·适宜技术·

利用剑桥自动化神经心理测验包探查注意缺陷多动障碍儿童多维度执行功能缺陷

董超[1]，张琳琳[1]，钟蕴瑜[1]，刘云[1]，刘娟[1]，王鹏[2]，王玉凤[3]，杨斌让[1]，吴赵敏[1]，李颖[1]

1. 深圳市儿童医院儿童保健与心理健康中心，广东 深圳　518026；2. 中国医学科学院阜外医院；
3. 北京大学精神卫生研究所/第六医院/卫生部精神病学重点实验室

摘　要：目的　探讨剑桥自动化神经心理测验包（CANTAB）在注意缺陷多动障碍（ADHD）儿童中的应用，分析 ADHD 儿童临床症状、智力水平与执行功能损害之间的关系。**方法**　2017 年 9 月—2020 年 9 月，选取就诊于深圳市儿童医院保健与心理健康中心的 441 名 ADHD 儿童为研究对象，同时选取 85 名健康儿童为对照。所有儿童采用剑桥自动化神经心理测验包（CANTAB）中的持续注意任务、加工速度任务、反应抑制任务和空间工作记忆任务进行评估。同时采用 ADHD 症状评定量表（父母版）评估 ADHD 症状严重程度，Conners 量表评估 ADHD 儿童的行为问题，以及 WISC-Ⅳ评估 ADHD 儿童的各项智商指数。采用协方差分析比较 ADHD 组与对照组各项执行功能指标的差异，偏相关分析 ADHD 症状严重程度和智商指数与 CANTAB 指标的相关性，并利用中介模型探讨各项指标之间的因果关系。**结果**　ADHD 儿童对比对照组在执行功能各项指标中除快速信息加工错误率（RVPPFA）外，其他均存在明显的执行功能缺陷（F 值：4.46～25.90，$P<0.05$）。ADHD 儿童的临床核心症状严重程度与其执行功能损害无显著相关（r 值：－0.017～0.130，$P>0.05$）。反之，各项智商指数与多个执行功能指标存在显著相关（r 值：－0.36～0.24，$P<0.05$）。智力水平是 ADHD 患儿执行功能损害的有效中介因子（$P<0.05$）。**结论**　ADHD 儿童的执行功能缺陷受智力水平影响，利用全自动化的神经心理测验包 CANTAB 能有效检测 ADHD 儿童的执行功能缺陷。

关键词： 注意缺陷多动障碍；执行功能；智力水平；剑桥自动化神经心理测验包

中图分类号：R749.94　**文献标识码：**A　**文章编号：**1008-6579(2024)10-1149-06　doi:10.11852/zgetbjzz2024-0355

Multidimensional executive function deficits in children with attention deficit hyperactivity disorder assessed by Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery

DONG Chao[1], ZHANG Linlin[1], ZHONG Yunyu[1], LIU Yun[1], LIU Juan[1], WANG Peng[2], WANG Yufeng[3], YANG Binrang[1], WU Zhaomin[1], LI Ying[1]

1. Children's Care and Mental Health Center, Shenzhen Children's Hospital, Shenzhen, Guangdong 518026, China;
2. Cardiac Rehabilitation Center, Fuwai Hospital, CAMS & PUMC; 3. Peking University Sixth Hospital/Institute of Mental Health, National Clinical Research Center for Mental Disorders (Peking University Sixth Hospital)
Corresponding author: LI Ying, E-mail: maxiaopeng@126.com

Abstract: Objective　To explore the validity of Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB) in detecting executive function deficits in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), and to analyze the correlation among ADHD symptoms, intellectual level and executive function deficits. **Methods**　A total of 441 children with ADHD in Children's Care and Mental Health Center, Shenzhen Children's Hospital were selected into this study from September 2017 to September 2020, meanwhile 85 healthy children were enrolled as controls. All children were assessed using the continuous performance task, processing speed task, response inhibition task, and spatial working memory task from the CANTAB. The severity of ADHD symptoms was evaluated using the ADHD Symptom Rating Scale (parent version), behavioral problems in children with ADHD were assessed using the Conners' Rating Scales, ana Covariance analysis was used to compare differences in executive function measures between the ADHD group and the control group. Partial correlation analysis was used to examine the correlations of the severity of ADHD symptoms with IQ indices and

