

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.06.013

性早熟女童子宫和卵巢发育超声参数与血清 IGF-1、IGFBP-3、IGF-1/IGFBP-3 的相关性及诊断价值*

刘明容,王小琴,王丽洁

四川省广元市第一人民医院超声科,四川广元 628017

摘要:目的 探讨性早熟女童子宫和卵巢发育超声参数与血清胰岛素样生长因子(IGF)-1、胰岛素样生长因子结合蛋白(IGFBP)-3、IGF-1/IGFBP-3 的相关性及其诊断价值。方法 选取 2023 年 7 月至 2024 年 7 月该院收治的 95 例性早熟女童纳入研究组,同期 95 例健康体检女童纳入对照组,回顾性收集研究对象临床资料。比较 2 组子宫、卵巢发育超声参数,血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3。采用 Pearson 相关分析子宫、卵巢发育超声参数与血清 IGF-1、IGFBP-3、IGF-1/IGFBP-3 的相关性。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 IGF-1、IGFBP-3 及 IGF-1/IGFBP-3 对女童性早熟的诊断价值。结果 研究组子宫长径、子宫容积、内膜厚度、卵巢最大长径、卵巢容积、最大卵泡直径均大于对照组($P < 0.05$),血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 高于对照组($P < 0.05$)。Pearson 相关分析结果显示,研究组子宫发育超声参数(子宫长径、子宫容积、内膜厚度)、卵巢发育超声参数(卵巢最大长径、卵巢容积、最大卵泡直径)与血清 IGF-1、IGFBP-3、IGF-1/IGFBP-3 呈正相关($P < 0.05$)。IGF-1/IGFBP-3 诊断女童性早熟的曲线下面积大于 IGF-1、IGFBP-3 单独诊断的曲线下面积($P < 0.05$)。结论 性早熟女童伴有子宫、卵巢发育异常,血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 均升高,女童子宫、卵巢发育超声参数与血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 呈正相关,且 IGF-1/IGFBP-3 可作为评估女童性早熟的重要参考指标。

关键词:性早熟; 超声; 子宫; 卵巢; 胰岛素样生长因子-1; 胰岛素样生长因子结合蛋白-3

中图法分类号:R725.81;R445.1

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2026)06-0797-06

Correlation and diagnostic value of ultrasonographic parameters of uterine and ovarian development with serum IGF-1, IGFBP-3 and IGF-1/IGFBP-3 in girls with precocious puberty*

LIU Mingrong, WANG Xiaoqin, WANG Lijie

Department of Ultrasound, the First People's Hospital of Guangyuan,
Guangyuan, Sichuan 628017, China

Abstract: Objective To investigate the correlation between ultrasonographic parameters of uterine and ovarian development and serum levels of insulin-like growth factor-1 (IGF-1), insulin-like growth factor binding protein-3 (IGFBP-3) and IGF-1/IGFBP-3, and to evaluate their diagnostic value in girls with precocious puberty. **Methods** A total of 95 girls with precocious puberty admitted to the hospital from July 2023 to July 2024 were enrolled as the study group, and 95 healthy girls undergoing physical examination during the same period were enrolled as the control group. Clinical data were collected retrospectively. The ultrasonographic parameters of uterine and ovarian development, serum levels of IGF-1 and IGFBP-3 and the IGF-1/IGFBP-3 were compared between the two groups. Pearson correlation analysis was used to assess the correlations between the parameters of uterine and ovarian development and serum levels of IGF-1 and IGFBP-3, as well as the IGF-1/IGFBP-3 ratio. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was employed to evaluate the diagnostic value of serum IGF-1, IGFBP-3 and the IGF-1/IGFBP-3 for precocious puberty in girls. **Results** Uterine longitudinal diameter, uterine volume, endometrial thickness, maximum ovarian longitudinal diameter, ovarian volume and maximum follicle diameter in the study group were significantly greater than those in the control group ($P < 0.05$). Serum levels of IGF-1 and IGFBP-3, and the IGF-1/IGFBP-3 were also significantly higher in the study group ($P < 0.05$). The parameters of uterine development (uterine longitudinal diameter,

