

内脏脂肪指数对多囊卵巢综合征患者胰岛素抵抗的预测价值

苏廷婷¹, 何帆^{2*}

¹重庆医科大学附属第二医院妇产科, 重庆

²重庆医科大学附属第二医院生殖医学中心, 重庆

收稿日期: 2025年4月16日; 录用日期: 2025年5月9日; 发布日期: 2025年5月15日

摘要

目的: 探究能否在多囊卵巢综合征(polycystic ovary syndrome, PCOS)人群中应用内脏脂肪指数(visceral adiposity index, VAI)预测胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)。方法: 本回顾性队列研究连续纳入2023年7月至2024年9月于重庆医科大学附属第二医院妇科就诊, 符合入组标准的PCOS患者244例, 根据是否存在IR分为IR组及非IR组, 比较两组VAI和中国人内脏脂肪指数(Chinese visceral adiposity index, CVAI)水平。应用Logistic回归分析CVAI与PCOS患者患IR的相关性。受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线确定VAI和CVAI预测PCOS患者IR的截断值。混淆矩阵评价在PCOS患者中应用CVAI预测IR的效能。根据CVAI预测PCOS患者IR的截断值分为高CVAI组及低CVAI组, 比较两组IR患病率及临床特征。结果: IR组CVAI (64.45 vs. 15.13)显著高于非IR组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。Logistic回归分析表明, CVAI ($OR = 1.058, 95\%CI 1.039 \sim 1.079, P < 0.001$)为PCOS患者发生IR的独立危险因素($P < 0.05$)。ROC曲线和混淆矩阵结果显示, CVAI预测PCOS患者IR的截断值为42.73, 曲线下面积为0.889, 约登指数为0.651, 灵敏度为81.20%, 特异度为83.90%, 准确率为82.79%, 精确率为78.10%, 召回率为81.19%。高CVAI组IR患病率(78.10% vs. 13.67%)高于低CVAI组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。高CVAI组腰臀比(0.90 vs. 0.82)、游离雄激素指数(7.00% vs. 3.68%)、空腹血糖(4.95 mmol/L vs. 4.68 mmol/L)、空腹胰岛素(17.70 uU/mL vs. 7.28 uU/mL)和低密度脂蛋白胆固醇(2.82 mmol/L vs. 2.47 mmol/L)高于低CVAI组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。高CVAI组性激素结合球蛋白水平(24.34 nmol/L vs. 45.71 nmol/L)、黄体生成素(9.64 mIU/ml vs. 12.19 mIU/ml)、黄体生成素卵泡刺激素比值(1.70 vs. 1.88)低于低CVAI组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。睾酮(51.42 ng/dL vs. 50.11 ng/dL)、硫酸脱氢表雄酮(278.60 ng/mL vs. 268.20 ng/mL)、卵泡刺激素(5.67 mIU/ml vs. 6.12 mIU/ml)、总胆固醇(4.74 mmol/L vs. 4.53 mmol/L)在两组间的差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论: 在PCOS人群中应用CVAI来预测IR具有一定的可行性, 课题组将进一步开展前瞻性研究进行验证。

关键词

多囊卵巢综合征, 内脏脂肪指数, 胰岛素抵抗, 预测

*通讯作者。

The Predictive Value of Visceral Adiposity Index for Insulin Resistance in Patients with Polycystic Ovary Syndrome

Tingting Su¹, Fan He^{2*}

¹Department of Obstetrics and Gynecology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

²The Center for Reproductive Medicine, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Apr. 16th, 2025; accepted: May 9th, 2025; published: May 15th, 2025