基金项目：国家自然科学基金（82101613）；广东省高水平医院建设专项经费（2022）；深圳市科技计划（RCYX20221008092849069，JCYJ20220530155416036）

作者简介：董超（1989-），女，主管护师，本科学历，主要研究方向为注意缺陷多动障碍的神经心理特征。

通信作者：李颖，E-mail：maxiaopeng@126.com

CANTAB measures. Mediation models were built to explore causal relationships among these measures. **Results** Compared with the control group, children with ADHD performed worse in all executive function domains, except for the RVPPFA (F= 4.46 - 25.90, P <0.05). There were no significant correlations between the ADHD core symptom severity and the executive function deficits (r: −0.017 - 0.13, P>0.05). However, IQ was significantly associated with executive function performances (r=−0.36 - 0.24, P <0.05). IQ served as an effective mediating factor for executive function impairments in children with ADHD(P<0.05). **Conclusions** CANTAB is a valid tool for detecting executive function deficits in children with ADHD. The executive function in ADHD children is affected by their IQ.

Keywords: attention deficit hyperactivity disorder; executive function; intelligence cevel; Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB)

注意缺陷多动障碍(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)是以注意力不集中和/或多动-冲动为核心症状的常见于儿童期的神经发育性疾病。我国的流行病学调查研究提示,ADHD 在儿童青少年中的患病率约为 6.4%[1]。ADHD 在儿童青少年中常常引起学习成绩不理想、伙伴关系不良、亲子关系紧张等不良结局,是一个重大的公共卫生问题[2]。

执行功能是一组高级的认知功能,这些认知功能能够使得个体有意识地灵活控制各种思维过程和相应行为,包括持续注意、加工速度、抑制控制等不同的成分[3]。在正常发育的儿童中,执行功能与个人学业成就密切相关[4]。既往已有部分研究结果表明,ADHD 儿童存在不同程度的执行功能损害,尤其在反应抑制、工作记忆和持续注意等维度[5-6]。剑桥自动化神经心理测验包(Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery, CANTAB)是一套完整的神经心理测验包,涵盖了各个认知维度,有自动化的语音播报功能,为所有被试提供统一的指导语,能够实现全自动化的神经心理测验。相比较传统的人工测验,全自动化的测验过程保证了在不同中心进行的测验结果同质性。然而,在这个过程中,由于缺乏有经验的评估治疗师与患儿互动,部分学者对其是否能真实反映 ADHD 儿童的执行功能损害存疑。既往北京大学第六医院利用 CANTAB 对 71 名 ADHD 患者和 28 名健康对照进行研究,结果提示其能有效识别 ADHD 儿童的持续注意和反应抑制功能损害[7]。本研究在该研究的基础上,进一步扩大样本量并增加测试任务模块,验证 CANTAB 自动化神经心理测验包是否能有效识别 ADHD 儿童的执行功能损害,研究一共纳入 441 名 ADHD 儿童和 85 名健康对照儿童,测试任务包括持续注意、加工速度、反应抑制和空间工作记忆等 4 个认知维度。