* 基金项目:四川省广元市指导性科技计划项目(21ZDYF0066)。

作者简介:刘明容,女,主治医师,主要从事儿童性早熟超声方向的研究。

引用格式:刘明容,王小琴,王丽洁.性早熟女童子宫和卵巢发育超声参数与血清 IGF-1、IGFBP-3、IGF-1/IGFBP-3 的相关性及诊断价值

uterine volume and endometrial thickness) and ovarian development (maximum ovarian longitudinal diameter, ovarian volume, and maximum follicle diameter) were positively correlated with serum levels of IGF-1, IGFBP-3, and the IGF-1/IGFBP-3 ($P < 0.05$). The area under the curve of the IGF-1/IGFBP-3 ratio for diagnosing precocious puberty was greater than that of IGF-1 or IGFBP-3 alone ($P < 0.05$). **Conclusion** Girls with precocious puberty exhibit abnormal uterine and ovarian development, accompanied by elevated serum levels of IGF-1, IGFBP-3 and the IGF-1/IGFBP-3. Ultrasonographic parameters of uterine and ovarian development show positive correlations with these serum markers. The IGF-1/IGFBP-3 may serve as a valuable reference indicator for the assessment of precocious puberty in girls.

Key words: precocious puberty; ultrasonography; uterus; ovary; insulin-like growth factor-1; insulin-like growth factor binding protein-3

女性性早熟是儿童内分泌疾病,属于临床中较为常见的发育异常,表现为女童在 8 岁前出现第二性征发育。由于生长板过早融合,性早熟儿童往往比同龄人骨骺过早闭合,生长期缩短,导致成年身高受损。此外,学龄期及学龄前儿童智力与性认知尚未发育成熟,青春期提早出现易引起儿童异常行为,不利于身心健康发育^[1-2]。临床实践中,性早熟的诊断不仅依赖体格检查,还需明确下丘脑-垂体-性腺轴(HPGA)是否被激活。促性腺激素释放激素(GnRH)激发试验虽为金标准,但存在操作复杂、费用高、患儿依从性差等局限性。因此,探索更便捷、可靠的辅助诊断指标具有重要临床价值。彩色多普勒超声作为一种无创、可重复的成像方式,可通过测量子宫长径、内膜厚度、卵巢容积等定量参数评估女童性腺发育水平,反映 HPGA 的功能状态,是性早熟临床评估的重要手段之一^[3]。此外,生长因子在性早熟的发病机制中也扮演重要角色。HPGA 激活后,一方面促使促性腺激素分泌增加,另一方面刺激垂体前叶释放生长激素,通过肝脏生成胰岛素样生长因子(IGF)-1,并同步上调胰岛素样生长因子结合蛋白(IGFBP)-3 的表达。二者共同构成 IGF 系统,协同调控儿童的生长发育与代谢平衡^[4]。值得注意的是,IGF-1 与 IGFBP-3 的摩尔比值(IGF-1/IGFBP-3)被认为能更准确地反映游离活性 IGF-1 的水平,即发挥生物学作用的部分,该比值在评估生长激素敏感性、骨龄发育及青春期启动方面具有优势。ESCAGEDO 等^[5]的研究发现,IGF-1/IGFBP-3 与青春期早启动高度相关,可作为反映内分泌轴激活程度的潜在生物标志物。然而,目前关于该比值在性早熟早期诊断中的系统研究仍较有限。基于此,本研究旨在通过分析性早熟女童子宫与卵巢发育超声参数与血清 IGF-1、IGFBP-3 及 IGF-1/IGFBP-3 的关联,并探讨上述指标对性早熟的辅助诊断价值,以期为临床防治提供参考和依据,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2023 年 7 月至 2024 年 7 月本院收治的 95 例性早熟女童作为研究组,同期年龄、体质质量指数(BMI)匹配的 95 例健康体检女童作为对照

