

25 羟维生素 D、缬氨酸、铁蛋白与儿童注意缺陷多动障碍的相关性分析

倪 敏^a, 付梦宇^a, 李兵兵^b, 张 垒^c

郑州大学第三附属医院 a. 检验科, b. 河南小儿脑损伤重点实验室, c. 新生儿疾病筛查科, 河南 郑州 450000

【摘要】 目的 分析 25 羟维生素 D [25(OH)D]、缬氨酸、铁蛋白与儿童注意缺陷多动障碍 (attention deficit hyperactivity disorder, ADHD) 的相关性。**方法** 纳入 2020 年 1 月至 2025 年 1 月我院收治的 110 例 ADHD 患儿, 与同期 60 例非 ADHD 的健康儿童进行对照。对受试儿童进行 ADHD 症状评估并检测 25(OH)D、缬氨酸、铁蛋白。分析 25(OH)D、缬氨酸、铁蛋白与 ADHD 的相关性。**结果** 与对照组相比, ADHD 组儿童 SNAP-IV 评定量表 (swanson, nolan, and pelham-IV rating scales, SNAP-IV)、Conners 父母症状问卷 (parent symptom questionnaire, PSQ) 评分均升高, 25(OH)D、铁蛋白水平降低 ($P < 0.05$), 缬氨酸水平无显著变化 ($P > 0.05$)。Logistic 回归分析显示, 25(OH)D 和铁蛋白水平降低是发生 ADHD 的危险因素 ($P < 0.05$)。ADHD 儿童 25(OH)D、铁蛋白与 SNAP-IV 评分和 PSQ 评分均呈显著负相关 ($P < 0.05$), 缬氨酸与 SNAP-IV 评分和 PSQ 评分无相关性 ($P > 0.05$)。交互作用分析显示, 与正常 25(OH)D+正常铁蛋白组相比, 低 25(OH)D+低铁蛋白组患 ADHD 的风险最高, 低 25(OH)D+正常铁蛋白组和正常 25(OH)D+低铁蛋白组发病风险也显著升高 ($P < 0.05$)。**结论** 儿童血清 25(OH)D、铁蛋白水平与 ADHD 症状评分呈显著负相关, 血清 25(OH)D、铁蛋白处于低水平的儿童, 患 ADHD 的概率增大。

【关键词】 25 羟维生素 D; 铁蛋白; 缬氨酸; 注意缺陷多动障碍

【中图分类号】 R179

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2026)04-0179-05

Correlation analysis between the 25 hydroxyvitamin D, valine, ferritin and the attention deficit hyperactivity disorder in children NI Min^a, FU Meng-yu^a, LI Bing-bing^b, ZHANG Lei^c a. Department of Clinical Laboratory, b. Henan Key Laboratory of Pediatric Brain Injury, c. Department of Neonatal Disease Screening, The Third Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, China

【Abstract】 Objective To analyze the correlation between the 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D], valine, ferritin and the attention deficit hyperactivity disorder in children. **Methods** From January 2020 to January 2025, 110 children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) admitted to our hospital were selected. The sick children were compared with 60 healthy children without ADHD at the same period. The ADHD symptoms of the children were evaluated, and 25(OH)D, valine and ferritin were detected. The correlation between the 25(OH)D, valine, ferritin and the ADHD was analyzed. **Results** Compared with the control group, the scores of Swanson, Nolan, and Pelham-IV Rating Scales (SNAP-IV) and Conners Parent Symptom Questionnaire (PSQ) in the ADHD group were increased, while the levels of 25(OH)D and ferritin were decreased ($P < 0.05$). However, the valine level had no significant change ($P > 0.05$). Logistic regression analysis showed that 25(OH)D and ferritin were significant influencing factors for ADHD prevalence ($P < 0.05$). 25(OH)D and ferritin in ADHD children were significantly negatively correlated with SNAP-IV score and PSQ score ($P < 0.05$). However, valine was not correlated with SNAP-IV score and PSQ score ($P > 0.05$). Interaction analysis showed that compared with the normal 25(OH)D + ferritin group, the low 25(OH)D + ferritin group had the highest risk of ADHD, and both the low 25(OH)D + ferritin group and the normal 25(OH)D + ferritin group had significantly increased risk of developing ADHD ($P < 0.05$). **Conclusions** The levels of serum 25(OH)D and ferritin in children are significantly negatively corre-

[22] 世界中医药学会联合会急诊专业委员会, 中华中医药学会急诊专业委员会, 中国急诊专科医联体, 等. 重症多重耐药菌感染中西医诊疗专家共识[J]. 中国中医急症, 2023, 32(4): 565-570.

