

miR-423-5p 和 miR-328-3p 在妊娠期糖尿病患者中的表达及其与胰岛素抵抗的关系

朱明东, 刘 洋, 尹凤玲

(徐州市中心医院妇产科, 江苏 徐州 221009)

[摘要]目的 探讨 miR-423-5p 和 miR-328-3p 在妊娠期糖尿病(GDM)患者中的表达及其与胰岛素抵抗的关系。方法 选取 2022 年 4 月至 2024 年 4 月期间在徐州市中心医院妇产科产检并接受 GDM 筛查的 240 例孕妇为研究对象,分为 GDM(研究组, $n=120$)和正常妊娠(对照组, $n=120$)。采用荧光定量 PCR 法检测 miR-423-5p 和 miR-328-3p 表达水平,对两组一般临床资料及胰岛素抵抗相关指标进行比较, Pearson 相关法分析 GDM 患者 miR-423-5p 与 miR-328-3p 水平间及二者与胰岛素抵抗指标间的相关性;多因素 Logistic 回归分析影响 GDM 发生的因素。结果 研究组 miR-423-5p、miR-328-3p 水平均高于对照组,差异有统计学意义(t 值分别为 7.267、7.556, $P<0.05$);研究组总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、空腹血糖(FPG)、空腹胰岛素(FINS)和胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)高于对照组,高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和胰岛 β 细胞功能指数(HOMA- β)低于对照组,差异有统计学意义(t 值介于 4.579~19.854 之间, $P<0.05$);miR-423-5p 与 miR-328-3p 水平之间呈正相关性($r=0.623$, $P<0.05$);miR-423-5p 和 miR-328-3p 与胰岛素抵抗指标 TC、TG、LDL-C、FPG、FINS、HOMA-IR 均呈正相关性(r 值介于 0.403~0.592 之间, $P<0.05$),与 HDL-C 和 HOMA- β 均呈负相关性(r 值介于 -0.523~-0.368 之间, $P<0.05$);多因素 Logistic 回归分析结果显示,miR-423-5p、miR-328-3p、TC、TG、LDL-C、FPG 和 FINS 均是影响 GDM 发生的危险因素(OR 值介于 2.120~4.851 之间, $P<0.05$)。结论 妊娠期糖尿病患者 miR-423-5p 和 miR-328-3p 水平均异常升高,二者与胰岛素抵抗相关。

[关键词] 妊娠期糖尿病;miR-423-5p;miR-328-3p;胰岛素抵抗

Doi:10.3969/j.issn.1673-5293.2026.03.006

[中图分类号]R173

[文献标识码]A

[文章编号]1673-5293(2026)03-0038-06

Expression of miR-423-5p and miR-328-3p in women with gestational diabetes mellitus and their association with insulin resistance

ZHU Mingdong, LIU Yang, YIN Fengling

(Department of Obstetrics and Gynecology, Xuzhou Central Hospital, Jiangsu Xuzhou 221009, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the expression levels of miR-423-5p and miR-328-3p in pregnant women with gestational diabetes mellitus (GDM) and their correlation with insulin resistance. **Methods** From April 2022 to April 2024, 240 pregnant women who underwent prenatal examination and GDM screening in the Department of Obstetrics and Gynecology of Xuzhou Central Hospital were enrolled in this study. They were divided into the GDM group (study group, $n=120$) and the normal pregnancy group (control group, $n=120$). The expression levels of miR-423-5p and miR-328-3p were detected by quantitative real-time PCR (qRT-PCR). The general clinical data and insulin resistance-related indicators were compared between the two groups. Pearson correlation analysis was used to analyze the correlation between the levels of miR-423-5p and miR-328-3p in GDM pregnant women, as well as the correlations between these two microRNAs and insulin resistance indicators. Multivariate logistic regression analysis was applied to identify the factors influencing the occurrence of GDM. **Results** The levels of miR-423-5p and miR-328-3p in the study group were significantly higher than those in the control group, with statistically significant differences (t -values=7.267 and 7.556, respectively, $P<0.05$). In terms of biochemical indicators, the study group had higher levels of TC, TG, LDL-C, FPG, FINS, and HOMA-IR, while lower levels of HDL-C and HOMA- β compared with the control group; all differences were statistically significant (t -values ranged from 4.579 to 19.854, $P<0.05$). Correlation analysis showed a positive correlation between the levels of miR-423-5p and miR-328-3p ($r=0.623$, $P<0.05$). Both miR-423-5p and miR-328-3p were positively correlated with the insulin resistance-related indicators (TC, TG, LDL-C, FPG, FINS, HOMA-IR) (r -values ranged from 0.403 to

