

# 矮小症儿童生长激素水平与营养指标的相关研究进展

赵辰旭<sup>1</sup>, 谢坤霞<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>延安大学医学院, 陕西 延安

<sup>2</sup>延安大学附属医院儿科, 陕西 延安

收稿日期: 2024年7月29日; 录用日期: 2024年8月21日; 发布日期: 2024年8月30日

## 摘要

矮小症为与相同地域年龄相同性别健康正常儿童对比, 身高显著较正常身高低于2个标准差以上者, 或显著低于健康发育儿童生长曲线的第3百分位者。矮小症最常见的病因为生长激素缺乏。生长激素(Human Growth Hormone, hGH)的分泌受多种生理因素调节, 包括年龄、青春期分期、体重和营养状况。因此, 探讨GH的影响因素对了解矮小症的发病机制具有重要意义。许多研究表明, 儿童身体营养状态与GH水平密切相关。人体的营养状态通过对神经内分泌轴的影响对调控线性生长中发挥关键作用。与此同时, 合理规划膳食营养对儿童及青少年的线性成长非常关键。膳食营养素通过在体内发挥各种生理作用来影响青少年的生长发育进程, 故明确不同种类的营养指标对GH的影响可以对青少年的生长发育起到指导作用。本文就近年来有关营养指标影响血清GH水平的相关研究进展作一综述。

## 关键词

矮小症, 生长激素, 营养指标

# Research Progress on the Correlation between Growth Hormone Levels and Nutritional Indicators in Children with Dwarfism

Chenxu Zhao<sup>1</sup>, Kunxia Xie<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Medicine, Yan'an University, Yan'an Shaanxi

<sup>2</sup>Department of Pediatrics, Yan'an University Affiliated Hospital, Yan'an Shaanxi

Received: Jul. 29<sup>th</sup>, 2024; accepted: Aug. 21<sup>st</sup>, 2024; published: Aug. 30<sup>th</sup>, 2024

\*通讯作者。

文章引用: 赵辰旭, 谢坤霞. 矮小症儿童生长激素水平与营养指标的相关研究进展[J]. 临床医学进展, 2024, 14(9): 12-17. DOI: 10.12677/acm.2024.1492421

## Abstract

Dwarfism refers to individuals whose height is significantly lower than the normal height by more than 2 standard deviations, or significantly lower than the 3rd percentile of the growth curve of healthy and developing children, compared to healthy and normal children of the same age and gender in the same region. The most common cause of dwarfism is growth hormone deficiency. The secretion of growth hormone (GH) is regulated by various physiological factors, including age, puberty stage, weight, and nutritional status. Therefore, exploring the influencing factors of GH is of great significance for understanding the pathogenesis of dwarfism. Many studies have shown that the nutritional status of children's bodies is closely related to their GH levels. The nutritional status of the human body plays a crucial role in regulating linear growth through its influence on the neuroendocrine axis. At the same time, reasonable planning of dietary nutrition is crucial for the linear growth of children and adolescents. Dietary nutrients affect the growth and development process of adolescents by exerting various physiological effects in the body. Therefore, clarifying the effects of different types of nutritional indicators on GH can provide guidance for the growth and development of adolescents. This article provides a review of recent research progress on the impact of nutritional indicators on serum GH levels.

## Keywords

Dwarfism, Growth Hormone, Nutritional Indicator

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

矮小症是一种常见的儿科疾病,矮小症是指个体身高低于同年龄、同性别、同种族正常人群平均身高的2个标准差( $-2$  SD),每年生长速度 $<5$  cm者,是儿科内分泌最常见疾病之一[1]。矮小症的发生可能与遗传、营养、环境因素、精神心理因素、宫内发育迟缓、下丘脑-垂体-胰岛素样生长因子(insulin-like growth factor-1, IGF-1)生长轴功能障碍、染色体畸变、全身性慢性疾病、遗传代谢病以及内分泌激素等关系密切[2]。其中最常见的类型有GHD、ISS等,矮小症患者体内的GH水平通常较低,因此研究GH的影响因素对了解矮小症患者发病机制的意义十分重要。GH的分泌受多种生理因素的调节,包括年龄、青春分期、体重、甲状腺功能和营养状况[3][4]。张璐璐等[5]研究发现,矮小症患者的青春期激素水平明显低于正常发育的儿童,青春期激素水平的高低与矮小症的发病以及儿童的身高生长息息相关;同时,青春期发育迟缓也是造成身材矮小的主要病因。侯丹丹等[6]研究发现,甲状腺激素在正常分泌的情况下,可加速糖和脂肪的代谢,并对骨、骨骼肌等蛋白质合成起到显著的促进作用。然而甲状腺激素过度分泌时,不仅会影响生长激素的分泌,而且会使代谢调节功能紊乱,导致脂肪过度堆积,从而导致矮小和肥胖。另外,还有研究表明,GH与25(OH)D<sub>3</sub>、铁、锌、铜、钙、镁呈正相关[7]。除此之外,还有许多研究表明,儿童GH水平与身体营养状态密切相关[8][9]。故明确营养指标对GH的影响,对儿童青少年的生长发育十分重要。