Abstract

Objective: To explore the feasibility of applying the visceral adiposity index (VAI) as a predictive marker for insulin resistance (IR) in individuals with polycystic ovary syndrome (PCOS). **Methods:** This retrospective cohort study consecutively enrolled 244 PCOS patients who visited the Department of Gynecology at the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University between July 2023 and September 2024 and met the inclusion criteria. The participants were stratified into IR and non-IR groups based on insulin resistance status, with subsequent comparison of visceral adiposity index (VAI) and Chinese visceral adiposity index (CVAI) levels between the two groups. We further compared the CVAI levels between the two groups. Logistic regression analysis was applied to assess the correlation between CVAI and the risk of IR in PCOS patients. The receiver operating characteristic (ROC) curve determines the cutoff value of the CVAI for predicting IR in patients with PCOS. The confusion matrix evaluates the efficiency of CVAI in predicting IR among PCOS patients. Based on the CVAI cutoff value, participants were divided into high CVAI and low CVAI groups, and the prevalence of IR and clinical characteristics were compared between the two groups. **Results:** The CVAI in the IR group (64.45 vs. 15.13) was significantly higher than that in the non-IR group, with a statistically significant difference ($P < 0.05$). Logistic regression analysis indicated that CVAI ($OR = 1.058$, $95\%CI\ 1.039\sim1.079$, $P < 0.001$) is an independent risk factor for the development of IR in PCOS patients ($P < 0.05$). ROC curve analysis revealed that the cutoff value of CVAI for predicting IR in PCOS patients was 42.73, with an area under the curve of 0.889, a Youden index of 0.651, a sensitivity of 81.20%, and a specificity of 83.90%. In PCOS patients, the accuracy of CVAI for predicting IR was 82.38%, with a precision of 77.38% and a recall of 81.25%. The high-CVAI group exhibited significantly higher prevalence of insulin resistance (78.10% vs. 13.67%, $P < 0.05$), along with elevated waist-to-hip ratio (0.90 vs. 0.82), free androgen index (7.00% vs. 3.68%), fasting plasma glucose (4.95 mmol/L vs. 4.68 mmol/L), fasting insulin (17.70 μ U/mL vs. 7.28 μ U/mL), and LDL-cholesterol levels (2.82 mmol/L vs. 2.47 mmol/L) compared to the low-CVAI group (all $P < 0.05$). The high-CVAI group demonstrated significantly lower levels of sex hormone-binding globulin (24.34 vs 45.71 nmol/L), luteinizing hormone (9.64 vs. 12.19 mIU/mL), and LH/FSH ratio (1.70 vs 1.88) compared with the low-CVAI group (all $P < 0.05$). No statistically significant differences were observed between groups for testosterone (51.42 vs. 50.11 ng/dL), dehydroepiandrosterone sulfate (278.60 vs. 268.20 ng/mL), follicle-stimulating hormone (5.67 vs. 6.12 mIU/mL), or total cholesterol (4.74 vs. 4.53 mmol/L; all $P > 0.05$). **Conclusion:** The use of CVAI for predicting IR in patients with PCOS demonstrates certain feasibility, and our research team will further conduct prospective studies to validate these findings.

Keywords

Polycystic Ovary Syndrome, Visceral Adiposity Index, Insulin Resistance, Prediction



1. 引言

多囊卵巢综合征(polycystic ovary syndrome, PCOS)是常见的生殖内分泌代谢性疾病,我国育龄期女性的患病率为 7.8% [1]。PCOS 以月经异常、多毛、痤疮、肥胖、卵巢多囊样改变及糖、脂代谢紊乱为主要特征[2]。据报道,中国汉族 PCOS 患者中胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)的发生率为 56.3% [3]。IR 指靶组织对胰岛素的敏感性降低和(或)对胰岛素反应性下降的状态,引起机体生殖功能受损、代谢相关疾病风险增加及情绪异常等[4]。故评估 PCOS 患者是否合并 IR, 提高其检出率具有重要临床意义。

临床工作中常采用口服葡萄糖耐量试验(oral glucose toleran test, OGTT)及口服葡萄糖胰岛素释放试验(oral glucose insulin releasing test, OGIRT)来评估 IR。上述试验要求患者于空腹状态下行葡萄糖负荷,并于服糖前及服糖后 30 分钟、1 小时、2 小时、3 小时抽取静脉血,耗时长,检测成本较高。部分患者对此产生抗拒,依从性低。故探寻更为简便、省时的指标来预测 IR, 有助于减轻患者的生理和心理负担,节约时间和经济成本。

PCOS 患者中腹型肥胖(WC $\geq$ 85 cm)的发生率为 80%, 对于 BMI 正常的 PCOS 患者仍有 50%发生腹型肥胖[5]。腹型肥胖又称中心性/向心性肥胖, 由腹部脂肪(主要是内脏脂肪)过多堆积形成。研究认为内脏脂肪含量的增加可通过过度释放游离脂肪酸、异常分泌脂肪因子和慢性炎症等机制引发 IR [6]。南洋理工大学科研团队分析了 9067 名亚洲人的内脏脂肪与代谢性疾病的关系, 发现内脏脂肪含量与 IR 呈显著正相关[7]。因此, PCOS 患者内脏脂肪蓄积情况可能反映其 IR 状况。Amato 等利用经验数学模型, 将体质质量指数(body mass index, BMI)、腰围(waist circumference, WC)、甘油三酯和高密度脂蛋白胆固醇相结合, 提出了内脏脂肪指数(visceral adiposity index, VAI), 能反映内脏脂肪蓄积程度[8]。VAI 最初在意大利人群中建立, 而不同种族的体脂分布存在显著差异[9]。因此, Xia 等在 VAI 的基础上进一步纳入了年龄因素, 并经 CT 校正, 提出中国人内脏脂肪指数(Chinese visceral adiposity index, CVAI) [10]。本研究旨在评估 PCOS 患者 CVAI 水平与 IR 的相关性, 探讨 CVAI 预测 PCOS 患者发生 IR 的临床价值。

