65(92.86)	67(95.71)	— ^a	0.718
	异常	5(7.14)	3(4.29)		
血糖	正常	69(98.57)	70(100.00)	— ^a	1.000
	异常	1(1.43)	0(0.00)		

注:^aFisher 确切概率法,^b Z 值。

3 讨 论

3.1 ART 单胎子代围生期特点 既往有研究表明 ART 儿童在围生期面临孕周及出生体重偏低的风险^[4-5],ART 母亲妊娠期高血压、糖尿病等妊娠期合并症风险增加^[5-6]。但本次针对单胎儿童的研究发现两组在孕周、妊娠合并症、儿童出生状况等方面无差异,仅在父母生育年龄、孕期体重增加两方面差异有统计学意义($P<0.05$)。这与既往的研究结果不同,可能与以下因素相关:1)ART 子代的多胎发生率较 NC 子代明显偏高^[7],而多胎妊娠本身是母亲及子代合并症风险增加的重要因素^[8],而本次的研

究对象是单胎儿童,回避了多胎因素;2)随着 ART 的逐渐成熟和医疗技术的不断提高,也从一定程度上降低了 ART 妊娠的并发症、早产率。

3.2 ART 单胎儿童在学龄前期体格发育状况 在体格方面,两组儿童在体重、身高、BMI 及血压方面无显著差异,但 ART 组腰围较 NC 组明显增加,并且肥胖、超重发生率较 NC 组增多。由于个体脂肪分布存在差异,腰围是较 BMI 更准确的内脏脂肪指标^[9]。腹部脂肪被认为是一个复杂且十分活跃的内分泌器官,它可以分泌多种激素和细胞因子,在代谢和炎症过程中发挥重要作用,所以“内脏肥胖”常被认为是代谢综合征等疾病的危险因素,并独立于 BMI^[10]。有研究显示 ART 子代在生长发育监测中,肥胖、超重发生风险更高^[11-14]。动物研究也显示 IVF 小鼠雄性后代中体脂增加^[15]。ART 可能引起子代的一些表观遗传学变化(基因甲基化、印记基因、X 连锁基因等改变)^[16-17],表观遗传学机制可能与肥胖发生相关^[18-19]。

ART 组儿童超重/肥胖发生率显著增高,但两组 BMI 差异不显著,这似乎存在矛盾。进一步进行了数据回顾及分析,发现纳入研究的 ART 儿童中有 3 人为极重度肥胖(BMI 最高为 28.61kg/m²)、2 人为重度肥胖、1 人为中度肥胖、4 人为轻度肥胖,而 NC 组中极重度、重度和中度肥胖各为 1 人(BMI 最

高为 23.64 kg/m²),轻度肥胖为 4 人。在 ART 儿童中可能存在肥胖程度更偏重的特点。

3.3 ART 单胎儿童在学龄前期脂代谢状况 针对 ART 子代脂质代谢是否具有风险,目前尚无定论。Cui 等^[2]通过对 ART 儿童与 NC 儿童的比较分析发现,前者血清 TC 明显增高,而 ApoA 显著降低。但 Asserhøj 等^[20]研究显示:与 NC 子代同龄男童相比,冷冻胚胎移植后出生的男童血脂谱更有利,TC、LDL-C 和 TG 显著低于 NC 男童。

而本研究结果显示 ART 组儿童 TG、ApoB 高于 NC 组,HDL-C、ApoA1 低于 NC 组。进一步对血脂异常人数进行了统计,ART 组血脂异常为 5 人,NC 组为 3 人,组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。表明两组儿童部分血脂指标的差异并未引起血脂异常风险的增加。

3.4 ART 单胎儿童在学龄前期糖代谢状况 在糖代谢方面,ART 组 FINS、HOMA-IR 较 NC 组增高,对饮食和父母 BMI 进行调整后,FINS、HOMA-IR 差异均不显著,并且两组间在血糖异常发生风险上差异无统计学意义($P > 0.05$)。目前多项国内外的研究显示 ART 子代血清 FBG、FINS、HOMA-IR 均较 NC 组偏高^[2,4,21-23],但本研究未观察到该现象,可能与纳入研究对象的年龄范围不同有关(本次纳入的研究对象为学龄前期单胎儿童,而其他研究多为学龄期及青春期),另外随着 ART 技术的不断进步,可能使 ART 受孕子代在糖代谢方面的安全性更高。

总之,本研究未发现 ART 单胎儿童在围生期不良结局及学龄前期糖脂代谢异常的风险增加。虽然 ART 组在 TG、HDL-C、ApoA1 及 ApoB 水平与 NC 儿童差异有统计学意义($P < 0.05$),但绝大部分检测数值均在正常范围之内。ART 单胎儿童在学龄前期肥胖、超重发生率上较 NC 组偏高,这需要重点关注。ART 儿童的健康状况对社会、家庭都十分重要,对这部分人群,建议定期开展针对性、个体化的儿童保健,监测体重、腰围等体格指标以及血脂等生化指标,注重其均衡饮食及合理运动。

