

[妇幼营养研究]

超重/肥胖儿童 25(OH)D、骨龄、IGF-1 变化 及与性早熟关系的分析

陈 宁¹, 李学超¹, 郭丽侠¹, 牟芳芳¹, 高 宇², 王建忠², 朱洪斌²

(秦皇岛市妇幼保健院 1. 儿童保健科; 2. 新生儿科, 河北 秦皇岛 066000)

[摘要] 目的 探究超重/肥胖儿童 25 羟维生素 D [25(OH)D]、骨龄、胰岛素样生长因子 1 (IGF-1) 变化及与性早熟 (CPP) 的关系。**方法** 选择 2022 年 7 月至 2024 年 5 月秦皇岛市妇幼保健院收治的 104 例超重/肥胖儿童为研究对象, 根据其是否发生中枢性性早熟分为性早熟组 ($n=32$) 与非性早熟组 ($n=72$)。对比两组患儿 25(OH)D、骨龄、IGF-1 及其他临床指标情况; 采用 Pearson 法分析超重/肥胖儿童 25(OH)D、骨龄、IGF-1 水平与临床指标的相关性; 采用受试者工作特征 (ROC) 曲线分析 25(OH)D、骨龄、IGF-1 对超重/肥胖儿童中枢性性早熟的诊断价值。**结果** 性早熟组患儿身高、体质指数 (BMI)、总胆固醇 (TC)、三酰甘油 (TG)、低密度脂蛋白 (LDL)、雌二醇 (E_2)、促黄体生成素 (LH)、男童睾酮 (T) 水平均高于非性早熟组, 差异有统计学意义 (t 值介于 2.366~11.348 之间, $P<0.05$); 性早熟组 25(OH)D 低于非性早熟组, 而骨龄与 IGF-1 高于非性早熟组, 差异有统计学意义 (t 值介于 2.698~8.268 之间, $P<0.05$); 超重/肥胖儿童 25(OH)D 与 TC、LDL、 E_2 、LH 均呈负相关性 (r 值介于 -0.681~-0.528 之间, $P<0.05$), 而骨龄、IGF-1 水平分别与 TC、LDL、 E_2 、LH 指标呈正相关性 (r 值介于 0.534~0.735 之间, $P<0.05$); ROC 曲线结果显示, 当 25(OH)D 临界值为 70.27 ng/mL、骨龄为 8.65 岁、IGF-1 为 341.47 pg/mL 时, 3 项指标联合诊断的曲线下面积 (AUC) 为 0.872, 灵敏度为 96.88%, 特异度为 62.50%, 联合诊断价值更高。**结论** 超重/肥胖中枢性性早熟儿童 25(OH)D 下降, 骨龄、IGF-1 异常上升, 3 项指标有可能作为诊断超重/肥胖儿童发生中枢性性早熟的标志物。

[关键词] 超重; 肥胖; 性早熟; 儿童; 骨龄; 25 羟维生素 D; 胰岛素样生长因子 1

Doi: 10.3969/j.issn.1673-5293.2025.06.010

[中图分类号] R179

[文献标识码] A

[文章编号] 1673-5293(2025)06-0064-06

Analysis of changes in 25(OH)D, bone age, and IGF-1 in overweight/obese children and association with central precocious puberty

CHEN Ning¹, LI Xuechao¹, GUO Lixia¹, MOU Fangfang¹, GAO Yu², WANG Jianzhong², ZHU Hongbin²

(1. Department of Child Health, Maternity and Child Care Center of Qinhuangdao, Hebei Qinhuangdao 066000, China;

