

文章编号: 1000-8020(2021)04-0547-05

·调查研究·

## 山东省6~17岁儿童青少年超重肥胖对 血清维生素D与空腹血糖的影响

于连龙<sup>1</sup> 张坚<sup>2</sup> 李素云<sup>1</sup> 刘文杰<sup>1</sup> 吕翠霞<sup>1</sup> 刘昭璐<sup>1</sup> 张俊黎<sup>1</sup>

1 山东省疾病预防控制中心, 济南 250014; 2 中国疾病预防控制中心营养与健康所, 北京 100050



**摘要:** 目的 了解山东省儿童青少年血清维生素D和空腹血糖的关系及其受超重肥胖的影响。方法 采用多阶段分层整群抽样方法,于2016—2017年在山东省13个地级市各抽取一个区县作为调查点,共抽取26所小学、26所初中和13所高中的儿童青少年3562人(体重正常2666人,超重446人,肥胖450人,其中周围型肥胖131人,腹型肥胖319人),对其进行问卷调查。体检测定血清维生素D和空腹血糖。采用“中国学龄儿童青少年超重肥胖筛查体质指数分类标准”对超重肥胖进行判定。结果 13~17岁组空腹血糖水平显著高于6~12岁组( $t=-3.13$ ,  $P=0.002$ ),男性显著高于女性( $t=7.87$ ,  $P<0.001$ )。体重正常和肥胖者中血清维生素D和空腹血糖之间呈负相关( $P<0.05$ )。超重者血清维生素D与空腹血糖无显著性相关( $P>0.05$ )。女性和13~17岁体重正常者、6~12岁腹型肥胖者,血清维生素D与空腹血糖呈负相关( $P<0.05$ )。结论 山东省13~17岁青少年空腹血糖高于6~12岁儿童,男性空腹血糖高于女性。不同性别、年龄和超重肥胖状态对血清维生素D与空腹血糖关系有影响。

**关键词:** 维生素D 空腹血糖 超重 肥胖 儿童 青少年  
中图分类号: R179 文献标志码: A  
DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2021.04.003

## Impact of overweight and obesity on the relationship between serum vitamin D and fasting blood glucose in children aged 6–17 years in Shandong Province

Yu Lianlong<sup>1</sup>, Zhang Jian<sup>2</sup>, Li Suyun<sup>1</sup>, Liu Wenjie<sup>1</sup>, Lyu Cuixia<sup>1</sup>, Liu Zhaolu<sup>1</sup>, Zhang Junli<sup>1</sup>

1 Shandong Center for Disease Control and Prevention, Jinan 250014, China; 2 National Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China

**ABSTRACT: OBJECTIVE** To study the relationship between serum vitamin D and fasting blood glucose in children and adolescents, and its influence on overweight and obesity. **METHODS** Using a multi-stage stratified cluster sampling method, 13 districts and counties in Shandong Province were selected as survey points, and a total of 26 elementary schools, 26 junior high schools and 13 high schools were selected. Questionnaire surveys and physical examination were conducted on children and adolescents aged 6–17. Serum vitamin D and fasting blood glucose were uniformly measured. The “BMI Classification Standard for Overweight and Obesity Screening for

基金项目: 国家重点研发计划重大慢性非传染性疾病预防研究(No.2016YFC1305201); 山东省健康长寿文化促进会  
(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net  
新技术应用与健康促进专项科研基金(No.XJS2020-02)

作者简介: 于连龙,男,硕士研究生,主管医师,研究方向: 营养与疾病, E-mail: lianlong00a@163.com

通信作者: 张俊黎,女,本科,主任医师,研究方向: 营养与健康, E-mail: sdcdezh@163.com

Chinese School-age Children and Adolescents” was used to determine overweight and obesity. Statistical method adopt *t*-test and generalized linear regression model for analysis.