[收稿日期]2024-11-11

[作者简介]朱明东(1990—),女,主治医师,主要从事产科疾病研究。

[通讯作者]刘 洋,副主任医师。

0.592, $P < 0.05$), and negatively correlated with HDL-C and HOMA- β (r -values ranged from -0.523 to -0.368 , $P < 0.05$). **Results** of multivariate logistic regression analysis indicated that miR-423-5p, miR-328-3p, TC, TG, LDL-C, FPG, and FINS were all risk factors for GDM (OR values ranged from 2.120 to 4.851, $P < 0.05$). **Conclusion** The levels of miR-423-5p and miR-328-3p are abnormally elevated in patients with GDM, and both are associated with insulin resistance.

[**Key words**] gestational diabetes mellitus; miR-423-5p; miR-328-3p; insulin resistance

妊娠期糖尿病 (gestational diabetes mellitus, GDM) 是一种妊娠期间发生或首次发现的糖耐量异常, 影响 1% ~ 14% 的孕妇, 复发风险为 35% ~ 70%^[1]。此外, GDM 也是母婴生命安全的常见威胁之一, 引发不良的临床影响, 包括先兆子痫、出生缺陷和剖宫产等。近年来, GDM 的发病率有所增加, 极大可能构成长期高风险并发症, 包括肥胖、葡萄糖代谢紊乱和心血管疾病等, 导致负面的经济和健康影响。早期 GDM 高风险孕妇或患有糖尿病的孕妇即使接受治疗, 也可能会出现不良妊娠结局, 给家庭和社会带来沉重负担^[2-3]。因此, 有必要探索简单便捷的方法来识别高危孕妇。miRNA 是一组小的非编码 RNA, 存在多细胞生物中, 成熟的 miRNA 可以通过介导其靶 mRNA 沉默, 来调节基因表达, 从而影响靶蛋白合成。已有研究发现, miRNA 在 GDM 中异常表达, 并与胰岛素分泌和胰岛素抵抗有关, 而胰岛素分泌和胰岛素抵抗是糖尿病诊断和治疗的关键^[4-5]。miR-423-5p 被认为参与糖尿病视网膜病变进展, 诱导高糖引起的细胞凋亡, miR-423-5p 甚至可以促进 2 型糖尿病的糖异生和高血糖^[6]。miR-328-3p 已被证实用于调节链脲佐菌素诱导的糖尿病大鼠勃起功能障碍, 也被确定为糖尿病视网膜病变患者的内源性参考基因^[7-8]。目前, 对于 miR-423-5p 和 miR-328-3p 在 GDM 患者中的表达及其与胰岛素抵抗的关系报道较少, 因此, 本研究通过检测 GDM 患者 miR-423-5p 和 miR-328-3p 水平, 以及二者与胰岛素抵抗的相关性, 为临床诊治 GDM 提供一定的理论基础。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用前瞻性随机对照设计, 纳入 2022 年 4 月至 2024 年 4 月期间在徐州市中心医院妇产科产检并接受 GDM 筛查的孕妇共 240 例, 按照筛查结果分为 GDM (研究组, $n = 120$) 和正常妊娠 (对照组, $n = 120$)。研究组年龄 25 ~ 37 岁, 平均 (32.80 ± 3.42) 岁; 对照组年龄 26 ~ 38 岁, 平均 (33.56 ± 3.12) 岁。纳入标准: ① GDM 患者在 24 到 28 周进行糖耐量测试时, 均符合杨慧霞在 2017 年发表的《妊娠合并糖尿病诊治指南》; ② 自然受孕, 单胎妊娠; ③ 孕前无糖尿病、高血压疾病史; ④ 产检规律, 临床资料齐全; ⑤ 入组者和家属均签署知情同意书。排除标准: ① 合并其他恶性肿瘤; ② 合并急慢性等感染性疾病; ③ 多囊卵巢综合征等病史; ④ 有长期吸烟、酗酒史等不良嗜好; ⑤ 多胎或异位妊娠。本研究被医院伦理委员会认可并通过审批, 审批号: [2022] 伦审 017 号。