[23] 蒋满弘. ICU 多重耐药菌感染患者医院感染的预防控制与护理干预[J]. 中国实用医刊, 2014, 1(16): 107-108.

[24] Spatenkova V, Bradac O, Fackova D, et al. Low incidence of multidrug-resistant bacteria and nosocomial infection due to a preventive multimodal nosocomial infection control: a 10-year single centre prospective cohort study in neurocritical care[J]. BMC Neurol, 2018, 18(1): 23.

[25] 刘可可, 董嘉琪, 李卫光, 等. 重症监护室患者多重耐药菌感染的危险因素及防控措施研究进展[J]. 山东医药, 2024, 64(21): 102-106.

[26] 宋晓超, 乔美珍, 张骏骥. 苏州市二级及以上医疗机构多重耐药菌及抗菌药物使用监测数据分析[J]. 中国消毒学杂志, 2025, 42(5): 376-379.

[27] 张静, 石颖. 集束化干预措施对 ICU 多重耐药菌医院感染影响的 Meta 分析[J]. 中华现代护理杂志, 2020, 26(16): 2178-2182.

[28] 谭善娟, 李玲, 邱蔓, 等. 多学科协作联合集束化管理对 ICU 多重耐药菌感染预防的效果[J]. 中国感染控制杂志, 2018, 17(2): 156-159.

[29] 王秀霞. 细节化病区护理流程管理应用于 ICU 医院感染控制管理中的效果[J]. 中国医药指南, 2024, 22(16): 13-15.

[30] 蔡林飞. 在手术患者医院感染防控中实施护理品质管理的价值[J]. 中医药管理杂志, 2019, 27(7): 118-120.

(收稿日期: 2025-12-25; 修回日期: 2026-03-10)

(本文编辑: 彭 羽)

lated with the ADHD symptom scores. Children with low levels of serum 25(OH)D and ferritin have an increased risk of developing ADHD.

【Key words】 25-hydroxyvitamin D; Ferritin; Valine; Attention deficit hyperactivity disorder

注意缺陷多动障碍(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)是儿童期最常见的神经发育障碍性疾病,主要症状为与年龄不相称的注意力不集中、多动及冲动行为,常伴随学习困难、社交障碍及品行问题^[1,2]。据统计,学龄儿童患有 ADHD 的比例为 3%~10%,全球有 2%~18%的儿童受到该疾病的困扰^[3]。ADHD 会影响儿童的健康、学习和生活,因此深入理解 ADHD 的发病机制对其治疗尤为重要。研究表明,多基因突变、微量营养素失衡、肠道菌群失调、5-羟色胺、儿茶酚胺能信号通路异常与 ADHD 发病存在关联,但目前尚未形成统一的发病机制理论^[4-6]。饮食营养与心理、行为健康有紧密关联,儿童普遍存在挑食或偏食现象,直接会导致微量营养素失衡并影响人体内部环境^[7]。25 羟维生素 D[25(OH)D]是维生素 D 在体内的主要存在形式,研究表明,维生素 D 缺乏与 ADHD 存在关联^[4]。血清 25(OH)D 与儿童 ADHD 的相关性有待进一步研究。缬氨酸是必需氨基酸之一,有研究证明缬氨酸水平升高与幼儿发育迟缓相关^[8],但与 ADHD 的相关性目前尚无研究。铁蛋白是机体内一种储存铁的可溶性组织蛋白,铁元素是单胺类神经递质代谢所需酶的辅因子,在中枢神经系统代谢中发挥重要作用^[9]。先前研究指出铁蛋白缺乏可能与自闭症谱系障碍、ADHD 等多种精神疾病存在关联^[10,11]。目前尚无研究系统整合这三种生物标志物与 ADHD 的关联,本研究旨在通过分析 25(OH)D、缬氨酸及铁蛋白水平与儿童 ADHD 的临床相关