本研究存在一定局限性:一方面,本研究为单中心研究,样本量偏少,这导致结果容易受极端值的影响。另一方面,受限于探索性研究的设计初衷,本研究未预先划分主要结局与次要结局指标,多重检验可能提升 I 类错误概率。故后续将扩大样本量,开展多中心队列研究,延长随访时间,纳入多胎儿童,进一步分析 ART 子代代代谢状况在不同年龄段、性别、助孕方式及单多胎的差异,以期为促进 ART 儿

童的健康发展提供帮助。

利益冲突声明 本文不存在利益冲突

数据可用性声明 本研究数据包含了参与者的个人信息、健康状况等敏感内容。在整个研究过程中,研究团队采取了多重数据保护措施,如数据加密、匿名化处理等,以确保数据的安全性和保密性。鉴于数据的敏感性质,无法公开原始数据。

参考文献

- [1] 黄荷凤. 实用人类辅助生殖技术[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [2] Cui L, Zhou W, Xi B, et al. Increased risk of metabolic dysfunction in children conceived by assisted reproductive technology[J]. *Diabetologia*, 2020, 63(10): 2150-2157.
- [3] Le F, Lou HY, Wang QJ, et al. Increased hepatic INSIG-SCAP-SREBP expression is associated with cholesterol metabolism disorder in assisted reproductive technology-conceived aged mice[J]. *Reprod Toxicol*, 2019, 84: 9-17.
- [4] Wang J, Chen L, Yong Y, et al. Comprehensive health assessment of school-age children conceived by assisted reproductive technology: A prospective cohort follow-up study [J]. *BJOG*, 2025, 132(Suppl 2): 8-17.
- [5] Marleen S, Kodithuwakku W, Nandasena R, et al. Maternal and perinatal outcomes in twin pregnancies following assisted reproduction: A systematic review and meta-analysis involving 802 462 pregnancies [J]. *Hum Reprod Update*, 2024, 30(3): 309-322.
- [6] Garner J, Parisaei M, Shah A. Re: Obstetric and neonatal complications in pregnancies conceived after oocyte donation: A systematic review and meta-analysis: Significance of advising women prior to fertility treatment [J]. *BJOG*, 2017, 124(9): 1451-1452.
- [7] Li W, Zhao J, Ni M, et al. Assisted reproductive technology and neurodevelopmental outcomes in offspring: A prospective birth cohort study in East China [J]. *Reprod Biomed Online*, 2023, 46(6): 983-994.
- [8] Tocariu R, Dinulescu A, Prejmereanu A, et al. Risk factors for prematurity and congenital malformations in assisted reproductive technology pregnancies—a retrospective study [J]. *J Clin Med*, 2024, 13(21): 6470.
- [9] Ajeen R, Turk-Adawi KI, Ammerman AS, et al. Assessing the relationship between anthropometric indices and visceral adipose tissue: A cross-sectional study in a Qatari population [J]. *J Int Med Res*, 2025, 53(9): 3000605251371603.
- [10] Ross R, Neeland IJ, Yamashita S, et al. Waist circumference as a vital sign in clinical practice: A Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity [J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2020, 16(3): 177-189.
- [11] Ono M, Kuji N, Ueno K, et al. The long-term outcome of children conceived through assisted reproductive technology [J]. *Reprod Sci*, 2024, 31(3): 583-590.
- [12] Langer M, Vilsmaier T, Kramer M, et al. Vascular health in adults born after using assisted reproductive technologies [J]. *Pediatr Cardiol*, 2024, 45(6): 1242-1250.

- [13] Zhang S, Luo Q, Meng R, et al. Long-term health risk of offspring born from assisted reproductive technologies[J]. *J Assist Reprod Genet*, 2024, 41(3): 527-550.
- [14] Ilmuratova S, Manzhueva L, Bazarbayeva A, et al. Focus on the endocrine system of children born after reproductive technologies in Kazakhstan[J]. *Qatar Med J*, 2025, 2025(1): 9.
- [15] Narapareddy L, Rhon-Calderon EA, Vrooman LA, et al. Sex-specific effects of in vitro fertilization on adult metabolic outcomes and hepatic transcriptome and proteome in mouse[J]. *FASEB J*, 2021, 35(4): e21523.
- [16] Wu W, Ji M, Yang J, et al. ART altered DNA methylation of the imprinted gene H19 in fetal tissue after multifetal pregnancy reduction[J]. *J Assist Reprod Genet*, 2024, 41(11): 3039-3049.
- [17] Graham ME, Jelin A, Hoon AH Jr, et al. Assisted reproductive technology: Short- and long-term outcomes[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2023, 65(1): 38-49.
- [18] Wahl S, Drong A, Lehne B, et al. Epigenome-wide association study of body mass index, and the adverse outcomes of adiposity[J]. *Nature*, 2017, 541(7635): 81-86.
- [19] Mendelson MM, Marioni RE, Joeannes R, et al. Association of body mass index with DNA methylation and gene expression in blood cells and relations to cardiometabolic disease: A Mendelian randomization approach[J]. *PLoS Med*, 2017, 14(1): e1002215.
- [20] Asserhøj LL, Mizrak I, Lebech Kjaer AS, et al. Blood pressure and lipid profiles in children born after ART with frozen embryo transfer[J]. *Hum Reprod Open*, 2024, 2024(2): hoae016.
- [21] Cui Y, Wang Y, Wang X, et al. Metabolic status and expression level of SREBP mRNA and mir-33 among children conceived by assisted reproductive technology[J]. *Int J Genomics*, 2025, 2025: 2271298.
- [22] Catford SR, McLachlan RI, O'Bryan MK, et al. Long-term follow-up of ICSI-conceived offspring compared with spontaneously conceived offspring: A systematic review of health outcomes beyond the neonatal period[J]. *Andrology*, 2018, 6(5): 635-653.
- [23] Wijs LA, Doherty DA, Keelan JA, et al. Comparison of the cardiometabolic profiles of adolescents conceived through ART with those of a non-ART cohort[J]. *Hum Reprod*, 2022, 37(8): 1880-1895.