1.2 研究方法

1.2.1 miR-423-5p、miR-328-3p 表达水平检测
采集 GDM 患者与对照组孕妇清晨空腹静脉血, 离心后取上清, 于 -80°C 保存备用。采用 Trizol 试剂 (赛默飞世尔科技, 货号 15596018) 提取总 RNA, 参照北京伊塔生物科技有限公司反转录试剂盒 (货号 YT9036) 说明书合成 cDNA。通过实时荧光定量 PCR 进行扩增, 以 U6 作为 miR-423-5p 和 miR-328-3p 的内参基因, 每个模版设置 3 个重复以保证结果稳定, 最终采用 $2^{-\Delta\Delta\text{Ct}}$ 法计算各 miRNA 的相对表达量。所用引物序列见表 1。

表 1 qRT-PCR 引物序列
Table 1 Sequences of qRT-PCR primers

基因	上游引物 5'-3'	下游引物 5'-3'
miR-423-5p	AACCAGCGCATGGACAGTTA	GACTTGACCACCGAACCCAT
miR-328-3p	CGGGCCTGGCCCTCTCTGCC	CAGCCACAAAAGAGACAAT
U6	CTCGCTTCGGCAGCAC	AACGCTTCACGAATTTGCGT

1.2.2 临床资料收集及胰岛素抵抗相关指标的检测

收集受试者的临床资料,包括年龄、孕周、孕前体质量指数(body mass index,BMI)、孕次、产次、血压等资料。全自动生化分析仪(西安天隆科技有限公司,货号:ZY-680)检测谷丙转氨酶(alanine transaminase,ALT)、总胆固醇(total cholesterol,TC)、甘油三酯(triglyceride,TG)、谷草转氨酶(aspartate transaminase,AST)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol,LDL-C)及高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol,HDL-C)。全自动电化学发光分析仪(上海东曹生物科技有限公司,货号:0 023 651)检测空腹胰岛素(fasting insulin,FINS),血糖仪(广东固康生物科技有限公司,货号:PI-400)检测空腹血糖(fasting plasma glucose,FPG)水平。按照稳态模型评估法计算胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment for insulin resistance, HOMA-IR) = $FPG \times FINS /$

22.5 ;胰岛 β 细胞功能指数(homeostasis model assessment for beta cell function, HOMA- β) = $20 \times FINS / (FPG - 3.5)$ 。

1.3 统计学方法

用 SPSS 25.0 处理数据。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较用 t 检验;计数资料以例数(n)和百分比(%)表示,组间比较用 χ^2 检验;Pearson 法分析 GDM 患者 miR-423-5p 与 miR-328-3p 水平之间及二者与胰岛素抵抗指标的相关性;多因素 Logistic 回归分析 GDM 的影响因素。 $P < 0.05$ 代表差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究组和对照组一般资料比较

研究组和对照组在年龄、孕前 BMI、孕周、产次、孕次、AST、ALT、收缩压及舒张压之间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

表 2 两组一般资料比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of general characteristics between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

一般资料	对照组($n=120$)	研究组($n=120$)	t	P
年龄(岁)	33.56 ± 3.12	32.80 ± 3.42	1.798	0.073
孕前 BMI(kg/m^2)	24.51 ± 5.36	25.61 ± 5.88	1.514	0.131
孕周(周)	26.75 ± 1.21	26.87 ± 1.15	0.787	0.432
产次(次)	0.61 ± 0.15	0.63 ± 0.18	0.935	0.351
孕次(次)	1.76 ± 0.28	1.72 ± 0.22	1.231	0.220
AST(U/L)	25.78 ± 3.67	26.45 ± 3.51	1.445	0.150
ALT(U/L)	27.91 ± 4.28	28.42 ± 4.31	0.920	0.359
收缩压(mmHg)	117.13 ± 12.16	118.67 ± 12.92	0.951	0.343
舒张压(mmHg)	82.61 ± 8.56	83.19 ± 8.47	0.528	0.598

