

doi: 10.7499/j.issn.1008-8830.2111031

论著·临床研究

肥胖症儿童脂溶性维生素A、D、E水平及其影响因素

刘瑞萍¹ 陈阳¹ 武海滨² 熊凤梅³ 何方园¹ 李园园¹

(1.西安市儿童医院临床营养科, 陕西西安 710003; 2.西安市儿童医院/陕西省儿科疾病研究所, 陕西西安 710003; 3.西安市儿童医院药剂科, 陕西西安 710003)

[摘要] **目的** 调查肥胖症儿童脂溶性维生素A、D、E水平, 并分析其影响因素。**方法** 选取2019年1月至2021年4月就诊于西安市儿童医院营养科的273例肥胖症儿童(肥胖组)为研究对象, 同期健康体检的226例正常体重儿童为对照组。对两组儿童进行体格及体成分的测量, 并检测血清维生素A、D、E浓度。**结果** 与对照组比较, 肥胖组血清维生素A [(1.32±0.21) μmol/L vs (1.16±0.21) μmol/L]、维生素E [(9.3±1.4) mg/L vs (8.3±1.2) mg/L] 水平较高 ($P<0.001$), 25羟维生素D [25-hydroxyvitamin D, 25(OH)D] 水平 [(49±22) nmol/L vs (62±24) nmol/L] 较低 ($P<0.001$)。在肥胖组中, 边缘型维生素A缺乏率为5.5% (15/273), 维生素D缺乏/不足率为56.8% (155/273), 维生素E不足率为4.0% (11/273)。控制体重指数和腰身比后, 肥胖症儿童维生素A水平与年龄呈正相关 ($P<0.001$), 维生素E和25(OH)D水平与年龄呈负相关 ($P<0.001$)。在控制年龄因素后, 未发现肥胖症儿童血清维生素A、维生素E、25(OH)D水平与其肥胖程度、体脂百分比、肥胖时长的相关性, 但维生素A和维生素E水平与其腰身比呈正相关 ($P<0.001$)。**结论** 肥胖症儿童的血清维生素A和维生素E水平较高, 尤其是腹型肥胖者, 而血清维生素D营养状况较差, 且随着年龄的增长, 状况愈差。因此, 应关注肥胖症儿童维生素D营养状况并积极补充。**[中国当代儿科杂志, 2022, 24 (5): 572-578]**

[关键词] 肥胖症; 维生素A; 维生素D; 维生素E; 儿童

Levels of fat-soluble vitamins A, D, and E and their influencing factors in children with obesity

LIU Rui-Ping, CHEN Yang, WU Hai-Bin, XIONG Feng-Mei, HE Fang-Yuan, LI Yuan-Yuan. Department of Clinical Nutrition, Xi'an Children's Hospital, Xi'an 710003, China (Wu H-B, Email: whb8769@163.com)

Abstract: Objective To investigate the levels of fat-soluble vitamins A, D, and E in children with obesity and their influencing factors. **Methods** A total of 273 children with obesity who attended the Department of Clinical Nutrition, Xi'an Children's Hospital, from January 2019 to April 2021 were enrolled as the obesity group. A total of 226 children with normal body weight who underwent physical examination during the same period were enrolled as the control group. Anthropometric parameters and body composition were measured for both groups, and the serum concentrations of vitamins A, D, and E were also measured. **Results** Compared with the control group, the obesity group had significantly higher serum levels of vitamin A [(1.32±0.21) μmol/L vs (1.16±0.21) μmol/L, $P<0.001$] and vitamin E [(9.3±1.4) mg/L vs (8.3±1.2) mg/L, $P<0.001$] and a significant reduction in the level of 25-hydroxyvitamin D [(49±22) nmol/L vs (62±24) nmol/L, $P<0.001$]. In the obesity group, the prevalence rates of marginal vitamin A deficiency, vitamin D deficiency/insufficiency, and vitamin E insufficiency were 5.5% (15/273), 56.8% (155/273), and 4.0% (11/273), respectively. After adjustment for body mass index Z-score and waist-to-height ratio, serum vitamin A level was positively correlated with age ($P<0.001$), while vitamins E and 25-hydroxyvitamin D levels were negatively correlated with age in children with obesity ($P<0.001$). After adjustment for age, the serum levels of vitamin A, vitamin E and 25-hydroxyvitamin D were not correlated with degree of obesity, percentage of body fat, and duration of obesity in