2. 研究对象和方法

2.1. 研究对象

本研究连续纳入 2023 年 7 月至 2024 年 9 月在重庆医科大学附属第二医院妇科门诊就诊的 PCOS 患者。PCOS 的诊断根据 2003 年 Rotterdam 标准[11] [12]: (1) 月经异常, 如稀发排卵或无排卵; (2) 高雄激素血症的临床表现和/或高雄激素血症, 如多毛、痤疮等; (3) 超声提示卵巢多囊样改变, 即单侧卵巢体积 $\geq$ 10 ml, 和(或)在同一切面上直径 2~9 mm 的卵泡数 $\geq$ 12 个。符合上述其中 2 条, 排除其他引起排卵障碍的疾病(包括甲状腺功能异常、卵巢早衰、下丘脑-垂体闭经、高催乳素血症等), 以及引起高雄激素血症的疾病(包括 Cushing 综合征、非典型性肾上腺生殖器综合征、分泌雄激素的内分泌肿瘤等)。

纳入标准: 年龄 18~45 岁。

排除标准: (1) 近 3 月使用性激素类药物(例如炔雌醇丙环孕酮片、雌二醇地屈孕酮片、屈螺酮炔雌醇片等药物)及影响糖脂代谢药物(例如二甲双胍等药物); (2) 处于妊娠期或哺乳期; (3) 严重肝肾功能不全。

本研究经医院医学伦理委员会审批通过。最终 244 例 PCOS 患者符合入组标准。

2.2. 研究方法

2.2.1. 基线资料

统计患者如下数据并分析: (1) 一般临床特征: 年龄、身高、体重、WC、臀围; (2) 性激素指标: 睾酮、硫酸脱氢表雄酮、性激素结合球蛋白, 游离雄激素指数、黄体生成素、卵泡刺激素。均于早卵泡期(月经第 2~4 d, 空腹), 抽取肘正中静脉血测定; (3) 糖代谢指标: 空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)、空腹胰岛素(fasting insulin, FINS)和葡萄糖负荷后 0.5、1、2、3 小时血浆葡萄糖及胰岛素; (4) 脂代谢指标: 总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇。

2.2.2. 计算公式

(1) BMI = 体重(kg)/身高(m)²;

(2) 腰臀比(waist to hip ratio, WHR) = WC (cm)/臀围(cm);

(3) 稳态模型胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment of insulin resistance, HOMA-IR) = FPG (mmol/L) × FINS (uU/mL)/22.5 [13];

(4) VAI (女) = WC(cm)/[36.58 + (1.89 × BMI)] × [甘油三酯(mmol/L)/0.81] × [1.52/高密度脂蛋白(mmol/L)] [8];

(5) CVAI(女) = -187.32 + 1.71 × 年龄 + 4.23 × BMI + 1.12 × WC (cm) + 39.76 × Lg [甘油三酯(mmol/L)] - 11.66 × 高密度脂蛋白(mmol/L) [10]。

2.3. 统计学方法

采用 IBM SPSS Statistics 25.0 软件对数据进行统计学分析。定量资料采用 Shapiro-Wilk 检验对其进行正态性检验, 符合正态分布的定量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用 t 检验; 不符合正态分布的定量资料采用中位数和四分位数[M (P25, P75)]表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料采用例数及百分比表示, 组间比较采用卡方检验。先采用单因素 Logistic 回归筛选可能与 IR 相关的因素, 将 P < 0.2 的因素纳入多因素 Logistic 回归, 分析 CVAI 与 IR 之间的相关性。绘制 VAI 预测 PCOS 患者 IR 的受试者操作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)。使用混淆矩阵评价在 PCOS 患者中应用 CVAI 预测 IR 的效能。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2.4. IR 的诊断标准及研究分组