**RESULTS** A total of 3562 children aged 6–17 years were investigated, 2666 were healthy, 446 were overweight, 450 were obese, including 131 peripheral obesity and 319 abdominal obesity. The fasting blood glucose level of the 13–17-year-old group was significantly higher than that of the 6–12-year-old group ( $t = -3.13, P = 0.002$ ), and the male was significantly higher than that of the female ( $t = 7.87, P < 0.001$ ). In the healthy and obesity group, there was a negative correlation between serum vitamin D and fasting blood glucose ( $P < 0.05$ ). In overweight group, serum vitamin D was not significantly related to fasting blood glucose ( $P > 0.05$ ). Serum vitamin D and fasting blood glucose were negatively correlated with healthy bodies in female group and 13–17 years old group, and the abdominal obesity bodies in the 6–12 year old group ( $P < 0.05$ ).

**CONCLUSION** The fasting blood glucose of adolescents aged 13–17 is significantly higher than that of children aged 6–12, and the fasting blood glucose of men is significantly higher than that of women. Different gender, age, and overweight and obesity status have an impact on the relationship between serum vitamin D and fasting blood glucose.

**KEY WORDS:** vitamin D, fasting blood sugar, overweight, obesity, children, adolescents

截止 2013 年,中国 18 岁以上成人 2 型糖尿病发病率已达 10.4%<sup>[1]</sup>,中老年糖尿病患者每年疾病经济负担达到 2199.5 亿元<sup>[2]</sup>,而且我国糖尿病发病更有年轻化趋势<sup>[3-4]</sup>,因此关注儿童青少年糖尿病的预防控制十分必要。2 型糖尿病患者体内常伴随着维生素 D 缺乏,同时血清中维生素 D 降低使罹患糖尿病的风险增高<sup>[5]</sup>,适当补充维生素 D 对控制血糖和糖化血红蛋白(glycated hemoglobin A1c, HbA1c)具有积极作用<sup>[6-7]</sup>。但也有研究显示维生素 D 与血糖的关系并不明显,甚至有研究显示高浓度的血清维生素 D 不利于血糖的控制,并增加 2 型糖尿病的患病率<sup>[8-9]</sup>。尽管不同研究存在争议,但血清维生素 D 与血糖代谢具有密切相关性,已经成为普遍共识。同时,超重肥胖是引起儿童青少年血糖升高的重要危险因素,可引起儿童青少年血清维生素 D 缺乏和糖脂代谢紊乱<sup>[10-11]</sup>。本研究旨在研究儿童青少年血清维生素 D 和空腹血糖的关系,并探究超重肥胖对两者关系的影响,以期儿童青少年糖尿病预防提供基础资料和科学依据。

## 1 对象和方法

### 1.1 调查对象

数据来自于 2016—2017 年“中国儿童与乳母营养健康监测”山东省监测数据,采用多阶段分层整群抽样,从 13 个区县(城市点:青岛市市

北区、烟台市蓬莱市、潍坊市寿光市、临沂市兰山区、淄博市临淄区、烟台市莱州市;农村点:东营市利津县、德州市武城县、聊城市东阿县、济宁市泗水县、临沂市沂水县、德州市陵城区和菏泽市定陶区)中抽取 26 所小学、26 所初中和 13 所高中共 3562 人,对其进行问卷调查、体检和血液样本采集。

所有被调查对象均签署知情同意书。

### 1.2 调查方法与质量控制

由经过统一培训的疾病预防控制中心工作人员开展问卷调查和儿童青少年查体。查体包括身高、体重、腰围、血压和采血等项目。血液样本采集后按照统一操作规范分离血清并放入冻存管中,经低温冷链运送至中国疾病预防控制中心实验室统一测定。由国家级和省级疾控工作组负责质量控制,调查员和检验人员均经过统一调查培训和操作规范培训。

### 1.3 判定标准

儿童青少年的超重肥胖判定方法采用由中国肥胖问题工作组(WGOC)2004 年制定的“中国学龄儿童青少年超重肥胖筛查 BMI 分类标准”<sup>[12]</sup>。根据此标准将体质情况划分为健康体重、超重、肥胖以及周围型肥胖和腹型肥胖。血清维生素 D 分组方法采用 2012 年美国疾病预防控制中心维生素 D 营养状况判定标准,按照血清维生素 D 含量将人群划分为  $< 12.0$  ng/mL 组(维生素 D 缺

