

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2026.04.015

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20251118.1611.004\(2025-11-18\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20251118.1611.004(2025-11-18))

## 多囊卵巢综合征患者口服葡萄糖耐量试验中血糖反应曲线形态特征分析\*

崔悦<sup>1</sup> 赵世巧<sup>1</sup> 申波<sup>1</sup> 郭广波<sup>1</sup> 朱明松<sup>2△</sup>

(1. 重庆市中医院检验科/川渝共建感染性疾病中西医结合诊治重庆市重点实验室, 重庆 400016;

2. 重庆市人民医院检验科/重庆市临床检验中心, 重庆 400014)

**[摘要]** **目的** 探讨多囊卵巢综合征(PCOS)患者在口服葡萄糖耐量试验(OGTT)中的血糖反应曲线形态特点,以及患者糖代谢特征和胰岛功能状态。**方法** 回顾性分析 2018 年 8 月至 2023 年 12 月在重庆市中医院就诊的 260 例 PCOS 患者的临床资料,检测患者的血糖和胰岛素水平,根据 OGTT 的血糖反应曲线形态特点将患者分为单相曲线组和多相曲线组,比较各组糖代谢特征。**结果** PCOS 患者的单相反应曲线占 80.7%,多相反应曲线占 19.3%。与单相曲线组比较,多相曲线组 20~<25 岁患者比例(40.0% vs. 23.9%)、糖耐量正常患者比例(88.0% vs. 62.2%)、松田指数[4.1(3.2,5.7) vs. 3.0(2.0,4.7)]更高,胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)[2.2(1.6,3.0) vs. 2.9(1.6,4.3)]更低。随着血糖和胰岛素达峰时间的延迟,PCOS 患者中正常糖耐量患者比例逐渐下降,糖尿病患者比例增高。**结论** OGTT 表现为多相反应曲线的 PCOS 患者更为年轻,胰岛素抵抗更弱,且更少诊断为糖尿病。PCOS 患者随着血糖和胰岛素达峰时间的延迟,更易发生糖尿病。

**[关键词]** 多囊卵巢综合征;血糖反应曲线形态;糖代谢;胰岛素抵抗指数;达峰时间

**[中图分类号]** R711 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2026)04-0812-06

## Analysis of characteristics of blood glucose response curve patterns during oral glucose tolerance test in patients with polycystic ovary syndrome\*

CUI Yue<sup>1</sup>, ZHAO Shiqiao<sup>1</sup>, SHEN Bo<sup>1</sup>, GUO Guangbo<sup>1</sup>, ZHU Mingsong<sup>2△</sup>

(1. Department of Clinical Laboratory, Chongqing Traditional Chinese Medicine Hospital/Chongqing Key Laboratory of Sichuan-Chongqing Co-construction for Diagnosis and Treatment of Infectious Diseases, Integrated Tradition Chinese and Western Medicine, Chongqing 400016, China; 2. Department of Clinical Laboratory, Chongqing General Hospital/Chongqing Clinical Laboratory Center, Chongqing 400014, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the characteristics of blood glucose response curve patterns, glucose metabolism features, as well as pancreatic islet function status, in patients with polycystic ovary syndrome (PCOS) during the oral glucose tolerance test (OGTT). **Methods** A retrospective analysis was conducted on 260 PCOS patients who visited Chongqing Traditional Chinese Medicine Hospital from August 2018 to December 2023. Blood glucose and insulin levels were measured. According to the OGTT blood glucose response curve patterns, patients were divided into a monophasic curve group and a multiphasic curve group, and glucose metabolism characteristics were compared between the two groups. **Results** Among PCOS patients, 80.7% exhibited a monophasic response curve and 19.3% exhibited a multiphasic response curve. Compared with the monophasic curve group, the multiphasic curve group had a higher proportion of patients aged 20 to <25 years (40.0% vs. 23.9%), a higher proportion of patients with normal glucose tolerance (88.0% vs. 62.2%), a higher Matsuda index [4.1(3.2,5.7) vs. 3.0(2.0,4.7)], and a lower homeostatic model assessment for insulin resistance (HOMA-IR) index [2.2(1.6,3.0) vs. 2.9(1.6,4.3)], all these differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). As the peak times of blood glucose and insulin were delayed, the proportion of PCOS patients with normal glucose tolerance gradually decreased, while the proportion of patients with diabetes increased. **Conclusion** PCOS patients with a multiphasic OGTT response curve are younger, have milder insulin resistance, and are less likely to be diagnosed with diabetes. PCOS patients with delayed peak

times of blood glucose and insulin are more prone to developing diabetes.