[收稿日期] 2021-11-05; **[接受日期]** 2022-03-01

[基金项目] 国家卫生健康委医药卫生科技发展研究中心课题 (W2016EWQT33); 陕西省科技厅社发项目 (2020SF-002); 西安市科技计划项目 (201805098YX6SF32-6)。

[作者简介] 刘瑞萍, 女, 博士, 副主任医师。

[通信作者] 武海滨, 男, 主任医师。Email: whb8769@163.com。

children with obesity, while the serum levels of vitamins A and E were positively correlated with waist-to-height ratio ($P < 0.001$). **Conclusions** There are higher serum levels of vitamins A and E in children with obesity, especially in those with abdominal obesity, while serum vitamin D nutritional status is poor and worsens with age. Therefore, vitamin D nutritional status should be taken seriously for children with obesity, and vitamin D supplementation should be performed when necessary. [Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2022, 24(5): 572-578]

Key words: Obesity; Vitamin A; Vitamin D; Vitamin E; Child

儿童肥胖症是全球关注的公共卫生问题，目前全球5岁以下儿童中，约有3 820万是超重或肥胖，5~19岁儿童青少年中，约3.4亿是超重或肥胖^[1]。在中国，6岁以下儿童中，6.8%超重，3.6%肥胖；6~17岁儿童中，11.1%超重，7.9%肥胖^[2]。脂溶性维生素A、D、E在维持钙磷稳态、调节机体免疫、自身免疫、代谢和慢性疾病中发挥重要作用，且能够调节肥胖症儿童的氧化应激、脂肪组织的炎症、脂肪因子的分泌，以及改善胰岛素敏感性^[3-5]。确保肥胖症儿童充足的维生素A、D、E水平至关重要。既往多项研究对肥胖症儿童的血清维生素D水平调查发现，超重/肥胖儿童的血清维生素D水平显著低于正常体重儿童，且与体重指数 (body mass index, BMI) 呈负相关^[6-8]。然而，对于肥胖症儿童血清维生素A和维生素E水平的研究较少，国内Wei等^[9]调查了重庆地区学龄儿童的血清维生素A状况，发现肥胖症儿童的血清维生素A水平显著低于超重和正常体重儿童，患维生素A不足的风险更高。然而国外García等^[10]对墨西哥学龄儿童研究发现，血清维生素A水平与BMI、腰身比和腹部脂肪呈正相关。

为了进一步研究肥胖症儿童的血清维生素A和维生素E水平及其与肥胖程度的相关性，以及肥胖症儿童维生素D水平及其影响因素，本研究对西安地区肥胖症儿童的维生素A、D、E水平及缺乏率进行调查，并分析其与年龄、肥胖程度、体脂百分比、腰身比、肥胖时长、季节的相关性，从而为临床肥胖症儿童脂溶性维生素的监测和补充提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2019年1月至2021年4月就诊于西安市儿童医院营养科的肥胖症儿童为研究对象，同期健康体检的正常体重儿童为对照组。纳入标准：年龄为2~<18岁；肥胖症的诊断依据世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 儿童生长曲线，体重指数Z值 (body mass index Z-score, Z-BMI)

>2分即诊断为肥胖症；健康体检儿童的Z-BMI为-1~1分^[1]。排除标准：各种疾病因素导致的继发性肥胖；患有影响脂溶性维生素吸收代谢的肝肾疾病或服用抗癫痫药物等；脂溶性维生素补充后复诊者。本研究经西安市儿童医院医学伦理委员会审查 (批准文号：20210009)，并取得监护人的知情同意。

1.2 人体测量及指标计算

儿童排空大小便，着轻薄单衣、脱鞋，由经过培训的专业工作人员测量儿童的体重、身高，肥胖症儿童同时测量腹围，体重精确至0.1 kg，身高及腹围精确至0.1 cm。使用WHO AnthroPlus软件 (v1.0.4) 计算儿童的BMI及Z-BMI。腰身比的计算方法为：腹围/身高×100%。

1.3 体成分测定

儿童空腹2 h，排空大小便，使用InBody S10体成分分析仪测定体脂百分比。同时，询问并记录肥胖症儿童的肥胖时长 (以年为单位)，以及肥胖时的身高、体重，并计算BMI。

1.4 血清维生素A、D、E检测

采集儿童空腹静脉血，离心取血清，检测维生素A、维生素E及25-羟维生素D [25-hydroxyvitamin D, 25(OH)D] 的浓度。25(OH)D的检测采用电化学免疫发光法，由实验室专业人员根据Cobas试剂盒的说明书进行。维生素A和维生素E浓度的检测由西安和合医学检验实验室完成，采用液相串联质谱法 (型号：MS8030，日本岛津)。