ADHD 的执行功能损害存在明显的个体差异,既往部分研究探讨了 ADHD 临床核心症状严重程度与其执行功能损害的相关性。然而,有关 ADHD 临床核心症状严重程度与基于实验室检查的操作性执行功能测验结果相关性结果尚不统一,部分研究表明,两者有一定的弱相关[8]。也有研究表明,两者之间不存在对应关系,同样严重的 ADHD 临床核心症状,部分患儿存在更明显的执行功能损害[5]。除临床症状严重程度之外,智力水平通常也被认为可能影响 ADHD 儿童的执行功能表现。有研究表明,高智力水平的 ADHD 患者执行功能损害往往更轻[9-10]。也有部分研究表明 ADHD 儿童的注意力缺陷影响了其在智商(intelligence quotient, IQ)测试中的表现[11]。智力水平与执行功能关系复杂,因此本研究将进一步利用 CANTAB 深入探讨 ADHD 临床症状,智力水平与执行功能损害之间的相关关系。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究为横断面研究,根据既往研究中所提供的数据[12],进行样本量估算,结果提示至少每组需要 72 名被试。本研究最终入组 ADHD 儿童 441 名,对照组儿童 85 名,所有 ADHD 患儿均为 2017 年 9 月—2020 年 9 月就诊于深圳市儿童医院儿童保健与心理健康中心,经主治医师根据按照美国精神障碍诊断与统计手册(第 4 版)(Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fourth edition, DSM-Ⅳ)诊断“ADHD”的患儿。ADHD 的入组标准:1)依据学龄儿童情感障碍与精神分裂症问卷目前与终生版(Kiddie Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Aged Children Present and Lifetime Version, K-SADS-PL)[13]半定式会谈确诊为 ADHD;2)年龄为 6～13 岁;排除标准:1)广泛性发育障碍、精神发育迟滞、双相情感障碍、儿童精神分裂症等其他严重的神经精神疾病;2)严重的、导致昏迷的脑外伤史;3)中国韦氏儿童智力测式总分<80 分;4)神经系统疾病或者其他严重的躯体疾病;5)曾使用 ADHD 相关治疗药物,包括

中枢兴奋剂或非中枢兴奋剂治疗；健康对照组来自深圳市普通中小学，由医师使用 K-SADS-PL 诊断工具与家长和儿童进行半定式会谈，排除 ADHD 及其他目前或既往精神障碍的可能；除诊断之外，健康对照组儿童的入组标准和排除标准同 ADHD 组。研究通过深圳市儿童医院伦理委员审查批准（201701804，202005702），所有研究对象和家长均同意参加本研究并签署知情同意书。

1.2　*方法*

1.2.1　*ADHD 症状评定量表*　ADHD 症状评定量表（ADHD Rating Scale，ADHD-RS）一共包含与 DSM-Ⅳ诊断标准相对应的 18 个条目，父母根据儿童日常生活表现进行 4 等级评分（0＝没有或极少，1＝有时，2＝经常，3＝非常多）。量表得分分为两大维度，包括注意缺陷维度和多动/冲动维度。得分越高代表其 ADHD 临床核心症状越严重。ADHD-RS 在国际上应用广泛，信效度良好，Cronbach′s α 系数波动在 0.82～0.95。虽然目前国内无相关研究验证其信效度，依然是推荐使用的临床评估标准化工具[14]。

1.2.2　Conners 父母评定量表　Conners 父母评定量表（Conners′ Parents Rating Scales，PSQ）包含 48 个条目，父母根据儿童日常生活表现依次对不同条目进行 4 等级评分（0＝无，1＝稀有，2＝相当多，3＝很多），根据条目内容可总结为 5 个因子和 1 个多动指数，5 个因子分别为品行行为、心身障碍、学习问题、冲动-多动和焦虑。各因子得分越高，症状越严重。Conners 父母评定量表中文版的同质信度为 0.932，分半信度为 0.900，在各类临床和科研项目被广泛应用于评估 ADHD 儿童的临床特征[15]。

1.2.3　中国儿童韦氏智力测验　中国儿童韦氏智力测验第四版（Chinese Version of Wechsler Intelligence Scale for Children，fourth Edition，WISC-Ⅳ）是广泛应用于全球的标准化智力测验，该测验 2007 年在我国完成了中文版的修订，测验生成被试的总智商（IQ）和 4 个分测验指数，包括言语理解指数、知觉推理指数、工作记忆指数和加工速度指数[16]。各项核心分测验的怕平均信度系数波动于 0.71 和 0.89 之间，量表合成分数的平均信度系数介于 0.87 和 0.97。

