DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025330

· 学生营养 ·

小学生血清脂溶性维生素水平与体脂率及生活方式的相关性

倪一平[1],朱波[1],游杰[2],张雯[3],王丽[3],纪翔[1]

1.深圳市罗湖区疾病预防控制中心理化检验科,广东 518001;
2.深圳市罗湖区疾病预防控制中心业务管理科;3.深圳市罗湖区疾病预防控制中心公共卫生科

【摘要】 **目的** 分析小学生血清维生素 A、维生素 D、维生素 E 水平与体脂率(FMP)、生活方式之间的关联,为探讨小学生维生素营养状况及其潜在影响因素提供参考。**方法** 2021 年 9 月 1 日—10 月 30 日,采用整群抽样法选择深圳市罗湖区 8 所小学 750 名三年级学生为研究对象,测量其体成分、采集血液样本,采用质谱仪检测维生素 A、维生素 D、维生素 E 的血清水平,同时通过调查问卷收集受试者的饮食与运动习惯信息。组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验和 Kruskal-Wallis *H* 秩和检验;相关性分析采用 Spearman 相关;生活方式与维生素水平之间的关联使用 Logistic 回归模型分析。**结果** 学龄儿童血清维生素 A 的总体水平为 0.4(0.4,0.5) mg/L,缺乏率为 0,边缘缺乏率为 5.1%;维生素 D 水平为 26.0(22.0,30.0) ng/mL,缺乏率为 0.4%,边缘缺乏率为 12.7%;维生素 E 的水平为 11.8(10.1,13.5) mg/L,边缘缺乏率为 0.8%。Spearman 相关分析显示,总人群、男生、女生、正常体重人群维生素 A 与 FMP 相关(*r* 值分别为 0.18,0.18,0.20,0.10),总人群及肥胖人群维生素 D 和 FMP 均呈正相关(*r* 值分别为 0.08,0.16)(*P* 值均<0.05)。Logistic 回归分析结果显示,维生素 A 的边缘性缺乏与食用动物类、零食类和奶蛋豆类食物相关(*OR* 值分别为 0.45,0.55,0.59);维生素 D 是否缺乏受性别(*OR*=2.65)和运动(*OR*=1.96)的影响(*P* 值均<0.05)。**结论** 学龄儿童维生素 A、维生素 D、维生素 E 的水平与 FMP 相关,不同体质人群维生素差异较大,需针对性补充。

【关键词】 维生素 A 缺乏;维生素 D 缺乏;维生素 E 缺乏;体脂肪率;人体质量指数;回归分析;儿童
【中图分类号】 R 153.2 Q 983$^{+.23}$ Q 591.4 【文献标识码】 A 【文章编号】 1000-9817(2025)11-1564-05

Correlation of serum lipid soluble vitamin levels with body fat mass percentage and lifestyle among primary school students

NI Yiping*, ZHU Bo, YOU Jie, ZHANG Wen, WANG Li, JI Xiang

* *Physical and Chemical Inspection Department, Shenzhen Luohu District Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen* 518001, *Guangdong Province, China*

【**Abstract**】 **Objective** To analyze the correlation between the levels of vitamin A, vitamin D, vitamin E with body fat mass percentage(FMP) as well as lifestyle factors among primary school students, so as to provide references for exploring the vitamin nutritional status of primary school students and its potential influencing factors. **Methods** From September 1 to October 30, 2021, a cluster sampling method was used to select 750 third-grade students from eight primary schools in Luohu District, Shenzhen. Their body composition was measured, and blood samples were collected to detect the serum levels of vitamin A, vitamin D, and vitamin E using a mass spectrometer. Dietary and exercise habits were collected through questionnaires. Mann-Whitney *U* test and Kruskal-Wallis *H* rank sum test were used for inter-group comparisons, spearman correlation was used for correlation analysis, and Logistic regression model was used to analyze the association between lifestyle and vitamin content. **Results** The overall level of vitamin A in school-aged children was 0.4 (0.4, 0.5) mg/L, with a deficiency rate of 0 and a marginal deficiency rate of 5.1%; the level of vitamin D was 26.0 (22.0, 30.0) ng/mL, with a deficiency rate of 0.4% and an insufficiency rate of 12.7%; the content of vitamin E was 11.8 (10.1, 13.5) mg/L, with an insufficiency rate of 0.8%. Spearman correlation analysis showed that vitamin A was positively correlated with FMP in the total population, boys, girls, and normal weight population (r=0.18, 0.18, 0.20, 0.10), and vitamin D was positively correlated with FMP in the total population and obese population (r=0.08, 0.16) (all P<0.05). Logistic regression analysis showed that marginal deficiency of vitamin A was associated with consumption of animal, snack, and dairy/egg/bean foods (OR=0.45, 0.55, 0.59); whether vitamin D was deficient was influenced by gender (OR=2.65) and exercise (OR=1.96) (all P<0.05). **Conclusion** Vitamin A, vitamin D and vitamin E levels are associated with body fat percentage, with significant variations in vitamin status among individuals of different body types, necessitating targeted supplementation.