血清维生素A < 0.70 μmol/L (< 0.2 mg/L) 为维生素A缺乏，0.70~< 1.05 μmol/L (0.2~< 0.3 mg/L) 为维生素A边缘型缺乏，≥ 1.05 μmol/L (≥ 0.3 mg/L) 为维生素A水平正常^[11]。

血清25(OH)D < 30 nmol/L (< 12 ng/mL) 为维生素D缺乏，30~50 nmol/L (12~20 ng/mL) 为维生素D不足，> 50 nmol/L (> 20 ng/mL) 为维生素D水平正常^[11]。

血清维生素E < 5 mg/L (< 12 μmol/L) 为维生素E缺乏，5~< 7 mg/L (12~16.8 μmol/L) 为维生素E

不足, $\geq 7 \text{ mg/L}$ ($\geq 16.8 \mu\text{mol/L}$) 为维生素 E 水平正常^[12]。

1.5 统计学分析

运用 SPSS 18.0 软件进行统计学分析。正态分布计量资料用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验, 多组间比较采用单因素方差分析, 组间两两比较采用 LSD-*t* 检验; 计数资料用例数和百分率 (%) 表示, 组间比较采用卡方检验或 Fisher 确切概率法; 双变量间的相关性分析采用 Pearson 相关或偏相关分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

肥胖组 273 例 (男 184 例, 女 89 例), 平均年龄为 (8 ± 4) 岁 (范围: 2~17 岁); 对照组儿童 226 例 (男 142 例, 女 84 例), 平均年龄为 (8 ± 3) 岁 (范围: 2~16 岁), 两组间年龄差异无统计学意义

($t=1.311, P=0.190$)。对不同年龄组及不同性别儿童的身体测量指数进行统计学分析, 结果如表 1 所示。对照组中, 男女间 Z-BMI 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 各年龄亚组间, 2~<6 岁儿童的 Z-BMI 相对较大, 与 6~<10 岁和 10~<18 岁儿童相比, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。肥胖组中, 男孩的 Z-BMI 高于女孩 ($P < 0.05$); 各年龄亚组间, 10~<18 岁儿童的 Z-BMI 相对较小, 与 2~<6 岁和 6~<10 岁相比, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); 男女间体脂百分比、腰身比差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$); 各年龄亚组间, 体脂百分比差异无统计学意义 ($P < 0.05$), 而 2~<6 岁儿童的腰身比相对较高, 6~<10 岁儿童的较低, 组间两两比较, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。

控制年龄、性别影响因素后, 肥胖组的 Z-BMI 与体脂百分比、腰身比呈正相关 (r 分别为 0.473、0.399, 均 $P < 0.001$); 且体脂百分比与腰身比呈正相关 ($r=0.274, P < 0.001$), 即肥胖程度较重的儿童以腹型肥胖为主, 且体脂量相对较多。

表 1 肥胖组及对照组儿童的身体指数

类别	对照组		肥胖组			
	例数	Z-BMI	例数	Z-BMI	体脂百分比 (%)	腰身比 (%)
总体	226	-0.22 ± 0.55	273	3.08 ± 1.18	37 ± 5	62 ± 7
性别						
男	142	-0.20 ± 0.55	184	3.23 ± 1.19	37 ± 5	62 ± 7
女	84	-0.25 ± 0.54	89	2.78 ± 1.12^a	37 ± 6	61 ± 7
年龄						
2~<6 岁	70	-0.04 ± 0.45	86	3.35 ± 1.74	36 ± 6	65 ± 8
6~<10 岁	82	-0.28 ± 0.47^b	97	3.17 ± 0.90	38 ± 5	59 ± 5^c
10~<18 岁	74	-0.32 ± 0.66^b	90	2.72 ± 0.53^{cd}	38 ± 5	62 ± 5^{cd}

注: [Z-BMI] 体重指数 Z 值。a 示与同组男孩相比, $P < 0.05$; b 示与同组 2~<6 岁组相比, $P < 0.05$; c 示与同组 2~<6 岁组相比, $P < 0.05$; d 示与同组 6~<10 岁组相比, $P < 0.05$ 。

2.2 血清维生素 A、D、E 水平及缺乏率

与对照组相比, 肥胖组血清维生素 A 和维生素 E 水平较高 ($P < 0.05$), 而 25(OH)D 水平较低 ($P < 0.05$), 见表 2。肥胖组儿童的维生素 A 缺乏/边缘型缺乏率和维生素 E 不足率均显著低于对照组 ($P < 0.05$), 而维生素 D 不足/缺乏率则显著高于对照组 ($P < 0.05$)。肥胖组 56.8% (155/273) 存在维生素 D 不足/缺乏。