1.2.4　剑桥自动化神经心理测试　剑桥自动化神经心理测试（Cambridge Neuropsychological Tests Automated Battery，CANTAB）包含了多个不同维度的神经心理测验，本研究纳入了 4 项不同的测验，包括快速信息加工（RVP）、空间工作记忆（SWM）、反应时（RTI）和停止信号任务（SST）。具体测试内容如下：1）快速信息加工（RVP）　这是一项针对加工速度和持续注意的任务，该任务要求被试在屏幕上方快速变化的随机数字中识别特定的数字序列，如 3-5-7，并在此序列出现时按下屏幕下方的按钮进行应答。本测验提供 2 个关键指标，RVPA（A 指数）代表个体对目标数字序列的敏感性，数值越接近 1 代表个体对目标序列的敏感度越强。RVPPFA（快速信息加工错误率）是个体对非目标序列进行应答，也就是错误应答的比例。2）空间工作记忆　这是一项针对空间工作记忆的任务，该任务要求被试在呈现在屏幕中央的“盒子”进行点击打开并找到隐藏其中的“金币”，并将金币放置在右侧，其中金币不会在同一个盒子中出现 2 次。本测验提供 2 个关键指标，SWMS（空间工作记忆策略）代表个体在完成任务过程中使用相同策略的可能性，越靠近 1 越好；SWMBE（空间工作记忆错误数）指被试在寻找金币的过程中，打开已取走金币的盒子的次数。3）反应时　这是一项针对持续注意的任务，该任务要求被试按住屏幕下方的按钮，当屏幕上方的圆圈中出现黄色点时，立即松开按钮并点击上方的黄点，按照上面圆圈为 1 个和 5 个分为简单模式（simple mode）和 5 选项模式（five-choice mode），计算从出现黄点到被试松开按钮的时间为简单模式反应时（RTISMDRT）和 5 选项模式反应时（RTIFMDRT），从被试松开按钮到被试点击黄点的时间为简单模式移动时（RTISMDMT）和 5 选项模式移动时（RTIFMDMT）。4）停止信号任务　该任务要求被试按照屏幕上面的箭头指向（左或者右）点击下面指示左右方面的按钮，并在听到停止信号（哔）的时候，停下手上的动作，不管箭头方向如何。该测试产生 3 个关键指标，包括停止信号任务反应时（SSTSSRT）代表个体能有 50％概率成功做到停止反应的信号时间；停止信号错误数（SSTDES）在停止信号出现后选择了与箭头不同方向的按钮的试次数目；以及非停止信号错误数（SSTDEG）代表在没有停止信号出现的时候选择了与箭头方向不同的试次数目。

1.3　*质量控制*　对所有量表数据均由专科护士进行核对所有数据填写完整，现场发现不合理之处及时与家长沟通核对。所有回收的量表由科研助理和研究护士进行数据双人录入第 3 人核对。在进行数据分析之前，对所有的量表和 CANTAB 记录数据均进行了数据清理，并去除异常值。

1.4　*统计学方法*　应用 R 软件对数据进行统计学分析。计数资料使用例数（％）表示，计量资料使用 $\bar{x}\pm s$ 表示。两组间年龄比较使用双样本 t 检验，其

他指标因为需要考虑年龄和性别因素，因此使用协方差分析。为进一步确认 ADHD 儿童临床特征与执行功能指标的相关性，在 ADHD 组儿童中以性别和年龄作为协变量，对所有临床特征指标与执行功能指标进行偏相关分析。对于 ADHD 与对照组组间存在差异，并且在关联分析中与智力测验各项指数显著相关的执行功能指标，构建中介模型进一步探讨智力水平在 ADHD 患儿执行功能损害中的中介效应。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 ADHD 儿童的临床特征 在一般情况方面，ADHD 组儿童平均年龄略小于对照组（$P<0.001$），男性比例高于对照组（$P<0.001$）；在临床核心症状方面，ADHD 儿童在 ADHD 量表和 Conners 量表各因子的得分均明显高于对照组（$P<0.001$）。在智力水平方面，ADHD 儿童的总智商和 WISC-Ⅳ的各大指数均明显低于健康对照（$P<0.05$）。见表 1。