2.2 研究组和对照组 miR-423-5p、miR-328-3p 水平比较

研究组 miR-423-5p、miR-328-3p 水平均高于对照组,差异有统计学意义(t 值分别为 7.267、7.556, $P < 0.05$),见表 3。

2.3 研究组和对照组胰岛素抵抗相关指标比较

两组胰岛素抵抗相关指标对比发现,研究组 TC、TG、LDL-C、FPG、FINS 和 HOMA-IR 高于对照组,HDL-C 和 HOMA- β 低于对照组,差异有统计学意义(t 值介于 4.579~19.854 之间, $P < 0.05$),

见表 4。

表 3 两组 miR-423-5p、miR-328-3p 水平比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of miR-423-5p and miR-328-3p levels between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	miR-423-5p	miR-328-3p
对照组	120	1.08 ± 0.19	1.12 ± 0.24
研究组	120	1.31 ± 0.29	1.43 ± 0.38
t		7.267	7.556
P		< 0.001	< 0.001

表 4 两组胰岛素抵抗相关指标比较($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of insulin resistance-related indicators between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	对照组(n=120)	研究组(n=120)	<i>t</i>	<i>P</i>
TC(mmol/L)	5.41±1.32	6.93±1.56	8.148	<0.001
TG(mmol/L)	3.77±0.79	4.96±0.81	11.521	<0.001
HDL-C(mmol/L)	1.95±0.41	1.73±0.33	4.579	<0.001
LDL-C(mmol/L)	2.34±0.56	2.93±0.74	6.965	<0.001
FPG(mmol/L)	4.81±0.59	6.67±1.02	17.291	<0.001
FINS(mU/L)	14.58±2.62	18.94±3.55	10.825	<0.001
HOMA-IR	2.13±0.59	4.25±1.01	19.854	<0.001
HOMA-β	167.24±31.24	116.51±27.58	13.335	<0.001

2.4 miR-423-5p 与 miR-328-3p 水平间及二者与胰岛素抵抗指标的相关性

根据 Pearson 相关法分析结果得出,miR-423-5p 与 miR-328-3p 水平之间呈正相关性($r=0.623$, $P<0.05$),miR-423-5p 和 miR-328-3p 与胰岛素抵抗指标 TC、TG、LDL-C、FPG、FINS、HOMA-IR 均呈正相关性(r 值介于 $0.403 \sim 0.592$ 之间, $P<0.05$),与 HDL-C 和 HOMA-β 均呈负相关性(r 值介于 $-0.523 \sim -0.368$ 之间, $P<0.05$),见表 5。

2.5 多因素 Logistic 回归分析影响 GDM 发生的因素

以是否发生 GDM 为因变量(发生=1,未发生=0),以 miR-423-5p、miR-328-3p、TC、TG、LDL-C、FPG、FINS(均为实测值)为自变量(由于 HOMA-IR、HOMA-β 与 FINS 及 FPG 存在共线性,HDL-C 与 LDL-C 存在共线性,因此 HDL-C、HOMA-IR、HOMA-β 未纳入自变量),进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,miR-423-5p、miR-328-3p、TC、TG、LDL-C、FPG 和 FINS 均是影响 GDM 发生的危

险因素(OR 值介于 $2.120 \sim 4.851$ 之间, $P<0.05$),见表 6。

表 5 miR-423-5p、miR-328-3p 相关性及其与胰岛素抵抗指标的相关性

Table 5 Correlation between miR-423-5p and miR-328-3p, and their correlations with insulin resistance indicators

指标	miR-423-5p		miR-328-3p	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
TC	0.578	0.001	0.579	0.008
TG	0.413	0.034	0.451	0.029
HDL-C	-0.518	0.006	-0.523	0.004
LDL-C	0.419	0.031	0.403	0.027
FPG	0.554	0.005	0.586	0.003
FINS	0.585	0.011	0.569	0.015
HOMA-IR	0.563	0.028	0.592	0.004
HOMA-β	-0.372	0.043	-0.368	0.041
miR-423-5p	—	—	0.623	0.005
miR-328-3p	0.623	0.005	—	—