**[Key words]** polycystic ovary syndrome; blood glucose response curve pattern; glucose metabolism; insulin resistance index; peak time

多囊卵巢综合征(polycystic ovarian syndrome, PCOS)是以胰岛素抵抗、持续排卵障碍、高雄激素血症和卵巢多囊样改变等为主要表现的内分泌代谢紊乱综合征<sup>[1]</sup>。半数以上的 PCOS 患者在 40 岁以后会出现 2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)、胰岛素抵抗、心血管疾病和子宫内膜癌等代谢紊乱类疾病<sup>[2]</sup>。目前 PCOS 患者呈年轻化趋势,12~14 岁的发病率逐渐上升,15~24 岁可达到高峰<sup>[3]</sup>,该趋势增加了育龄期妇女的患病率。PCOS 患者大多存在糖代谢异常<sup>[4]</sup>和高胰岛素血症。PCOS 患者的胰岛素抵抗发生率为 50%~70%,且不论肥胖或消瘦体型都存在胰岛素抵抗的现象<sup>[5]</sup>。

口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance test, OGTT)传统用于糖尿病的诊断及糖尿病前期人群的识别<sup>[6]</sup>。因 OGTT 血糖反应曲线形态可体现血糖随时间变化的动态特征,包含丰富的数据信息,近年来在评估胰岛功能上逐渐受到关注<sup>[7]</sup>。一些关于青少年和成人的研究显示,与双相血糖反应曲线的人群比较,单相血糖反应曲线的人群有更多代谢异常的证据,且患 T2DM 的风险更高<sup>[8-11]</sup>,但 OGTT 血糖反应曲线的形状与 PCOS 糖代谢特征的相关性尚未被系统研究。本研究回顾性分析 260 例 PCOS 患者的 OGTT 血糖反应曲线形态特点,旨在探讨不同血糖反应曲线的 PCOS 患者的糖代谢特征和其胰岛功能状态。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2018 年 8 月至 2023 年 12 月就诊于重庆市中医院妇科门诊,并接受 5 点法 180 min OGTT 的 260 例 PCOS 患者的临床资料,年龄 15~44 岁。参照 2018 年的《多囊卵巢综合征中国诊疗指南》<sup>[12]</sup>,PCOS 的纳入标准:以月经稀发或闭经或不规则子宫出血为诊断必要条件,另外符合以下两项中的一项:(1)高雄激素临床表现或高雄激素血症;(2)超声表现为多囊卵巢,即一侧或双侧卵巢内直径在 2~9 mm 的卵泡数 $\geq 12$  个和(或)卵巢体积 $\geq 10$  cm<sup>3</sup>。排除标准:(1)原发性卵巢功能低下、卵巢早衰、高泌乳素血症;(2)妊娠期糖尿病、1 型糖尿病等特殊类型糖尿病;(3)甲状腺疾病;(4)先天性肾上腺皮质增生、库欣综合征、下丘脑性闭经、药物或特发性多毛;(5)近期有降糖药物等影响检测结果的用药史。参照 2024 年美国糖尿病协会的糖尿病诊断标准,糖代谢状态分类:(1)正常糖耐量:糖化血红蛋白 $< 5.7\%$ 同时空腹血糖 $< 5.6$  mmol/L 且 2 h 血糖 $< 7.8$  mmol/L;(2)糖尿病前期:糖化血红蛋白 5.7%~ $< 6.5\%$ ,或空腹血

糖 5.6~ $< 7.0$  mmol/L(空腹血糖受损),或 2 h 血糖 7.8~ $< 11.1$  mmol/L(糖耐量减低);(3)糖尿病:糖化血红蛋白 $\geq 6.5\%$ ,或空腹血糖 $\geq 7.0$  mmol/L,或 2 h 血糖 $\geq 11.1$  mmol/L<sup>[6]</sup>。OGTT 血糖反应曲线形状分类:(1)单相反应曲线(单相曲线组):血糖水平逐渐增加达峰,随后下降 $\geq 0.25$  mmol/L;(2)双相反应曲线(双相曲线组):血糖水平第一次上升达峰后回落,第二次升高 $\geq 0.25$  mmol/L;(3)三相反应曲线(三相曲线组):血糖曲线有两个完整的峰,相邻两个时间点血糖水平的差值均 $\geq 0.25$  mmol/L;(4)未分类反应曲线:无法根据上述标准分类的曲线形态。其中,双相与三相反应曲线可统称为多相反应曲线(多相曲线组)<sup>[7,11]</sup>。本研究已通过重庆市中医院伦理委员会批准(审批号:2025-IIT-KS-9),患者均知情同意。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 血糖和胰岛素检测