【**Keywords**】 Vitamin A deficiency; Vitamin D deficiency; Vitamin E deficiency; Adiposity; Body mass index; Regression analysis; Child

【作者简介】 倪一平(1991-),女,四川雅安人,硕士,主管技师,主要从事卫生检验和学校卫生工作。
【通信作者】 纪翔,E-mail:3107115@qq.com

作为人体代谢与生长发育的关键阶段,学龄儿童维生素代谢研究一直是各方关注的重点,脂溶性维生素 A、维生素 D、维生素 E 在脂肪代谢、免疫调节及骨骼健康中具有多重作用[1]。研究表明,维生素 D 缺乏与儿童肥胖存在双向关联[2]。一方面,体脂率(fat mass percentage, FMP)升高会导致维生素 D 的脂溶性储存增加和生物利用度降低[2-3];另一方面,维生素 D 水平不足可能通过调节脂肪细胞分化加剧肥胖进程[4]。维生素 A 与体脂分布的关联研究显示,血清视黄醇水平与内脏脂肪含量呈负相关,尤其在女性群体中,体脂超标者维生素 A 缺乏风险增加 2.6 倍[5]。维生素 E 作为重要抗氧化剂,其水平与肿瘤坏死因子-α(tumor necrosis factor-alpha, TNF-α)、C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)均呈负相关,联合维生素 A、维生素 D 检测对儿童生长迟缓具有预测价值[6]。生活方式方面,每天户外活动时间<1 h、屏幕时间>2 h 可使维生素 D 缺乏风险分别增加 3.2 和 1.8 倍[7-8],而饮食中维生素 D 摄入量普遍不足推荐量的 20%[9-10]。本研究拟通过量化分析深圳罗湖区小学生血清维生素 A、维生素 D、维生素 E 水平与 FMP 和生活方式指标的关联性,为针对性地控制儿童肥胖的发生提供参考。

1　对象与方法

1.1　对象　2021 年 9 月 1 日—10 月 30 日,采用抽签法随机抽取深圳市罗湖区下辖 10 个街道中,8 个不同街道内的 8 所小学,再以整群抽样的方式,以年级为单位,根据纳入和排除标准,纳入 750 名小学三年级学生进行调查,年龄 8 ~ 10 岁。其中男生 415 名(55.47%),女生 335 名(44.53%)。排除标准:(1)患有与体重相关的先天性疾病或慢性疾病者;(2)有认知功能障碍导致无法准确回答调查问题者;(3)由于各种原因长期服药者;(4)拒绝参加调查者。本研究已通过深圳市罗湖区疾病预防控制中心伦理委员会伦理批准(批号:罗疾伦字[2021]第 001A 号),研究获得学生及其家长知情同意。