参考 2018 年发布的《多囊卵巢综合征诊治内分泌专家共识》[14]及 2024 年发布的《多囊卵巢综合征合并胰岛素抵抗诊治专家共识》[4][15], 并结合本地胰岛素抵抗指数稳态模型评估指数(homeostasis model of assessment for insulin resistance index, HOMA-IR)的第 75 百分位数(P75)和空腹胰岛素(free insulin, FINS)的第 95 百分位数(P95), 界定 IR 诊断标准为: (1) HOMA-IR ≥ 2.8; (2) 空腹胰岛素水平 > 20 uIU/ml; (3) 胰岛素高峰延迟: 即糖负荷后胰岛素高峰出现在 1 h 以后。以上 3 个条件满足 1 个即诊断 IR。根据是否存在 IR, 将 PCOS 患者划分为 IR 组和非 IR 组。根据 CVAI 预测 PCOS 患者 IR 的截断值, 将 PCOS 患者分为高 CVAI 组和低 CVAI 组。

3. 结果

3.1. 基线特征

本研究共纳入 244 例 PCOS 患者, PCOS 患者 IR 的患病率为 41.39%, WC 中位数为 80.75 cm, WHR 均数为 0.86。结果见表 1。

Table 1. Characteristics of patients with polycystic ovary syndrome
表 1. PCOS 患者的基线特征

(a)					
年齡	BMI	WC	WHR	T	FAI
(x ± s, year)	[M(P25, P75), kg/m ²]	[M(P25, P75), cm]	(x ± s)	[M(P25, P75), ng/dL]	[M(P25, P75), %]
26 ± 5	23.47 (20.47, 26.30)	80.75 (73.43, 88.00)	0.86 ± 0.066	50.26 (36.64, 64.24)	5.12 (2.80, 8.06)
(b)					
SHBG	DHEA-S	LH/FSH	FPG	FINS	
[M(P25, P75), nmol/L]	[M(P25, P75), ng/mL]	[M(P25, P75)]	[M(P25, P75), mmol/L]	[M(P25, P75), uU/mL]	
34.43 (23.70, 49.65)	275.65 (213.04, 354.75)	1.78 (1.23, 2.47)	4.75 (4.52, 5.07)	10.10 (6.44, 17.78)	
(c)					
TC	TG	HDL-C	LDL-C	IR	
[M(P25, P75), mmol/L]	[M(P25, P75), mmol/L]	[M(P25, P75), mmol/L]	[M(P25, P75), mmol/L]	(%)	
4.64 (4.05, 5.12)	1.12 (0.81, 1.64)	1.31 (1.16, 1.51)	2.65 (2.18, 3.07)	41.39 (101/244)	

注: BMI: 体质量指数; IR: 胰岛素抵抗; WC: 腰围; WHR: 腰臀比; T: 睾酮; FAI: 游离雄激素指数; SHBG: 性激素结合球蛋白; DHEAS: 硫酸脱氢表雄酮; LH: 黄体生成素; FSH: 卵泡刺激素; FPG: 空腹血糖; FINS: 空腹胰岛素; TC: 总胆固醇; TG: 三酰甘油; HDL-C: 高密度脂蛋白胆固醇; LDL-C: 低密度脂蛋白胆固醇。

3.2. IR 组与非 IR 组的 VAI 比较

IR 组共 101 例, 非 IR 组共 143 例。IR 组 VAI 和 CVAI 显著高于非 IR 组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。结果见表 2。

Table 2. VAI of IR group and non-IR group
表 2. IR 组与非 IR 组的 VAI

指标	IR 组(n = 101)	非 IR 组(n = 143)	U/t 值	P 值
CVAI	64.45 (44.89, 82.57)	15.13 (-1.74, 32.25)	-10.34	<0.001
VAI	3.28 (1.76, 3.42)	1.43 (0.83, 1.69)	-8.80	<0.001

注: VAI: 内脏脂肪指数; CVAI: 中国人内脏脂肪指数。

3.3. PCOS 合并 IR 的 Logistic 回归分析

应用单因素 Logistic 回归分析对可能影响 PCOS 患者发生 IR 的混杂因素进行筛选。将 $P < 0.20$ 的因素, 即 CVAI、WHR、游离雄激素指数、性激素结合球蛋白、黄体生成素和低密度脂蛋白胆固醇作为多因素 Logistic 回归的协变量进行分析。多因素 Logistic 回归分析表明, CVAI 为 PCOS 患者发生 IR 的独立危险因素($P < 0.05$), 见表 3。

