

呼和浩特市 6~14 岁儿童注意力缺陷多动障碍预测模型研究

付俊鲜,杨光路,多红英,苏 秦,李天霞,傅 卓

(内蒙古医科大学附属医院儿科,内蒙古 呼和浩特 010010)

[摘要]目的 构建呼和浩特市儿童注意力缺陷多动障碍(ADHD)的预测模型。方法 2023 年分层抽样选取呼和浩特市 6~14 岁 3 788 例儿童作为研究对象,其中临床诊断为 ADHD 患者的 189 例为病例组,非 ADHD 者 3 599 例为对照组,问卷调查儿童及其家庭相关情况,测量其身高和体重相关指标。数据随机分为训练集及测试集,构建预测模型,绘制受试者工作特征(ROC)曲线、校准曲线评价模型的预测能力。结果 在调整性别、年龄因素后,多因素 Logistic 回归结果显示儿童出生存在宫内窘迫、宫内发育障碍、产程异常、家庭教育方式不当、父母关系不和谐、儿童情绪不稳定时,其发生 ADHD 的风险增加(OR 值介于 1.448~1.701 之间, $P<0.05$);儿童 ADHD 预测模型在训练集中 C 指数为 0.89,测试集中 C 指数为 0.81,ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.858(0.698~0.952)、0.779(0.631~0.912);训练集和测试集中的校准曲线显示模型预测结果与实际观察结果基本吻合,模型具有较好的区分度和校准度。结论 宫内窘迫、宫内发育障碍、产程异常、家庭教育方式的不当、父母关系不和谐、儿童的情绪不稳定为儿童发生 ADHD 的危险因素,模型预测效能较好,可作为临床诊断及早期干预的重要参考。

[关键词]儿童;注意力缺陷多动障碍;宫内窘迫;宫内发育障碍;产程异常;预测模型

Doi:10.3969/j.issn.1673-5293.2025.09.003

[中图分类号]R179

[文献标识码]A

[文章编号]1673-5293(2025)09-0016-07

Establishment of a prediction model of ADHD for children aged 6-14 years in Hohhot city

FU Junxian, YANG Guanglu, DUO Hongying, SU Qin, LI Tianxia, FU Zhuo

(Department of Pediatrics, The Affiliated Hospital of Inner Mongolia

Medical University, Inner Mongolia Hohhot 010010, China)

[Abstract] **Objective** To develop a prediction model of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) for children in Hohhot city, Inner Mongolia Autonomous Region in China. **Methods** In stratified sampling method, 3 788 children aged 6-14 years in Hohhot city in 2023 were selected as study subjects. Among them, 189 children were clinically diagnosed as ADHD (case group), and 3 599 children without ADHD were selected as controls (control group). A questionnaire was used to investigate family and child-related factors, and physical measurements (height and weight) were recorded. The data was randomly divided into a training set and a testing set. The training set was used to construct a prediction model. Receiver operating characteristic (ROC) curve and calibration curve were drawn to evaluate the model's predictive efficacy. **Results** Multiple regression analysis shown that after adjusting for gender and age, the following factors were identified as risk factors for occurrence of ADHD in children: intrauterine distress ($OR = 1.480, 95\% CI: 1.214-1.804$), intrauterine developmental disorders ($OR = 1.448, 95\% CI: 1.120-1.872$), abnormal stages of labor ($OR = 1.701, 95\% CI: 1.219-2.373$), inappropriate family education ($OR = 1.571, 95\% CI: 1.190-2.076$), parental disharmony ($OR = 1.452, 95\% CI: 1.076-1.960$) and emotional instability ($OR = 1.672, 95\% CI: 1.210-2.310$). C -indexes of the prediction model in the training set were 0.89 and 0.81 in the testing set. The areas under the curve (AUCs) of ROC curves of the prediction model in the training set and the testing set were 0.858 ($95\% CI: 0.698-0.952$) and 0.779 ($95\% CI: 0.631-0.912$) respectively. The calibration curves for both the training set and the testing set showed that the model's predicted results closely aligned with the actual observed results, suggesting that the prediction model had good discrimination and good calibration. **Conclusion** Intrauterine distress, intrauterine developmental disorders, abnormal stages of labor, inappropriate family education, parental disharmony and emotional instability are risk factors for ADHD in children. The prediction model has good performance and can serve as an important reference for clinical diagnosis and early intervention of ADHD in children.