各年龄段肥胖组儿童血清维生素 A 和维生素 E 水平均较对照组高 ($P < 0.05$), 而血清 25(OH)D 水平较对照组低 ($P < 0.05$), 见图 1。肥胖组 2~<6

岁儿童的血清 25(OH)D 水平为 (58 ± 28) nmol/L, 6~<10 岁儿童为 (47 ± 14) nmol/L, 10~<18 岁儿童为 (41 ± 17) nmol/L。

对不同性别、年龄段、季节肥胖组儿童血清维生素 A、D、E 不足/缺乏率进行分析, 结果如表 3。不同性别、年龄段、季节的维生素 A 边缘型缺乏率和维生素 E 不足率差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 男女间维生素 D 不足/缺乏率差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 10~<18 岁肥胖组儿童的维生素 D 不足/缺乏率最高 [73.3% (66/90)] ($P < 0.05$); 冬季维生素 D 不足/缺乏率最高 [67.3% (37/55)] ($P < 0.05$)。

表2 肥胖症组及对照组血清维生素A、25(OH)D、维生素E水平的比较

组别	例数	维生素A			25(OH)D			维生素E	
		$\bar{x} \pm s$ ($\mu\text{mol/L}$)	缺乏 [n(%)]	边缘型缺乏 [n(%)]	$\bar{x} \pm s$ (nmol/L)	缺乏 [n(%)]	不足 [n(%)]	$\bar{x} \pm s$ (mg/L)	不足 [n(%)]
对照组	226	1.16 ± 0.21	3(1.3)	60(26.6)	62 ± 24	16(7.1)	67(29.7)	8.3 ± 1.2	20(8.9)
肥胖症组	273	1.32 ± 0.21	0(0)	15(5.5)	49 ± 22	54(19.8)	101(37.0)	9.3 ± 1.4	11(4.0)
$t\chi^2$ 值		-8.913		48.250 [#]	6.331		25.705 [*]	-8.299	4.931
P值		<0.001		<0.001 [#]	<0.001		<0.001 [*]	<0.001	0.039

注：[25(OH)D] 25-羟维生素D。[#]维生素A缺乏和边缘性缺乏二者数据合在一起的统计值。^{*}维生素D缺乏和不足二者数据合在一起的统计值。

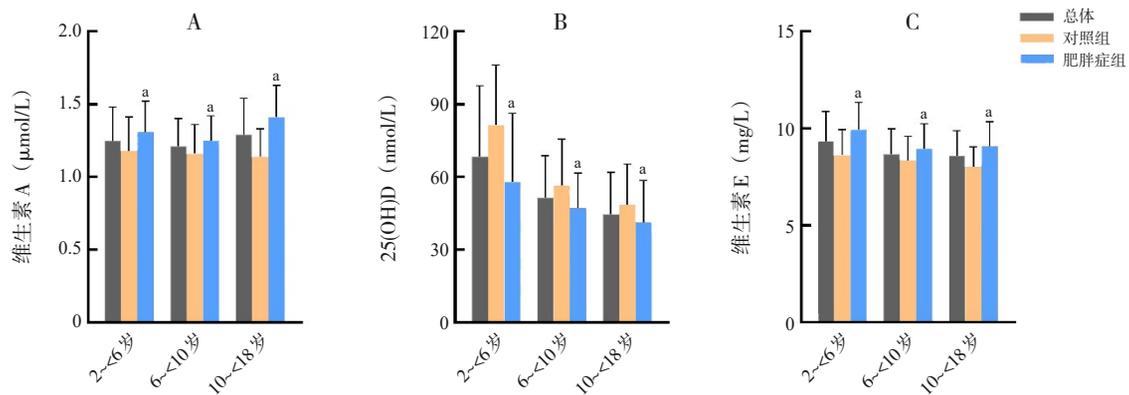


图1 不同年龄段儿童血清维生素A、25(OH)D、维生素E水平。a示与对照组比较， $P < 0.05$ 。

表3 肥胖症儿童维生素A、D、E不足和缺乏率 [n (%)]