收稿日期:2025-10-09 修回日期:2026-03-29 本文编辑:王悦

(上接第 753 页)

- dren's weight and its influencing factors[J]. *Nurs J Chin PLA*, 2019, 36(11): 50-53. (in Chinese)
- [8] He M, Evans A. Are parents aware that their children are overweight or obese? Do they care? [J]. *Can Fam Physician*, 2007, 53(9): 1493-1499.
- [9] Rodrigues D, Machado-Rodrigues AM, Padez C. Parental misperception of their child's weight status and how weight underestimation is associated with childhood obesity[J]. *Am J Hum Biol*, 2020, 32(5): e23393.
- [10] Yang J, Zhou L, Chen L, et al. Parental perceptions of preschool children's weight status in China: A cross-sectional study[J]. *Obes Facts*, 2025, 18(3): 296-304.
- [11] Esteban-Vasallo MD, Galán I, Ortiz-Pinto MA, et al. Accuracy of anthropometric measurements and weight status perceptions reported by parents of 4-year-old children[J]. *Public Health Nutr*, 2020, 23(4): 589-598.
- [12] Robinson E. Overweight but unseen: A review of the underestimation of weight status and a visual normalization theory[J]. *Obes Rev*, 2017, 18(10): 1200-1209.
- [13] Latner JD, Stunkard AJ, Wilson GT. Stigmatized students: Age, sex, and ethnicity effects in the stigmatization of obesity[J]. *Obes Res*, 2005, 13(7): 1226-1231.
- [14] Hansen AR, Duncan DT, Tarasenko YN, et al. Generational shift in parental perceptions of overweight among school-aged children [J]. *Pediatrics*, 2014, 134(3): 481-488.
- [15] Guendelman S, Fernald LCH, Neufeld LM, et al. Maternal perceptions of early childhood ideal body weight differ among Mexican-origin mothers residing in Mexico compared to California [J]. *J Am Diet Assoc*, 2010, 110(2): 222-229.
- [16] 郑丽霞, 宋道平, 陈楚琳, 等. 中文版儿童喂养问卷在学龄前儿童家长中的信效度分析[J]. *中国儿童保健杂志*, 2016, 24(10): 1019-1023.
- Zheng LX, Song DP, Chen CL, et al. Reliability and validity of a Chinese version of Child Feeding Questionnaire among parents of preschoolers [J]. *Chin J Child Health Care*, 2016, 24(10): 1019-1023. (in Chinese)
- [17] 伍茹星, 魏晓雪, 王健, 等. 祖辈与父辈家长对学龄前儿童体重感知及其影响因素差异性分析[J]. *中国预防医学杂志*, 2022, 23(6): 424-429.
- Wu RX, Wei XX, Wang J, et al. Parental misperception on bodyweight of preschool children and its influencing factors[J]. *Chin Prev Med*, 2022, 23(6): 424-429. (in Chinese)
- [18] 张晨旭, 谢峰, 林振, 等. 基于组轨迹模型及其研究进展[J]. *中国卫生统计*, 2020, 37(6): 946-949.
- [19] Costa A, Hetherington MM, Oliveira A. Maternal perception, concern and dissatisfaction with child weight and their association with feeding practices in the Generation XXI birth cohort[J]. *Br J Nutr*, 2022, 127(7): 1106-1116.
- [20] Duncan DT, Hansen AR, Wang W, et al. Change in misperception of child's body weight among parents of American preschool children [J]. *Child Obes*, 2015, 11(4): 384-393.
- [21] 伍茹星, 朱大乔. 体重感知的概念与测评方法[J]. *解放军护理杂志*, 2019, 36(7): 54-58.
- Wu RX, Zhu DQ. The concept and evaluation method of weight perception[J]. *Nurs J Chin PLA*, 2019, 36(7): 54-58. (in Chinese)

收稿日期:2026-01-16 修回日期:2026-04-23 本文编辑:王悦