[Key words] children; attention-deficit hyperactivity disorder; intrauterine distress; intrauterine developmental disorder; abnormal stages of labor; prediction model

[收稿日期]2024-09-06

[基金项目]内蒙古自治区科技厅项目(2020GG0139);内蒙古医科大学面上项目(YKD2022MS071)

[作者简介]付俊鲜(1984—),女,副主任医师,主要从事小儿神经系统疾病研究。

[通讯作者]杨光路,主任医师。

注意力缺陷多动障碍(attention-deficit hyperactivity disorder, ADHD)又被称多动症,是一种儿童时期常见的慢性神经和精神发育障碍性疾病,其临床特点主要表现为与年龄不相称的注意力分散、注意广度缩小、部分场合的过度活动和情绪冲动,伴有认知障碍和学习困难^[1]。该疾病常在儿童期起病,并可能持续至成年期,对个人、家庭及社会造成一定的影响^[2-3]。目前在内蒙古地区多动症的流行病学调查资料较少,家长、老师等多个层面对于多动症患者的诊断及知晓情况的差异性,也是造成疾病不能在早期发现并干预的重要因素^[4]。本研究以呼和浩特市多个中小中小学在校学生为调查对象,建立 ADHD 患者临床资料数据库,寻找 ADHD 发生的预警指标,构建预测模型,使家庭能早期识别儿童 ADHD 发病,积极就医,得到更专业、正规的治疗。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用分层抽样的方法,选择 2023 年呼和浩特市市内区域(新城区)、周边旗县(武川县)为调查区域,随机抽取新城区 6 所公立学校和武川县 6 所公立学校的全部 6~14 岁在校学生 3 788 例作为研究对象,其中男性 1 789 例,女性 1 999 例,平均年龄为(11.25±2.03)岁。根据 ADHD 国际诊断标准,其中被临床诊断为 ADHD 患者的 189 例归为病例组,非 ADHD 研究对象 3 599 例归为对照组。所有研究对象的家属均签署知情同意书,该项研究获得内蒙古医科大学附属医院伦理委员会审核通过。

病例组入选标准:所有 ADHD 患者均符合《注意缺陷多动障碍早期识别、规范诊断和治疗的儿科专家共识》^[5];12 岁以前即持续出现注意缺陷和(或)多动、冲动相关症状(各 6 项以上)至少 6 个月且程度与发育水平不一致的患儿需要考虑 ADHD;强调患儿核心症状至少存在于 2 个或以上场合(如学校、家中、诊室等),在社交、学业等功能上存在明显损害,且不能用其他精神障碍或精神系统疾病进行解释;ADHD 轻度为存在非常少的临床症状,且导致轻微的社交或学业等功能损害;ADHD 中度为症状或功能损害介于轻度、重度之间;ADHD 重度为存在非常多的临床症状或存在若干特别严重的症状,或导致

明显的社交或学业等功能损害。病例组排除标准:①不能完成全部调查的儿童和家属;②不同意参与调查资料收集工作的儿童和家属。

1.2 研究方法

1.2.1 问卷调查

问卷调查研究对象的家属部分:母亲吸烟、孕期从事污染职业、父母关系不和谐、单亲抚养;儿童部分:宫内窘迫、宫内发育障碍、早产、产程异常、剖宫产、产后窒息、母乳喂养情况、教养方式不当、偏食、有毒物质接触、情绪稳定程度、学习困难等情况。

1.2.2 身体测量

采用身高体重计(河南乐佳电子科技有限公司,仪器型号:HW-V9)测量每一位儿童的身高及体重,身高以 cm 为单位,保留小数点后一位,体重以 kg 为单位,保留小数点后两位。每一位儿童身高体重测量 3 次,取均数为最终的身高体重,三次测量相对误差小于 5%。

1.3 统计学方法

本研究使用 EXCEL 2010 进行数据收集和整理,使用 K 最相邻方法,对缺失数据进行补充后,按照 7:3 的比例将以上数据集随机分为训练集及测试集。

研究使用 SPSS 26.0 软件进行数据分析。应用训练集构建预测模型:单因素分析中,计量数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)的形式表示,采用成组 t 检验进行比较;计数资料以例数(n)和百分比(%)表示,采用 χ^2 检验进行组间比较;多因素分析中,应用非条件 Logistics 回归,在控制混杂因素后,探讨儿童 ADHD 可能的影响因素。应用训练集和测试集评价模型的预测能力:在训练集和测试集中分别计算预测模型的 C 指数,绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线、校准曲线评价模型的预测能力。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象的基本特征