## 2. GH与生长发育

生长激素(Human Growth Hormone, hGH)是由人体脑垂体前叶分泌的一种肽类激素,呈脉冲式释放,

由 191 个氨基酸组成, 能促进骨骼、内脏和全身生长。促进蛋白质合成, 影响脂肪和矿物质代谢, 在人体生长发育中起着关键性作用。国外有研究显示, GH 其能够提高骨体积、骨密度及骨矿物水平, 从而促进长骨生长[10]。骨骼的纵向生长过程由复杂的内分泌信号网络调节, 其中 GH-IGF-1 轴是该网络中调节儿童及青少年线性生长的关键机制[11]。生长激素分泌受多种因素影响, 在日常生活中经常挑食、偏食, 导致营养不良, 也会影响生长激素的分泌。

### 3. 各营养指标对 GH 的影响

#### 3.1. BMI

身体质量指数(BMI)又称为体重指数、体质指数, 该指标是通过体重(公斤)除以身高(米)的平方计算得来, 这个公式所得比值在一定程度可以反映人体密度。因计算方式简单, 现在被普遍用于评价人体的营养状况、胖瘦程度或身体发育水平。近年来, 儿童肥胖已成为世界公认的全球公共健康问题, 肥胖不仅影响儿童学龄前期、学龄期的发育, 甚至贯穿青春前期、青春期和成年期, 严重威胁儿童的生长发育, 甚至影响儿童的心理健康。以往的研究发现, 在成人中肥胖人群 GH 自发和激发分泌峰值低于正常体重人群[12]。可能的原因是游离脂肪酸对 GH 的分泌产生了抑制作用[13]。有研究表明与正常体重对照组相比, 肥胖儿童和青少年的刺激性和内源性 GH 分泌也减少[14] [15]。近期张超等研究表明, 肥胖组儿童 GH 峰值低于超重组和正常组, 提示学龄期、青春前期肥胖儿童血清中 GH 分泌减弱[16]。此外, 有证据表明, GH 降低并不是腹型肥胖特有的病理生理改变, 而是随着肥胖的增加, GH 逐渐降低的一个连续过程, 甚至在正常体重的儿童中也是如此[17]。以上研究为 BMI 对儿童 GH 自发分泌的负面影响提供了有力的支持。因此对矮身材儿童的病因诊断及后期治疗上都应考虑 BMI 对其产生的影响。

#### 3.2. 维生素 D

维生素 D (VitD)是一种脂溶性维生素, 为一组具有抗佝偻病作用, 结构类似的固醇类衍生物总称。膳食中维生素 D 主要来自动物性食品如鱼肝、蛋黄、奶油等。维生素 D 在血液循环中主要的表现形式是 25 羟维生素 D3 (25-(OH)D3), 其可准确反映机体内维生素 D 的状态, 而维生素 D 是影响骨骼发育的重要因子, 参与儿童骨代谢性疾病的发生发展[18] [19]。有研究[20]表明, 在肝脏、脑垂体中有数量较多的维生素 D 受体, 1,25(OH)D3 可通过刺激垂体生长激素分泌和调节相关基因的表达, 作用于维生素 D 受体, 从而促进细胞的生长。目前较多的研究发现: 更多的是维生素 D 通过与维生素 D 受体结合在多个层面影响 GH/IGF-I 轴[21]另外还有研究报道人类垂体中富含大量的维生素 D 受体, 1,25-(OH)2D3 很可能与人垂体维生素 D 受体结合, 刺激 GH 分泌并调节包括垂体转录因子-1 (Pit-1)在内的多种因子和基因的表达, 与 GHD 的多因素病因有关[22]。此外维生素 D 和 GH 相互影响, 补充维生素 D 增加了 IGF-1 的水平, IGF-1 刺激 1 $\alpha$ -羟化酶的活性反调节肾脏产生维生素 D [23]。石淑霞等[24]研究表明 GH 本身对生成 1,25(OH)2D3 有直接的刺激作用。GH 和 IGF-1 增加了 CYP27A1 的活性, 这是一种多功能细胞色素 P450 酶, 后者参与合成代谢。根据目前研究结果发现, 维生素 D 不仅与生长激素的分泌相关, 也从其他方面影响着矮小症儿童的生长发育。许榛等[25]研究表明外周血 25-(OH)D3 水平下降为矮小症发生的影响因素, 参与矮小症的发生。此结论可能与骨骼纵向发展是身高增长的重要基础, 其中维生素 D 不仅可促进成骨细胞增殖, 加速骨基质形成, 而且在骨骼生长过程中扮演重要角色, 但外周血 25-(OH)D3 水平下降表明机体内维生素 D 缺乏, 可造成骨骼发育异常, 从而引起生长发育受限[18] [26]。也可能与 25-(OH)D3 可调节血液循环中钙磷代谢, 并通过结合细胞核内特异性受体发挥生物学效应, 含量不足可影响钙磷代谢, 不利于成骨细胞生成, 最终导致生长发育受限[27]-[29]。根据以上研究得出, 维生素 D 与矮小症之间密切相关, 但维生素 D 与生长激素之间的作用机制非常复杂, 至今尚未完全清楚两者之间相互作用的