3.4. VAI 对 PCOS 患者 IR 的预测效能

ROC 曲线分析显示, 在 PCOS 患者中应用 CVAI 预测 IR 的截断值为 42.73, 曲线下面积为 0.889, 约登指数为 0.651, 灵敏度为 81.20%, 特异度为 83.90%。VAI 对 PCOS 患者 IR 具有较好的诊断效能, 曲线下面积为 0.831。结果见表 4、图 1。

Table 3. Multivariate and Multivariate Logistic regression analysis of factors influencing insulin resistance in patients with polycystic ovary syndrome

表 3. PCOS 患者发生 IR 影响因素的单因素及多因素 Logistic 回归分析

Variables	单因素 Logistic 回归分析		多因素 Logistic 回归分析	
	OR (95%CI)	P-value	Adjusted OR(95%CI)	P-value
CVAI	1.067 (1.051~1.084)	<0.001	1.058 (1.039~1.079)	<0.001
WHR	3.151 (2.212~4.489)	<0.001	0.891 (0.529~1.498)	0.662
T (ng/dL)	0.999 (0.998~1.010)	0.840		
FAI (%)	1.132 (1.061~1.208)	<0.001	0.979 (0.920~1.042)	0.500
SHBG (nmol/L)	0.951 (0.934~0.969)	<0.001	0.989 (0.972~1.008)	0.252
DHEAS (ng/mL)	1.000 (0.998~1002)	0.952		
LH/FSH	0.798 (0.612~1.041)	0.096	1.274 (0.860~1.887)	0.228
TC (mmol/L)	1.506 (1.107~2.048)	0.009	0.549 (0.197~1.526)	0.250
LDL (mmol/L)	2.259 (1.520~3.358)	<0.001	3.444 (0.974~12.183)	0.055

Table 4. Cut-off points, AUC, Se, Sp, positive and negative predictive values of VAI for predicting insulin resistance in patients with polycystic ovary syndrome

表 4. VAI 预测 PCOS 患者 IR 的效能

指标	Cut-off 值	AUC	95% CI	P 值	敏感度	特异度	约登指数
CVAI	42.73	0.889	0.848~0.930	<0.001	0.812	0.839	0.651
VAI	2.05	0.831	0.779~0.883	<0.001	0.713	0.853	0.566

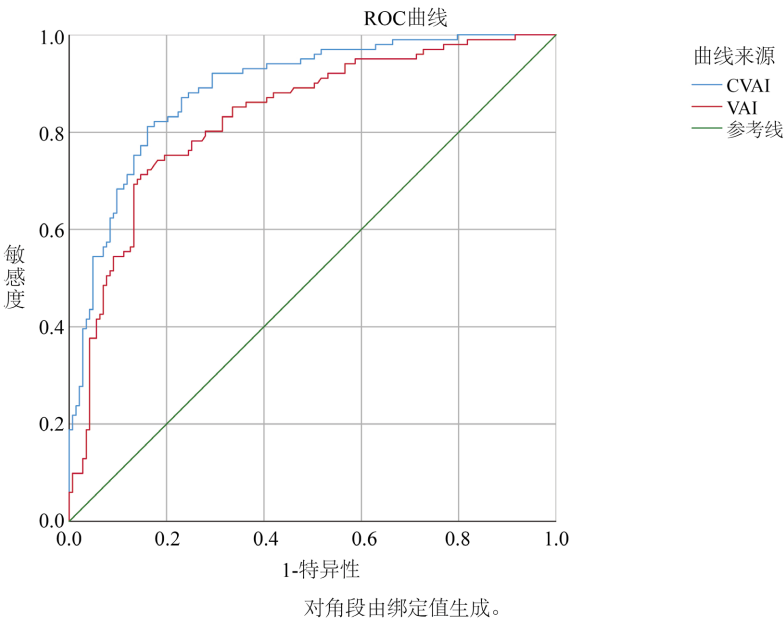


Figure 1. ROC curve analysis of CVAI for predicting insulin resistance in patients with polycystic ovary syndrome

图 1. CVAI 预测 PCOS 患者 IR 的 ROC 曲线

3.5. CVAI 对 PCOS 患者 IR 的预测效能评价

CVAI 对 PCOS 患者 IR 正确预测的例数为 202 例。结果见表 5。CVAI 的截断值 42.73 对 PCOS 患者 IR 预测的准确率为 82.79%，精确率为 78.10%，召回率为 81.19%。前述数据表明 CVAI 对 PCOS 患者 IR 的预测性能较好。结果见表 6。