本研究训练集和测试集儿童基本情况比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

表 1 训练集和测试集儿童的基本情况 $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

Table 1 Comparison of general information of the children between the training set and the testing set $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

因素	训练集(n=2 651)	测试集(n=1 137)	χ^2/t	P
年龄(岁)	11.19 $\pm$ 2.41	11.27 $\pm$ 2.42	0.935	0.350
性别			0.338	0.561
男	1 305(49.23)	548(48.20)		
女	1 346(50.77)	589(51.80)		
体重(kg)	31.41 $\pm$ 4.22	31.47 $\pm$ 4.19	0.402	0.688
身高(cm)	135.4 $\pm$ 6.3	135.3 $\pm$ 6.2	0.450	0.653
身体质量指数(kg/m ²)	18.8 $\pm$ 2.8	18.9 $\pm$ 2.9	0.997	0.319
居住地区			0.099	0.753
市内区域	1 599(60.35)	692(60.86)		
周边旗县	1 052(39.65)	445(39.14)		

2.2 训练集儿童发生 ADHD 的单因素分析

在训练集中,与对照组相比,病例组宫内窘迫、宫内发育障碍、产程异常、家庭教育方式不当、父母

关系不和谐、儿童情绪不稳定占比较高,差异存在统计学意义(χ^2 值介于 6.289~444.648 之间, $P<0.05$),见表 2。

表 2 训练集儿童发生 ADHD 的单因素分析 $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

Table 2 Univariate analysis of occurrence of ADHD of the children in the training set $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

因素	病例组(n=132)	对照组(n=2 519)	χ^2/t	P
年龄(岁)	11.10 $\pm$ 2.33	11.21 $\pm$ 2.35	0.524	0.600
性别			0.000	0.997
男	65(49.24)	1 240(49.23)		
女	67(50.76)	1 279(50.77)		
体重(kg)	31.39 $\pm$ 4.23	31.42 $\pm$ 4.18	0.080	0.936
身高(cm)	135.1 $\pm$ 6.2	135.6 $\pm$ 6.1	0.917	0.359
身体质量指数(kg/m ²)	18.7 $\pm$ 2.9	18.9 $\pm$ 2.6	0.856	0.392
居住地区			0.006	0.937
市内区域	80(60.35)	1 518(60.26)		
周边旗县	52(39.65)	1 001(39.74)		
母亲吸烟			1.046	0.306
是	8(6.06)	106(4.21)		
否	124(93.94)	2 413(95.79)		
母亲孕期从事污染职业			0.717	0.397
是	15(11.36)	231(9.17)		
否	117(88.64)	2 288(90.83)		
宫内窘迫			122.602	<0.001
是	106(80.30)	832(33.03)		
否	26(19.70)	1 687(66.97)		

(转下表)

(续上表)

因素	病例组 (n=132)	对照组 (n=2 519)	χ^2/t	<i>P</i>
宫内发育障碍			10.290	0.001
是	52(39.39)	671(26.64)		
否	80(60.61)	1 848(73.36)		
早产			1.544	0.214
是	8(6.06)	233(9.25)		
否	124(93.94)	2 286(90.75)		
产程异常			6.289	0.012
是	36(27.27)	466(18.50)		
否	96(72.73)	2 053(81.50)		
剖宫产			2.388	0.122
是	48(36.36)	1 088(43.19)		
否	84(63.64)	1 431(56.81)		
产后窒息			0.596	0.440
是	18(13.64)	288(11.43)		
否	114(86.36)	2 231(88.57)		
母乳喂养			0.205	0.651
是	108(81.82)	2 099(83.33)		
否	24(18.18)	420(16.67)		
教养方式不当			211.415	<0.001
是	86(65.15)	388(15.40)		
否	46(34.85)	2 131(84.60)		
单亲抚养			0.008	0.930
是	8(6.06)	148(5.88)		
否	124(93.94)	2 371(94.12)		
父母关系不和谐			444.648	<0.001
是	122(92.42)	418(16.59)		
否	10(7.58)	2 101(83.41)		
偏食			1.125	0.289
是	38(28.79)	622(24.69)		
否	94(71.21)	1 897(75.31)		
儿童接触有毒物质			0.058	0.809
是	16(12.12)	288(11.43)		
否	116(87.88)	2 231(88.57)		
情绪不稳定			192.180	<0.001
是	71(53.79)	288(11.43)		
否	61(46.21)	2 231(88.57)		
学习困难			0.661	0.416
是	15(11.36)	233(9.25)		
否	117(88.64)	2 286(90.75)		