组,回顾性收集其临床资料。研究组纳入标准:符合《女性性早熟的诊治共识》^[6]中性早熟的诊断标准。(1)第二性征在 8 岁前出现;(2)生长加速,骨龄超过实际年龄 1 年以上,年身高增长量 > 7 cm;(3)GnRH 激发试验提示黄体生成素(LH)峰值 > 5 IU/L,且 LH 峰值/卵泡刺激素(FSH)峰值比值 > 0.6 ;(4)盆腔超声结果检查显示卵巢容积 > 1 mL,且可见多个直径 ≥ 4 mm 的卵泡。对照组纳入标准:(1)体格检查未见乳房发育、阴毛或腋毛等第二性征;(2)骨龄与实际年龄差异 ≤ 1 年;(3)盆腔超声检查结果显示子宫及卵巢发育处于同年龄正常青春期前水平。2 组排除标准:(1)存在外周性性早熟、性发育异常或继发于中枢神经系统肿瘤、肾上腺疾病等明确病因的性早熟;(2)合并甲状腺功能异常、生长激素缺乏症、库欣综合征等影响生长发育的内分泌疾病;(3)患有慢性肝肾疾病、自身免疫性疾病、遗传代谢病或恶性肿瘤;(4)入组前 6 个月内曾使用可能影响性腺轴或生长发育的药物(如糖皮质激素、性激素等);(5)临床、实验室或影像学资料不全。本研究经本院医学伦理委员会审核批准(审批号:GYYYLW2025030401),符合豁免签署知情同意书的伦理审查要求。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 性早熟女童与健康体检女童的基线资料来自本院电子病历系统,包括年龄、身高、体质量、BMI、骨龄。

1.2.2 超声检查 采用飞利浦 EPIQ5 彩色超声诊断仪(探头频率为 3.5~5.0 MHz)进行检查,所有超声检查均由具有高级职称且具备 5 年以上妇幼超声专科经验的医师独立完成操作。检查前要求受试儿童膀胱适度充盈,采用仰卧位,经腹部标准化扫描获取卵巢和子宫的图像,规范测量子宫(长径、容积、内膜厚度)及卵巢(长径、容积、最大卵泡直径),容积公式:长 \times 宽 \times 高 $\times 0.523$ 。

1.2.3 血液指标检测 入组后抽取受试儿童静脉血(约 5 mL),离心(转速 3 000 r/min、半径 12.50 cm、时间 15 min)后得到上清液,采用酶联免疫吸附试验测定血清 IGF-1(试剂盒由上海岚派生物科技有限公

司提供,货号:hj-C15348)及 IGFBP-3(试剂盒由西门子医学诊断产品有限公司提供,货号:RE57821)水平,试剂盒组间和组内 CV 均 < 5%。操作严格按照试剂盒说明书进行,检测人员均为专职检验技师,采用盲法编号,确保检测的客观性。IGF-1/IGFBP-3 计算公式为 $[IGF-1(\text{ng/mL}) \times 0.13] / [IGFBP-3(\text{ng/mL}) \times 0.035]$ 。其中,换算系数 0.13 和 0.035 分别根据 IGF-1 与 IGFBP-3 的相对分子质量(分别为 7.65×10^3 和 28.6×10^3)计算得出,用于将质量浓度转换为摩尔浓度^[7]。

1.3 统计学处理 采用 SPSS26.0 统计软件分析数据。计量资料均符合正态分布(通过 K-S 法检验)以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 *t* 检验进行 2 组间比较;计