表 6 多因素 Logistic 回归分析 GDM 的影响因素

Table 6 Multivariate logistic regression analysis of risk factors for GDM

因素	β	<i>S. E.</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
miR-423-5p	0.751	0.304	6.110	0.013	2.120	1.168~3.847
miR-328-3p	0.853	0.325	6.891	0.009	2.347	1.241~4.438
TC	1.270	0.361	12.377	<0.001	3.561	1.755~7.225
TG	0.764	0.332	5.290	0.021	2.146	1.120~4.113
LDL-C	1.579	0.482	10.734	0.001	4.851	1.886~12.478
FPG	1.455	0.412	12.466	<0.001	4.283	1.910~9.604
FINS	1.058	0.324	10.666	0.001	2.881	1.527~5.438

3 讨论

3.1 GDM 的发病机制及其公共健康意义

GDM 是糖尿病的一种亚型,主要由于妊娠期间胰岛素抵抗加剧,胰岛 β 细胞代偿性分泌不足,无法满足增加的胰岛素需求所致,GDM 的发生率在全球范围内逐年上升,严重者可导致母婴代谢及心血管并发症,成为重要的公共卫生问题^[9-10]。妊娠期间体内激素(如雌激素、皮质醇、胎盘催乳素等)大量分泌,干扰胰岛素与受体的结合,从而引发胰岛素抵抗。相关研究表明,GDM 孕妇中超过一半存在不同程度的胰岛素抵抗,且这一状态可自妊娠中期起逐渐加重^[11-13]。胰岛素抵抗既影响糖代谢,也常伴随脂质代谢紊乱,增加产后发展为 2 型糖尿病、心血管疾病及高血压的风险^[14]。

3.2 miR-423-5p 在 GDM 中的表达及其意义

miRNA 是小的非编码 RNA,在多种代谢疾病中均显示出异常表达。在 GDM 中,miRNA 被认为可能参与病理过程,并有望成为潜在的分子标志物^[15]。本研究中,GDM 患者血清中 miR-423-5p 水平显著高于正常孕妇,差异具有统计学意义。miR-423-5p 是一种功能广泛的小分子非编码 RNA,已在细胞增殖、分化、凋亡及代谢等多个生物过程中显示出重要作用。相关研究发现,miR-423-5p 可能通过调节胰岛素信号通路中的关键靶基因,参与 IR 的发生发展过程^[16];动物实验进一步支持了本研究发现。有文献报道,在 GDM 小鼠模型中 miR-423-5p 亦呈高表达状态,参与调节胰岛素信号、抑制胰腺细胞凋亡并改善胰腺结构,从而有助于缓解代谢异常^[17]。因此,miR-423-5p 可能通过提高胰岛素敏感性和维持代谢稳态,在 GDM 中发挥调节作用,未来或可作为诊断及治疗 GDM 的潜在靶点。

3.3 miR-328-3p 在 GDM 中的表达及其意义

miR-328-3p 是一种微小 RNA,在多种生物过程和疾病状态中发挥重要的调控作用,并参与细胞增殖、分化、代谢、凋亡等多种生理和病理过程,在代谢性疾病、癌症、心血管疾病及其他多种疾病中,miR-328-3p 异常表达^[18]。此外,还有研究表明,miR-328-3p 与胰岛素抵抗、氧化应激和炎症反应有关,这些机制在 GDM 等代谢紊乱中具有重要作用^[19]。本研究中,GDM 患者中 miR-328-3p 的表达水平显著高于正常孕妇,差异具有统计学意义,提示

其在 GDM 发病中可能具有关键作用,miR-328-3p 的升高可能通过多种机制影响 GDM 的病理生理过程。一方面,miR-328-3p 可能影响胰岛素信号通路的调控,使得胰岛素抵抗加重,从而导致血糖水平升高。另一方面,miR-328-3p 可能通过参与炎症反应及氧化应激等机制,促使胰岛素敏感性降低,加剧代谢紊乱,其高水平表达可能进一步影响胎盘的功能和胚胎的发育,对母体和胎儿健康造成潜在风险。