患者禁食 8~12 h 后进行 75 g 葡萄糖负荷的 OGTT 试验,分别于 0、30、60、120、180 min 收集患者静脉血,进行血糖和胰岛素水平测定,分别记为  $G_0$ 、 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ 、 $G_4$ (单位 mmol/L)和  $I_0$ 、 $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ (单位 mIU/L)。血糖水平检测使用己糖激酶法葡萄糖检测试剂盒(宁波美康生物科技股份有限公司),在 Siemens ADVIA 2400 全自动生化分析仪上进行;胰岛素水平检测使用化学发光法胰岛素测定试剂盒(德国 Siemens),在 Siemens ADVIA Centaur XP 全自动化学发光免疫分析仪上进行。

#### 1.2.2 评估指标

分别计算下列参数:(1)血糖曲线下面积(AUC<sub>Glu</sub>)、胰岛素曲线下面积(AUC<sub>Ins</sub>);(2)胰岛素抵抗指数(homeostatic model assessment of insulin resistance, HOMA-IR);(3)反映胰岛素敏感性的松田指数;(4)早期胰岛素生成指数( $\Delta I/\Delta G$ )。

$$AUC_{Glu} = 0.25 \times G_0 + 0.5 \times G_1 + 0.75 \times G_2 + G_3 + 0.5 \times G_4 \quad \text{式①}$$

$$AUC_{Ins} = 0.25 \times I_0 + 0.5 \times I_1 + 0.75 \times I_2 + I_3 + 0.5 \times I_4 \quad \text{式②}$$

$$HOMA-IR = (G_0 \times I_0) / 22.5 \quad \text{式③}$$

$$\text{松田指数} = \frac{10\,000}{\sqrt{(G_0 \times I_0 \times G_{\text{平均}} \times I_{\text{平均}})}} \quad \text{式④}$$

$$\Delta I/\Delta G = \frac{30 \text{ min 胰岛素增量}}{30 \text{ min 血糖增量}} \quad \text{式⑤}$$

其中  $G_{\text{平均}}$  指平均血糖,  $I_{\text{平均}}$  指平均胰岛素,此时  $G_0$  单位为 mg/dL,血糖单位之间的换算关系为 1 mmol/L = 18 mg/dL。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS26.0 软件对数据进行统计分析。符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 两组间比较采用独立样本  $t$  检验; 非正态分布的计量资料以  $M(Q_1, Q_3)$  表示, 两组间比较采用 Mann-Whitney  $U$  检验, 多组间比较采用 Kruskal-Wallis 检验; 计数资料以例数或百分比表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 血糖反应曲线形态的基本信息

在 260 例 PCOS 患者中, 1 例为未分类反应曲线, 不纳入结果统计。在血糖反应曲线形态分类中, 单相(单相曲线组)、双相(双相曲线组)和三相(三相曲线组)反应曲线分别占 80.7%(209/259)、12.0%(31/259)和 7.3%(19/259), 见表 1。与多相曲线组比较, 单相曲线组的  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$  和  $I_0$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  更高( $P < 0.05$ ), 且  $AUC_{Glu}$ 、 $AUC_{Ins}$ 、HOMA-IR 也更高( $P < 0.05$ ), 松田指数更低( $P < 0.05$ ), 两组糖代谢状态比

较差异也具有统计学意义( $P < 0.05$ )。除  $G_2$ 、 $G_3$ 、 $I_1$ 、 $I_3$  及糖代谢状态差异有统计学意义( $P < 0.05$ )外, 其余各项评估指标在双相曲线组与三相曲线组的比较中, 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

### 2.2 不同年龄组的血糖反应曲线形态特征分析

为探究 PCOS 患者的年龄与血糖反应曲线形态及糖代谢状态间的关系, 本研究以 5 岁为一个年龄段, 将患者按年龄分为 6 组。单相曲线组与多相曲线组中各年龄段患者占比不同, 差异有统计学意义( $P = 0.041$ ), 见表 2。其中与单相曲线组比较, 多相曲线组 20~<30 岁患者比例更高(80.0% vs. 59.3%)。单相曲线组的糖耐量正常者占 62.2%(130/209), 糖尿病前期占 31.6%(66/209), 糖尿病占 6.2%(13/209); 而多相曲线组中糖耐量正常者占 88.0%(44/50), 糖尿病前期占 12.0%(6/50), 糖尿病占比为 0, 各糖代谢状态患者比例比较, 差异有统计学意义( $P = 0.002$ ), 见图 1。