关系, 需要在未来研究中进一步探讨。

### 3.3. 游离脂肪酸

游离脂肪酸是一类有机酸, 简称: FFA。存在于人体内的脂质, 大致可以分为胆固醇、中性脂肪、磷脂等 3 种。游离脂肪酸是中性脂肪分解成的物质之一。当肌肉活动所需能源肝糖耗尽时, 脂肪组织会分解中性脂肪成为游离脂肪酸来充当能源使用。所以, 游离脂肪酸可说是进行持久活动所需的物质。血清 FFA 主要是脂肪代谢的中间产物, 也是机体细胞能量代谢的重要代谢产物, 受营养状况、生长激素等因素影响。游离脂肪酸作为营养状况评价的生化指标, 也可作为儿童生长的监测指标。国外有研究表明抑制脂解可以使成人 GH 的分泌增多[30]。Galescu O A 等[31]通过给予肥胖患儿烟酸降低 FFA 水平, 发现能够提高患儿 GH 的分泌。有研究报道 FFA 水平增高多与肥胖、胰岛素抵抗有关[32]。有研究发现血清 FFA 水平增高可抑制生长激素生成, 在动物模型中增加血清 FFA 的输注可减少生长激素的分泌, 从而说明 FFA 可抑制 GH 轴, 影响 GH 的分泌, 从而影响生长发育, 其中矮小症儿童中多数有 FFA 水平增高, 提示血清 FFA 增高可能与矮小症有关[33]。肖满田等[34]研究发现, 1~14 岁矮小症患儿血清 FFA 值显著高于正常儿童, 进一步证明了 FFA 增高抑制 GH 轴活性, 影响了 GH 分泌; 目前关于矮小症患儿血清游离脂肪酸增高的机制尚未明确。但通过以上研究均能得出 FFA 与矮小症之间的相关性, 临床中应及早发现血清 FFA 增高, 可尽早评估儿童青少年有无生长发育落后及营养状况异常。

### 3.4. 维生素 A

维生素 A (VitA) 是一种广泛存在于人体的重要微量营养素, 其生物活性的形式包括视黄醇、视黄醛、视黄酸[35]。Vit A 只能外界获得, 主要两大来源分别是动物性食物的视黄醇酯和植物类食物, 尤其在乳制品、蛋类、动物肝脏、深绿色蔬菜、水果中含量丰富[35] [36]。Vit A 在构成视觉细胞内的感光物质、影响上皮稳定性及完整性、促进生长发育和维持生殖功能、维持和促进免疫功能、影响造血等方面发挥着重要作用[36] [37]。目前, 国内部分研究发现, 矮小症与体内维生素 A 水平之间存在一定关系。王慧[38]等人研究发现 ISS 儿童血清维生素 A 水平与正常身高儿童相比较低, 且维生素 A 缺乏的发生率均高于正常身高儿童。梁珍花[39]等人研究发现在 GHD 儿童中维生素 A 水平低于正常儿童, 提示维生素 A 水平与 GHD 关系密切。此外, 有研究表明中矮小症患儿维生素 A 缺乏发生率较全国正常儿童发生率稍偏高[40]。造成这种现象的原因可能是维生素 A 对生长发育的影响主要是通过生长激素的分泌与细胞的 RNA、DNA 的合成[36]。维生素 A 水平与夜间生长激素分泌相关, 视黄酸是 Vit A 的活性代谢产物, 是生长激素分泌的关键。维生素 A 缺乏会导致垂体生长激素细胞合成和分泌生长激素功能受损, 从而对生长发育产生影响。另一方面, 维生素 A 缺乏与骨骼生长发育受限也有密切关系, 维生素 A 促进蛋白质的生物合成和骨细胞的分化。当体内维生素 A 水平低时, 成骨细胞与破骨细胞间平衡被破坏, 或由于成骨活动增强而使骨质过度增殖, 或使已形成的骨质不吸收[41]。最终出现生长迟缓。因此矮小症患儿应尽早检测血清维生素水平, 若存在维生素 A 缺乏应尽快干预, 避免对身高造成不利影响。