表 1 ADHD 儿童与健康对照临床基本信息比较（$\bar{x}\pm s$）

Tab. 1 Demographic information of the ADHD and the control group（$\bar{x}\pm s$）

项目	对照组（$n=85$）	ADHD 组（$n=441$）	$\chi^2/t/F$ 值	P 值
年龄	9.68±1.34	8.42±1.72	42.72[a]	<0.001
男性（n，%）	46(54.12)	371(84.13)	39.76[b]	<0.001
ADHD-RS 注意缺陷维度得分	3.63±3.58	16.54±5.07	224.68[c]	<0.001
ADHD-RS 多动冲动维度得分	1.61±2.14	13.38±5.77	120.36[c]	<0.001
WISC-Ⅳ总智商	104.56±8.70	96.37±9.18	51.99[c]	<0.001
WISC-Ⅳ言语理解指数	102.33±9.86	98.01±9.68	20.07[c]	<0.001
WISC-Ⅳ知觉推理指数	106.73±10.09	103.17±10.86	7.97[c]	0.005
WISC-Ⅳ工作记忆指数	97.12±9.94	90.15±9.94	26.78[c]	<0.001
WISC-Ⅳ加工速度指数	106.99±10.81	95.78±10.60	55.41[c]	<0.001
Conners 量表品行因子	2.61±2.25	12.13±6.08	139.38[c]	<0.001
Conners 量表学习因子	1.80±1.67	7.23±2.38	316.59[c]	<0.001
Conners 量表心身因子	0.46±0.89	1.16±1.51	12.42[c]	<0.001
Conners 量表多动-冲动因子	9.52±1.11	5.82±2.84	172.56[c]	<0.001
Conners 量表焦虑因子	1.23±1.36	2.12±1.89	17.13[c]	<0.001
Conners 多动指数	2.59±2.25	13.88±5.29	264.46[c]	<0.001

注：[a]t 值，[b]χ^2 值，[c]F 值。

2.2 ADHD 儿童的神经心理特征 与对照组相比，ADHD 儿童在 RTI 测验中反应时和移动时均明显高于对照组（$P<0.05$）。RVP 测验中，ADHD 儿童的 A 指数明显低于健康对照组（$P=0.035$），错误率与对照组相比差异无统计学意义（$P=0.150$）。在 SST 测验中，ADHD 儿童错误数和停止信号反应时均高于对照组，差异有统计学意义（$P<0.05$）。在 SWM 任务中，ADHD 策略使用得分 SWMS 明显高对照组（$P=0.018$），错误数也明显高于对照组（$P=0.040$）。见表 2。

2.3 ADHD 儿童临床特征与执行功能的相关性 ADHD 儿童中，注意缺陷和多动冲动症状严重程度与各项执行功能指标无明显线性相关（$P>0.05$）。智力测验的各项指数与多个执行功能测验结果显著相关（$P<0.05$）。Conners 量表的品行因子与 SWM 任务的错误数（SWMBE）显著相关（$r=-0.20$，$P<0.001$）。其他各项指标间的相关关系见图 1。中介模型结果提示，智力水平是 ADHD 患儿执行功能损害的有效中介因子。见图 1 和表 3。

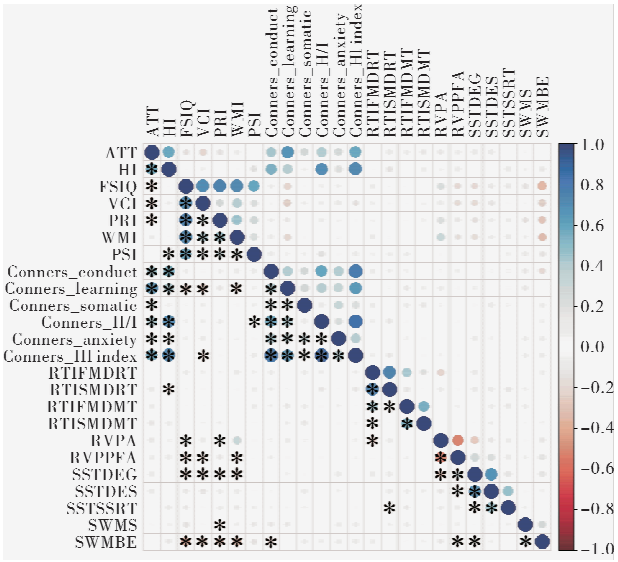
表 2 ADHD 儿童与健康对照儿童多维度执行功能比较（$\bar{x}\pm s$）