Table 5. Predictive results of insulin resistance
表 5. IR 预测结果

混淆矩阵		预测值		例数
		0	1	
实际值	0	120	23	143
	1	19	82	101

注：1 代表 IR；0 代表非 IR。

Table 6. Evaluation of the predictive efficacy of insulin resistance
表 6. IR 预测效能评价

	准确率(%)	精确率(%)	召回率(%)
IR	82.79	78.10	81.19

注：准确率：所有预测正确的例数占总例数的比重；精确率：在预测 PCOS 患者合并 IR 的例数中，预测正确的比重；召回率：在实际 PCOS 患者合并 IR 的例数中，预测正确的比重。

3.6. 高 CVAI 组与低 CVAI 组的 IR 患病率及临床特征

高 CVAI 组的 IR 患病率显著高于低 CVAI 组，差异有统计学意义($P < 0.05$)；高 CVAI 组的性激素结合球蛋白水平、黄体生成素、黄体生成素卵泡刺激素比值显著低于低 CVAI 组，差异有统计学意义($P < 0.05$)；高 CVAI 组的 WHR、游离雄激素指数、FPG、FINS 和低密度脂蛋白胆固醇显著高于低 CVAI 组，差异有统计学意义($P < 0.05$)；睾酮、硫酸脱氢表雄酮、卵泡刺激素、总胆固醇在两组间的差异无统计学意义($P > 0.05$)。结果见表 7。

Table 7. Comparison of insulin resistance prevalence and baseline data between high CVAI and low CVAI groups
表 7. 高 CVAI 组与低 CVAI 组的 IR 患病率及临床特征

指标	高 CVAI 组(n = 105)	低 CVAI 组(n = 139)	U/t 值	P 值
IR%	78.10% (82/105)	13.67% (19/139)	-	<0.001
WHR	0.90 ± 0.06	0.82 ± 0.50	11.382	<0.001
T (ng/dL)	51.42 (37.28, 64.46)	50.11 (35.84, 64.13)	-0.882	0.378
FAI (%)	7.00 (4.87, 9.96)	3.68 (2.25, 6.14)	-7.114	<0.001
SHBG (nmol/L)	24.34 (17.47, 32.53)	45.71 (33.90, 61.86)	-8.825	<0.001
DHEA-S (ng/mL)	278.60 (220.05, 364.80)	268.20 (208.80, 336.10)	-1.335	0.182
LH (mIU/ml)	9.64 (6.52, 13.63)	12.19 (7.76, 16.62)	-2.708	0.007
FSH (mIU/ml)	5.67 (5.07, 6.86)	6.12 (5.448, 7.14)	-1.579	0.114
LH/FSH	1.70 (1.25, 2.19)	1.88 (1.20, 2.74)	-2.419	0.016

续表

FPG (mmol/L)	4.95 (4.63, 5.20)	4.68 (4.41, 4.87)	-5.423	<0.001
FINS (uU/mL)	17.70 (12.65, 23.75)	7.28 (4.98, 9.49)	-10.393	<0.001
TC (mmol/L)	4.74 (4.21, 5.19)	4.53 (3.95, 5.05)	-1.854	0.064
LDL-C (mmol/L)	2.82 (2.29, 3.32)	2.47 (2.06, 2.93)	-3.875	<0.001

4. 讨论

本研究通过明确 PCOS 患者 CVAI 水平与 IR 的相关性,探索能否在 PCOS 患者中采用 CVAI 来预测 IR。在本研究中,PCOS 患者 IR 的患病率为 41.39%,高 CVAI 组患者的 IR 患病率显著高于低 CVAI 组 (78.10% vs. 13.67%, $P < 0.001$)。多因素 Logistic 回归分析提示,高 CVAI 水平($OR = 1.058, 95\%CI\ 1.039\sim1.079, P < 0.001$)是 PCOS 患者发生 IR 的独立危险因素。ROC 曲线和混淆矩阵结果显示,在 PCOS 患者中应用 CVAI 预测 IR 的截断值为 42.73,曲线下面积为 0.889,约登指数为 0.651,灵敏度为 81.20%,特异度为 83.90%,准确率为 82.79%,精确率为 78.10%,召回率为 81.19%,具有较好的预测价值。