乏)、12.0~19.9 ng/mL 组(维生素D不足)和≥20.0 ng/mL 组(维生素D正常)3组<sup>[13]</sup>。

### 1.4 统计学方法

数据采用 SPSS 22.0 进行统计分析,对不同年龄组、性别组的空腹血糖比较采用 *t* 检验。不同分组的比较、血清维生素 D 与空腹血糖的关系采用广义线性回归模型分析,控制年龄、性别、超重肥胖和膳食能量摄入等因素。由于相关系数和回归系数具有符号一致性、假设检验等价和回归可解释相关等特性<sup>[14]</sup> 本文中部分相关性表述以回归系数为依据。

## 2 结果

### 2.1 一般情况

3562 名儿童青少年中男性 1771 人(49.7%),女性 1791 人(50.3%),6~12 岁儿童 2270 人(63.7%),13~17 岁青少年 1292 人

(36.3%)。体重正常 2666 人(74.8%),超重 446 人(12.5%),肥胖 450 人(12.6%),其中周围型肥胖 131 人(3.7%),腹型肥胖 319 人(9.0%)。

### 2.2 不同年龄性别组血清维生素 D 与空腹血糖关系

由表 1 可见,空腹血糖 13~17 岁青少年显著高于 6~12 岁儿童( $t=-3.13, P=0.002$ ),男性明显高于女性( $t=7.87, P<0.001$ )。在总人群及 6~12 岁儿童中,维生素 D 正常者血糖明显低于缺乏和不足者( $P<0.05$ ),13~17 岁青少年中,血清维生素 D 缺乏者空腹血糖明显高于不足和正常者( $P<0.05$ ),女性血清维生素 D 缺乏者空腹血糖明显高于正常者( $P<0.05$ )。经过广义线性模型对年龄、性别、超重肥胖、膳食能量摄入等混杂因素的校正,血清维生素 D 每增加 1 mmol/L 空腹血糖减少 0.004 mmol/L( $\beta=-0.004, P<0.001$ )。

表 1 山东省 6~17 岁不同年龄、性别、血清维生素 D 儿童青少年空腹血糖水平( $\bar{x}\pm s$ ) mmol/L

特征	维生素 D 缺乏		维生素 D 不足		维生素 D 正常		F 值	P 值	合计			
	n	空腹血糖	n	空腹血糖	n	空腹血糖			n	空腹血糖	t 值	P 值
年龄/岁												
6~12	349	5.21±0.37	1048	5.24±0.41	873	5.19±0.38 <sup>(1,2)</sup>	5.48	0.004	2270	5.21±0.39	-3.13	0.002
13~17	382	5.32±0.65	626	5.24±0.39 <sup>(1)</sup>	284	5.25±0.41 <sup>(1)</sup>	4.43	0.012	1292	5.26±0.49		
性别												
男	278	5.30±0.40	795	5.30±0.40	698	5.27±0.38	0.79	0.453	1771	5.29±0.39	7.87	<0.001
女	453	5.25±0.60	879	5.18±0.39	459	5.11±0.37 <sup>(1)</sup>	4.34	0.013	1791	5.18±0.45		
合计	731	5.27±0.54	1674	5.24±0.40	1157	5.20±0.39 <sup>(1,2)</sup>	4.43	0.012	3562	5.23±0.43		

注:(1)与血清维生素D缺乏比较  $P<0.05$ ; (2)与血清维生素D不足比较  $P<0.05$

### 2.3 超重肥胖对空腹血糖和血清维生素 D 含量的影响

由表 2 可见,体重正常者空腹血糖显著低于超重组和肥胖组( $P<0.05$ )。肥胖者血清维生素 D 高于体重正常者( $P<0.05$ )。男性、6~12 岁和