类别	例数	维生素A 边缘型 缺乏	维生素D [#]		维生素E 不足
			缺乏	不足	
性别					
男	184	10(5.4)	39(21.2)	60(32.6)	5(2.7)
女	89	5(5.6)	15(16.9)	41(46.1)	6(6.7)
χ^2 值		0.004	4.662		2.512
P值		1.000	0.098		0.185
年龄					
2~<6岁	86	4(4.7)	14(16.3)	19(22.1)	2(2.3)
6~<10岁	97	9(9.3)	13(13.4)	43(44.3)	4(4.1)
10~<18岁	90	2(2.2)	27(30.0)	39(43.3)	5(5.6)
χ^2 值		4.319	27.298		1.185
P值		0.105	<0.001		0.593
季节					
春季(3~5月)	82	5(6.1)	17(20.7)	33(40.2)	2(2.4)
夏季(6~8月)	101	6(5.9)	9(8.9)	40(39.6)	6(5.9)
秋季(9~11月)	35	1(2.9)	8(22.9)	11(31.4)	1(2.9)
冬季(12~2月)	55	3(5.5)	20(36.4)	17(30.9)	2(3.6)
χ^2 值		0.463	18.529		1.412
P值		0.962	0.005		0.721

注：[#]维生素D缺乏和不足二者数据合在一起进行统计学分析。

2.3 维生素A、D、E水平与肥胖相关指标的相关性

分析肥胖症儿童血清维生素A、D、E水平与年龄、肥胖程度(Z-BMI)、体脂百分比、腰身比、肥胖时长的相关性，结果如图2~4所示。控制年龄后，维生素A、维生素E、25(OH)D水平与Z-BMI(图2)、体脂百分比(r 值分别为0.008、0.014、0.060， P 值分别为0.898、0.818、0.321)、肥胖时长(r 值分别为0.038、-0.035、0.022， P 值分别为0.534、0.567、0.719)均无显著相关性，但维生素A和维生素E水平与腰身比呈正相关(图3)；同时，维生素A水平与维生素E水平呈正相关($r=0.426$ ， $P < 0.001$)。控制Z-BMI和腰身比后，维生素A水平与年龄呈正相关，维生素E和25(OH)D水平与年龄呈负相关(图4)。