## 4. 小结

综上所述, 营养指标会对 GH 水平造成不同程度的影响。鉴于 GH 在儿童青少年生长发育中起到的作用, 需要更好地了解 GH 与营养指标之间的关系。在日常生活中, 要注意保持饮食营养均衡以及培养良好的运动习惯, 或目前针对在岗的医师展开相关知识的培训, 将儿童的健康营养知识作为日常工作, 从而降低儿童矮小症发病率。同时建议针对儿童矮小症患儿应当展开针对性的膳食调查、体格检查、规范建立档案、营养评价与生活方式干预等手段, 全方位定期对儿童生长发育阶段的生理、心理情况进行了解。日后在通过对矮小症儿童的诊断以及评估 GH 治疗效果时, 应充分考虑到各类营养指标对其结果

产生的影响。

## 参考文献

- [1] 韩晓伟, 董治亚, 张婉玉, 等. 矮小症病因及临床特征分析[J]. 临床儿科杂志, 2019, 37(1): 39-42.
- [2] Sultan, M., Afzal, M., Qureshi, S.M., *et al.* (2008) Etiology of Short Stature in Children. *Journal of College of Physicians and Surgeons Pakistan*, **18**, 493-497.
- [3] Qu, X., Gaw Gonzalo, I.T., Al Sayed, M.Y., Cohan, P., Christenson, P.D., Swerdloff, R.S., *et al.* (2005) Influence of Body Mass Index and Gender on Growth Hormone (GH) Responses to GH-Releasing Hormone plus Arginine and Insulin Tolerance Tests. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **90**, 1563-1569. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-1450>
- [4] Iranmanesh, A., Lizarralde, G. and Veldhuis, J.D. (1991) Age and Relative Adiposity Are Specific Negative Determinants of the Frequency and Amplitude of Growth Hormone (GH) Secretory Bursts and the Half-Life of Endogenous GH in Healthy Men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **73**, 1081-1088. <https://doi.org/10.1210/jcem-73-5-1081>
- [5] 张璐璐, 韩露, 高晓静. 儿童身材矮小与青春期激素及 BMI 相关性研究[J]. 数理医药学杂志, 2020, 33(10): 1577-1578.
- [6] 侯丹丹, 王桂茹, 纪天亮, 等. 长春市儿童对肥胖超重相关因素的认知情况及行为现状[J]. 职业与健康, 2017, 33(13): 1797-1801.
- [7] 余蓉蓉, 张小燕. 矮小症患者血清维生素 D、相关元素及其与患儿体格、生长激素、胰岛素样生长因子-1 的相关性[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(9): 78-83.
- [8] Niemczyk, S., Sikorska, H., Wićcek, A., Żukowska-Szczechowska, E., Załęcka, K., Gorczyńska, J., *et al.* (2010) A Super-Agonist of Growth Hormone-Releasing Hormone Causes Rapid Improvement of Nutritional Status in Patients with Chronic Kidney Disease. *Kidney International*, **77**, 450-458. <https://doi.org/10.1038/ki.2009.480>
- [9] Dinleyici, E.C., Kilic, Z., Buyukkaragoz, B., *et al.* (2007) Serum IGF-1, IGFBP-3 and Growth Hormone Levels in Children with Con-Genital Heart Disease: Relationship with Nutritional Status, Cyanosis and Left Ventricular Functions. *Neuro Endocrinology Letters*, **28**, 279-283.