1.2　方法

1.2.1　问卷调查　根据研究目的并参考相关文献[11]以及中国居民营养素养核心信息及评估工具[12]自行设计食物频率问卷(food frequency questionnaire, FFQ),问卷的 Cronbach α 系数为 0.82,巴特利球形检验 $P<0.05$,认为该问卷适合做结构效度分析;*KMO* 系数为 0.75,说明结构效度可信。学生问卷为纸质问卷,采用面对面调查方式,调查员现场辅助,由学生本人填写。主要内容包括学生基本情况、是否使用补剂(钙片、维生素、鱼油或复合维生素等)、每天饮水量(<500 mL 为偶尔,>500~1 000 mL 为一般,>1 500 mL为经常)、运动(每周≥3 次,每次≥60 min 为经常)和久坐(每次≥45 min,每周≥3 次为久坐)、过去 3 个月食品摄入频次(每周≤2 次为偶尔,每周3~5 次为正常、每周≥6 次为经常)。食品包括不健康饮食(含膨化食品、甜食、含糖饮料、在外就餐、腌制食物、油炸食品等),主食(粗杂粮、米饭、面食、淀粉类蔬菜),动物类食物(家畜肉、家禽肉、鱼类、其他海产品),蔬菜水果(深色与浅色蔬菜、水果),奶蛋豆类(蛋类、纯牛奶及奶制品、大豆及制品),零食类(糖果巧克力、原味坚果)等。

1.2.2　人体测量及指标计算　体格检查在安静温暖的房间中进行,室内温度在 20 ℃左右。被测量者在测量前 1 h 内避免剧烈运动、喝饮料、长时间处在温度过低或过高的环境下。由专业工作人员测量体重、身高、腰围、血压。身高测量采用 SECA213 型机械量高尺,精确到 0.1 cm;体重测量采用 SECA877 型电子台秤,精确到 0.01 kg。体质量指数(body mass index, BMI)= 体重(kg)/[身高(m)]^2。根据《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查》(WS/T 586—2018)[13]中规定的性别年龄超重和肥胖标准,判定儿童是否超重、肥胖;依据《学龄儿童青少年营养不良筛查》(WS/T 456—2014)[14]判定学生轻度消瘦和重度消瘦。

1.2.3　体成分测定　测量前学生空腹 2 h,排空大小便,使用 TANITA 体成分测定仪测定体脂百分比。

1.2.4　血清维生素水平检测　采集儿童空腹静脉血由冷链运送至杭州瑞莱谱医疗科技有限公司进行测定,质控手段包括测定空白样品和内部质控品,准确度在理论值的 85%~115%;样品离心取血清,液相色谱-串联质谱法测定维生素 A、维生素 E、25-羟基维生素 D[25(OH)D]、25-羟基维生素 D_3[25(OH)D_3]。采用 AB SCIEX 5500+三重四极杆串联质谱仪测定。其中维生素 A≥0.3 mg/L、维生素 D>20 ng/mL、维生素 E≥7 mg/L 判定为正常,维生素 A<0.2 mg/L、维生素 D<12 ng/mL、维生素 E<5 mg/L 判定为缺乏,维生素 A 0.2~<0.3 mg/L、维生素 D 12~20 ng/mL、维生素 E 5~<7 mg/L 判定为边缘性缺乏或不足[15]。

1.3　质量控制　所有测试人员在调查前均接受统一培训和考核,测量仪器使用前按标准流程调试校准。在调查准备阶段,严格按照纳入和排除标准选择调查对象。现场调查阶段,每班由 2 名调查人员配合进行学生问卷的调查;在调查人员进行现场调查时,同组的调查员互为质控员,随时进行监督并对不符合规定的操作行为进行指正。调查员与质控人员对当日完成的所有问卷进行审核,检查是否有漏项、逻辑错误,填写是否清晰等,若发现上述问题,及时就诊并记录在案。不合格调查问卷(漏答率>20%的问题),须重新调查,补齐答案。