数资料以例数或百分率表示,采用 χ^2 检验进行组间比较;采用 Pearson 相关分析研究组子宫、卵巢发育超声参数与血清 IGF-1、IGFBP-3 及 IGF-1/IGFBP-3 的相关性;采用受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 IGF-1、IGFBP-3 及 IGF-1/IGFBP-3 对女童性早熟的诊断价值,并计算曲线下面积(AUC)、诊断灵敏度及特异度,AUC 比较采用 DeLong 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组基线资料比较 2 组年龄、BMI 比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);研究组身高、体质量及骨龄均大于对照组($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 2 组基线资料比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	年龄(岁)	身高(cm)	体质量(kg)	BMI(kg/m ²)	骨龄(岁)
研究组	95	7.21±0.41	126.19±6.38	28.62±4.04	18.00±1.54	8.43±0.42
对照组	95	7.19±0.35	122.65±6.55	26.15±4.16	17.38±1.77	7.27±0.40
<i>t</i>		0.362	3.773	4.152	1.869	19.494
<i>P</i>		0.718	<0.001	<0.001	0.063	<0.001

2.2 2 组子宫发育超声参数比较 研究组子宫长径、子宫容积、内膜厚度均大于对照组($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 2 组子宫发育超声参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	子宫长径(cm)	子宫容积(mL)	内膜厚度(mm)
研究组	95	2.55±0.47	3.31±0.59	2.31±0.78
对照组	95	2.27±0.39	1.94±0.45	1.07±0.35
<i>t</i>		4.469	17.996	14.137
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

2.3 2 组卵巢发育超声参数比较 研究组卵巢最大长径、容积、最大卵泡直径均大于对照组($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 2 组卵巢发育超声参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	卵巢最大长径(cm)	卵巢容积(mL)	最大卵泡直径(mm)
研究组	95	2.35±0.57	2.46±0.41	4.92±0.82
对照组	95	1.93±0.36	1.47±0.34	3.37±0.66
<i>t</i>		6.072	18.116	14.352
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

2.4 2 组血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 比较 研究组血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 均高于对照组($P < 0.05$)。见表 4。

2.5 研究组子宫、卵巢发育超声参数与血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 的相关性分析

Pearson 相关分析结果显示,研究组子宫发育超声参数(子宫长径、容积、内膜厚度)、卵巢发育超声参数(卵巢最大长径、容积、最大卵泡直径)与血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 均呈正相关($P < 0.05$)。见表 5。

表 4 2 组血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	IGF-1(μg/L)	IGFBP-3(mg/L)	IGF-1/IGFBP-3
研究组	95	222.87±48.76	3.63±0.31	0.23±0.03
对照组	95	187.73±48.21	3.41±0.30	0.20±0.04
<i>t</i>		4.955	4.971	5.882
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

表 5 研究组子宫、卵巢发育超声参数与血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 的相关性分析

项目	IGF-1		IGFBP-3		IGF-1/IGFBP-3	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
子宫长径	0.410	<0.001	0.357	<0.001	0.455	<0.001
子宫容积	0.477	<0.001	0.475	<0.001	0.571	<0.001
内膜厚度	0.605	<0.001	0.597	<0.001	0.648	<0.001
卵巢最大长径	0.459	<0.001	0.517	<0.001	0.723	<0.001
卵巢容积	0.512	<0.001	0.374	<0.001	0.595	<0.001
最大卵泡直径	0.454	0.012	0.464	<0.001	0.435	<0.001

2.6 血清 IGF-1、IGFBP-3、IGF-1/IGFBP-3 对女童性早熟的诊断价值 以是否患性早熟为状态变量(性早熟 = 1, 非性早熟 = 0), 血清 IGF-1、IGFBP-3 及 IGF-1/IGFBP-3 为检验变量, 绘制 ROC 曲线, 分析其对女童性早熟的诊断效能。结果显示, 血清 IGF-1、

IGFBP-3 及 IGF-1/IGFBP-3 诊断女童性早熟的 AUC 分别为 0.712、0.699、0.772, 其中 IGF-1/IGFBP-3 的 AUC 大于 IGF-1 和 IGFBP-3 的 AUC ($Z = 2.193, P = 0.028; Z = 2.282, P = 0.023$)。见表 6、图 1。