- [10] Soliman, A., Rogol, A.D., Elsiddig, S., Khalil, A., Alaaraj, N., Alyafie, F., *et al.* (2021) Growth Response to Growth Hormone (GH) Treatment in Children with GH Deficiency (GHD) and Those with Idiopathic Short Stature (ISS) Based on Their Pretreatment Insulin-Like Growth Factor 1 (IGFI) Levels and at Diagnosis and IGFI Increment on Treatment. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, **34**, 1263-1271. <https://doi.org/10.1515/jpem-2021-0389>
- [11] 张磊, 王耀邦, 高凤, 等. 生长激素-胰岛素样生长因子轴功能检测在矮小症儿童病因诊断中的意义[J]. 临床和实验医学杂志, 2019, 18(22): 2441-2444.
- [12] Grimberg, A., DiVall, S.A., Polychronakos, C., Allen, D.B., Cohen, L.E., Quintos, J.B., *et al.* (2016) Guidelines for Growth Hormone and Insulin-Like Growth Factor-I Treatment in Children and Adolescents: Growth Hormone Deficiency, Idiopathic Short Stature, and Primary Insulin-Like Growth Factor-I Deficiency. *Hormone Research in Paediatrics*, **86**, 361-397. <https://doi.org/10.1159/000452150>
- [13] 张甜. 矮小症患者血红蛋白、体重指数与生长激素峰值的相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 济宁: 济宁医学院, 2021.
- [14] Misra, M., Bredella, M.A., Tsai, P., Mendes, N., Miller, K.K. and Klibanski, A. (2008) Lower Growth Hormone and Higher Cortisol Are Associated with Greater Visceral Adiposity, Intramyocellular Lipids, and Insulin Resistance in Overweight Girls. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, **295**, E385-E392. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00052.2008>
- [15] Kasa-Vubu, J.Z., Barkan, A., Olton, P., Meckmongkol, T., Carlson, N.E. and Foster, C.M. (2002) Incomplete Modified Fast in Obese Early Pubertal Girls Leads to an Increase in 24-Hour Growth Hormone Concentration and a Lessening of the Circadian Pattern in Leptin. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **87**, 1885-1893. <https://doi.org/10.1210/jcem.87.4.8250>
- [16] 张超, 王燕, 付纳新, 等. 体质量指数对青春期发育前身材矮小儿童生长激素激发试验峰值切点的分析[J]. 内蒙古医学杂志, 2023, 55(2): 134-137.
- [17] 金献江, 游欢庆, 项如莲. 单纯性肥胖儿童 GH 及 IGF-I 的测定及其意义[J]. 温州医学院学报, 2002(6): 393-394.
- [18] Borsche, L., Glauner, B. and von Mendel, J. (2021) COVID-19 Mortality Risk Correlates Inversely with Vitamin D3 Status, and a Mortality Rate Close to Zero Could Theoretically Be Achieved at 50 ng/ml 25(OH)D3: Results of a Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, **13**, Article No. 3596. <https://doi.org/10.3390/nu13103596>
- [19] 张曙冬, 凌昱, 王黎. 血清维生素水平与营养性矮小症患者生长发育指标的相关性研究[J]. 临床和实验医学杂