1.4 统计学分析 运用 SPSS 18.0 软件进行统计学分析，正态分布资料采用($\bar{x}\pm s$)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。非正态分布的计量资料以 $M(P_{25},P_{75})$ 表示，两组间的比较采用 Mann－Whitney U 检验，多组间比较采用 Kruskal－Wallis H 秩和检验，两两比较采用 DSCF 法；相关性分析采用 Spearman 相关；生活方式与维生素含量之间的关联使用 Logistic 回归模型分析。计数资料组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。以 $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 学龄儿童 FMP 及脂溶性维生素水平 结果显示，男生维生素 D 水平高于女生($Z=-7.22$，$P<0.01$)。不同 BMI 学龄儿童 FMP 比较，差异有统计学意义($H=517.01$，$P<0.01$)。两两组间比较结果显示，消瘦组(含轻度/重度消瘦人群)的 FMP 低于正常人群($Z=-13.36$)；超重肥胖组(含超重和肥胖人群)FMP 在各组中均为最高，与正常人群相比差异均有统计学意义(Z 值分别为-8.77，-18.95)(P 值均<0.01)。与轻度消瘦人群相比，重度消瘦人群 FMP 较低，差异有统计学意义($Z=-2.07$)；与超重人群相比，肥胖人群 FMP 较高，差异有统计学意义($Z=-10.45$)(P 值均<0.01)。

不同 BMI 学龄儿童维生素 A、维生素 E、维生素 D 比较，差异均有统计学意义(H 值分别为 25.50，15.64，12.52，P 值均<0.01)。两两比较结果显示，消瘦组(含轻度/重度消瘦人群)维生素 A 水平低于正常人群($Z=-2.68$)，其中轻度消瘦人群维生素 A 水平最低($Z=-2.39$)；消瘦组(含轻度/重度消瘦人群)维生素 E 水平高于正常人群($Z=-2.77$)，其中重度消瘦人群维生素 E 水平最高($Z=-3.23$)(P 值均<0.05)。见表 1。

表 1 不同性别和 BMI 学龄儿童体脂率与脂溶性维生素水平比较[$M(P_{25},P_{75})$]

Table 1 Comparison of body fat percentage and vitamin levels among primary school students with different genders and BMI[$M(P_{25},P_{75})$]

组别	选项	人数	FMP/%	维生素 A/(mg·L^{-1})	维生素 E/(mg·L^{-1})	维生素 D/(ng·L^{-1})
性别	男	416	19(11,30)	0.4(0.4,0.5)	11.9(10.1,13.5)	27.5(23.5,31.7)
	女	334	17(14,22)	0.4(0.4,0.5)	11.8(10.0,13.6)	23.9(20.6,28.3)
BMI	正常	419	16(14,18)	0.4(0.4,0.5)	11.6(10.0,13.2)	26.0(21.5,29.7)
	重度消瘦	61	8(5,9)	0.4(0.4,0.5)	12.4(11.1,14.9)	24.3(21.6,29.4)
	轻度消瘦	57	9(7,10)	0.4(0.3,0.5)	12.3(9.9,13.5)	28.2(21.7,32.5)
	超重	103	23(19,27)	0.4(0.4,0.5)	11.5(9.6,13.4)	25.3(22.8,29.8)
	肥胖	110	32(28,37)	0.5(0.4,0.5)	12.6(10.3,14.1)	27.4(23.6,31.8)
合计		750	17(12,25)	0.4(0.4,0.5)	11.8(10.1,13.5)	26.0(22.0,30.0)