表 6 血清 IGF-1、IGFBP-3、IGF-1/IGFBP-3 对女童性早熟的诊断效能

指标	最佳截断值	AUC	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	P	AUC 的 95%CI
IGF-1	214.44 μg/L	0.712	65.26	71.58	0.368	<0.001	0.642~0.775
IGFBP-3	3.52 mg/L	0.699	60.00	75.79	0.358	<0.001	0.628~0.763
IGF-1/IGFBP-3	0.196	0.772 ^{ab}	82.11	67.37	0.495	<0.001	0.706~0.830

注:与血清 IGF-1 比较, ^a $P < 0.05$;与血清 IGFBP-3 比较, ^b $P < 0.05$ 。

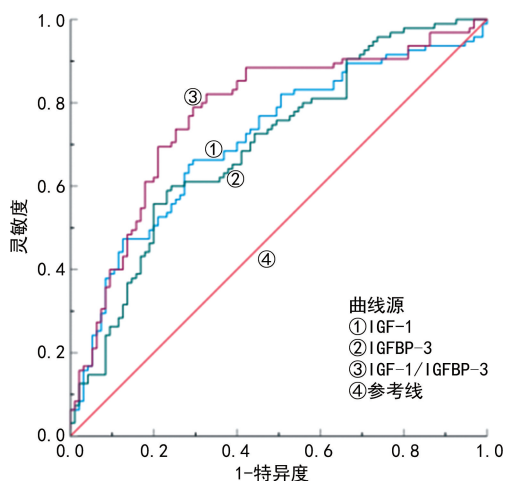


图 1 血清 IGF-1、IGFBP-3、IGF-1/IGFBP-3 诊断女童性早熟的 ROC 曲线

3 讨论

近年来,随着经济水平提升,人们的饮食习惯、生活环境也发生巨大改变,全球范围内儿童性早熟发病率呈逐年升高的趋势,且性早熟发病年龄趋于低龄化,其中女童发病率是男童的 5 倍^[8-9]。对于性早熟儿童,早期干预是防止骨骺过早闭合、保持生长潜力、增加身高的重要途径,早期诊断对于性早熟患儿的预后改善至关重要。本研究分析了性早熟女童血清 IGF-1、IGFBP-3、IGF-1/IGFBP-3 与子宫和卵巢发育超声参数的相关性以及对性早熟的诊断价值。

相较于其他检查方式,超声具有无创、便捷的优点,可对相关指标进行定量测量。患儿在检查过程中依从性较好,使其易于在临床常规开展。在学龄期,女童的子宫、卵巢发育较缓慢;而随着年龄增长,其体内性激素水平升高,对子宫、卵巢的生长发育起到促进作用。因此,有学者提出,利用超声检查直接观察子宫和卵巢的形态及大小,根据二者发育程度能够辅助诊断性早熟^[10-11]。樊秋兰等^[12]研究表明,通过比较子宫长径、容积等参数,可有效鉴别儿童性早熟和单纯性乳房发育。而卵巢发育的相关参数是鉴别性早熟的重要指标,性早熟儿童除了卵巢容积增大,还伴

有卵巢最大长径增加、卵泡数量增多的现象,且卵泡直径能够反映发育进展^[13-14]。HPGA 提前激活可导致雌激素、LH、FSH 过早分泌,性激素可直接作用于子宫、卵巢,导致器官发育时间提前,体积增大^[15]。