性,结合症状评分评估,明确以上营养指标与 ADHD 发病及症状严重程度的相关性;重点分析指标交互作用对 ADHD 发病风险的影响,为临床制定精准的营养干预策略提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入 2020 年 1 月至 2025 年 1 月我院收治的 110 例 ADHD 患儿作为 ADHD 组,男 64 例,女 46 例,年龄(10.6±2.1)岁。纳入标准:①6~12 岁;②符合美国精神障碍诊断与统计手册第 5 版(DSM-V)中 ADHD 的诊断标准^[12];③近 1 个月内未使用 ADHD 药物,且未补充与本研究题目相关的保健品;④自愿参与研究,患儿及监护人签署知情同意书。排除标准:①患有儿童精神分裂症、孤独症、精神发育迟滞、行为情感障碍及其他器质性疾病;②家族中有精神疾病患者;③明显身体与神经系统疾病;④使用中枢兴奋剂、抗精神药物、抗抑郁药物的凝血功能障碍患者;⑤智力(IQ)<70 分或 IQ>110 分;⑥因各种原因退出研究。收集同一时期在我院健康体检的 60 例非 ADHD 的健康儿童作为对照组,男 37 例,女 23 例,年龄(10.2±2.3)岁,纳入标准:①6~12 岁;②无严重躯体疾病、药物依赖史和其他精神疾病史;③自愿参与研究,儿童及监护人签署知情同意书。对照组和 ADHD 组儿童的性别、年龄、IQ 评分、胎龄等一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。研究已获得我院医学伦理委员会准许,编号:(2019)伦审第(047)号。

表 1 对照组和 ADHD 组儿童一般临床资料比较

组别	性别[男/女 n]	年龄(岁)	IQ 评分(分)	胎龄[≥37 周/<37 周, n(%)]
对照组(n=60)	37(61.7)/23(38.3)	10(6,12)	88(69,108)	54(90)/6(10)
ADHD 组(n=110)	64(58.2)/46(41.8)	10(6,12)	86(71,106)	92(83.6)/18(16.4)
统计量	$\chi^2=0.200$	$Z=-0.224$	$Z=-1.552$	$\chi^2=1.297$
P	0.658	0.823	0.121	0.255

1.2 方法

1.2.1 IQ 评估 应用韦氏儿童智力量表第五版(WISC-V)^[13]评估 IQ。该量表包含语言理解、知觉推理、工作记忆和处理速度四个维度,语言理解、知觉推理属于一般能力指标,工作记忆、处理速度属于认知效率指标。该量表共 10 个子测试,包含积木拼搭、相似性判断、数字记忆、图片概念、解码能力、词汇量、字

母识别、数字运算、矩阵推理、理解能力、联想回忆等。得分越高,说明智力水平越高。本研究对照组和研究组均需排除 IQ<70 分或 IQ>110 分的儿童。

1.2.2 症状评估 应用 Swanson 等^[14]制定的 SNAP-IV 评定量表(swanson, nolan, and pelham-IV rating scales, SNAP-IV)进行评估。该量表专为 6~18 岁的儿童及青少年设计,需由家长根据儿童青少年的实际行为表现进行填写。量表总共包含 26 个条目,包含注意力不足、多动/冲动以及其他症状。采用 0~3 分的四级评分制,0 代表“完全没有”,1 代

【基金项目】河南省医学科技攻关计划联合共建项目(编号:LHGJ20210443)

表“偶尔有”,2 代表“经常有”,3 代表“非常多”。计算平均分,得分越高,则表明相应的症状越严重。Conners 父母症状问卷 (parent symptom questionnaire,PSQ)是一款专门设计用于父母对儿童行为表现进行评估的量表工具,其适用对象为年龄在 3~16 岁的儿童群体。该问卷包含品行问题、学习问题、心身障碍、冲动/多动、焦虑以及多动指数 6 个方面,总共包含 48 个详细条目。采用 0~3 分的四级评分制,0 代表无相关症状,1 代表相关症状偶尔出现,2 代表相关症状经常出现,3 代表相关症状很多。计算平均分,得分越高,则表明相应的症状越严重。