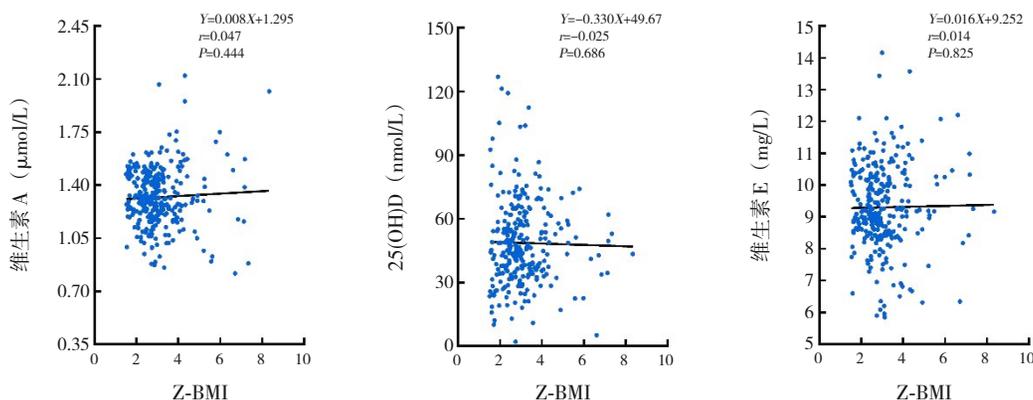


图2 控制年龄后肥胖症儿童维生素A、25(OH)D、维生素E水平与Z-BMI的相关性

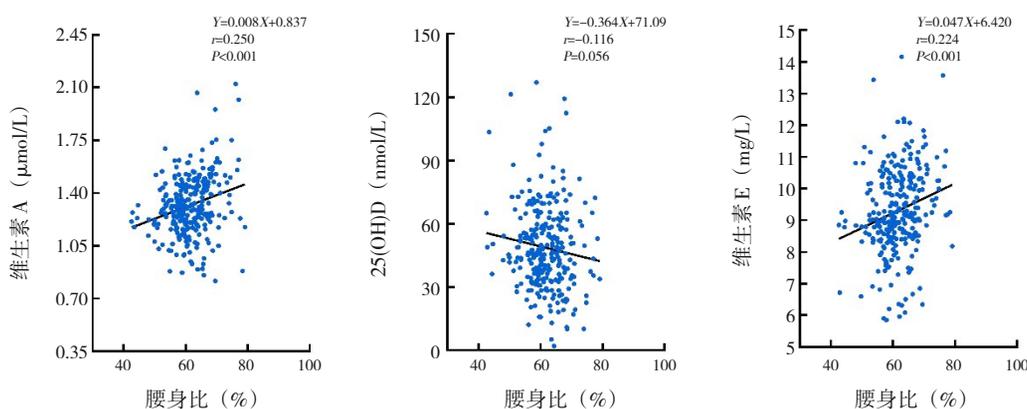


图3 控制年龄后肥胖症儿童维生素A、25(OH)D、维生素E水平与腰身比的相关性

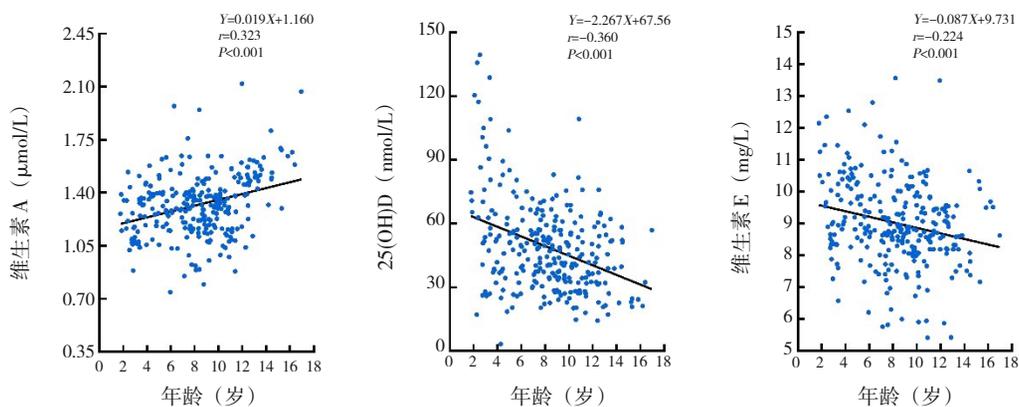


图4 控制Z-BMI和腰身比后肥胖症儿童维生素A、25(OH)D、维生素E水平与年龄的相关性

3 讨论

本研究检测了肥胖症儿童血清维生素A、D、E水平，结果表明，与正常体重儿童相比，肥胖症儿童的血清维生素A和维生素E水平显著增高，25(OH)D水平显著降低。肥胖症儿童中，仅5.5%存在边缘型维生素A缺乏。肥胖症儿童的维生素A水平与年龄、腰身比呈正相关，即随着年龄和腰

身比的增长，维生素A水平逐渐增高。既往研究同样发现，能量过剩的肥胖症儿童通常维生素A水平较高，可能是因为其存在维生素A的代谢紊乱^[13]。2016年重庆市一项对7~11岁学龄期儿童的研究中，肥胖症组的维生素A水平 $[(1.15 \pm 0.22) \mu\text{mol/L}, n=239]$ 显著低于超重组 $[(1.23 \pm 0.24) \mu\text{mol/L}, n=195]$ 和正常体重组 $[(1.25 \pm 0.25) \mu\text{mol/L}, n=1\ 604]$ ，维生素A缺乏率及边缘型缺乏率较正常

体重重组高^[9]。由于维生素A主要存在于肝脏、鱼肝油、奶制品、鸡蛋等动物性食物，以及橙色和深绿色的水果和蔬菜中，肥胖症儿童通常膳食摄入不平衡，高热量食物摄入较多，而蔬菜和水果的摄入量相对较少，从而可能存在维生素A摄入不足。此外，由于体内维生素A主要储存于肝脏脂肪组织中，从而肥胖儿童的血清水平可能降低。本研究结果与重庆地区的研究结果^[9]不一致，可能是由于两组人群的年龄及肥胖程度不一致，且未对维生素A的膳食摄入量进行调查分析，因此未来还需要更大样本进一步研究。

本研究中，肥胖症儿童的血清25(OH)D水平为(49±22) nmol/L，其中2~<6岁学龄前儿童为(58±28) nmol/L，10~<18岁儿童为(41±17) nmol/L。Chen等^[14]调查了杭州市2~6岁学龄前肥胖症儿童的血清25(OH)D水平为(63.78±18.35) nmol/L。美国宾夕法尼亚州一项对10~18岁超重和肥胖青少年的研究中，血清25(OH)D水平为(35.75±9.25) nmol/L^[15]。各地区研究结果有所不同，可能与调查对象年龄、所处地区及饮食习惯不同有关。由于维生素D主要储存在脂肪组织中，而肥胖症儿童由于体脂较高，将维生素D更多地隔离于脂肪组织内，导致25(OH)D的代谢降低，故血清水平通常较正常体重儿童低^[16]。此外，肥胖症儿童通常户外体育活动较少，经常摄入高热量的食物、饮料且不吃早餐，这些均与维生素D水平较低相关^[17]。