Tab. 2 Comparison of the multidimensional executive functioning between the ADHD and the control group（$\bar{x}\pm s$）

项目	对照组（$n=85$）	ADHD 组（$n=484$）	F 值	P 值
RTIFMDRT	428.70±60.93	505.99±89.68	25.90	<0.001
RTISMDRT	380.87±60.36	449.14±115.17	10.67	0.001
RTIFMDMT	217.03±55.35	244.82±56.46	4.45	0.035
RTISMDMT	161.81±54.49	207.27±66.88	17.62	<0.001
RVPA	0.80±0.09	0.75±0.09	4.46	0.035
RVPPFA	0.15±0.22	0.24±0.25	2.04	0.150
SSTDEG	13.39±16.57	31.20±28.22	12.79	<0.001
SSTDES	46.67±8.31	50.48±8.63	8.30	0.004
SSTSSRT	332.65±80.53	376.87±94.15	4.51	0.034
SWMS	8.16±2.11	8.60±1.95	5.63	0.018
SWMBE	15.48±8.80	19.64±8.57	4.24	0.040

3 讨 论

本研究通过利用剑桥自动化神经心理测验包系统评估了 ADHD 儿童的执行功能，结果发现 ADHD 儿童在加工速度、持续注意、空间工作记忆



注：* $P<0.05$。

图 1　ADHD 儿童各项临床特征与执行功能指标相关性

Fig. 1　Correlation between the ADHD clinical features and executive functions

和抑制控制维度均存在执行功能缺陷，这些缺陷主要与其智力水平有关。此外，ADHD 儿童的行为问题严重程度也与部分的执行功能损害有关。

既往研究表明，ADHD 儿童存在多个维度的执行功能缺陷，执行功能缺陷影响 ADHD 儿童的社会功能和学业成就[17-18]。然而，不同研究结果往往不完全一致，更深入的研究结果提示，任务的范式和操作规范会影响 ADHD 儿童的表现[19-20]，这就导致了在不同的研究中出现不同的结果。实验室环境中的各种因素也会影响个体在执行功能测验中的表现[21]。CANTAB 纳入了多个不同维度的认知任务，整个认知任务在平板电脑上进行，尽量减少不同实验室、不同操作人员带来的测验偏差，同时电脑自动化计算得分，可以全程记录被试测验中的各项表现，输出各项相关的认知指标。本研究利用 CANTAB 发现 ADHD 儿童在不同执行功能维度均呈现了不同程度的执行功能缺陷，包括加工速度、持续注意、工作记忆、抑制控制等，这与既往的 Meta 分析结果相一致[5-6]。

表 3　智力水平在 ADHD 诊断与执行功能相关关系中的中介效应

Tab. 3　Mediating effects of IQ on the relationships between the ADHD and executive functioning

执行功能因子	智力因子	直接效应系数	直接效应 P 值	间接效应系数	中介效应占比(%)	中介效应 P 值	总效应	总效应 P 值
RVPA	全量表 IQ	0.000	0.930	−0.023	102.20	<0.001	−0.022	0.03
RVPA	知觉推理指数	−0.016	0.130	−0.007	27.50	0.008	−0.023	0.034
SSTDEG	全量表 IQ	7.060	0.044	5.520	43.80	<0.001	12.58	<0.001
SSTDEG	言语理解指数	9.360	0.01	3.240	25.40	<0.001	12.60	<0.001
SSTDEG	知觉推理指数	11.510	0.002	1.230	9.45	0.020	12.73	<0.001
SSTDEG	工作记忆指数	10.340	0.004	2.640	19.90	0.002	12.97	<0.001
SWMS	知觉推理指数	0.490	0.040	0.130	20.30	0.006	0.63	0.016
SWMBE	全量表 IQ	−0.041	0.970	2.250	97.10	<0.001	2.21	0.042
SWMBE	言语理解指数	1.580	0.160	0.670	28.30	0.002	2.25	0.020
SWMBE	知觉推理指数	1.410	0.160	0.810	35.80	0.002	2.22	0.034
SWMBE	工作记忆指数	1.130	0.290	1.050	47.20	<0.001	2.18	0.028