2. Department of Neonatology, Maternity and Child Care Center of Qinhuangdao, Hebei Qinhuangdao 066000, China)

[Abstract] Objective To investigate the changes in 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D], bone age, and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in overweight/obese children and the association with central precocious puberty (CPP). **Methods** A total of 104 overweight/obese children admitted to Qinhuangdao Maternal and Child Health Hospital from July 2022 to May 2024 were enrolled. Based on the presence or absence of CPP, they were divided into a CPP group ($n=32$) and a non-CPP group ($n=72$). The 25(OH)D, bone age, IGF-1 and other clinical indicators were compared between groups. Pearson method was used to analyze the correlation between 25(OH)D, bone age, IGF-1 and clinical indicators in overweight/obese children. Receiver operating characteristic (ROC) curve was applied to analyze the diagnostic value of 25(OH)D, bone age and IGF-1 on central precocious puberty in overweight/obese children. **Results** Children in the CPP group had significantly higher height, body mass index (BMI), total cholesterol (TC), triglycerides (TG), low-density lipoprotein (LDL), estradiol (E_2), luteinizing hormone (LH), and testosterone (T, in boys) levels than those in the non-CPP group ($t=2.366-11.348$, $P<0.05$). The CPP group also had significantly lower 25(OH)D levels, and higher bone age and IGF-1 levels ($t=2.698-8.268$, $P<0.05$). In overweight/obese children, 25(OH)D levels were negatively correlated with TC, LDL, E_2 , and LH ($r=-0.681-0.528$, $P<0.05$), while bone age and IGF-1 were positively correlated with TC, LDL, E_2 , and LH ($r=0.534-0.735$, $P<0.05$). ROC curve analysis showed that when the thresholds were

[收稿日期] 2024-07-29

[基金项目] 河北省 2023 年度医学科学研究课题计划 (20231936)

[作者简介] 陈 宁 (1985—), 女, 副主任医师, 主要从事儿童保健研究。

[通讯作者] 朱洪斌, 副主任医师。

70.27ng/mL for 25(OH)D, 8.65 years for bone age, and 341.47 pg/mL for IGF-1, the area under the curve (AUC) for the combined diagnosis was 0.872, with a sensitivity of 96.88% and specificity of 62.50%, indicating superior diagnostic value.

Conclusion Overweight/obese children with CPP exhibit decreased 25(OH)D and elevated bone age and IGF-1. These three markers may serve as diagnostic indicators for CPP in overweight/obese pediatric populations.

[Key words] overweight; obesity; central precocious puberty; child; bone age; 25-hydroxyvitamin D; insulin-like growth factor 1

中枢性性早熟 (central precocious puberty, CPP) 是儿童生长发育异常的常见内分泌疾病, 主要表现为第二性征提前发育, 性器官过早成熟。相较健康儿童, 中枢性性早熟患儿身高发育与智力水平较差, 易对其身心健康造成严重影响, 早诊早治意义重大^[1]。近年来, 随着全球儿童肥胖/超重率逐年升高, 儿童青春期启动时间明显提前。Calcaterra 等^[2]于 2023 年研究证实, 儿童肥胖、高脂肪饮食与中枢性性早熟具有相关性, 主要与脂肪堆积激活下丘脑-垂体-性腺轴、引起性激素分泌紊乱等相关, 因此相较于体重正常的儿童, 肥胖或超重儿童更易出现中枢性性早熟。关于血脂代谢异常与儿童中枢性性早熟机制的研究仍未完全明确, 两者相互影响的病理机制还有待研究, 因此临床用于诊断肥胖/超重儿童中枢性性早熟发生与发展的标志物仍有待发现。25 羟维生素 D[25-hydroxy vitamin D, 25(OH)D] 是调节人体生殖器官及第二性征发育成熟的一种脂溶性维生素, 其血清水平与女性乳腺发育及男性睾丸发育存在相关性, 可能与中枢性性早熟有关^[3]。研究发现, 性激素可以促进骨骼生长板快速生长融合, 导致骨龄增长过快, 检查骨龄有助于快速了解儿童身体发育及生理年龄情况, 可以辅助判断儿童是否存在中枢性性早熟^[4]。血脂代谢异常是促进中枢性性早熟发生、发展的关键因素。Baier 等^[5]于 2023 年研究发现, 胰岛素样生长因子 1 (Insulin like growth factor 1, IGF-1) 可通过调节能量代谢、脂代谢, 来控制儿童青春期启动时间, 提示 IGF-1 可能与肥胖/超重儿童发生中枢性性早熟有关, 然循证依据较少。基于此, 本文探究超重/肥胖儿 25(OH)D、骨龄、IGF-1 变化及与中枢性性早熟的关系, 研究如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择 2022 年 7 月至 2024 年 5 月秦皇岛市妇幼保健院收治的 104 例超重/肥胖儿童进行研究。纳

入标准: ①符合《中国儿童肥胖诊断评估与管理专家共识》, 见表 1^[6]; ②女童年龄 6~10 岁, 男童年龄 6~9 岁; ③具有认知能力, 配合完整检查; ④临床资料完整。排除标准: ①合并心脑血管疾病; ②肝肾代谢功能障碍; ③药物等因素导致肥胖超重; ④合并激素疾病; ⑤无法配合完整资料收集或检查。