除性激素轴外,生长激素-IGF 轴也与生长发育密切相关。IGF-1 是一种多肽激素,主要由肝脏在生长激素的刺激下合成,它具有内分泌、自分泌、旁分泌等特性,并以此发挥生理功能^[16]。IGF-1 是生长激素发挥生物学效应的介导者,通过促进细胞分裂、组织生长、骨骼发育等,影响儿童的生长发育过程^[17]。IGFBP-3 是一种主要由肝脏合成的糖蛋白,与 IGF-1 相似,其合成与分泌也主要受生长激素的调节。但与生长激素相反,IGF-1、IGFBP-3 水平相对稳定,昼夜变化波动小^[18-19]。作为 IGF-1 的主要结合蛋白,IGFBP-3 能够调节 IGF-1 生物活性,使 IGF-1 免受降解,延长其半衰期,并在血液中形成稳定的 IGF-1/IGFBP-3 复合物^[20-21]。因此,二者作为实验室生物学指标可靠性较好。IGF-1/IGFBP-3 在诊断效能上优于单一指标,其核心机制在于:该比值通过精准反映血清游离 IGF-1 水平,避免单一指标检测时因结合蛋白饱和造成的生物活性误判;同时该比值整合生长激素对 IGF-1、IGFBP-3 的双重调控效应,较单一一指标增幅更大,抗代谢及疾病干扰的能力更强。研究表明,血清 IGF-1 与 IGFBP-3 水平随儿童年龄增长而升高,于青春期达峰,故常被用作评估生长与性发育进程的生物学指标^[22]。在本研究中,子宫、卵巢发育超声参数与血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 均呈正相关,尤其是 IGF-1/IGFBP-3 与子宫内膜厚度($r = 0.648$)、卵巢最大长径($r = 0.723$)的相关性更高,说明该比值可能作为性发育进程中的敏感生物标志物。值得注意的是,最大卵泡直径与 IGF-1 的相关性虽具有统计学意义($P = 0.012$),但其关联强度可能相对较弱($r = 0.454$),这可能与优势卵泡直径存在生理性波动、单次测量随机性较大有关。对此结果的解读需谨慎,未来有待更大样本研究证实。

研究显示,IGF 系统在青春期启动与发育中扮演重要角色。该系统主要包括 IGF-1、IGF-2、IGF 受体 1、IGF 受体 2 及结合蛋白家族,其中 IGFBP-3 是血液中含量最丰富的 IGFBP^[23-24]。随着 HPGA 启动,分泌增多的性激素可协同刺激生长激素分泌,进而上调生长激素/IGF 轴的活跃度,使血液中 IGF-1、IGFBP-3 水平升高。相较于健康儿童,性早熟儿童体内代谢处于紊乱状态,体脂、瘦素水平及胰岛素敏感性异常,可能促进 IGF-1 水平升高^[25]。此外,性早熟儿童普遍存在骨骼成熟加速现象,而 IGF-1 能刺激软骨细胞增殖、骨骼生长和矿化,因此在性早熟儿童体内,骨龄提前也伴随 IGF-1 水平异常^[26-27]。测定 IGFBP-3 水平可以间接反映 IGF-1 生物活性,评估性早熟儿童的发育程度;而当 IGFBP-3 与 IGF-1 结合时,前者能促进后者持续发挥作用,反映其分泌状态^[28]。自机体发育伊始,IGFBP-3 水平随着 IGF-1 水平的升高而升高,以维持二者比值的相对稳定。然而研究显示,在性早熟儿童中,性激素的过度刺激可能导致 IGF-1 水平的升高幅度超过 IGFBP-3,致使 IGF-1/IGFBP-3 升高,提示 IGF-1 活性增强,儿童正处于快速的性发育和生长期^[29-30]。本研究 ROC 曲线分析结果显示,IGF-1/IGFBP-3 诊断性早熟的 AUC 及灵敏度优于单一指标,但特异度(67.37%)略低于单一指标,提示该比值更适合作为高敏感性的筛查工具,而非确诊工具。GnRH 激发试验虽为诊断性早熟的金标准,但存在检查周期长、费用高、依从性差等限制,亟需可替代或辅助的敏感生物标志物。因此,该比值在临床初筛中更具有价值,可作为 GnRH 激发试验前的重要辅助指标,尤其在基层医疗单位或资源受限地区,能有效提高筛查效率、降低漏诊风险。