1.2.3 实验室指标检测 于清晨收集两组受试儿童的空腹静脉血 5 ml,借助离心机分离血清,采用化学发光免疫分析法检测血清中 25(OH)D 与铁蛋白水平。采用液相色谱-串联质谱法检测全血缬氨酸水平。

1.3 统计学方法 应用 SPSS 25.0 统计学软件分析数据。计数资料以例数 (%) 描述,两组间比较行卡方检验。符合正态分布的计量资料以均数±标准差描述,两组间比较行 *t* 检验;不符合正态分布的计量资料以中位数 (Q1,Q3) 描述,组间比较行非参数检验。Logistic 回归模型分析发生 ADHD 的危险因素,斯皮尔曼相关系数分析 25(OH)D、缬氨酸、铁蛋白与 ADHD 的相关性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 对照组和 ADHD 组儿童症状评分比较

表 2 对照组和 ADHD 组儿童症状评分比较 (分)

组别	SNAP-IV 评分	PSQ 评分
对照组 ($n=60$)	0.5(0,2)	1(0,1)
ADHD 组 ($n=110$)	2(1,3)	1(0,2)
<i>Z</i>	-8.999	-4.168
<i>P</i>	0.000	0.000

2.2 对照组和 ADHD 组儿童 25(OH)D、缬氨酸、铁蛋白比较 ADHD 组儿童的 25(OH)D、铁蛋白显著低于对照组,差异有统计学意义 ($P<0.05$);两组缬氨酸水平差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 3。

表 3 对照组和 ADHD 组儿童 25(OH)D、缬氨酸、铁蛋白比较

组别	25(OH)D (nmol/L)	缬氨酸 ($\mu\text{mol/L}$)	铁蛋白 ($\mu\text{g/L}$)
对照组 ($n=60$)	55.73±8.62	118.50±13.21	64.85±12.96
ADHD 组 ($n=110$)	16.11±2.83	119.70±13.50	22.56±5.41
<i>t</i>	44.132	0.558	29.840
<i>P</i>	0.000	0.578	0.000

2.3 Logistic 回归分析发生 ADHD 的危险因素

以性别 (男=1,女=0)、年龄、IQ、胎龄、25(OH)D、缬氨酸、铁蛋白水平作为自变量,进行 Logistic 回归分析,结果显示,25(OH)D、铁蛋白水平降低是发生 ADHD 的危险因素 ($P<0.05$)。见表 4。

表 4 Logistic 回归分析发生 ADHD 的危险因素分析

变量	β	SE	Wald χ^2	<i>P</i>	OR	95%CI
常量	10.679	4.639	5.299	0.021	43428.621	—
性别	-0.730	0.663	1.211	0.271	0.482	0.131~1.768
年龄	0.205	0.198	1.076	0.300	1.228	0.833~1.810
IQ	0.008	0.037	0.042	0.837	1.008	0.937~1.083
胎龄	0.730	0.767	0.906	0.341	2.076	0.462~9.335
25(OH)D	-0.329	0.066	24.577	<0.001	0.720	0.632~0.820
缬氨酸	-0.137	0.091	2.273	0.132	0.872	0.729~1.042
铁蛋白	-0.091	0.027	11.127	<0.001	0.913	0.865~0.963

2.4 25(OH)D、缬氨酸、铁蛋白与症状评分的相关性分析 ADHD 儿童 25(OH)D、铁蛋白与 SNAP-IV 评分和 PSQ 评分均呈显著负相关 ($P<0.05$);缬氨

酸与 SNAP-IV 评分和 PSQ 评分无相关性 ($P>0.05$)。见表 5。

表 5 25(OH)D、缬氨酸、铁蛋白与 ADHD 的相关性分析

指标	25(OH)D		缬氨酸		铁蛋白	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
SNAP-IV	-0.427	0.000	-0.092	0.233	-0.408	0.000
PSQ	-0.231	0.002	-0.077	0.317	-0.211	0.006

2.5 25(OH)D 与铁蛋白的交互作用对 ADHD 发病风险的影响 以 25(OH)D 和铁蛋白为核心变量,以对照组中位数为参照,将二者分为低水平组

和正常水平组,构建四分类交互项:低 25(OH)D+低铁蛋白、低 25(OH)D+正常铁蛋白、正常 25(OH)D+低铁蛋白、正常 25(OH)D+正常铁蛋白,以正常