既往有研究结果提示，ADHD 临床核心症状，包括注意缺陷和多动冲动维度症状严重程度与其执行功能损害相关[22-23]。利用 Conners 量表的研究结果也发现，工作记忆功能与 Conners 量表的学习因子得分存在明显相关[24]。然而在本研究中，ADHD 临床核心症状的严重程度和大部分的 Conners 量表因子分与其执行功能无明显相关。这可能与研究采用的全自动化测验，完全无人为干预有关。既往基于人工的测验中，症状严重程度直接影响了短期内是否受到评估师的行为管理。其他在使用 CANTAB 的研究中也发现，ADHD 儿童的临床症状表现及其共患病对 CANTAB 测验结果影响较小[16,25]。

既往研究对不同智力水平分层进行了 ADHD 与健康对照的比较中发现，不管在哪一个智力水平，ADHD 对比健康对照均存在执行功能损害，但是 ADHD 患者中，高智力水平的患者的执行功能损害往往更轻[9-10]。有研究发现，与不伴有执行功能损害者相比，伴有执行功能损害的 ADHD 患者总智力水平偏低[26]。本研究也验证了这一点，智力测验的各项指数与执行功能测验结果明显相关。值得说明的是，本研究在进一步的中介模型中发现，智力水平是 ADHD 患者行功能损害的有效中介因子，其中在快速视觉加工和空间工作记忆任务的部分指标中，智力水平存在完全中介效应，而在反应抑制任务和空间工作记忆的记忆策略任务中，智力水平存在部分中介效应。

总结起来，剑桥自动化神经心理测验包可以通过多维度执行功能评估有效检测 ADHD 儿童的执

行功能缺陷，其操作简便易于推广，有统一的云平台自动化播放指导语，保证不同个体以及不同中心之间操作过程的质量控制。同时，智力水平是 ADHD 对执行功能损害的有效中介因素。

参考文献

[1] Li F, Cui Y, Li Y, et al. Prevalence of mental disorders in school children and adolescents in China: Diagnostic data from detailed clinical assessments of 17,524 individuals[J]. J Child Psychol Psychiatry, 2022, 63(1):34-46.

[2] Faraone SV, Asherson P, Banaschewski T, et al. Attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. Nat Rev Dis Primers, 2015, 1:15020.

[3] Souissi S, Chamari K, Bellaj T. Assessment of executive functions in school-aged children: A narrative review[J]. Front Psychol, 2022, 13:991699.

[4] Gunzenhauser C, Nuckles M. Training executive functions to improve academic achievement: Tackling avenues to far transfer[J]. Front Psychol, 2021, 12:624008.

[5] Kofler MJ, Irwin LN, Soto EF, et al. Executive functioning heterogeneity in pediatric ADHD[J]. J Abnorm Child Psychol, 2019, 47(2):273-286.

[6] Willcutt EG, Doyle AE, Nigg JT, et al. Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review[J]. Biol Psychiatry, 2005, 57(11):1336-46.

[7] 袁靖，裴栩瑶，范自立，等. 应用 CANTAB 测评注意缺陷多动障碍儿童执行功能缺陷[J]. 中国心理卫生杂志[J]. 2020, 34(3):201-205.
Yuan J, Pei XY, Fan ZL, et al. Assessment of executive function deficit throught use of the CANTAB in children with attention deficit/hyperactivity disorder[J]. Chinese Mental Health Journal, 2020, 34(3):201-205. (In Chinese)

[8] Miranda A, Colomer C, Mercader J, et al. Performance-based tests versus behavioral ratings in the assessment of executive functioning in preschoolers: Associations with ADHD symptoms and reading achievement[J]. Front Psychol[J]. 2015, 6:545.

[9] Milioni AL, Chaim TM, Cavallet M, et al. High IQ may "Mask" the diagnosis of ADHD by compensating for deficits in executive functions in treatment-naive adults with ADHD[J]. J Atten Disord, 2017, 21(6):455-464.

[10] Mahone EM, Hagelthorn KM, Cutting LE, et al. Effects of IQ on executive function measures in children with ADHD[J]. Child Neuropsychol, 2002, 8(1):52-65.