2.3 训练集儿童发生 ADHD 的多因素分析

以训练集儿童发生 ADHD 为因变量(发生为 1, 未发生为 0),以单因素分析差异有统计学意义的因素为自变量,进行多因素 Logistic 回归。在调整性别、年龄因素后,结果显示儿童出生存在宫内窘迫、

宫内发育障碍、产程异常、家庭教育方式不当、父母关系不和谐、儿童情绪不稳定时,其发生 ADHD 的风险增加(OR 值介于 1.448~1.701 之间, $P<0.05$),见表 4。

表 3 训练集儿童发生 ADHD 的多因素 Logistic 回归分析

Table 3 Multivariate Logistic regression analysis of occurrence of ADHD of the children in the training set

变量	β	S.E.	Wald χ^2	P	OR	95%CI	
						下限	上限
宫内窘迫	0.392	0.101	15.064	<0.001	1.480	1.214	1.804
宫内发育障碍	0.370	0.131	7.977	0.005	1.448	1.120	1.872
产程异常	0.531	0.170	9.756	0.002	1.701	1.219	2.373
家庭教育方式不当	0.452	0.142	10.132	0.001	1.571	1.190	2.076
父母关系不和谐	0.373	0.153	5.943	0.015	1.452	1.076	1.960
儿童的情绪不稳定	0.514	0.165	9.704	0.002	1.672	1.210	2.310

注:模型调整了性别、年龄因素。

2.4 儿童发生 ADHD 预测模型的效能

儿童 ADHD 预测模型在训练集中 C 指数为 0.89,测试集中 C 指数为 0.81;绘制模型在训练集和测试集中的 ROC 曲线,曲线下面积(area under the curve, AUC)分别为 0.858(0.698~0.952)、0.779

(0.631~0.912);绘制模型在训练集和测试集中的校准曲线,结果显示模型的预测结果与实际观察结果基本吻合,提示模型具有较好的区分度和校准度,见表 4、图 1、图 2。

表 4 训练集和测试集儿童 ADHD 预测模型的效能

Table 4 Performances of the ADHD prediction model for the children in the training set and the testing set

指标	AUC	AUC 的 95%CI	P	灵敏度	特异度
训练集(n=2 651)					
宫内窘迫	0.724	0.665~0.801	<0.001	69.6	73.1
宫内发育障碍	0.709	0.605~0.777	<0.001	68.6	70.4
产程异常	0.711	0.633~0.756	<0.001	70.2	71.1
家庭教育方式不当	0.714	0.602~0.788	<0.001	68.7	71.4
父母关系不和谐	0.789	0.663~0.809	<0.001	67.8	73.4
儿童的情绪不稳定	0.710	0.598~0.752	<0.001	69.8	72.3
联合预测因子	0.858	0.698~0.952	<0.001	79.8	83.3
测试集(n=1 137)					
宫内窘迫	0.714	0.624~0.779	<0.001	63.6	72.2
宫内发育障碍	0.688	0.603~0.693	<0.001	67.3	69.4
产程异常	0.701	0.621~0.723	<0.001	68.2	70.1
家庭教育方式不当	0.704	0.633~0.712	<0.001	67.7	70.2
父母关系不和谐	0.712	0.611~0.811	<0.001	65.8	70.4
儿童的情绪不稳定	0.702	0.599~0.731	<0.001	67.8	71.3
联合预测因子	0.779	0.631~0.912	<0.001	75.8	80.3

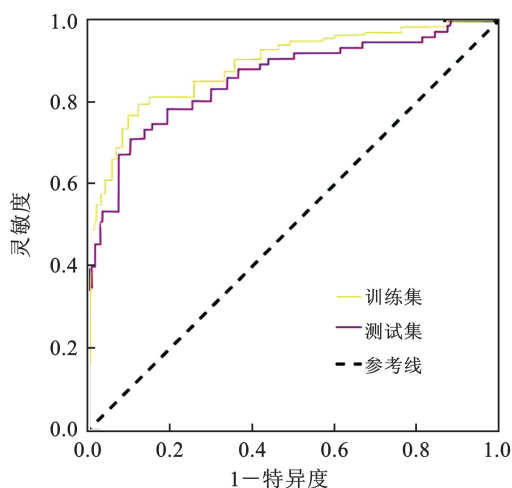


图 1 儿童 ADHD 预测模型在训练集和测试集中的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curves of ADHD prediction model for the children in the training set and the testing set