表 1 不同血糖反应曲线形态下的 PCOS 患者各项指标的比较

项目	单相曲线组 (n=209)	多相曲线组 (n=50)	Z/t/ $\chi^2$	P	双相曲线组 (n=31)	三相曲线组 (n=19)	Z/t/ $\chi^2$	P
年龄[M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ), 岁]	27.0(23.5, 31.0)	25.0(23.0, 28.0)	1.709	0.088	25.0(23.0, 28.0)	26.0(22.0, 28.0)	0.010	0.992
G <sub>0</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ), mmol/L]	5.0(4.8, 5.3)	5.0(4.7, 5.2)	1.155	0.248	4.9(4.7, 5.2)	5.0(4.8, 5.1)	0.040	0.968
G <sub>1</sub> ( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)	8.7 $\pm$ 1.2	8.1 $\pm$ 1.1	3.100	0.002	8.0 $\pm$ 1.3	8.2 $\pm$ 0.9	-0.721	0.474
G <sub>2</sub> ( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)	9.1 $\pm$ 2.0	7.0 $\pm$ 1.7	6.802	<0.001	7.4 $\pm$ 1.9	6.3 $\pm$ 1.1	2.646	0.011
G <sub>3</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ), mmol/L]	7.0(6.2, 8.2)	5.7(4.9, 6.8)	5.199	<0.001	5.1(4.7, 5.9)	7.2(5.8, 7.9)	4.367	<0.001
G <sub>4</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ), mmol/L]	5.5(4.5, 6.4)	5.8(5.1, 6.3)	1.136	0.256	5.8(5.2, 6.4)	5.8(4.5, 6.2)	1.239	0.215
I <sub>0</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ), mIU/L]	12.5(7.7, 18.5)	10.1(7.1, 13.2)	2.241	0.025	9.3(7.2, 11.7)	10.8(6.3, 16.8)	1.119	0.263
I <sub>1</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ), mIU/L]	90.4(61.7, 137.2)	92.8(54.8, 124.6)	0.506	0.613	70.7(47.9, 114.6)	110.2(80.2, 160.7)	2.328	0.020
I <sub>2</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ), mIU/L]	112.8(79.0, 186.1)	73.3(46.2, 110.1)	5.262	<0.001	77.3(52.1, 111.8)	61.1(38.8, 92.5)	1.029	0.303
I <sub>3</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ), mIU/L]	106.8(70.4, 163.6)	53.0(38.8, 93.6)	5.779	<0.001	41.2(36.4, 57.8)	92.8(52.7, 106.4)	3.748	<0.001
I <sub>4</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> ), mIU/L]	50.6(29.8, 87.1)	44.9(27.9, 62.4)	1.733	0.083	45.0(28.1, 57.8)	44.8(21.9, 79.5)	0.130	0.897
糖代谢状态[n(%)]			12.671	0.002			5.947	0.015
正常糖耐量	130(62.2)	44(88.0)			30(96.8)	14(73.7)		
糖尿病前期	66(31.6)	6(12.0)			1(3.2)	5(26.3)		
糖尿病	13(6.2)	0			0	0		
AUC <sub>Glu</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	22.4(19.8, 24.3)	19.2(17.3, 21.1)	5.427	<0.001	19.0(17.2, 20.2)	20.0(17.4, 22.2)	1.149	0.250
AUC <sub>Ins</sub> [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	275.3(196.6, 420.4)	193.6(123.4, 262.7)	4.653	<0.001	169.8(110.3, 242.7)	213.4(184.3, 309.3)	1.829	0.067
HOMA-IR[M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	2.9(1.6, 4.3)	2.2(1.6, 3.0)	2.358	0.018	2.1(1.6, 2.8)	2.3(1.4, 3.8)	1.149	0.250
松田指数[M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	3.0(2.0, 4.7)	4.1(3.2, 5.7)	3.653	<0.001	4.1(3.3, 6.0)	3.9(2.6, 5.3)	1.409	0.159
$\Delta I/\Delta G$ [M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	1.3(0.8, 2.0)	1.4(1.0, 2.5)	1.271	0.204	1.3(0.8, 1.9)	1.8(1.0, 3.4)	1.429	0.153