[11] Jepsen JR, Fagerlund B, Mortensen EL. Do attention deficits influence IQ assessment in children and adolescents with ADHD? [J]. J Atten Disord, 2009, 12(6):551-562.

[12] Gau SS, Shang CY. Executive functions as endophenotypes in ADHD: Evidence from the Cambridge Neuropsychological Test Battery (CANTAB)[J]. J Child Psychol Psychiatry[J]. 2010, 51(7):838-849.

[13] Kaufman J, Birmaher B, Brent D, et al. Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Age Children-Present and Lifetime Version (K-SADS-PL): initial reliability and validity data[J]. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry, 1997, 36(7):980-8.

[14] 李梦瑶，杜亚松. 学龄期儿童注意缺陷多动障碍标准化评估量表的临床应用[J]. 中华实用儿科临床杂志[J]. 2014, 29(24):1893-1897.
Li MY, Du YS. Clinical application of standardized rating scales for attention deficit hyperactivity disorder in school-age children[J]. Chinese Journal of Applied Clinical Pediatrics[J]. 2014, 29(24):1893-1897. (In Chinese)

[15] 范娟，杜亚松，王立伟. Conners 父母用症状问卷的中国城市常模和信度研究[J]. 上海精神医学，2005，17(6)：321-323.
Fan J, Du YS, Wang LW. The norm and reliability of the Conners Parent Symptom Questionnaire in Chinese urban children[J]. Shanghai Archives of Psychiatry, 2005, 17(6):321-323. (In Chinese)

[16] 张厚粲. 韦氏儿童智力量表第四版(WISC-Ⅳ)中文版的修订[J]. 心理科学[J]. 2009, 5:1177-1179.
Zhang HC. Revision of the Chinese Version of the Wechsler Intelligence Scale (fourth edition)[J]. Psychological Science. 2009, 5:1177-1179. (in Chinese)

[17] Tseng WL, Gau SS. Executive function as a mediator in the link between attention-deficit/hyperactivity disorder and social problems[J]. J Child Psychol Psychiatry[J]. 2013, 54(9):996-1004.

[18] Shroff DM, Dunn NC, Green CD, et al. Predictors of executive function trajectories in adolescents with and without ADHD: Links with academic outcomes[J]. Dev Psychopathol[J]. 2023:1-14.

[19] Fosco WD, Kofler MJ, Alderson RM, et al. Inhibitory control and information processing in ADHD: Comparing the dual task and performance adjustment hypotheses[J]. J Abnorm Child Psychol, 2019, 47(6):961-974.

[20] van Aken BC, Rietveld R, Wierdsma AI, et al. Self-report versus performance based executive functioning in people with psychotic disorders[J]. Schizophr Res Cogn[J]. 2023, 34:100293.

[21] Starcke K, Wiesen C, Trotzke P, et al. Effects of acute laboratory stress on executive functions[J]. Front Psychol, 2016, 7:461.

[22] Tallberg P, Rastam M, Hallin AL, et al. A longitudinal investigation of parental ratings and performance metrics for executive functioning and symptom severity in clinically referred youth with ADHD[J]. Appl Neuropsychol Child, 2023, 12(4):259-271.

[23] Kibby MY, Vadnais SA, Jagger-Rickels AC. Which components of processing speed are affected in ADHD subtypes? [J]. Child Neuropsychol, 2019, 25(7):964-979.

[24] Schreiber JE, Possin KL, Girard JM, et al. Executive function in children with attention deficit/hyperactivity disorder: The NIH EXAMINER battery[J]. J Int Neuropsychol Soc, 2014, 20(1):41-51.

[25] Gau SS, Chiu CD, Shang CY, et al. Executive function in adolescence among children with attention-deficit/hyperactivity disorder in Taiwan[J]. J Dev Behav Pediatr, 2009, 30(6):525-34.

[26] Dai DWT, Wouldes TA, Brown GTL, et al. Relationships between intelligence, executive function and academic achievement in children born very preterm[J]. Early Hum Dev, 2020, 148:105122.

收稿日期：2024-03-28 **修回日期**：2024-08-18 **本文编辑**：杨媛媛