2.2 学龄儿童各种维生素缺乏率 总人群维生素 A 缺乏率为 0，边缘缺乏率为 5.1%(38 名)，男、女生边缘缺乏率分别为 5.0%(21 名)，5.1%(17 名)，差异无统计学意义($\chi^2=0.01$，$P=0.98$)，正常、消瘦、超重肥胖人群边缘缺乏率分别为 5.5%(23 名)，6.8%(8 名)，3.3%(7 名)，组间差异无统计学意义($\chi^2=2.28$，$P=0.32$)；其中轻度消瘦、重度消瘦边缘缺乏率分别为 7.0%(4 名)，6.6%(4 名)，超重、肥胖分别为 5.8%(6 名)，0.9%(1 名)。维生素 D 总人群缺乏率为0.4%(3 名)，男、女生缺乏率分别为 0.2%(1 名)，0.6%(2 名)，差异无统计学意义($\chi^2=0.03$，$P=0.44$)，正常、消瘦、超重肥胖人群缺乏率分别为 0.5%(2 名)，0.8%(1 名)，0，组间差异无统计学意义($\chi^2=1.51$，$P=0.47$)；其中轻度消瘦、重度消瘦缺乏率分别为 0，1.6%(1 名)。总人群维生素 D 边缘缺乏率为 12.7%(95 名)，男、女生维生素 D 边缘缺乏率分别为 7.9%(33 名)，18.6%(62 名)，差异有统计学意义($\chi^2=18.90$，$P<0.01$)，正常、消瘦、超重肥胖人群边缘缺乏率分别为 13.6%(53 名)，11.9%(14 名)，13.1%(28 名)，组间差异无统计学意义($\chi^2=0.11$，$P=0.95$)；其中轻度消瘦、重度消瘦边缘缺乏率分别为 8.8%(5 名)，14.8%(9 名)，超重、肥胖率分别为 15.5%(16 名)，12.7%(14 名)。维生素 E 缺乏率为 0。维生素 E 边缘缺乏率总人群为 0.8%(6 名)，男女生分别为 0.7%(3 名)，0.9%(3 名)，差异无统计学意义($\chi^2=0.01$，$P=0.79$)，正常、消瘦、超重肥胖人群边缘缺乏率分别为 0.9%(4 名)，0，0.9%(2 名)，组间差异无统计学意义($\chi^2=3.16$，$P=0.21$)；其中超重、肥胖分别为 0 和 2 名。

2.3 学龄儿童维生素水平与 FMP 的相关性分析 Spearman 相关分析发现，总人群、男生、女生以及正常体重人群中，维生素 A 与 FMP 的相关性均有统计学意义(r 值分别为 0.18，0.18，0.20，0.10，P 值均<0.05)；维生素 E 与 FMP 的相关性均无统计学意义(P 值均>0.05)；总人群及肥胖人群维生素 D 和 FMP 均呈正相关(r 值分别为 0.08，0.16，P 值均<0.05)。

2.4 学龄儿童维生素水平与生活方式因素的 Logistic 回归分析 以维生素 A 边缘性缺乏、维生素 E 边缘性缺乏、维生素 D 缺乏(均为 0=否，1=是)为因变量；以性别(1=男，0=女)、经常饮水(0=否，1=是)、经常吃早餐(0=否，1=是)、使用补剂(0=否，1=是)、不健康饮食(0=否，1=是)、运动(0=否，1=是)、久坐(0=否，

1=是）及食物食用频次（主食、动物类食物、蔬菜水果、奶蛋豆类、零食，为连续型变量）为自变量进行 Logistic 回归分析，结果显示，维生素 A 的边缘性缺乏与食用动物类食物、零食和奶蛋豆类食物相关，维生素 D 缺乏与性别和运动相关（P 值均<0.05）。见表 2。

表 2　学龄儿童各种维生素与生活方式因素 Logistic 回归分析［*OR* 值（95%*CI*），n=750］

Table 2　Logistic regression analysis on vitamin levels with lifestyle factors among primary students［*OR*（95%*CI*），n=750］

自变量	维生素 A 边缘性缺乏	维生素 E 边缘性缺乏	维生素 D 缺乏
性别	0.99（0.51~1.91）	0.80（0.16~4.00）	2.65（1.69~4.15）*
经常饮水	1.00（1.00~1.02）	1.02（1.00~1.04）	1.00（1.00~1.01）
经常吃早餐	0.52（0.12~2.31）	0.95（0.60~1.50）	1.00（0.99~1.02）
使用补剂	1.00（1.00~1.01）	0.99（0.97~1.01）	1.00（1.00~1.00）
不健康饮食	0.83（0.48~1.44）	0.99（0.81~1.23）	1.01（0.95~1.06）
主食	0.43（0.18~1.02）	0.99（0.76~1.29）	1.02（0.92~1.13）
动物类食物	0.45（0.25~0.81）*	0.99（0.81~1.22）	0.66（0.45~0.80）
蔬菜水果	0.98（0.81~1.18）	0.98（0.62~1.55）	1.04（0.84~1.27）
奶蛋豆类	0.59（0.37~0.96）*	0.98（0.70~1.39）	1.02（0.93~1.12）
零食类	0.55（0.33~0.92）*	0.98（0.70~1.39）	1.02（0.93~1.12）
运动	0.63（0.21~1.92）	1.85（0.43~7.94）	1.96（0.93~4.10）*
久坐	0.97（0.79~1.19）	0.97（0.58~1.62）	0.99（0.97~1.02）