### 2.3 胰岛功能分析

#### 2.3.1 血糖达峰时间分析

血糖达峰时间在 30、60、120 min 的患者比例分别为 44.4%(115/259)、49.0%(127/259)和 6.6%

(17/259)。随血糖达峰时间的延迟, 正常糖耐量患者比例降低, 糖尿病患者比例增加( $P < 0.001$ )。AUC<sub>Glu</sub>、AUC<sub>Ins</sub>、HOMA-IR 随血糖达峰时间延迟而升高, 松田指数和  $\Delta I/\Delta G$  随血糖达峰时间延迟而降

低, 差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ ), 见表 3。

表 2 不同年龄组在单相和多相血糖反应曲线中的占比 [ $n$  (%) ]

年龄	单相曲线组 ( $n=209$ )	多相曲线组 ( $n=50$ )
15~<20 岁	16(7.7)	1(2.0)
20~<25 岁	50(23.9)	20(40.0)
25~<30 岁	74(35.4)	20(40.0)
30~<35 岁	50(23.9)	4(8.0)
35~<40 岁	17(8.1)	5(10.0)
40~<45 岁	2(1.0)	0

### 2.3.2 胰岛素达峰时间分析

胰岛素达峰时间在 30、60、120、180 min 的患者比例分别为 24.3% (63/259)、40.1% (104/259)、31.7% (82/259) 和 3.9% (10/259)。随胰岛素达峰时间的延迟, 正常糖耐量患者比例降低, 糖尿病患者比例增加 ( $P < 0.001$ )。AUC<sub>Glu</sub> 随胰岛素达峰时间的延

迟而升高,  $\Delta I/\Delta G$  随胰岛素达峰时间的延迟而降低, 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ ), 见表 4。

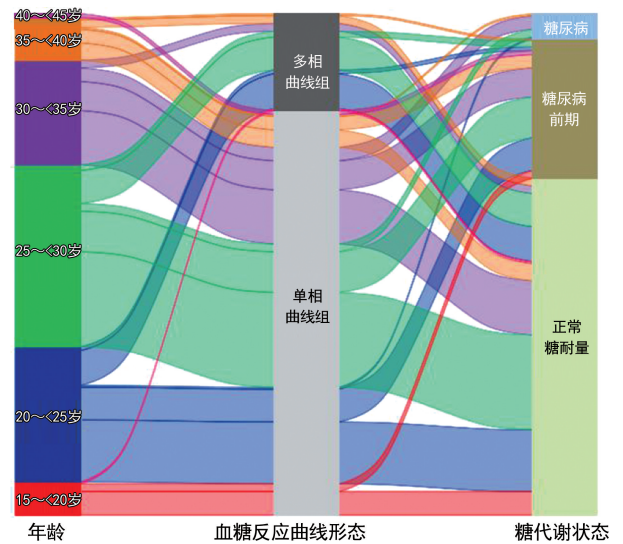


图 1 不同年龄组与血糖反应曲线形态及糖代谢状态的关系

表 3 胰岛素释放试验中不同血糖达峰时间的 PCOS 患者的代谢特征

项目	血糖 30 min 达峰 ( $n=115$ )	血糖 60 min 达峰 ( $n=127$ )	血糖 120 min 达峰 ( $n=17$ )	$P$
糖代谢状态 [ $n$ (%) ]				$< 0.001$
正常糖耐量	104(90.4)	67(52.8)	3(17.6)	
糖尿病前期	11(9.6)	54(42.5)	7(41.2)	
糖尿病	0	6(4.7)	7(41.2)	
AUC <sub>Glu</sub> [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	19.6(17.2, 21.3)	23.4(21.3, 25.6)	27.9(22.3, 33.1)	$< 0.001$
AUC <sub>Ins</sub> [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	223.3(161.8, 329.3)	275.3(196.4, 431.4)	311.6(211.5, 574.1)	0.004
HOMA-IR [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	2.2(1.3, 3.3)	2.9(1.8, 4.2)	4.3(2.7, 6.4)	0.001
松田指数 [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	3.9(2.6, 5.6)	2.8(2.0, 4.5)	2.1(1.4, 3.3)	$< 0.001$
$\Delta I/\Delta G$ [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	1.6(1.0, 2.6)	1.2(0.7, 1.6)	1.0(0.5, 3.1)	$< 0.001$