25(OH)D+正常铁蛋白为参照组。采用多因素 Logistic 回归分析不同交互组合与 ADHD 发病风险的关联,结果显示,与正常 25(OH)D+正常铁蛋白组

相比,低 25(OH)D+低铁蛋白组患 ADHD 的风险最高,显著高于低 25(OH)D+正常铁蛋白和正常 25(OH)D+低铁蛋白组($P<0.05$)。见表 6。

表 6 25(OH)D 与铁蛋白的交互作用对 ADHD 发病风险的影响

类别	OR	95%CI	P
正常 25(OH)D+正常铁蛋白	1	—	—
低 25(OH)D+正常铁蛋白	8.326	4.157~16.689	<0.001
正常 25(OH)D+低铁蛋白	7.968	3.925~16.168	<0.001
低 25(OH)D+低铁蛋白	28.643	15.327~53.578	<0.001

3 讨论

ADHD 是儿童期常见的神经发育障碍,其病因及发病机制尚未完全明确。近年来,营养代谢异常与神经发育的关联成为研究热点,其中微量营养素失衡对神经递质调控的影响被认为可能参与 ADHD 的病理过程^[15]。本研究通过分析 25(OH)D、缬氨酸及铁蛋白与 ADHD 的相关性,发现 25(OH)D 和铁蛋白水平降低与 ADHD 症状显著相关,而缬氨酸未显示出明确关联。

本研究发现,与健康对照组儿童相比,ADHD 组儿童的血清 25(OH)D 水平显著降低,且血清 25(OH)D 水平与 ADHD 症状评分(SNAP-IV 和 PSQ)呈显著负相关。这一结果与先前多项研究结果一致,表明维生素 D 缺乏可能与 ADHD 的发病机制存在关联^[16,17]。25(OH)D 是维生素 D 在体内的主要存在形式,维生素 D 在神经发育过程中起着重要作用,其受体广泛分布于大脑中,特别是与注意力、冲动控制等行为相关的区域^[18]。有文献指出维生素 D 缺乏可能从调节细胞因子、氧化应激、神经营养因子、神经递质、神经元周围基质网络及调节肠道菌群方面影响儿童的行为表现^[19]。此外,维生素 D 还参与调节免疫系统,其缺乏可能引发神经炎症反应,进一步加重 ADHD 症状^[20]。本研究中,ADHD 组儿童血清 25(OH)D 水平的显著降低,支持了维生素 D 缺乏在 ADHD 发病中的潜在作用。值得注意的是,本研究中 25(OH)D 与 ADHD 的关联并非绝对。健康对照组中也存在 25(OH)D 不足的个体,提示单纯的维生素 D 缺乏并非 ADHD 的直接病因,而更可能是症状加重的风险因素。

本研究还发现,ADHD 组儿童的血清铁蛋白水平显著低于健康对照组,且铁蛋白水平与 ADHD 症状评分呈显著负相关。铁蛋白作为机体内储存铁的重要蛋白,其水平变化可能直接影响中枢神经系统的功能。铁元素是单胺类神经递质代谢所需酶的辅因子,铁缺乏可能导致这些神经递质的合成和代谢异常,进而引发注意力不集中和冲动行为^[21]。此外,铁蛋白作为体内主要的铁储存形式,其水平

降低反映机体铁储备不足,可能通过减少脑内铁含量间接影响神经髓鞘形成和突触可塑性。先前研究已指出,铁缺乏可能与自闭症谱系障碍、ADHD 等多种精神疾病存在关联^[22~24]。本研究结果进一步支持了这一观点,表明铁蛋白水平的降低可能是 ADHD 发病的一个重要风险因素。