本研究发现,高 CVAI 组患者的 IR 患病率显著高于低 CVAI 组。内脏脂肪堆积增加 IR 患病风险的原因可能在于:(1) 内分泌功能失常:脂肪组织血管生成减少、供氧不足,引起脂肪细胞肥大和交感神经兴奋性受损,导致脂肪组织形态和功能异常。慢性缺氧状态刺激腹部脂肪组织释放细胞因子(包括瘦素、抵抗素等),减少保护性因子脂联素的合成,参与局部组织和全身性 IR 的发生发展[16] [17]。(2) 高脂解状态:脂肪细胞肥大,引起脂肪酸的释放显著增加,过量游离脂肪酸通过葡萄糖-脂肪酸循环竞争抑制葡萄糖,减少基础状态和胰岛素刺激后组织对葡萄糖的摄取与利用,造成组织对胰岛素的敏感性降低[18]。(3) 慢性炎症:研究发现,脂肪组织巨噬细胞浸润程度增高,引起局部慢性炎症。脂肪细胞及巨噬细胞可以分泌多种炎症因子,包括肿瘤坏死因子 α 和白细胞介素 6 等,在肥胖相关 IR 的病理进程中起重要作用[19]。(4) 脂肪组织的质地或性质:白色脂肪组织(尤其是内脏脂肪)在脂肪肥大的同时,发生诸多分子层面和病理形态学变化,包括脂肪细胞的凋亡与再生、血管及神经末梢形成、多种免疫细胞浸润、纤维细胞增殖活跃,引起脂肪组织异质性增加及质地重塑,从而导致脂肪细胞对胰岛素的敏感性降低[20]。

PCOS 患者诊断 IR 涉及检测 OGTT 和 OGIRT,需行葡萄糖负荷及分次采血,部分患者对此产生抗拒,致使疾病漏诊,患病期间可能糖代谢异常进行性加重,远期发生各种代谢性疾病。因此,需要一个简便、省时的指标帮助临床医生预测 IR。本研究绘制 ROC 曲线和采用混淆矩阵评价 CVAI 预测 PCOS 患者 IR 的效能,提示 CVAI 截断值为 42.73 时对 IR 的预测性能较好。在我院实验室检查中,PCOS 患者诊断 IR 涉及的 OGTT 和 OGIRT 检验费合计 252.0 元,而血脂的检验费为 69.30 元。在临床诊疗过程中,可将 CVAI 作为 IR 的预测指标,对于 $CVAI \geq 42.73$ 的 PCOS 患者,需进一步完善 OGTT 和 OGIRT 试验,而对于 $CVAI < 42.73$ 且不愿行 OGTT 和 OGIRT 试验的 PCOS 患者,可适当放宽检测要求,将有助于减少患者的经济负担,缩短患者检查时间,并能避免 OGTT 和 OGIRT 多次采血对患者造成的心理压力。

本研究局限性:(1) 本研究为单中心回顾性研究,研究对象局限于重庆医科大学附属第二医院就诊的患者,可能存在选择偏倚及地域局限性。(2) 本研究样本量较小,且回顾性研究难以排除混杂因素,可能会导致结果存在不稳定性,后续研究可开展大样本、前瞻性多中心研究进一步验证和完善现有结论,提高结果的可靠性和准确性。