本研究中，未发现肥胖症儿童血清25(OH)D水平与其肥胖程度Z-BMI、体脂百分比、肥胖时长的相关性，而与其年龄呈负相关。既往研究发现，儿童体重每增加1 kg，血清25(OH)D减少0.95 nmol/L^[8]。由于本研究分析的对象均为肥胖症儿童，一方面由于肥胖程度相差不大，另一方面，肥胖症儿童维生素D不足/缺乏率达56.8%，即大多数儿童都存在25(OH)D水平不足，故相关性不显著。而维生素D水平与肥胖症儿童年龄呈负相关，即随着年龄的增长，维生素D水平逐渐降低。可能是由于目前我国常规推荐3岁以下婴幼儿补充维生素D₃，而对于学龄期儿童和青少年未常规补充，加之食物中的维生素D来源较少，且学龄期儿童户外活动较少，经皮肤转化量不足，从而出现体内维生素D的缺乏。尤其在冬季，户外阳光照射减少，紫外线强度弱，体内维生素D水平更低。故在临床中，应常规监测肥胖症儿童的血清25(OH)D水

平，对于缺乏者予以及时足量补充。美国内分泌学会临床实践指南指出，肥胖症儿童的维生素D补充剂量应至少为常规补充剂量的2~3倍^[18]。此外，1 000~2 000 IU/d的维生素D补充能够降低肥胖症儿童的血压和空腹血糖浓度，改善胰岛素抵抗，从而保持胰岛素敏感性，降低潜在糖尿病的发生^[15]。此外，有研究显示，超重/肥胖儿童在减重后，其血清25(OH)D水平会有所增高^[17]。

本研究肥胖症儿童中未发现维生素E缺乏者，仅4.0%存在不足，且其水平较正常体重儿童高，尤其是腹型肥胖者，其水平相对更高。但随着年龄的增长，维生素E水平有所降低。以往研究提示，肥胖症儿童可能存在维生素E摄入不足，尽管循环中的α-生育酚水平较高^[19]。肥胖症儿童体内氧化-抗氧化状态失衡，氧化应激增强，而维生素E有很强的抗氧化作用，因此充足的维生素E可减轻肥胖儿童体内脂质过氧化损伤，从而有利于减缓非酒精性脂肪性肝病和成年期动脉粥样硬化的发生^[5, 20]。此外，尽管肥胖症儿童的维生素E水平较充足，但在减重并干预生活方式后，尤其是减少脂类的摄入量后，维生素E缺乏的风险可能增加^[21]。因此，也应关注肥胖症尤其是减重期儿童的维生素E水平。

综上所述，本研究显示，肥胖症儿童体内脂溶性维生素D的营养状况较差，尤其是学龄期儿童，而维生素A和维生素E水平相对较高，尤其是腹型肥胖者。因此，应常规监测肥胖症儿童的血清25(OH)D水平，对于缺乏者及时足量补充。

利益冲突声明：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] World Health Organization. Obesity and overweight[EB/OL]. (2021-06-09)[2021-09-06]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
- [2] Pan XF, Wang L, Pan A. Epidemiology and determinants of obesity in China[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2021, 9(6): 373-392. PMID: 34022156. DOI: 10.1016/S2213-8587(21)00045-0.
- [3] 王剑清, 刘艳明. 维生素D调控儿童肥胖、胰岛素抵抗及其机制的研究进展[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2015, 30(20): 1598-1600. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2015.20.023.
- [4] Yee MMF, Chin KY, Ima-Nirwana S, et al. Vitamin A and bone health: a review on current evidence[J]. *Molecules*, 2021, 26(6): 1757. PMID: 33801011. PMID: PMC8003866. DOI: 10.3390/molecules26061757.