注：* P<0.05。

3　讨论

脂溶性维生素作为人体必需的微量营养素，通过与脂肪相互作用，在维持身体正常生理功能方面发挥着不可或缺的作用[1]。本研究结果显示，学龄儿童维生素 A 的平均水平为 0.42（0.36，0.48）mg/L，该样本人群维生素 A 缺乏率为 0，边缘缺乏率为 5.1%。一项系统性评价结果显示，我国 0~12 岁儿童维生素 A 缺乏率为 5.16%，边缘缺乏率为 24.29%[16]。全国中小城市小学生维生素 A 的总体缺乏率为 9.77%，边缘缺乏率为 20.56%[17]。2010—2012 年中国居民营养与健康状况监测结果显示，6~18 岁儿童维生素 A 缺乏率、边缘缺乏率分别为 7.69%和 19.57%，且大城市高于中小城市[18]。提示该地区小学生维生素 A 营养状况较全国好，但仍需关注边缘缺乏群体。肥胖人群维生素 A 含量高于正常组人群，但轻度消瘦组和重度消瘦组与正常组相比，维生素 A 的含量差异均无统计学意义，可能由于消瘦人群细分类后，人群样本量不足导致的。维生素 A 与 FMP 在多个人群分类中均呈正相关。

25（OH）D 是维生素 D 在体内的主要储存形式，也是人体内维生素 D 营养状况的重要评价指标[2]。有研究显示，与正常儿童相比，肥胖儿童更易发生维生素 D 缺乏[3]。可能是由于脂肪对维生素 D 具有储存功能，进而导致维生素 D 缺乏与肥胖共存。本研究结果显示，学龄儿童维生素 D 缺乏率为 0.4%，边缘缺乏率为 12.7%。作为日照时间较长的海滨区域，罗湖区儿童仍面临维生素 D 普遍不足的现象，应该引起重视。分析维生素 D 与 FMP 的关系，发现两者之间存在正相关，进一步分析发现在常规饮食模式下，维生素 D 是否缺乏与性别和运动相关，提示户外运动对于维生素 D 吸收的重要性[19]。

维生素 E 作为脂溶性抗氧化剂，其吸收和代谢高度依赖脂肪环境[6]，长期脂肪吸收不良可能导致维生素 E 的缺乏，这一结果又会加剧脂质过氧化和炎症反应，形成代谢紊乱的恶性循环。本研究中，学龄儿童维生素 E 边缘缺乏率为 0.8%，肥胖和重度消瘦人群维生素 E 水平均高于正常人群，可能是脂肪摄入和吸收不良导致维生素 E 代偿性增高[20]。因此，对高体脂率或脂肪代谢异常人群检测维生素 E 水平，并针对性补充是必要的。

本研究尚存在一定的局限性：首先，仅纳入深圳市罗湖区小学三年级学生，缺乏代表性与完整年龄梯度，导致结果无法直接推广至更大范围学龄儿童群体。其次，研究为横断面研究，只能揭示部分因素与维生素 A、维生素 D、维生素 E 之间的关联性，无法进行因果推断，从而限制了研究结论的强度和适用范围。最后，问卷调查部分可能存在回忆偏倚，且食品主要为频次调查，难以掌握实际摄入量，这些因素可能影响研究结果，但也为未来研究提供了思路和方向。

利益冲突声明　所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] 楼辰军，冯桂玲. 维生素与人体健康[J]. 公共卫生与预防医学，2007，18（1）：50-51.
LOU C J，FENG G L. Vitamins and human health[J]. J Public Health Prev Med，2007，18（1）：50-51.（in Chinese）

[2] 王晓宁，郭齐雅，张倩，等. 维生素 D 缺乏与儿童肥胖关系的研究进展[J]. 中国学校卫生，2024，45（7）：1050-1054.
WANG X N，GUO Q Y，ZHANG Q，et al. Progress of research on the relationship between vitamin D deficiency and obesity among children[J]. Chin J Sch Health，2024，45（7）：1050-1054.（in Chinese）