5. 结论

CVAI 对于 PCOS 患者 IR 具有良好的预测价值,临床上可考虑计算每位就诊 PCOS 患者的 CVAI,

特别是对于抵触行 OGTT、OGIRT 的患者, 根据其 CVAI 水平决定是否进一步行糖代谢检查, 将有助于减轻患者的生理和心理负担, 节约时间成本。

参考文献

- [1] Yang, R., Li, Q., Zhou, Z., Qian, W., Zhang, J., Wu, Z., *et al.* (2022) Changes in the Prevalence of Polycystic Ovary Syndrome in China over the Past Decade. *The Lancet Regional Health—Western Pacific*, **25**, Article ID: 100494. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2022.100494>
- [2] Patel, S. (2018) Polycystic Ovary Syndrome (PCOS), an Inflammatory, Systemic, Lifestyle Endocrinopathy. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, **182**, 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2018.04.008>
- [3] Li, W., Chen, Q., Xie, Y., Hu, J., Yang, S. and Lin, M. (2018) Prevalence and Degree of Insulin Resistance in Chinese Han Women with PCOS: Results from Euglycemic-Hyperinsulinemic Clamps. *Clinical Endocrinology*, **90**, 138-144. <https://doi.org/10.1111/cen.13860>
- [4] 中华预防医学会生育力保护分会生殖内分泌生育保护学组, 田素杰, 吴洁. 多囊卵巢综合征合并胰岛素抵抗诊治专家共识[J]. 生殖医学杂志, 2024, 33(9): 1133-1140.
- [5] 袁莹莹, 赵君利. 多囊卵巢综合征流行病学特点[J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2019, 35(3): 261-264.
- [6] Wajchenberg, B.L. (2000) Subcutaneous and Visceral Adipose Tissue: Their Relation to the Metabolic Syndrome. *Endocrine Reviews*, **21**, 697-738. <https://doi.org/10.1210/er.21.6.697>
- [7] Mina, T., Xie, W., Low, D.Y., Wang, X., Lam, B.C.C., Sadhu, N., *et al.* (2024) Adiposity and Metabolic Health in Asian Populations: An Epidemiological Study Using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in Singapore. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **12**, 704-715. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(24\)00195-5](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(24)00195-5)
- [8] Amato, M.C., Giordano, C., Galia, M., Criscimanna, A., Vitabile, S., Midiri, M., *et al.* (2010) Visceral Adiposity Index: A Reliable Indicator of Visceral Fat Function Associated with Cardiometabolic Risk. *Diabetes Care*, **33**, 920-922. <https://doi.org/10.2337/dc09-1825>
- [9] Al-Daghri, N.M., Al-Attas, O.S., Alokail, M.S., Alkharfy, K.M., Charalampidis, P., Livadas, S., *et al.* (2012) Visceral Adiposity Index Is Highly Associated with Adiponectin Values and Glycaemic Disturbances. *European Journal of Clinical Investigation*, **43**, 183-189. <https://doi.org/10.1111/eci.12030>
- [10] Xia, M., Chen, Y., Lin, H., Ma, H., Li, X., Aleteng, Q., *et al.* (2016) A Indicator of Visceral Adipose Dysfunction to Evaluate Metabolic Health in Adult Chinese. *Scientific Reports*, **6**, Article No. 38214. <https://doi.org/10.1038/srep38214>
- [11] 多囊卵巢综合征诊治路径专家共识编写组. 多囊卵巢综合征诊治路径专家共识[J]. 中华生殖与避孕杂志, 2023, 43(4): 337-345.
- [12] Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group (2004) Revised 2003 Consensus on Diagnostic Criteria and Long-Term Health Risks Related to Polycystic Ovary Syndrome (PCOS). *Human Reproduction*, **19**, 41-47. <https://doi.org/10.1093/humrep/deh098>
- [13] Matthews, D.R., Hosker, J.P., Rudenski, A.S., Naylor, B.A., Treacher, D.F. and Turner, R.C. (1985) Homeostasis Model Assessment: Insulin Resistance and β -Cell Function from Fasting Plasma Glucose and Insulin Concentrations in Man. *Diabetologia*, **28**, 412-419. <https://doi.org/10.1007/bf00280883>
- [14] 中国医师协会内分泌代谢科医师分会. 多囊卵巢综合征诊治内分泌专家共识[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2018, 34(1): 1-7.
- [15] 中华医学会糖尿病学分会胰岛素抵抗学组(筹). 胰岛素抵抗评估方法和应用的专家指导意见[J]. 中华糖尿病杂志, 2018, 10(6): 377-385.
- [16] Villa, J. and Pratley, R.E. (2011) Adipose Tissue Dysfunction in Polycystic Ovary Syndrome. *Current Diabetes Reports*, **11**, 179-184. <https://doi.org/10.1007/s11892-011-0189-8>
- [17] Repaci, A., Gambineri, A. and Pasquali, R. (2011) The Role of Low-Grade Inflammation in the Polycystic Ovary Syndrome. *Molecular and Cellular Endocrinology*, **335**, 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2010.08.002>
- [18] Boden, G. (2008) Obesity and Free Fatty Acids. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, **37**, 635-646. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2008.06.007>
- [19] Scott, D., Joham, A., Teede, H., Gibson-Helm, M., Harrison, C., Cassar, S., *et al.* (2016) Associations of Vitamin D with Inter- and Intra-Muscular Adipose Tissue and Insulin Resistance in Women with and without Polycystic Ovary Syndrome. *Nutrients*, **8**, Article 774. <https://doi.org/10.3390/nu8120774>
- [20] Shi, J., Bao, G., Hong, J., Wang, S., Chen, Y., Zhao, S., *et al.* (2021) Deciphering CT Texture Features of Human Visceral Fat to Evaluate Metabolic Disorders and Surgery-Induced Weight Loss Effects. *eBioMedicine*, **69**, Article ID: 103471. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2021.103471>