3.4 胰岛素抵抗与糖脂代谢紊乱:miRNA 的协同作用

胰岛素抵抗是孕妇出现 GDM 的关键病理基础之一,能够削弱身体器官和组织对胰岛素的敏感度,进而引发糖脂代谢紊乱和内环境失衡^[20]。TC、TG、LDL-C、HDL-C 是患者脂质代谢指标,FPG、FINS 用来评估患者糖代谢,通过 FPG 和 FINS 可以得出 HOMA-IR 和 HOMA- β ,以评估 GDM 患者对胰岛素的敏感性^[11]。本研究中,GDM 患者的 TC、TG、LDL-C、FPG、FINS 及 HOMA-IR 水平均显著高于对照组,HDL-C 和 HOMA- β 则显著降低,提示其存在明显的糖脂代谢紊乱和胰岛素抵抗。高 TG 和高 LDL-C 水平被认为是母婴心血管疾病的重要危险因素,而低 HDL-C 水平则增加代谢综合征的发生风险。TG 升高与胰岛素抵抗密切相关,可能通过脂肪代谢失衡加剧 GDM 病情。此外,FINS 和 HOMA-IR 的升高提示胰岛素抵抗程度较重,而 HOMA- β 的下降反映胰岛 β 细胞功能减退,提示其在长期胰岛素抵抗的作用下逐渐衰竭。这种“胰岛素抵抗+ β 细胞功能减退”的双重机制共同促进了 GDM 的发生和发展^[21]。本研究进一步通过相关性分析发现,miR-423-5p 和 miR-328-3p 水平均与 TC、TG、LDL-C、FPG、FINS、HOMA-IR 呈正相关性,与 HDL-C、HOMA- β 呈负相关性;两种 miRNA 之间也呈正相关,提示二者在调控代谢稳态和胰岛素抵抗方面可能具有协同作用。

3.5 miRNA 与 GDM 的发生风险:Logistic 回归分析提示潜在机制

多因素 Logistic 回归分析结果显示,miR-423-5p、miR-328-3p、TC、TG、LDL-C、FPG 和 FINS 均为 GDM 发生的危险因素。这一发现强调了代谢性 miRNA 在 GDM 发生中的潜在病理作用,进一步提示其在 GDM 早期筛查和风险预测中的应用潜力。值得注意的是,尽管两种 miRNA 与多个代谢指标相关,

但相关性强度多为中等水平,当前研究尚不能明确其因果关系。此外,本研究样本量相对有限,研究结果仍需在更大规模样本中验证,后续可增加组织学分析、功能验证等多维度研究进一步明确其作用机制。

综上所述,miR-423-5p 和 miR-328-3p 在 GDM 患者中表达水平显著升高,与糖脂代谢紊乱及胰岛素抵抗密切相关,可能参与 GDM 的发生发展过程。两者可望作为反映胰岛素抵抗状态的分子标志物,未来在 GDM 的早期诊断和干预中具有潜在应用前景。然而,现阶段仍需进一步明确其具体靶点和机制,并通过更系统的基础与临床研究验证其诊疗价值。

[参考文献]