表 4 胰岛素释放试验中不同胰岛素达峰时间的 PCOS 患者的代谢特征

项目	胰岛素 30 min 达峰 ( $n=63$ )	胰岛素 60 min 达峰 ( $n=104$ )	胰岛素 120 min 达峰 ( $n=82$ )	胰岛素 180 min 达峰 ( $n=10$ )	$P$
糖代谢状态 [ $n$ (%) ]					$< 0.001$
正常糖耐量	55(87.3)	85(81.7)	32(39.0)	2(20.0)	
糖尿病前期	8(12.7)	18(17.3)	41(50.0)	5(50.0)	
糖尿病	0	1(1.0)	9(11.0)	3(30.0)	
AUC <sub>Glu</sub> [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	19.3(16.9, 21.1)	21.3(19.3, 23.3)	23.6(21.6, 26.3)	26.9(22.9, 33.2)	$< 0.001$
AUC <sub>Ins</sub> [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	223.3(150.4, 380.2)	238.9(175.3, 359.0)	317.2(215.2, 475.5)	220.7(166.4, 306.4)	0.001
HOMA-IR [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	2.2(1.5, 3.8)	2.4(1.4, 3.5)	3.3(1.9, 4.8)	2.8(1.8, 3.5)	0.010
松田指数 [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	3.9(2.4, 5.6)	3.7(2.3, 5.2)	2.6(1.8, 3.7)	2.9(2.2, 4.0)	0.001
$\Delta I/\Delta G$ [ $M(Q_1, Q_3)$ ]	1.9(1.3, 3.1)	1.3(0.8, 1.7)	1.1(0.7, 1.7)	0.7(0.4, 1.0)	$< 0.001$

### 3 讨论

PCOS 作为糖尿病的一个重要危险因素, 患者常表现出异常的糖代谢状况<sup>[13]</sup>。既往研究表明, 单相血

糖反应曲线形状可作为胰岛功能障碍和患糖尿病风险的预测因子<sup>[7]</sup>。本研究对 260 例 PCOS 患者的 OGTT 结果进行了回顾性分析, 与多相曲线组比较,

单相曲线组在  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$  更高,其  $AUC_{Glu}$  也更高。我国一项对 PCOS 糖代谢的研究结果显示,与糖耐量正常或糖调节受损组比较,T2DM 患者中  $AUC_{Glu}$  更高<sup>[5]</sup>,提示更高的  $AUC_{Glu}$  与更差的糖代谢相关。

而在不同年龄组与血糖反应曲线形态及糖代谢状态关系的探究中,与单相曲线组比较,多相曲线组糖耐量正常患者比例更高(88.0% vs. 62.2%),且无诊断为糖尿病的患者;此外,在正常糖耐量患者中,单相与多相曲线组占比分别为 74.71%(130/174)、25.29%(44/174),该占比在糖尿病前期患者中分别为 91.67%(66/72)、8.33%(6/72),在糖尿病患者中,这一比例为 100%(13/13)、0。上述证据表明,单相曲线组 PCOS 患者的血糖代谢能力弱于多相曲线组。

CHENG 等<sup>[11]</sup>在关于 T2DM 的研究中指出,多相反应曲线与更好的血糖代谢状态有关。本研究在探索 PCOS 患者年龄与 OGTT 血糖反应曲线的关系时发现,单相曲线组的 PCOS 患者覆盖的年龄段更广,而多相曲线组的 PCOS 患者年龄则相对集中于 20~<30 岁,≥30 岁患者的比例较低(18.0%),表明 PCOS 患者年龄越大,其血糖代谢能力越差。

在关于糖耐量受损的一些研究中,KANAUCHI 等<sup>[10]</sup>认为出现双相曲线形态可能是由于胰岛素早期分泌反应强烈所致,而糖耐量受损人群的  $\beta$  细胞对葡萄糖的敏感性降低,OGTT 中胰岛素反应迟钝<sup>[14]</sup>,清除葡萄糖反应延迟,内源性葡萄糖生成受抑制,致使其出现单相反应曲线的概率更大。 $\Delta I/\Delta G$  是评估  $\beta$  细胞在葡萄糖刺激下早期胰岛素分泌能力的重要指标,本研究中,多相曲线组的  $\Delta I/\Delta G$  较单相曲线组更高,表明前者胰岛素的储备充足,早期分泌能力更强,差异虽无统计学意义,但趋势仍较为明显。但在之前对非 PCOS 人群的两项研究中,差异有统计学意义<sup>[10-11]</sup>,这可能是 PCOS 患者整体的糖代谢状态优于糖耐量受损人群所致。