13~17 岁中,周围型肥胖组和腹型肥胖者空腹血糖差异有统计学意义( $P<0.05$ )。13~17 岁中周围型肥胖组和腹型肥胖组的血清维生素 D 差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 2 山东省 6~17 岁儿童青少年超重肥胖对空腹血糖和血清维生素 D 含量的影响( $\bar{x}\pm s$ )

指标	体重正常 (n=2666)	超重 (n=446)	肥胖 (n=450)	周围型肥胖 (n=131)	腹型肥胖 (n=319)
空腹血糖/(mmol/L)					
男	5.27±0.39	5.34±0.36 <sup>(1)</sup>	5.35±0.43 <sup>(1)</sup>	5.29±0.42	5.37±0.43 <sup>(2)</sup>
女	5.17±0.47	5.17±0.36	5.21±0.38	5.11±0.35	5.24±0.39
6~12 岁	5.19±0.40	5.27±0.38	5.27±0.38 <sup>(1)</sup>	5.21±0.34	5.30±0.39 <sup>(2)</sup>
13~17 岁	5.25±0.50	5.26±0.36 <sup>(1)</sup>	5.35±0.51 <sup>(1)</sup>	5.37±0.60	5.35±0.49 <sup>(2)</sup>
合计	5.22±0.44	5.27±0.37 <sup>(1)</sup>	5.30±0.42 <sup>(1)</sup>	5.24±0.40	5.32±0.42 <sup>(2)</sup>
血清维生素 D/(ng/mL)					
男	18.61±6.77	18.77±6.64	19.31±6.71	18.85±5.89	19.53±7.07
女	16.26±6.26	16.75±6.96	17.04±6.27	18.21±7.19	16.66±5.93
6~12 岁	18.52±6.60	18.88±7.12	18.85±6.61	18.72±6.38	18.92±6.73
13~17 岁	15.37±6.13	16.35±6.02 <sup>(1)</sup>	17.50±6.63 <sup>(1)</sup>	18.39±6.05	17.27±6.78 <sup>(2)</sup>
合计	17.33±0.12	17.95±0.31	18.47±0.31 <sup>(1)</sup>	18.11±0.57	18.62±0.36

注:(1)与体重正常比较  $P<0.05$ ; (2)与周围型肥胖比较  $P<0.05$

## 2.4 超重肥胖对血清维生素 D 和空腹血糖关系的影响

由表 3 可见,体重正常者中血清维生素 D 正常者空腹血糖低于缺乏者( $P<0.05$ ) 超重者中差

异无统计学意义( $P>0.05$ ) 肥胖者和腹型肥胖者中血清维生素 D 正常者空腹血糖均低于不足者( $P<0.05$ )。

表 3 山东省 6~17 岁儿童青少年不同体质指数和血清维生素 D 组的空腹血糖水平( $\bar{x}\pm s$ ) mmol/L

类别	维生素 D 缺乏		维生素 D 不足		维生素 D 正常		F 值	P 值	合计	
	n	空腹血糖	n	空腹血糖	n	空腹血糖			n	空腹血糖
体重正常	580	5.26±0.56	1246	5.21±0.40	840	5.19±0.38 <sup>(1)</sup>	3.77	0.023	2666	5.22±0.44
超重	81	5.27±0.39	217	5.26±0.36	148	5.27±0.38	0.02	0.982	446	5.27±0.37
肥胖	70	5.29±0.45	211	5.35±0.42	169	5.23±0.40 <sup>(2)</sup>	3.77	0.024	450	5.30±0.42
周围型肥胖	17	5.24±0.52	64	5.29±0.41	50	5.17±0.35	0.65	0.525	131	5.24±0.40
腹型肥胖	53	5.30±0.43	147	5.37±0.42	119	5.26±0.41 <sup>(2)</sup>	2.92	0.055	319	5.32±0.42