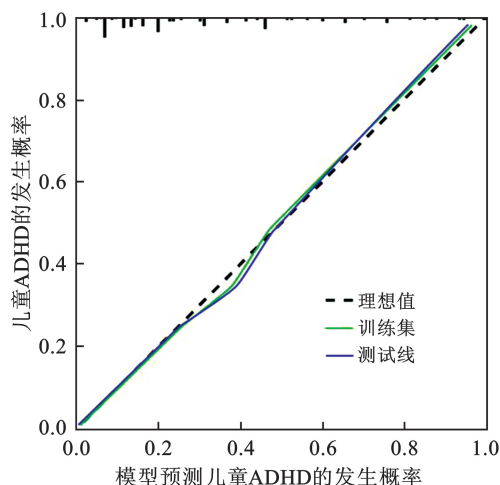


图 2 儿童 ADHD 预测模型在训练集和测试集中的校准曲线

Fig.2 Calibration curves of ADHD prediction model for the children in the training set and the testing set

3 讨论

3.1 ADHD 危险因素的多维度解析

当今,对影响 ADHD 患者的危险因素进行分析对于疾病的预测及预警均具有重要的临床作用^[6-7]。本研究中将获得数据按照科学的 7:3 比例分别形成测试集及验证集,通过数据的多角度分析,对模型的预测效能进行综合评价^[8-9],对于呼和浩特市 ADHD 患者的预测及早期干预对象的确认具有积极的意义。

本研究中,首先采取单因素及多因素分析对造

成 ADHD 患者的影响因素进行分析,结果发现发生宫内窘迫、宫内发育障碍、产程异常、家庭教育方式不当、父母关系不和谐、儿童情绪不稳定均是 ADHD 的危险因素。分析认为,ADHD 患者在疾病早期并未发现实质性的脑损伤,其智力损伤程度较低,但是在行为学的研究中,其注意力不集中及自控能力较差^[10]。由于母体感染、患有高血压、糖尿病等疾病引起的宫内窘迫和宫内发育障碍可能导致儿童大脑供氧和营养不足,从而影响神经系统的正常发育。此类生理问题可能对儿童的认知功能和行为控制能力产生负面影响,并增加患 ADHD 的风险^[11]。如果分娩过程太快或时间太长,可能导致婴儿缺氧或其他不良影响,从而对大脑发育产生损害,影响儿童的注意力和行为控制能力^[12]。除了生理因素外,家庭环境也对 ADHD 的发生起到一定的作用。家庭教育方式不当、家庭关系不和谐会给孩子带来压力和困扰,可能导致情绪不稳定和行为问题^[13]。过于严厉或过于放任的教育方式都可能增加孩子患 ADHD 的风险^[14]。家庭成员之间的冲突、紧张气氛及缺乏支持和理解也可能对孩子的心理健康产生负面影响。情绪问题包括焦虑、抑郁和易激惹等,在一定程度上与注意力和行为控制能力有关。情绪问题可能使儿童更容易受到干扰,并且难以集中注意力^[15]。

3.2 诊断模型构建与验证评估

在 ADHD 患者诊断模型的构建过程中,模型在训练集与测试集中的 ROC 曲线下面积均较高,校准曲线显示预测结果与实际观察结果基本吻合,提示模型具有较好的区分度和校准度,证明该模型对于 ADHD 诊断稳定性较好。在对患者的预测过程中,该模型过度拟合出现的风险较低。同时,由于人群为儿童,其个体的差异性较大,特异值的风险值较高^[16-19],所以通过对患者 ADHD 模型的预测,可以有效对以上变异性指标进行分析。

综上所述,宫内窘迫、宫内发育障碍、产程异常、家庭教育方式不当、父母关系不和谐、儿童情绪不稳定为儿童发生 ADHD 的危险因素,预测模型对 ADHD 患者的预测效能较好,拟合性较高,可作为临床诊断及早期干预的重要参考依据。