本研究也明确了 25(OH)D 与铁蛋白的交互作用对 ADHD 发病风险的影响。交互分析显示,低 25(OH)D 与低铁蛋白联合存在时,儿童患 ADHD 的风险更高,显著高于单一指标缺乏组。这一发现提示,25(OH)D 与铁蛋白可能通过协同作用参与 ADHD 的发病过程。前期有研究指出,当机体内铁蛋白浓度升高时,血液含铁量增加,可与氧气等充分结合,促进肠道铁吸收,使系统功能和营养代谢功能正常运转,能够提高机体免疫力,起到补充维生素 D 的作用^[25]。也有研究指出,维生素 D 缺乏会导致单核细胞中铁调素相关细胞因子表达降低,进而引起储存铁减少比例逐渐降低^[26]。二者缺乏可能形成营养缺乏恶性循环,进一步加剧神经递质代谢异常和神经炎症反应,从而显著增加 ADHD 发病风险。

本研究未发现 ADHD 组儿童与健康对照组儿童在缬氨酸水平上存在显著差异,且缬氨酸水平与 ADHD 症状评分无显著相关性。有研究指出,缬氨酸水平升高可能与幼儿发育迟缓相关^[8],但与 ADHD 的相关性尚无明确结论。另外先前多项研究证实了儿茶酚-O-甲基转移酶基因第 158 位 密码子 G→A 点突变所引起的缬氨酸→甲硫氨酸的错义突变多态性与 ADHD 易感性并无关联^[27,28]。本研究结果表明,缬氨酸水平可能不是 ADHD 发病的关键因素。然而,考虑到氨基酸代谢在神经发育中的复杂性,未来研究仍需进一步探讨缬氨酸及其他氨基酸在 ADHD 发病中的作用。

综上,本研究发现血清 25(OH)D 和铁蛋白水平与儿童 ADHD 症状评分呈显著负相关,且低水平 25(OH)D 与低水平铁蛋白同时存在时 ADHD 发病风险显著增高,提示维生素 D 和铁缺乏可能在

ADHD 发病中起重要作用。虽然本研究发现 25(OH)D、铁蛋白缺乏与 ADHD 症状严重程度相关,但并不能确定其是 ADHD 的直接病因。未来研究需进一步探讨 25(OH)D、铁蛋白缺乏与 ADHD 之间的因果关系,以及 25(OH)D、铁蛋白补充治疗对 ADHD 症状的改善效果。