注: (1) 与血清维生素 D 缺乏比较  $P<0.05$  (4) 与血清维生素 D 不足比较  $P<0.05$

由表 4 可见,将人群按照超重肥胖分层后,超人群血清维生素 D 与空腹血糖的关系无统计学意义( $P>0.05$ )。

表 4 山东省 6~17 岁儿童青少年空腹血糖与血清维生素 D 的广义线性回归分析<sup>(1)</sup>

类别	偏回归系数(95% CI)	P 值
体重正常	-0.004(-0.006~-0.001)	0.008
超重	-0.004(-0.009~0.002)	0.169
肥胖	-0.006(-0.012~-0.001)	0.033
周围型肥胖	-0.006(-0.017~0.005)	0.283
腹型肥胖	-0.006(-0.013~0.001)	0.079
合计	-0.004(-0.006~-0.002)	0.001

注: (1) 使用广义线性模型,校正年龄、性别、膳食能量摄入

## 3 讨论

### 3.1 不同年龄性别儿童青少年空腹血糖存在显著性差异

本研究结果表明 6~17 岁儿童青少年的空腹血糖主要为男性高于女性,13~17 岁高于 6~12 岁,由此提示空腹血糖在儿童青少年人群中存在生理性的性别差异,且伴随青春期的发育,血糖会伴随年龄的增长有升高趋势。有研究显示随着年龄的增长儿童患糖尿病的风险可能增加<sup>[15]</sup>,本研究结果提示了这种风险的可能性。

### 3.2 血清维生素 D 与空腹血糖呈负相关

尽管不同年龄性别、不同血清维生素 D 儿童青少年的空腹血糖呈现不同差异,但整体趋势表明随着血清维生素 D 浓度的升高,空腹血糖呈现整体下降趋势。这种现象在总人群、6~12 岁、13~17 岁和女性中得到明显体现。而在混杂因素调整后的模型中,儿童青少年血清维生素 D 与空腹血糖仍呈负相关,与董美娟等<sup>[6]</sup>和 DAS<sup>[7]</sup>研究结论一致。

### 3.3 超重肥胖对血糖的影响

与体重正常者相比,超重和肥胖者空腹血糖明显升高,再次证明超重、肥胖是血糖升高乃至糖尿病发生的危险因素<sup>[10-11]</sup>。同时,有研究表明肥胖导致胰岛素抵抗<sup>[16]</sup>。因此,合理控制体重是预防血糖异常和糖尿病的重要手段。

### 3.4 超重肥胖对儿童青少年血清维生素 D 与空腹血糖关系存在影响

按照超重肥胖进行分层分析,超重者中不同浓度血清维生素 D 人群的空腹血糖差异无统计学意义。分层后校正了年龄、性别和膳食能量摄入,超重组中血清维生素 D 和空腹血糖关系差异无统计学意义。这种关系在肥胖不分型时是有统计学意义,而在肥胖分为周围型肥胖和腹型肥胖分层后,血清维生素 D 和空腹血糖的差异也无统计学意义。在放宽假设检验水准至 0.1 时,可以观察到腹型肥胖者中血清维生素 D 和空腹血糖呈负相关。由此推断,儿童随超重肥胖状态的变化,体内的代谢规律发生了变化。通过研究可知,腹型肥胖组中血清维生素 D 和空腹血糖呈负相关的关系主要贡献来自于 6~12 岁者。

### 3.5 超重肥胖、血清维生素 D 和空腹血糖之间关系的相互影响

血清中维生素 D 的增加对控制血糖有积极作用。人体血清中的维生素 D 可以通过饮食摄入或补充剂等外源性途径获得<sup>[17]</sup>。KAYANIYIL 等<sup>[5]</sup>研究显示,补充维生素 D 对控制血糖和糖化血红蛋白有益。多数文献表明阳光暴露时间与血清维生素 D 正相关<sup>[18-20]</sup>,同时延长运动时间能有效预防肥胖的发生<sup>[21]</sup>。结合以上文献和本研究的发现,提示可通过增加儿童青少年的户外运动时间或补充维生素 D 来起到控制体重、血糖,达到预防儿童青少年糖尿病的目的。