[参考文献]

[1]顾秋燕,倪钰飞,葛晓云,等.Ayres 感觉统合治疗技术应

- 用在多动症儿童中的疗效观察[J].中国妇幼健康研究, 2020,31(12):1641-1646.
- [2]王旭琴,蒋茂莹,刘俊.学龄期儿童注意力缺陷伴多动障碍危险因素的病例对照研究[J].实用预防医学,2022,29(9):1109-1111.
- [3]Lin L, Zheng C, Jiangwei S, et al. Attention-deficit/hyperactivity disorder as a risk factor for cardiovascular diseases:a nationwide population-based cohort study[J]. World Psychiatry,2022,21(3):452-459.
- [4]Sami H B, M S S, Ellie C, et al.The orphan receptor GPR88 controls impulsivity and is a risk factor for attention-deficit/hyperactivity disorder [J]. Mol Psychiatry, 2022,27(11):4662-4672.
- [5]中华医学会儿科学分会发育行为学组.注意缺陷多动障碍早期识别、规范诊断和治疗的儿科专家共识[J].中华儿科杂志,2020,58(3):188-193.
- [6]支金草,张世雯,黄美灵,等.导致儿童注意力缺陷多动障碍的孕期和围产期危险因素 Scoping 综述[J].中国康复理论与实践,2022,28(1):79-89.
- [7]路晨,郝宏文,廖欣婷,等.儿童抽动障碍致病危险因素的系统评价[J].中国循证医学杂志,2021,21(12):1407-1415.
- [8]崔继华,凌昱,宋玉,等.Vanderbilt 父母评定量表在注意力缺陷多动障碍中的应用价值[J].中国妇幼健康研究, 2020,31(9):1171-1175.
- [9]Elena D,Erzsébet H,Toft H S,et al.Long-term risk of epilepsy, cerebral palsy and attention-deficit/hyperactivity disorder in children affected by a threatened abortion in utero[J].Int J Epidemiol,2021,50(5):1540-1553.
- [10]Rajaprakash M, Leppert M L.Attention-deficit/hyperactivity disorder[J].Pediatr Rev,2022,43(3):135-147.
- [11]Chan Y S,Jang J T, Ho C S.Effects of physical exercise on children with attention deficit hyperactivity disorder [J].Biomed J,2022,45(2):265-270.
- [12]Rubia K, Westwood S, Aggensteiner P M, et al.Neurotherapeutics for attention deficit/hyperactivity disorder (adhd): a review[J].Cells,2021,10(8):2156.
- [13]Sibley M H, Bruton A M, Zhao X, et al.Non-pharmacological interventions for attention-deficit hyperactivity disorder in children and adolescents[J].Lancet Child Adolesc Health,2023,7(6):415-428.
- [14]Wong S Y S, Chan S K C, Yip B H K, et al.The effects of mindfulness for youth (mymind) versus group cognitive behavioral therapy in improving attention and reducing behavioral problems among children with attention-deficit hyperactivity disorder and their parents: a randomized controlled trial [J]. Psychother Psychosom,2023,92(6):379-390.
- [15]Ahn B, Joung Y S, Kwon J Y, et al.Effects of equine-assisted activities on attention and quality of life in children with cerebral palsy in a randomized trial: examining the comorbidity with attention-deficit/hyperactivity disorder[J].BMC Pediatr,2021,21(1):135.
- [16]Praveena S M, Munisvaradass R, Masiran R, et al. Phthalates exposure and attention-deficit/hyperactivity disorder in children: a systematic review of epidemiological literature[J].Environ Sci Pollut Res Int,2020, 27(36):44757-44770.
- [17]Huberts-Bosch A, Bierens M, Ly V, et al.Short-term effects of an elimination diet and healthy diet in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a randomized-controlled trial[J].Eur Child Adolesc Psychiatry,2024,33(5):1503-1516.
- [18]周立君,彭楠,李民俊,等.注意缺陷多动障碍儿童语言发育特征及影响因素分析[J].中华预防医学杂志,2024,58(3):292-297.
- [19]凡晓梅,韩勤,卢雯雯.太和县小学生注意缺陷多动障碍发生情况及影响因素研究[J].华南预防医学,2023,49(8):956-959,964.

[专业责任编辑:曾令霞]

[中文编辑:郭乐倩;英文编辑:杨周岐]