诊断标准: 参照《中枢性性早熟诊断与治疗专家共识(2022)》^[7], 女性患儿在 7.5 岁前出现第二性征, 10 岁前月经初潮, 男性患儿在 9 岁前出现第二性征; 年生长速率高于正常儿童; 骨龄超过生理年龄 1 年及以上; 女童子宫、卵巢容积增大, 卵巢内见多个直径≥4cm 的卵泡, 男童睾丸容积≥4mL; 血清促性腺激素水平升高至青春期水平, 促性腺激素释放激素 (gonadotropin-releasing hormone, GnRH) 激发试验结果用免疫化学发光法测定促黄体生成素 (luteinizing hormone, LH) 峰值>5.0IU/L、LH/促卵泡生成素 (follicle-stimulating hormone, FSH)>0.6。本研究 104 例患儿依据诊断结果, 分为性早熟组 (n=32) 与非性早熟组 (n=72)。所有研究对象的监护人均知情同意自愿参与研究。

表 1 儿童超重与肥胖标准 (kg/m²)
Table 1 Overweight and obesity standards for preschool children (kg/m²)

年龄 (岁)	男生		女生	
	超重	肥胖	超重	肥胖
6.0~	16.4	17.7	16.2	17.5
6.5~	16.7	18.1	16.5	18.0
7.0~	17.0	18.7	16.8	18.5
7.5~	17.4	19.2	17.2	19.0
8.0~	17.8	19.7	17.6	19.4
8.5~	18.1	20.3	18.1	19.9
9.0~	18.5	20.8	18.5	20.4
9.5~	18.9	21.4	19.0	21.0
10.0~	19.2	21.9	18.5	21.5

1.2 研究方法

患儿入院后均收集相关基线资料,包括性别、年龄、身高、体质量指数(body mass index,BMI);收集临床指标,包括糖代谢指标:空腹血糖(fasting plasma glucose,FPG)、胰岛素抵抗指数(homa-ir insulin resistance index,HOMA-IR);脂代谢指标:总胆固醇(total cholesterol,TC)、三酰甘油(triacylglycerol,TG)、低密度脂蛋白(low-density lipoprotein,LDL)、高密度脂蛋白(high-density lipoprotein,HDL);性激素指标:睾酮(testosterone,T)、雌二醇(Estradiol,E₂)、LH;测定入院后 24h 内 25(OH)D、骨龄及 IGF-1 水平。

检测方法:患儿入院 24h 内抽取外周血液 5mL,3 000r/min,离心 10min 后,−80℃ 保存,以备后续检查。应用 JHBGM001A 血糖分析仪检查 FPG;应用胰岛素抵抗实验检测 HOMA-IR;应用 TCL-1 血脂分析仪检测 TC、TG、LDL、HDL;应用化学发光免疫分析法试剂盒检测 T;应用荧光免疫层析法试剂盒检测 E₂;应用化学发光免疫分析法试剂盒检测 LH;应用荧光免疫层析法试剂盒检测 25(OH)D;应用磁微粒化学发光法试剂盒检测 IGF-1;采用 Y TJ-01X 射线骨龄仪(浙械注准 20202060855)检测骨龄。

1.3 观测指标

①对比性早熟组与非性早熟组患儿基线资料与临床指标;②对比性早熟组与非性早熟组患儿 25(OH)D、骨龄、IGF-1 水平;③分析超重/肥胖儿童 25(OH)D、骨龄、IGF-1 水平与临床指标的相关性;④分析 25(OH)D、骨龄、IGF-1 对超重/肥胖儿童中枢性性早熟的诊断价值。

1.4 统计学分析

通过 SPSS 24.0 软件进行数据分析。血糖、血脂、性激素水平等计量资料符合正态分布,以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)形式表示,进行 t 检验;性别等计数资料以例数与百分比[n(%)]形式表示,进行 χ^2 检验;采用 Pearson 相关法分析 25(OH)D、骨龄、IGF-1 水平与临床指标的相关性;采用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线分析 25(OH)D、骨龄、IGF-1 对超重/肥胖儿童中枢性性早熟的诊断价值。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 性早熟组与非性早熟组患儿基线资料与临床指标对比