几项关于不同人群的研究表明<sup>[8-10,15-16]</sup>,OGTT 血糖反应曲线可提示胰岛素敏感性和胰岛  $\beta$  细胞功能,并可区分 T2DM 风险。HOMA-IR 是临床常用的基于稳态模型评估的胰岛素抵抗指数,目前无公认的切点<sup>[17]</sup>,增高可视为存在胰岛素抵抗。本研究中单相和多相曲线组的 HOMA-IR 均增高,表明 PCOS 患者在稳态模型评估中均存在胰岛素抵抗,且与多相曲线组比较,单相曲线组存在更强的胰岛素抵抗,且胰岛素敏感性更差,这与一项关于非糖尿病肥胖青年的研究结果一致<sup>[15]</sup>。松田指数是全身胰岛素敏感性指数,是一个较为典型的糖负荷状态下评估胰岛素抵抗的方法,其数值与胰岛素抵抗呈双曲线关系<sup>[18]</sup>。OUYANG 等<sup>[9]</sup>认为 T2DM 患者表现出更低的松田指数及更明显的胰岛素抵抗,且具有单相血糖曲线的患者发生颈动脉粥样硬化的风险更高。本研究中,单相曲线组的松田指数低于多相曲线组,表明 PCOS 患者在糖

负荷状态下均存在胰岛素抵抗,且单相曲线组的胰岛素抵抗较多相曲线组更强。

在不同人群的研究中均发现,血糖达峰时间的延长与胰岛  $\beta$  细胞功能下降和胰岛素敏感性减弱相关<sup>[19-21]</sup>,且单相反应曲线是非糖尿病人群中葡萄糖耐量、胰岛素敏感性及胰岛素分泌功能较低的有效预测指标<sup>[22]</sup>。本研究中随着血糖达峰时间的延迟,HOMA-IR 增高,松田指数下降,表明血糖达峰时间越晚,PCOS 患者的胰岛素敏感性越差,胰岛素抵抗越强。此外,HAYASHI 等<sup>[23]</sup>的研究显示,早期胰岛素反应减弱和胰岛素峰值较晚出现者,患 T2DM 的概率更高。本研究同样发现 PCOS 患者随着血糖和胰岛素达峰时间的延迟,糖尿病患者比例上升,而正常糖耐量患者比例下降。

综上所述,本文通过对 PCOS 患者不同的血糖反应曲线形态进行研究,揭示了其不同的糖代谢特征和胰岛功能状态的差异。本研究的局限性在于并未收集到 BMI 和腰围等人体测量数据。但有历史研究表明,在调整了 BMI、血压和腰围后,OGTT 的血糖反应曲线形态仍与胰岛素敏感性和  $\beta$  细胞功能密切相关<sup>[14-15]</sup>。因此,未来仍需进行前瞻性纵向研究,以验证不同血糖反应曲线形态在 PCOS 患者中对预测或诊断糖耐量异常或糖尿病的作用。

**利益冲突:**所有作者声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] KUMARI M, KUMAR S, DAS J. Adipokine dysregulation in obese and non-obese polycystic ovary syndrome (PCOS) patients: association with visceral adiposity index and metabolic risk[J]. *Cureus*, 2025, 17(7): e87755.
- [2] ALI A T, GUIDOZZI F. Midlife women's health consequences associated with polycystic ovary syndrome[J]. *Climacteric*, 2020, 23(2): 116-122.
- [3] 林光耀,王永周. 多囊卵巢综合征与胰岛素抵抗研究进展[J]. *西南医科大学学报*, 2020, 43(3): 310-313.
- [4] TOSI F, LANDO M G, ROSMINI F, et al. Alterations of insulin sensitivity, clearance, and secretion, either alone or in combination, in women with PCOS: impact on metabolic profile and androgenemia[J]. *Hum Reprod*, 2025, 40(8): 1550-1561.
- [5] 王颖,侯丽辉,匡洪影,等. 不同糖代谢状态多囊卵巢综合征患者胰岛素释放曲线的特征分析[J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2020, 36(12): 1015-1021.
- [6] American Diabetes Association Professional Prac-