但本研究仍存在一定局限性,本研究为单中心、回顾性研究,可能存在一定的地域人群特异性,且部分样本可能偏向临床表现较明显的重症患儿,存在选择偏倚。因此,未来需开展多中心、大样本、前瞻性研究,以进一步验证本研究结论的外推性和普适性。在混杂因素控制方面,本研究已对性早熟患儿与健康对照儿童的年龄、BMI 等基本特征进行匹配,统计结果显示 2 组 BMI 无显著差异($P>0.05$),可在一定程度上减少由体型差异造成的混淆。然而,儿童性发育受多种因素影响,体脂率、胰岛素、瘦素、环境内分泌干扰物等代谢及环境因素亦可能参与 IGF 系统的调控。因此,未来研究应纳入更多代谢相关指标与环境因素协同评估,并结合骨龄评估与多因素 Logistic 回归模型,进一步阐明 IGF-1/IGFBP-3 在性早熟发生机制中的具体作用,为临床精准干预提供更强证据支持。

综上所述,性早熟女童的子宫、卵巢发育超声参数异常,血清 IGF-1、IGFBP-3 水平及 IGF-1/IGFBP-3 升高,IGF 相关指标与子宫、卵巢发育具有一定的相

关性。IGF-1/IGFBP-3 能够动态反映 IGF 系统活性,有望成为辅助临床早期筛查与诊断女童性早熟的实用生物标志物。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 刘明容:论文选题,初稿撰写,大部文献检索,数据分析;王小琴:部分文献检索,数据分析;王丽洁:论文选题指导,修改及审阅。

参考文献

- [1] ZHAO M M, LIU M J, CAO B Y, et al. Associations between body mass index and pubertal development based on the outcomes of girls with early breast development[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13:991908.
- [2] DONG Y, DAI L L, DONG Y, et al. Analysis of risk factors of precocious puberty in children [J]. *BMC Pediatr*, 2023, 23(1):456.
- [3] 刘倩兰. 彩色多普勒超声联合血清性激素水平对特发性性早熟女童治疗前后子宫卵巢的诊断价值[J]. *中国妇幼保健*, 2024, 39(16):3221-3224.
- [4] 赵佳佳, 赵蓓, 应小明. 重组人生长激素联合维生素 D 对矮小患儿胰岛素样生长因子结合蛋白 3 和胰岛素样生长因子 1 水平的影响[J]. *中国妇幼保健*, 2024, 39(13):2413-2417.
- [5] ESCAGEDO P D, DEAL C L, DWYER A A, et al. Insulin-like growth factor 1, but not insulin-like growth factor-binding protein 3, predicts central precocious puberty in girls 6-8 years old: a retrospective study[J]. *Horm Res Paediatr*, 2021, 94(1/2):44-51.
- [6] 中华预防医学会妇女保健分会青春期学组. 女性性早熟的诊治共识[J]. *中国妇幼健康研究*, 2018, 29(2):135-138.
- [7] LÖFQVIST C, ANDERSSON E, GELANDER L, et al. Reference values for insulin-like growth factor-binding protein-3 (IGFBP-3) and the ratio of insulin-like growth factor- I to IGFBP-3 throughout childhood and adolescence [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2005, 90(3):1420-1427.
- [8] CHEUICHE A V, DA SILVEIRA L G, DE PAULA L C P, et al. Diagnosis and management of precocious sexual maturation: an updated review[J]. *Eur J Pediatr*, 2021, 180(10):3073-3087.
- [9] LIU Y F, YU T T, LI X Q, et al. Prevalence of precocious puberty among Chinese children: a school population-based study [J]. *Endocrine*,