性早熟组患儿身高、BMI、TC、TG、LDL、E₂、LH、男童 T 水平均高于非性早熟组,差异有统计学意义(t 值介于 2.366~11.348 之间, $P < 0.05$),见表 2。

表 2 性早熟组与非性早熟组患儿基线资料与临床指标对比[n(%), $\bar{x} \pm s$]

Table 2 Comparison of baseline data and clinical indicators between CPP group and non-CPP group [n(%), $\bar{x} \pm s$]

项目	性早熟组 (n=32)	非性早熟组 (n=72)	χ^2/t	P
性别			0.223	0.637
男	8(25.00)	15(20.83)		
女	24(75.00)	57(79.17)		
年龄(岁)	8.09±0.75	7.98±0.77	0.653	0.515
身高(cm)	137.85±8.06	130.68±7.38	2.366	0.019
BMI(kg/m ²)	22.89±1.36	22.22±1.01	2.618	0.010
FPG(mmol/L)	4.98±0.17	5.04±0.14	1.962	0.052
HOMA-IR	3.54±0.42	3.48±0.40	0.726	0.469
TC(mmol/L)	4.31±0.72	3.63±0.63	4.692	<0.001
TG(mmol/L)	1.12±0.19	0.95±0.16	5.035	<0.001
LDL(mmol/L)	2.69±0.51	2.24±0.41	4.990	<0.001
HDL(mmol/L)	1.25±0.21	1.30±0.23	1.038	0.301
E ₂ (pg/mL)	45.38±19.38	20.87±7.49	9.628	<0.001
LH(IU/L)	7.57±2.83	3.49±0.79	11.348	<0.001
男童 T(nmol/L)	9.31±1.88	6.83±1.63	3.068	0.003

2.2 性早熟组与非性早熟组患儿 25(OH)D、骨龄、IGF-1 水平对比

性早熟组 25(OH)D 低于非性早熟组,而骨龄与 IGF-1 高于非性早熟组,差异有统计学意义(t 值介于 2.698~8.268 之间, $P < 0.05$),见表 3。

2.3 超重/肥胖儿童 25(OH)D、骨龄、IGF-1 水平与临床指标的相关性

超重/肥胖儿童 25(OH)D 与 TC、LDL、E₂、LH 均呈负相关性(r 值介于 −0.681~−0.528 之间, $P < 0.05$),而骨龄、IGF-1 水平分别与 TC、LDL、E₂、LH 指标呈正相关性(r 值介于 0.534~0.735 之间, $P < 0.05$),见表 4。

表 3 性早熟组与非性早熟组患儿 25(OH)D、骨龄、IGF-1 水平对比($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of 25(OH)D, bone age and IGF-1 between CPP group and non-CPP group ($\bar{x} \pm s$)				
组别	例数	25(OH)D (ng/mL)	骨龄 (岁)	IGF-1 (pg/mL)
性早熟组	32	64.88±12.05	9.18±0.84	352.15±62.81
非性早熟组	72	73.87±16.41	8.04±0.57	310.84±50.29
<i>t</i>		2.698	8.268	3.824
<i>P</i>		0.008	<0.001	<0.001

表 4 分析超重/肥胖儿童 25(OH)D、骨龄、IGF-1 水平与临床指标的相关性

Table 4 Analysis of correlation between 25(OH)D, bone age, IGF-1 and clinical indicators in overweight/obese children				
项目	TC	LDL	E ₂	LH
25(OH)D	-0.528*	-0.681**	-0.597*	-0.621**
骨龄	0.621**	0.668**	0.534*	0.702**
IGF-1	0.566*	0.580*	0.604*	0.735**

注：*表示 $P<0.05$ ；**表示 $P<0.01$ 。

2.4 25(OH)D、骨龄、IGF-1 对超重/肥胖儿童中枢性性早熟的诊断价值

以肥胖/超重患儿是否发生中枢性性早熟为因变量,以 25(OH)D、骨龄、IGF-1 为自变量,ROC 曲

表 5 25(OH)D、骨龄、IGF-1 对超重/肥胖儿童中枢性性早熟的诊断价值

Table 5 Diagnostic value of 25(OH)D, bone age and IGF-1 on central precocious puberty in overweight/obese children									
指标	AUC	S.E.	<i>P</i>	95%CI		临界值	约登指数	灵敏度(%)	特异度(%)
				下限	上限				
25(OH)D(ng/mL)	0.628	0.055	0.037	0.521	0.736	70.27	0.420	78.13	63.89
骨龄(岁)	0.843	0.047	<0.001	0.752	0.934	8.65	0.569	87.50	69.44
IGF-1(pg/mL)	0.767	0.056	<0.001	0.657	0.878	341.47	0.486	75.00	73.61
联合诊断	0.872	0.045	<0.001	0.783	0.961	—	0.594	96.88	62.50