- Committee. 2. Diagnosis and classification of diabetes; standards of care in diabetes-2024[J]. *Diabetes Care*, 2024, 47(Suppl. 1):20-42.
- [7] 蒋燕秋,王鑫蕾,顾云娟.口服葡萄糖耐量试验中血糖曲线形态与胰岛功能关系的研究进展[J]. *中华糖尿病杂志*, 2022, 14(5):517-520.
- [8] HERNANDEZ-MORENO C J, FALKNER B, KEITH S W, et al. Association of glucose response shape in OGTT with markers of pancreatic health and inflammation across diverse ages[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2026, 111(2):332-340.
- [9] OUYANG R, ZHANG H, ZHAO X, et al. Relationship between glucose response curve shape during the oral glucose tolerance test and macrovascular complications in type 2 diabetes mellitus[J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2025, 17(1):294.
- [10] KANAUCHI M, KIMURA K, KANAUCHI K, et al. Beta-cell function and insulin sensitivity contribute to the shape of plasma glucose curve during an oral glucose tolerance test in non-diabetic individuals[J]. *Int J Clin Pract*, 2005, 59(4):427-432.
- [11] CHENG X, YANG N, LI Y, et al. The shape of the glucose response curve during an oral glucose tolerance test heralds  $\beta$ -cell function in a large Chinese population[J]. *BMC Endocr Disord*, 2019, 19(119):1-11.
- [12] 中华医学会妇产科学分会内分泌学组及指南专家组. 多囊卵巢综合征中国诊疗指南[J]. *中华妇产科杂志*, 2018, 53(1):2-6.
- [13] KAKOLY N S, KHOMAMI M B, JOHAM A E, et al. Ethnicity, obesity and the prevalence of impaired glucose tolerance and type 2 diabetes in PCOS: a systematic review and meta-regression[J]. *Hum Reprod Update*, 2018, 24(4):455-467.
- [14] 贺星星,马晓静,应令雯,等.新诊断标准下糖尿病前期人群胰岛  $\beta$  细胞功能和胰岛素敏感性的特点分析[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2018, 38(8):940-947.
- [15] KIM J Y, MICHALISZYN S F, NASR A, et al. The shape of the glucose response curve during an oral glucose tolerance test heralds biomarkers of type 2 diabetes risk in obese youth[J]. *Diabetes Care*, 2016, 39(8):1431-1439.
- [16] HERRERA-MARTÍNEZ A D, ENES P, MARTÍN-FRÍAS M, et al. The monophasic pattern in oral glucose tolerance test as a predictive risk factor of type 2 diabetes in obese paediatric patients[J]. *An Pediatr*, 2017, 87(4):211-217.
- [17] CHEN F, LIAO Y, CHEN M, et al. Evaluation of the efficacy of sex hormone-binding globulin in insulin resistance assessment based on HOMA-IR in patients with PCOS[J]. *Reprod Sci*, 2021, 28(9):2504-2513.
- [18] 崔世维. 胰岛  $\beta$  细胞功能及胰岛素敏感性指数在临床研究应用中的若干问题[J]. *中华糖尿病杂志*, 2024, 16(1):1-8.
- [19] KRAMER C K, YE C, HANLEY A J G, et al. Delayed timing of post-challenge peak blood glucose predicts declining beta cell function and worsening glucose tolerance over time: insight from the first year postpartum[J]. *Diabetologia*, 2015, 58(6):1354-1362.
- [20] CHUNG S T, HA J, ONUZURUIKE A U, et al. Time to glucose peak during an oral glucose tolerance test identifies prediabetes risk[J]. *Clin Endocrinol*, 2017, 87(5):484-491.
- [21] KIM J Y, TFAYLI H, BACHA F, et al.  $\beta$ -cell function, incretin response, and insulin sensitivity of glucose and fat metabolism in obese youth: relationship to OGTT-time-to-glucose-peak[J]. *Pediatr Diabetes*, 2020, 21(1):18-27.
- [22] WANG X, ZHAO X, ZHOU R, et al. Delay in glucose peak time during the oral glucose tolerance test as an indicator of insulin resistance and insulin secretion in type 2 diabetes patients[J]. *J Diabetes Investig*, 2018, 9(6):1288-1295.
- [23] HAYASHI T, BOYKO E J, SATO K K, et al. Patterns of insulin concentration during the OGTT predict the risk of type 2 diabetes in Japanese Americans[J]. *Diabetes Care*, 2013, 36(5):1229-1235.

(收稿日期:2025-09-11 修回日期:2025-12-22)

(编辑:姚雪)