- 2021,72(2):573-581.
- [10] HAGE C, GAN H W, IBBA A, et al. Advances in differential diagnosis and management of growth hormone deficiency in children[J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2021, 17(10):608-624.
- [11] SMETS A M, SOFIA C, BRUNO C, et al. Abdominal imaging in precocious puberty in girls: can imaging determine onset of puberty[J]. *Pediatr Radiol*, 2025, 55(4):660-673.
- [12] 樊秋兰, 徐丽伟, 徐晓美, 等. 特发性中枢性性早熟与单纯乳房早发育女童卵巢和子宫超声征象的对比分析[J]. *中国妇幼保健*, 2022, 37(23):4406-4408.
- [13] KENDIRCI H N P, KABA I, FIDAN N. Evaluation of pituitary/cranial imaging results of central puberty precocious cases [J]. *Niger J Clin Pract*, 2022, 25(4):466-472.
- [14] 车晓晴, 王沛, 李君. 学龄期特发性中枢性性早熟的影响因素及干预策略[J]. *海南医学*, 2023, 34(16):2367-2371.
- [15] 唐蓉. 三维超声、血清性激素联合骨龄指数对女童性早熟的诊断价值[J]. *川北医学院学报*, 2023, 38(5):701-704.
- [16] LEROITH D, HOLLY J M P, FORBES B E. Insulin-like growth factors: ligands, binding proteins, and receptors[J]. *Mol Metab*, 2021, 52:101245.
- [17] 张丹丹, 谢蓉蓉, 吴海瑛, 等. 血清胰岛素样生长因子-1、硫酸脱氢表雄酮、抗苗勒管激素及骨形态发生蛋白 6 在快进展型青春期中女童中的早期预警价值[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2021, 36(2):94-99.
- [18] TALARICO V, RODIO M B, VISCOMI A, et al. The role of pelvic ultrasound for the diagnosis and management of central precocious puberty: an update[J]. *Acta Biomed*, 2021, 92(5):e2021480.
- [19] SONG X L, ZHOU J P, HAN T T, et al. Early warning value of multiple serum indicators combined with ultrasound detection in girls with central precocious puberty[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2025, 16:1518764.
- [20] 钱昊, 俞艳梅, 吴琪, 等. 矮小症儿童骨密度与血清维生素 D IGF-1 IGFBP-3 的相关性分析[J]. *河北医学*, 2022, 28(7):1148-1152.
- [21] OUYANG L X, YANG F. Combined diagnostic value of insulin-like growth factor-1, insulin-like growth factor binding protein-3, and baseline luteinizing hormone levels for central precocious puberty in girls[J]. *J Pediatr Endocrinol Metab*, 2022, 35(7):874-879.
- [22] 向静瑶, 王晓瑜, 徐开渝, 等. 儿童性早熟血清 IGF-1、FSH、LH 变化及影响因素[J]. *临床误诊误治*, 2022, 35(12):63-67.
- [23] 韩素云. 特发性矮小症患者维生素 D 水平变化及与体格发育的相关性研究[D]. 南昌:南昌大学, 2021.
- [24] SHI L, JIANG Z Y, ZHANG L. Childhood obesity and central precocious puberty[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13:1056871.
- [25] 惠琼琼, 师丛, 叶新华, 等. 肥胖儿童 IGF-1 与中枢性性早熟的相关性研究[J]. *医学研究杂志*, 2023, 52(1):56-60.
- [26] ALMALKI A. Association of salivary IGF and IGF/IGFBP-3 molar ratio with cervical vertebral maturation stages from pre-adolescent to post-adolescent transition period: a cross-sectional exploratory study[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(9):5172.
- [27] CHEN H, MO C Y, ZHONG L Y, et al. Heterogeneity of IGF-1 levels in children with hCG-Induced precocious puberty[J]. *Int J Endocrinol*, 2022, 2022:1068896.
- [28] PARK J H, HWANG I T, YANG S. Relationship between growth velocity and change of levels of insulin-like growth factor-1, insulin-like growth factor binding protein-3 and, IGFBP-3 promoter polymorphism during GnRH agonist treatment[J]. *Ann Pediatr Endocrinol Metab*, 2020, 25(4):234-239.
- [29] 张静静, 贾媛媛, 胡苗苗, 等. 重组人生长激素对特发性矮小症儿童血清 IGF-1/IGFBP-3 摩尔比的影响及其临床意义[J]. *东南大学学报(医学版)*, 2023, 42(5):681-687.
- [30] JURIAANS A F, TRUEBA-TIMMERMANS D J, KERKHOF G F, et al. The effects of 5 years of growth hormone treatment on growth and body composition in patients with Temple syndrome[J]. *Horm Res Paediatr*, 2023, 96(5):483-494.

(收稿日期:2025-08-22 修回日期:2025-12-12)

(编辑:廖薇薇 熊欣然)