[3] 郭锡熔. 维生素 D 缺乏与儿童肥胖[J]. 中国儿童保健杂志，2018，26（12）：1280-1283，1288.
GUO X R. Vitamin D deficiency and childhood obesity[J]. Chin J Child Health Care，2018，26（12）：1280-1283，1288.（in Chinese）

[4] 魏祺，李卓，郭蔚莹. 维生素 D 与肥胖的关系[J]. 临床与病理杂志，2018，38（10）：2227-2232.
WEI Q，LI Z，GUO W Y. Vitamin D and obesity[J]. J Clin Pathol Res，2018，38（10）：2227-2232.（in Chinese）

[5] GÓES É，CORDEIRO A，BENTO C，et al. Vitamin A deficiency and its association with visceral adiposity in women[J]. Biomedicines，2023，11（3）：991.

[6] SZEWCZYK K，BRYS J，BRZEZINSKA R，et al. Nutritional status of vitamin E and its association with metabolic health in adults[J]. Nutrients，2025，17（3）：408.

[7] DAS R K，BAHRANI E. Recreational screen time and vitamin D deficiency among children and adolescents in the US[J]. Pediatr Res，2025，98（1）：52-53.

[8] LI G, SHEN Y C, CHEN C H, et al. An epidemiological survey of age-related dementia in an urban area of Beijing[J]. Acta Psychiatr Scand, 1989, 79(6):557-563.

[9] ANNWEILER C, SCHOTT A M, ROLLAND Y, et al. Dietary intake of vitamin D and cognition in older women: a large population-based study[J]. Neurology, 2010, 75(20):1810-1816.

[10] KIM K N, LEE J S, SHIM J S, et al. Estimated dietary vitamin D intake and major vitamin D food sources of Koreans: based on the Korea national health and nutrition examination survey 2016-2019[J]. Nutr Res Pract, 2023, 17(3):451-463.

[11] 刘莎, 赵偲, 马璐, 等. 综合生活方式干预对深圳市小学生营养状况的影响[J]. 中国预防医学杂志, 2024, 25(7):925-931.
LIU S, ZHAO S, MA L, et al. Effects of comprehensive lifestyle intervention on the nutritional status of primary school students in Shenzhen[J]. Chin Prev Med, 2024, 25(7):925-931.(in Chinese)

[12] 中国居民营养素核心信息[J].中国食物与营养,2021,27(5):2.
Core information on nutrients for Chinese residents[J].Food Nutr China, 2021,27(5):2.(in Chinese)

[13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查:WS/T 586—2018[S]. 北京:中国标准出版社, 2018.
National Health and Family Planning Commission of the PRC. Screening for overweight and obesity among school-age children and adolescents: WS/T 586-2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.(in Chinese)

[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.学龄儿童青少年营养不良筛查:WS/T 456—2014[S].北京:中国标准出版社, 2014.
National Health and Family Planning Commission of the PRC.Screening standard for malnutrition of school-age children and adolescents: WS/T 456-2014[S].Beijing: Standards Press of China, 2014.(in Chinese)

[15] 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(2024)[J]. 中国儿童保健杂志, 2024, 32(4):349-358, 361.
Chinese Preventive Medicine Association, Child Health Branch. Expert consensus on clinical application of vitamin A and vitamin D in Chinese children(2024)[J]. Chin J Child Health Care, 2024, 32(4):349-358, 361.(in Chinese)

[16] SONG P, WANG J, WEI W, et al. The prevalence of vitamin A deficiency in Chinese children: a systematic review and Bayesian Meta-analysis[J]. Nutrients, 2017, 9(12):9121285.

[17] 杨春, 陈竞, 云春凤, 等. 中国中小城市小学生维生素 A 缺乏和贫血现况调查[J]. 卫生研究, 2016, 45(3):489-491.
YANG C, CHEN J, YUN C F, et al. Investigation on vitamin A deficiency and anemia among primary school students in small and medium-sized cities in China[J]. J Hyg Res, 2016, 45(3):489-491.(in Chinese)

[18] XIONG J, REN H, LI G, et al. Effect of vitamin E supplementation on growth performance, immune function, serum biochemical parameters, and antioxidant capacity of swan goose (anser cygnoid)[J]. Pak J Zool, 2023, 55(3):1223-1228.