3 讨论

随着人们生活水平不断提高,儿童肥胖/超重发生率呈逐年上升趋势,相关研究数据表明,1990 年至 2022 年全球人体肥胖/超重率约增长 4 倍,不仅对儿童身心造成伤害,而且加重医疗保健系统负担^[8]。目前,有关肥胖引发儿童中枢性性早熟的问题也逐渐受到临床重视,两者的危害已得到世界公

线结果显示,当 25(OH)D 临界值为 70.27ng/mL、骨龄为 8.65 岁、IGF-1 为 341.47pg/mL 时,3 项指标曲线下面积(area under the curve,AUC)分别为 0.628、0.843、0.767,灵敏度分别为 78.13%、87.50%、75.00%,特异度分别为 63.89%、69.44%、73.61%;3 项指标联合诊断 AUC 为 0.872,灵敏度为 96.88%,特异度为 62.50%,联合诊断价值更高,见图 1、表 5。

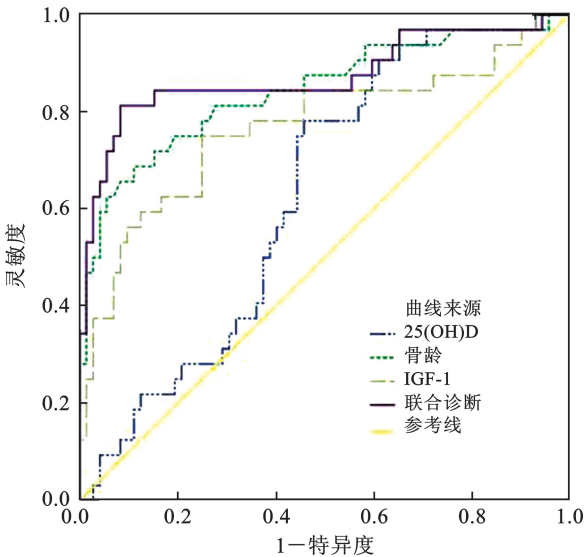


图 1 25(OH)D、骨龄、IGF-1 预测超重/肥胖儿童发生中枢性性早熟的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curves of 25(OH)D, bone age and IGF-1 in predicting central precocious puberty in overweight/obese children

认,因此了解儿童中枢性性早熟的发病机制、影响因素,以及与肥胖、人体脂肪、能量代谢的关系是当务之急^[9]。本文根据既往研究成果,分析肥胖超重儿童 25(OH)D、骨龄、IGF-1 变化及与中枢性性早熟关系发现,性早熟肥胖超重患儿多表现为 25(OH)D 低水平、IGF-1 高水平及骨龄增长过快,提示 25(OH)D、骨龄、IGF-1 与中枢性性早熟具有一定关联性,3 项