【参考文献】

- [1] 徐玄玄,潘凯,张怡妍,等. 盐酸哌甲酯缓释片联合脑电生物反馈加感统训练治疗儿童注意缺陷多动障碍的临床疗效研究[J]. 实用医院临床杂志,2022,19(3):24-27.
- [2] 李思迅,王美雯,杨燕平,等. 情绪调节与注意缺陷多动障碍患儿焦虑/抑郁症状:社交问题的中介效应和家庭功能的调节[J]. 四川大学学报(医学版),2024,55(2):346-352.
- [3] Regan SL, Williams MT, Vorhees CV. Review of rodent models of attention deficit hyperactivity disorder[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2022,132:621-637.
- [4] Li HH, Yue XJ, Wang CX, et al. Serum levels of vitamin a and vitamin d and their association with symptoms in children with attention deficit hyperactivity disorder[J]. *Front Psychiatry*,2020,11:599958.
- [5] Li D, Yu S, Long Y, et al. Tryptophan metabolism: Mechanism-oriented therapy for neurological and psychiatric disorders[J]. *Front Immunol*,2022,13:985378.
- [6] Liu D, Xie Z, Gu P, et al. Cry1 Δ 11 mutation induces ADHD-like symptoms through hyperactive dopamine D1 receptor signaling[J]. *JCI Insight*,2023,8(16):e170434.
- [7] 向敏,余晓丹,高鹭云,等. 松滋市 0~6 岁儿童血清 25-羟基维生素 D 水平调查[J]. 保健医学研究与实践,2019,16(6):21-25.
- [8] 侯菲,孙娜,宋丽娜,等. GNAO1 基因新型变异致发育落后 1 例[J]. 国际遗传学杂志,2021,44(4):301-303.
- [9] 王建君,廖君,郭丹. 铁代谢与神经系统炎症反应相关性研究进展[J]. 医学综述,2022,28(9):1677-1684.
- [10] Yektaş Ç, Alpay M, Tufan AE. Comparison of serum B12, folate and homocysteine concentrations in children with autism spectrum disorder or attention deficit hyperactivity disorder and healthy controls[J]. *Neuropsychiatr Dis Treat*,2019,15:2213-2219.
- [11] Altun H, Kurutaş EB, Şahin N, et al. The levels of vitamin D, vitamin D receptor, homocysteine and complex B Vitamin in Children with autism spectrum disorders[J]. *Clin Psychopharmacol Neurosci*,2018,16(4):383-390.
- [12] Austerman J. ADHD and behavioral disorders: assessment, management, and an update from DSM-5[J]. *Cleve Clin J Med*,2015,82(11 Suppl 1):S2-7.
- [13] Gilbert K, Kranzler JH, Benson N. An independent examination of the equivalence of the standard and digital administration formats of the Wechsler Intelligence Scale for Children-5th Edition [J]. *J Sch Psychol*,2021,85:113-124.
- [14] Swanson JM, Schuck S, Porter MM, et al. Categorical and dimensional definitions and evaluations of symptoms of ADHD: history of the SNAP and the SWAN rating scales [J]. *Int J Educ Psychol Assess*,2012,10(1):51-70.
- [15] 兰红艳,霍言言,吴丹,等. 注意缺陷多动障碍儿童的营养代谢水平及其与脑功能的相关性[J]. 中国儿童保健杂志,2022,30(1):11-14.
- [16] Yang J, Yuan H, Qiu R, et al. Effect of 25 hydroxyvitamin D on attention deficit and hyperactivity in school-age children with ADHD [J]. *Medicine (Baltimore)*,2023,102(43):e35728.
- [17] 欧阳秋星,李万乐. 儿童注意缺陷多动障碍与血清 25 羟基维生素 D 水平的关系[J]. 中国妇幼保健,2017,32(14):3228-3230.
- [18] 熊淑英,黄旭丽,陈水莲. 维生素 D 水平与学龄前儿童认知行为发育的相关性[J]. 中国妇幼保健,2021,36(10):2277-2280.
- [19] 王慧婷,刘子奇,杨健. 维生素 D 在注意缺陷多动障碍发病机制中的研究进展[J]. 中国医药,2023,18(11):1733-1737.
- [20] 李学敏,成乐,吕晨慧,等. 1,25(OH) $_2$ D $_3$ 对 A β $_{1-42}$ 诱导阿尔茨海默病细胞模型中细胞焦亡的抑制作用[J]. 山西医科大学学报,2024,55(8):994-1000.
- [21] 代素洁,李文,陈虹,等. 兰州城区 0~1 岁婴儿贫血与微量元素关系及对神经心理发育的影响[J]. 医学综述,2020,26(3):597-601.
- [22] Topal Z, Tufan AE, Karadag M, et al. Evaluation of peripheral inflammatory markers, serum B12, folate, ferritin levels and clinical correlations in children with autism spectrum disorder (ASD) and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) [J]. *Nord J Psychiatry*,2022,76(2):150-157.
- [23] 钱金明,薛梅. 小儿支气管哮喘合并注意缺陷多动障碍的危险因素分析及风险列线图预测模型的构建[J]. 皖南医学院学报,2023,42(6):544-548.
- [24] 孙静,刘蕊,郑超. 红外偏振光穴位照射联合托莫西汀在注意缺陷与多动障碍儿童中的应用[J]. 海南医学,2020,31(10):1275-1279.
- [25] Mattiello V, Schmugge M, Hengartner H, et al. Diagnosis and management of iron deficiency in children with or without anemia: consensus recommendations of the SPOG Pediatric Hematology Working Group[J]. *Eur J Pediatr*,2020,179(4):527-545.
- [26] 孙嘉遥,朱学涛. 缺铁性贫血青少年女性维生素 D 缺乏症发生率及其与铁代谢指标的相关性[J]. 中国血液净化,2021,20(1):30-33.
- [27] 张咸宁,阮列敏,乐燕萍,等. 注意缺陷多动障碍与儿茶酚-O-甲基转移酶基因 Val158Met 多态性的关联分析[J]. 中华医学遗传学杂志,2003,20(4):322-324.
- [28] 熊忠贵,胡新文,徐海青,等. 儿童注意缺陷多动障碍 COMT 基因多态性的对照研究[J]. 中国儿童保健杂志,2011,19(3):222-223,232.

(收稿日期:2025-11-06;修回日期:2026-01-28)

(本文编辑:彭 羽)