- [5] Wallert M, Börnel L, Lorkowski S. Inflammatory diseases and vitamin E: what do we know and where do we go?[J]. *Mol Nutr Food Res*, 2021, 65(1): e2000097. PMID: 32692879. DOI: 10.1002/mnfr.202000097.
- [6] 冯玲, 李晋蓉, 杨凡. 儿童血清25羟维生素D与肥胖及炎症细胞因子关系的研究[J]. *中国当代儿科杂志*, 2013, 15(10): 875-879. PMID: 24131841.
- [7] 彭彤彤, 马丽亚, 田先雨. 宝安区638名儿童维生素D水平调查及其与超重/肥胖的关系研究[J]. *国际医药卫生导报*, 2021, 27(5): 689-692. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2021.05.015.
- [8] 蒋新液, 裴晶晶, 卫雅蓉, 等. 血清25羟-维生素D₃水平与儿童肥胖之间的关系[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2014, 29(19): 1476-1478. DOI: 10.3760/j.issn.2095-428X.2014.19.010.
- [9] Wei X, Peng R, Cao J, et al. Serum vitamin A status is associated with obesity and the metabolic syndrome among school-age children in Chongqing, China[J]. *Asia Pac J Clin Nutr*, 2016, 25(3): 563-570. PMID: 27440692. DOI: 10.6133/apjcn.092015.03.
- [10] García OP, Ronquillo D, del Carmen Caamaño M, et al. Zinc, iron and vitamins A, C and E are associated with obesity, inflammation, lipid profile and insulin resistance in Mexican school-aged children[J]. *Nutrients*, 2013, 5(12): 5012-5030. PMID: 24335710. PMCID: PMC3875915. DOI: 10.3390/nu5125012.
- [11] 中华预防医学会儿童保健分会. 中国儿童维生素A、维生素D临床应用专家共识[J]. *中国儿童保健杂志*, 2021, 29(1): 110-116. DOI: 10.11852/zgetbjzz2020-2118.
- [12] 江载芳, 申昆玲, 沈颖. 诸福棠实用儿科学[M]. 8版. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 570-572.
- [13] Liang X, He Y, Chen M, et al. The association of lecithin retinol acyltransferase and the 25(OH)D receptor with pediatric overweight and obesity[J]. *Eur J Clin Nutr*, 2019, 73(12): 1626-1629. PMID: 30967641. DOI: 10.1038/s41430-019-0422-0.
- [14] Chen Z, Lv X, Hu W, et al. Vitamin D status and its influence on the health of preschool children in Hangzhou[J]. *Front Public Health*, 2021, 9: 675403. PMID: 34079788. PMCID: PMC8165265. DOI: 10.3389/fpubh.2021.675403.
- [15] Rajakumar K, Moore CG, Khalid AT, et al. Effect of vitamin D₃ supplementation on vascular and metabolic health of vitamin D-deficient overweight and obese children: a randomized clinical trial[J]. *Am J Clin Nutr*, 2020, 111(4): 757-768. PMID: 31950134. PMCID: PMC7138671. DOI: 10.1093/ajcn/nqz340.
- [16] Denova-Gutiérrez E, Muñoz-Aguirre P, López D, et al. Low serum vitamin D concentrations are associated with insulin resistance in Mexican children and adolescents[J]. *Nutrients*, 2019, 11(9): 2109. PMID: 31491877. PMCID: PMC6770751. DOI: 10.3390/nu11092109.
- [17] Durá-Travé T, Gallinas-Victoriano F, Chueca-Guindulain MJ, et al. Assessment of vitamin D status and parathyroid hormone during a combined intervention for the treatment of childhood obesity[J]. *Nutr Diabetes*, 2019, 9(1): 18. PMID: 31164629. PMCID: PMC6547754. DOI: 10.1038/s41387-019-0083-z.
- [18] Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2011, 96(7): 1911-1930. PMID: 21646368. DOI: 10.1210/jc.2011-0385.
- [19] Traber MG. Vitamin E inadequacy in humans: causes and consequences[J]. *Adv Nutr*, 2014, 5(5): 503-514. PMID: 25469382. PMCID: PMC4188222. DOI: 10.3945/an.114.006254.
- [20] Al-Baiaty FDR, Ismail A, Abdul Latiff Z, et al. Possible hepatoprotective effect of tocotrienol-rich fraction vitamin E in non-alcoholic fatty liver disease in obese children and adolescents[J]. *Front Pediatr*, 2021, 9: 667247. PMID: 34307250. PMCID: PMC8295474. DOI: 10.3389/fped.2021.667247.
- [21] Gajewska J, Ambroszkiewicz J, Szamotulska K, et al. Associations between antioxidant vitamin status, dietary intake, and retinol-binding protein 4 levels in prepubertal obese children after 3-month weight loss therapy[J]. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*, 2021, 13(2): 187-197. PMID: 33261247. PMCID: PMC8186328. DOI: 10.4274/jcrpe.galenos.2020.2020.0207.

(本文编辑: 邓芳明)