[19] KIFT R C, WEBB A R. Globally estimated UVB exposure times required to maintain sufficiency in vitamin D levels[J]. Nutrients, 2024, 16(10):16101489.

[20] 张宇, 刘小兵, 杨丽琛, 等. 2010—2012 年中国 6~17 岁城市儿童维生素 A 营养状况[J]. 中华预防医学杂志, 2017, 51(2):117-120.
ZHANG Y, LIU X B, YANG L C, et al. Study on vitamin A nutritional status of 6- to 17-year-old urban children and adolescents between 2010 and 2012 in China[J]. Chin J Prev Med, 2017, 51(2):117-120.(in Chinese)

收稿日期:2025-05-16 **修回日期**:2025-09-04 **本文编辑**:汤建军

(上接第 1563 页)

[10] 苟钊, 杨培基, 李劲松, 等. 2018—2022 年泸州市 8~10 岁儿童碘营养状况监测结果[J]. 中华疾病控制杂志, 2024,28(5):530-534,612.
GOU Z, YANG P J, LI J S, et al. Monitoring results of iodine nutrition status of children aged 8-10 in Luzhou City from 2018 to 2022[J]. Chin J Dis Control Prev, 2024,28(5):530-534,612.(in Chinese)

[11] 吴红英, 刘璞瑜, 王兴任, 等. 海南省重点人群碘营养状况及其与水碘、盐碘的相关性[J]. 中华地方病学杂志, 2020,39(9):673-677.
WU H Y, LIU P Y, WANG X R, et al. Iodine nutritional status of key population and its correlation with water iodine and salt iodine in Hainan Province[J]. Chin J Endem, 2020,39(9):673-677.(in Chinese)

[12] 高四海, 刘倩倩, 陈民和, 等. 温州市 8~10 岁儿童碘营养状况及甲状腺容积影响因素研究[J]. 中国地方病防治, 2025,40(2):154-158.
GAO S H, LIU Q Q, CHEN M H, et al. Iodine nutrition status and influencing factors of thyroid volume of children aged 8-10 years in Wenzhou City[J]. Chin J Control Endem Dis, 2025,40(2):154-158.(in Chinese)

[13] 刘福生, 刘艳超, 杨晨, 等. 2017 年乌海市 8~10 岁儿童和孕妇碘缺乏病的监测结果[J]. 中华疾病控制杂志, 2019,23(9):1072-1075.
LIU F S, LIU Y C, YANG C, et al. Analysis on monitoring results of iodine deficiency disorders of children aged from 8 to 10 years and pregnant women in Wuhai City in 2017[J]. Chin J Dis Control Prev, 2019,23(9):1072-1075.(in Chinese)

[14] 王震, 熊培生, 戴馨, 等. 2020 年湖北省 8~10 岁儿童碘营养状况调查[J]. 现代预防医学, 2023,50(8):1372-1377.
WANG Z, XIONG P S, DAI X, et al. Investigation on iodine nutrition status of children aged 8-10 in Hubei, 2020[J]. Mod Prev Med, 2023,50(8):1372-1377.(in Chinese)

[15] PANG P, XIE J, YANG M, et al. A cross-sectional study of iodine nutritional status among school-age children in Chongqing, China[J]. Nutrients, 2025, 17(5):817.

[16] IACONE R, IACCARINO I P, CAMPANOZZI A, et al. Relationship between salt consumption and iodine intake in a pediatric population[J]. Eur J Nutr, 2021,60(4):2193-2202.

[17] SAMIDURAI A J, WARE R S, DAVIES P S. The influence of mandatory iodine fortification on the iodine status of Australian school children residing in an iodine sufficient region[J]. Asia Pac J Clin Nutr, 2017,26(4):680-685.

收稿日期:2025-07-18 **修回日期**:2025-08-31 **本文编辑**:孙曼莉