### 3.6 本研究的局限

本研究中缺乏糖化血红蛋白和胰岛素等数据,指标选择客观性上有待进一步提高。

### 参考文献

- [1] 中华医学会糖尿病学分会.中国2型糖尿病防治指南(2017年版)[J].中华糖尿病杂志,2018,10(1):4-67.
- [2] 冷瑶,李燕喃,邓晶.我国中老年糖尿病患者的疾病经济负担分析[J].卫生经济研究,2018(10):46-49.
- [3] PRADEEPA R, MOHAN V. Prevalence of type 2 diabetes and its complications in India and economic costs to the nation [J]. Eur J Clin Nutr, 2017, 71(7):816-824.
- [4] THOMAS M C, COOPER M E, ZIMMET P. Changing epidemiology of type 2 diabetes mellitus and associated chronic kidney disease [J]. Nat Rev Nephrol, 2016, 12(2):73-81.
- [5] KAYANIYIL S, HARRIS S B, RETNAKARAN R, et al. Prospective association of 25 (OH) D with metabolic syndrome [J]. Clin Endocrinol, 2014, 80(4):502-507.
- [6] 董美娟,刘媛媛,姚迪,等.初诊2型糖尿病患者血清维生素D及胰岛素抵抗与炎症因子关系[J].医学研究生学报,2017,30(10):1057-1060.
- [7] DAS G. Vitamin D and type 2 diabetes [J]. Metabolism, 2017(73):67-76.
- [8] NIELSEN N O, BJERREGAARD P, RONN P F, et al. Associations between vitamin D status and type 2 diabetes measures among Inuit in Greenland may be affected by other factors [J]. PLoS One, 2016, 11(4):e0152763.
- [9] WITHAM M D, DOVE F J, DRYBURGH M, et al. The effect of different doses of vitamin D (3) on markers of vascular health in patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial [J]. Diabetologia, 2010, 53(10):2112-2119.
- [10] 高毅,陈晓霞.儿童超重与25羟维生素D3、糖脂代谢的关系[J].中国妇幼健康研究,2019,30(7):824-827.
- [11] 徐海泉.不同儿童肥胖干预措施的干预效果及其成本效益分析[D].北京:中国疾病预防控制中心,2012.
- [12] 中国肥胖问题工作组,季成叶.中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数分类标准[J].中华流行病学杂志,2004,25(2):10-15.
- [13] PFEIFFER C M, STERNBERG M R, SCHLEICHER R L, et al. The CDC's second national report on biochemical indicators of diet and nutrition in the U. S. population is a valuable tool for researchers and policy makers [J]. J Nutr, 2013, 143(6):938S-947S.
- [14] 李晓松.医学统计学[M].北京:高等教育出版社,2008:184.
- [15] FU J F, LIANG L, GONG C X, et al. Status and trends of diabetes in Chinese children: analysis of data from 14 medical centers [J]. World J Pediatr, 2013, 9(2):127-134.
- [16] KAVADAR G, DEMIRCIOGLU D T, ÖZGÖNENEL L, et al. The relationship between vitamin D status, physical activity and insulin resistance in overweight and obese subjects [J]. Bosn J Basic Med Sci, 2015, 15(2):62-66.
- [17] SERRANO M A. Contribution of sun exposure to the vitamin D dose received by various groups of the Spanish population [J]. Sci Total Environ, 2018, 619-620:545-551.
- [18] HUANG C H, HUANG Y A, LAI Y C, et al. Prevalence and predictors of hypovitaminosis D among the elderly in subtropical region [J]. PLoS One, 2017, 12(7):e0181063.
- [19] VIGNALI E, MACCHIA E, CETANI F, et al. Development of an algorithm to predict serum vitamin D levels using a simple questionnaire based on sunlight exposure [J]. Endocrine, 2017, 55(1):85-92.
- [20] HANSEN L, TJØNNELAND A, KØSTER B, et al. Sun exposure guidelines and serum vitamin D status in Denmark: the status D study [J]. Nutrients, 2016, 8(5):266.
- [21] 马宝玲,何玉秀,王凌.运动防治向心性肥胖的研究进展[J].中国康复医学杂志,2008(8):763-765.

收稿日期:2020-07-21