- 志, 2021, 20(21): 2328-2331.
- [20] Qin, X. and Wang, X. (2019) Role of Vitamin D Receptor in the Regulation of CYP3A Gene Expression. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, **9**, 1087-1098. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2019.03.005>
  - [21] Caputo, M., Pigni, S., Agosti, E., Daffara, T., Ferrero, A., Filigheddu, N., *et al.* (2021) Regulation of GH and GH Signaling by Nutrients. *Cells*, **10**, Article No. 1376. <https://doi.org/10.3390/cells10061376>
  - [22] 王晨阳. 矮小症患儿血清维生素 D 营养状况及临床价值分析[D]: [硕士学位论文]. 延安: 延安大学, 2022.
  - [23] Esposito, S., Leonardi, A., Lanciotti, L., Cofini, M., Muzi, G. and Penta, L. (2019) Vitamin D and Growth Hormone in Children: A Review of the Current Scientific Knowledge. *Journal of Translational Medicine*, **17**, Article No. 87. <https://doi.org/10.1186/s12967-019-1840-4>
  - [24] 石淑霞, 彭武. 矮小症儿童 25 羟维生素 D 与 GH/IGF-1 轴的关系研究[J]. 承德医学院学报, 2023, 40(4): 294-297.
  - [25] 许榛, 葛丽萍, 孙晶晶, 等. 外周血维生素 D 与 IGF-1、IGFBP-3 交互作用在特发性矮小症发病中的意义探究[J]. 中国优生与遗传杂志, 2024, 32(3): 609-613.
  - [26] 邓茜, 陈雨青, 王娟娟, 等. 特发性矮小症患儿治疗前后血清 IGF-1、IGFBP-3、25(OH)D、皮质醇水平变化及其与体格发育和骨龄的相关性分析[J]. 现代生物医学进展, 2022, 22(18): 3524-3527+3595.
  - [27] Zhang, J., Yu, H., Li, Y., Zhang, Y., Geng, T., Lu, Q., *et al.* (2022) Association between Serum 25-Hydroxy Vitamin D Concentrations and Mortality among Individuals with Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease: A Prospective Cohort Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **116**, 1409-1417. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqac260>
  - [28] Maghbooli, Z., Sahraian, M.A., Jamalmoghaddamsiahkali, S., Asadi, A., Zarei, A., Zendehele, A., *et al.* (2021) Treatment with 25-Hydroxyvitamin D3 (Calcifediol) Is Associated with a Reduction in the Blood Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio Marker of Disease Severity in Hospitalized Patients with COVID-19: A Pilot Multicenter, Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blinded Clinical Trial. *Endocrine Practice*, **27**, 1242-1251. <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2021.09.016>
  - [29] 于静, 王锋, 孙岩, 等. 青春期前特发性矮小症患儿临床特征与维生素 D 受体 BmsI 基因多态性的关系[J]. 儿科药理学杂志, 2022, 28(6): 38-42.
  - [30] Xu, R., Wang, Q., Yan, M., Hernandez, M., Gong, C., Boon, W.C., *et al.* (2002) Orexin-A Augments Voltage-Gated  $Ca^{2+}$  Currents and Synergistically Increases Growth Hormone (GH) Secretion with GH-Releasing Hormone in Primary Cultured Ovine Somatotropes. *Endocrinology*, **143**, 4609-4619. <https://doi.org/10.1210/en.2002-220506>
  - [31] Galescu, O.A., Crocker, M.K., Altschul, A.M., Marwitz, S.E., Brady, S.M. and Yanovski, J.A. (2016) A Pilot Study of the Effects of Niacin Administration on Free Fatty Acid and Growth Hormone Concentrations in Children with Obesity. *Pediatric Obesity*, **13**, 30-37. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12184>
  - [32] 陈琼, 张耀东, 毋盛楠, 等. 血清 microRNA-122 与肥胖患儿胰岛素抵抗的关系[J]. 中国当代儿科杂志, 2019, 21(9): 910-914.
  - [33] 李彦晓, 徐灵敏, 宋宗先, 等. 矮小症患儿血清游离脂肪酸异常增高的临床意义[J]. 中国医刊, 2020, 55(8): 867-869.
  - [34] 肖满田, 萧灿荣, 钱兴国, 等. 矮小症儿童血清 IGF-1、25(OH)D 及营养指标相关分析[J]. 中国现代医生, 2024, 62(17): 47-50.
  - [35] Carazo, A., Macáková, K., Matoušová, K., Krčmová, L.K., Protti, M. and Mladěnka, P. (2021) Vitamin a Update: Forms, Sources, Kinetics, Detection, Function, Deficiency, Therapeutic Use and Toxicity. *Nutrients*, **13**, Article No. 1703. <https://doi.org/10.3390/nu13051703>
  - [36] 王天有, 申昆玲, 沈颖, 等. 诸福棠实用儿科学[M]. 第 9 版. 北京: 人民卫生出版社, 2022.
  - [37] 中华预防医学会儿童保健分会. 中国儿童和维生素 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.
  - [38] 王慧, 毕颖薇. 特发性矮身材儿童血清维生素 A 及维生素 D 的水平研究[J]. 中华临床医师杂志, 2021, 15(6): 445-449.
  - [39] 梁珍花, 戴艺, 陶美娇, 等. 维生素 A、E、D 水平与儿童生长激素缺乏症的相关性研究[J]. 重庆医学, 2021, 50(1): 77-80.
  - [40] 李蓉. 滇西地区 214 例矮小症患儿体格指标与血清维生素 A、锌水平相关性分析[D]: [硕士学位论文]. 大理: 大理大学, 2023.
  - [41] Ssentongo, P., Ba, D.M., Ssentongo, A.E., Fronterre, C., Whalen, A., Yang, Y., *et al.* (2020) Association of Vitamin a Deficiency with Early Childhood Stunting in Uganda: A Population-Based Cross-Sectional Study. *PLOS ONE*, **15**, e0233615. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233615>