指标有望成为诊断评估肥胖超重儿童中枢性性早熟的标志。

3.1 25(OH)D 与性早熟的关系

25(OH)D 是维生素 D 在人体内的主要存在形式,属于维生素 D 的类固醇衍生物,是具有调节人体生理作用的活性型维生素 D。近年来,有研究发现 25(OH)D 可以调控人体性激素,进而控制生殖系统发育过程,因此被认为与儿童中枢性性早熟的发生发展具有相关性^[10]。本文分析发现,性早熟组 25(OH)D 显著低于非性早熟组;超重/肥胖儿童 25(OH)D 与 TC、LDL、T、E₂、LH 均存在负相关性;ROC 曲线分析,超重/肥胖儿童 25(OH)D 水平对发生中枢性性早熟具有一定预测价值,提示肥胖/超重儿童血液 25(OH)D 水平异常降低可能会发生中枢性性早熟。研究发现,25(OH)D 主要经肠道吸收,并由肝脏完成羟基化,最终释放于血液中,参与机体激素调节与代谢,其低水平与糖尿病、佝偻病、骨软化症等多种疾病相关^[11]。根据 Durá-Travé 等^[12]于 2022 年研究发现,中枢性性早熟女童血清 25(OH)D 水平显著低于健康女童,提示 25(OH)D 与儿童中枢性性早熟具有相关性。25(OH)D 特异性受体广泛表达于乳腺组织,可介导维生素 D 信号途径参与包括青春期、怀孕、退化等多阶段腺体发育过程,当 25(OH)D 水平降低后,会导致其受体减少,促进上皮细胞增殖,减少凋亡,进而促进乳腺导管形成,诱导腺体早熟发展^[13],故低水平 25(OH)D 有中枢性性早熟风险。进一步分析发现,临界值为 70.27ng/mL 时,对应灵敏度、特异度分别为 78.13%、63.89%,提示该指标水平降低可能与中枢性性早熟有关,可以作为诊断儿童中枢性性早熟的潜在指标。

3.2 骨龄与性早熟的关系

人体骨骼发育过程具有阶段性与连续性,其生长发育、修复及代谢等会受到激素调节,因此儿童性腺激素分泌紊乱时会直接影响其骨骼发育,导致骨龄异常增长^[14]。本文分析发现,性早熟组骨龄显著高于非性早熟组;超重/肥胖儿童骨龄与 TC、LDL、T、E₂、LH 均存在正相关性;ROC 曲线分析,超重/肥胖儿童骨龄对发生中枢性性早熟具有一定预测价值,提示肥胖/超重儿童骨龄过大可能发生中枢性性早熟。研究发现,个体激素的改变与性发育成熟均

会影响骨龄发育,中枢性性早熟患儿会出现生殖系统早期成熟,有性腺体释放的睾酮、雌二醇等性激素会对儿童生长突增、蛋白质代谢造成影响,高水平雌激素可以加速骨骺愈合,还可以促进儿童青春期长骨生长板软骨细胞的生长与成熟过程。Liu 等^[15]于 2023 年研究发现,中枢性性早熟女童血清 IGF-1、成纤维细胞生长因子 23 水平较健康女童显著升高,这类激素同时调控着儿童骨骼的发育与成熟,证实骨龄在评估肥胖超重儿童是否发生中枢性性早熟上可能具有辅助诊断价值。进一步分析发现,临界值为 8.65 岁时,对应敏感度、特异度分别为 87.50%、69.44%,提示该指标水平上升可能与中枢性性早熟有关,可以作为诊断儿童中枢性性早熟的潜在指标。

3.3 IGF-1 与性早熟的关系

IGF-1 是由肝脏合成的多肽激素,对细胞增殖、生长、发育、分化等过程均具有促进作用。Papadimitriou 等^[16]于 2022 年研究发现,低水平 IGF-1 会导致青春期延迟,使儿童生长迟缓、智力发育低下等,相反,高水平 IGF-1 则会导致儿童青春期提前,这一结果受到临床广泛关注。本文分析发现,性早熟组 IGF-1 显著高于非性早熟组;超重/肥胖儿童 IGF-1 与 TC、LDL、T、E₂、LH 均存在正相关性;ROC 曲线分析,超重/肥胖儿童 IGF-1 对发生中枢性性早熟具有一定预测价值,提示肥胖超重儿童 IGF-1 异常升高可能发生中枢性性早熟。惠琼琼等^[17]认为,儿童肥胖与性发育启动存在密切联系,脂肪的堆积是性发育启动的重要基础,脂肪增加可促进瘦素、胰岛素等激素分泌,加快性腺发育与成熟过程,当儿童进入青春期后由于胰岛素抵抗,IGF-1 会发生生理学升高,若儿童脂肪堆积过多,这一作用将会增强,导致 IGF-1 水平异常升高,进而刺激下丘脑-垂体-性腺轴释放性激素,诱发中枢性性早熟。然目前有研究认为 IGF-1 与性发育并无显著关联,Esegedo 等^[18]于 2021 年研究发现,6~8 岁中枢性性早熟儿童中,BMI 高者更易发生中枢性性早熟,然其并未发现 IGF-1 与中枢性性早熟的联系,认为两者不存在相关性。关于肥胖引起 IGF-1 轴紊乱及性发育异常,也与地区、种族、气候等多个外部因素有关,IGF-1 调控性发育的机制还有待进一步研究。进一步分析发现,临界值为 341.47pg/mL 时,对应敏感度、特异