- [1] Xu H, Liu R. Comprehensive management of gestational diabetes mellitus: practical efficacy of exercise therapy and sustained intervention strategies[J]. *Front Endocrinol*, 2024, 15(1): 1347754.
- [2] Lee K H, Han Y J, Chung J H, et al. Treatment of gestational diabetes diagnosed by the IADPSG criteria decreases excessive fetal growth[J]. *Obstet Gynecol Sci*, 2020, 63(1): 19-26.
- [3] Deng L, Huang Y, Li L, et al. Serum miR-29a/b expression in gestational diabetes mellitus and its influence on prognosis evaluation[J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(9): 300060520954763.
- [4] Wang J, Pan Y, Dai F, et al. Serum miR-195-5p is upregulated in gestational diabetes mellitus[J]. *J Clin Lab Anal*, 2020, 34(8): e23325.
- [5] Yu X, Liu Z, Fang J, et al. miR-96-5p: a potential diagnostic marker for gestational diabetes mellitus[J]. *Medicine*, 2021, 100(21): e25808.
- [6] Xiao Q, Zhao Y, Xu J, et al. NFE2/miR-423-5p/TFF1 axis regulates high glucose-induced apoptosis in retinal pigment epithelial cells[J]. *BMC Mol Cell Biol*, 2019, 20(1): 39.
- [7] Prado M S G, de Goes T C, de Jesus M L, et al. Identification of miR-328-3p as an endogenous reference gene for the normalization of miRNA expression data from patients with Diabetic Retinopathy[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 19677.
- [8] Tang X, Qin Q, Xu W, et al. Long non-coding RNA TUG1 attenuates insulin resistance in mice with gestational diabetes mellitus via regulation of the MicroRNA-328-3p/SREBP-2/ERK axis[J]. *Diabetes Metab J*, 2023, 47(2): 267-286.
- [9] Alejandro E U, Mamerto T P, Chung G, et al. Gestational diabetes mellitus: a harbinger of the vicious cycle of diabetes[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(14): 5003.
- [10] Zhang Y, Chen Y, Qu H, et al. Methylation of HIF3A promoter CpG islands contributes to insulin resistance in gestational diabetes mellitus[J]. *Mol Genet Genomic Med*, 2019, 7(4): e00583.
- [11] 王景欣, 米阳. 妊娠期糖尿病不同胰岛素抵抗下的血脂特征[J]. *中国妇幼健康研究*, 2022, 33(12): 40-45.
- [12] Tu C, Wang L, Tao H, et al. Expression of miR-409-5p in gestational diabetes mellitus and its relationship with insulin resistance[J]. *Exp Ther Med*, 2020, 20(4): 3324-3329.
- [13] 周奋梅, 高琼, 孔艳, 等. 血清 Nrf2、PLGF 在妊娠期糖尿病患者中的水平变化及其与胰岛素抵抗的关系[J]. *中国妇幼健康研究*, 2022, 33(8): 42-46.
- [14] Karami M, Mousavi S H, Rafiee M, et al. Biochemical and molecular biomarkers: unraveling their role in gestational diabetes mellitus[J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2023, 15(1): 5.
- [15] Elhag D A, Al Khodor S. Exploring the potential of microRNA as a diagnostic tool for gestational diabetes[J]. *J Transl Med*, 2023, 21(1): 392.
- [16] Zhang X, Shi Q, Xiong L, et al. Clinical relevance of miR-423-5p levels in chronic obstructive pulmonary disease patients[J]. *Clinics*, 2022, 77(1): 100102.
- [17] Cao Q, Zhang X, Xie F, et al. Long-noncoding RNA HOXA transcript at the distal tip ameliorates the insulin resistance and hepatic gluconeogenesis in mice with gestational diabetes mellitus via the microRNA-423-5p/wingless-type MMTV integration site family member 7A axis[J]. *Bioengineered*, 2022, 13(5): 13224-13237.
- [18] Xiao Z, Zheng Y B, Dao W X, et al. MicroRNA-328-3p facilitates the progression of gastric cancer via KEAP1/NRF2 axis[J]. *Free Radic Res*, 2021, 55(6): 720-730.
- [19] Zhang M, Zhang J, Zhou Q. Elevated expression of microRNA-328-3p suppresses aggressive malignant behaviors via targeting matrix metalloprotease 16 in osteosarcoma[J]. *Onco Targets Ther*, 2019, 12(1): 2063-2070.
- [20] 袁珍, 黄美玲, 张卫. 妊娠期糖尿病糖脂水平与小分子代谢产物的相关性研究[J]. *中国当代药学*, 2021, 28(29): 111-113.
- [21] 赵云, 关雪岩, 肖莹. 妊娠期糖尿病患者血清 FGF-23、PGRN 水平与糖脂代谢及胰岛素抵抗的关系[J]. *海南医学*, 2021, 32(6): 714-717.

[专业责任编辑:冯玲]

[中文编辑:郭乐倩;英文编辑:孙梦菲]