度分别为75.00%、73.61%，提示该指标水平上升可能与中枢性性早熟有关，可以作为诊断儿童中枢性性早熟的潜在指标。3项指标即25(OH)D、骨龄、IGF-1联合诊断儿童中枢性性早熟显示，AUC为0.872，诊断价值更高。

综上所述，超重/肥胖中枢性性早熟儿童25(OH)D下降，骨龄、IGF-1异常上升，3项指标可能是诊断超重/肥胖儿童发生中枢性性早熟的标志物。

[参考文献]

- [1]熊英,程萌,徐克惠.中枢性性早熟诊断与治疗专家共识(2022)解读[J].实用妇产科杂志,2023,39(6):422-424.
- [2]Calcaterra V, Magenes V C, Hruby C, et al. Links between childhood obesity, high-fat diet, and central precocious puberty[J]. Children (Basel), 2023, 10(2): 241-261.
- [3]余月,刘德云,杨珣琦,等.特发性中枢性性早熟女童糖脂代谢指标、维生素D和性激素水平分析[J].实用医学杂志,2020,36(22):3079-3083.
- [4]Pataky M W, Dasari S, Michie K L, et al. Impact of biological sex and sex hormones on molecular signatures of skeletal muscle at rest and in response to distinct exercise training modes[J]. Cell Metab, 2023, 35(11): 1996-2010.
- [5]Baier I, Pereira A, Ferrer P, et al. Higher prepubertal IGF-1 concentrations associate to earlier pubertal tempo in both sexes[J]. Horm Res Paediatr, 2023, 96(4): 404-411.
- [6]中华医学会儿科学分会内分泌遗传代谢学组,中华医学会儿科学分会儿童保健学组,中华医学会儿科学分会临床营养学组,等.中国儿童肥胖诊断评估与管理专家共识[J].中华儿科杂志,2022,60(6):507-515.
- [7]中华医学会儿科学分会内分泌遗传代谢学组,中华儿科杂志编辑委员会.中枢性性早熟诊断与治疗专家共识(2022)[J].中华儿科杂志,2023,61(1):16-22.
- [8]Rajagopal R. Peri-coronary fat attenuation: the new kid on the "Risk Prediction" block[J]. Clin Radiol, 2024, 79(8): 569-570.
- [9]郭金鑫,卢昱,刘改燕,等.儿童超重肥胖与中枢性性早熟关系的病例对照研究[J].中国妇幼健康研究,2023,34(3):1-5.
- [10]吕晴,刘凯,刘洋,等.促性腺激素释放激素类似物对中枢性性早熟女性儿童维生素D及miR-664-2水平影响[J].临床军医杂志,2022,50(7):696-699.
- [11]李双全,李学超,吴春青,等.血浆25羟基维生素D、性激素结合蛋白、Kiss肽在早期特发性中枢性性早熟女性患儿中的表达及与促性腺激素释放激素类似物疗效的相关性[J].中国性科学,2021,30(10):51-55.
- [12]Durá-Travé T, Gallinas-Victoriano F. Vitamin D status and parathyroid hormone assessment in girls with central precocious puberty[J]. J Endocrinol Invest, 2022, 45(11): 2069-2075.
- [13]Holah N S. The clinical value of VDR and CTLA 4 in evaluating the prognosis of invasive duct carcinoma of Egyptian patients and their benefit as a target therapy[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2021, 22(4): 1183-1194.
- [14]Alexander S E, Pollock A C, Lamon S. The effect of sex hormones on skeletal muscle adaptation in females[J]. Eur J Sport Sci, 2022, 22(7): 1035-1045.
- [15]Liu Y, Cheng Y, Sun M, et al. Analysis of serum insulin-like growth factor-1, fibroblast growth factor 23, and Klotho levels in girls with rapidly progressive central precocious puberty[J]. Eur J Pediatr, 2023, 182(11): 5007-5013.
- [16]Papadimitriou A, Marakaki C, Papadimitriou D T. Growth variations with opposite clinical outcomes and the emerging role of IGF-1[J]. Trends Endocrinol Metab, 2022, 33(5): 359-370.
- [17]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.
- [18]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.

[专业责任编辑:帖利军]

[中文编辑:郭乐倩;英文编辑:方柳]