

工作记忆负荷对注意缺陷多动障碍儿童过滤 新异分心刺激能力的影响*

金颖¹ 刘翔平² 李开强² 兰彦婷²

(¹北京教育学院校长研修学院, 北京 100120) (²北京师范大学心理学院, 北京 100875)

摘要 关于启动工作记忆负荷的强度与过滤分心刺激这两种认知资源的关系一直存在争论; 并且对 ADHD 儿童来说, 新异的分心刺激是提高了唤醒水平, 还是干扰了任务进程也一直存在争论。本研究选取了 ADHD 儿童 32 名, 正常儿童 35 名。采用视听跨通道 oddball 任务, 通过操作视觉任务工作记忆负荷的高低, 以及分心刺激与目标刺激之间的时间间隔, 探讨不同工作记忆负荷对 ADHD 儿童过滤新异分心刺激能力的影响。结果发现: (1)在低工作记忆负荷条件下, 分心刺激对两组儿童都起到了唤醒作用; 在高工作记忆负荷条件下, 分心刺激影响了两组儿童对任务本身的加工过程, 使其判断的精确性下降。但是 ADHD 儿童受到的影响更大, 表明其过滤分心刺激的能力落后。(2)当分心刺激与目标刺激同时出现时, ADHD 儿童受到的干扰最大; 但随着二者时间间隔的延长, 并没有出现间隔越长干扰效应越小的趋势。在本研究条件下, 得出以下结论: (1)两组儿童对跨通道新异分心刺激的过滤受到目标任务的工作记忆负荷强度的影响。(2)适度延长分心刺激与目标刺激之间的时间间隔可能会帮助 ADHD 的注意回归。

关键词 注意缺陷多动障碍; 工作记忆负荷; 新异分心刺激

分类号 B842

1 前言

注意缺陷多动障碍 (Attention Deficit Hyperactivity Disorder, 简称 ADHD) 是一种临床中常见的儿童行为问题, 核心症状是注意缺陷、多动和冲动 (APA, 2000)。ADHD 症状通常发病于儿童早期, 一般是 7 岁以前, 并且该症状将随着以后的发展一直持续 (Barkley, 1997)。

行为上, ADHD 儿童特别容易被外界无关刺激吸引, 从当前任务中脱离出来, 表现出分心, 但实验室研究并没有一致得出 ADHD 儿童对分心物的过滤能力不足 (Huang-Pollock, Nigg, & Carr, 2005; Mason, Humphreys, & Kent, 2003; van der Meere & Sergeant, 1988)。van Mourik, Oosterlaan, Heslenfeld, Konig 和 Sergeant (2007) 认为, 实验选取的分心物不具有生态效度是一个影响因素。日常生活中出现

的分心刺激往往独立于当前任务, 并且具有新异性。这种新异刺激的特点能激活个体的无意注意 (involuntary attention), 启动自下而上的加工。而以往研究中用来测量 ADHD 儿童过滤分心刺激能力的任务往往是选择性注意任务, 或者类似于 stroop 任务的范式, 在这些任务中分心刺激仅仅起到了干扰作用, 但并不具有新异性, 与日常生活情境中的分心刺激性质不同。因此, 近些年来有研究者开始对个体过滤新异分心刺激的能力进行研究。

目前研究个体过滤新异分心刺激能力的实验范式采用的多是视听跨通道的 oddball 范式, 该范式由 Escera, Alho, Winkler 和 Näätänen (1998) 发明。在该范式下, 个体需要在完成一个视觉任务的同时听一个标准的声音刺激, 同时一个新异的声音刺激会不定时出现。新异的分心刺激一般来源于日常生活情境, 比如汽车声、鼓声、铃声等。这种新异的

收稿日期: 2012-05-28

* 北京市委托课题“中小学教师心理健康教育与评估系统的研究与应用”, “国家科技支撑计划项目” (2012BAI36B03) 资助。

通讯作者: 刘翔平, E-mail: lxp599@163.com

声音刺激往往很难被忽略进而引起分心。从行为层面来看,这些分心刺激会引起视觉任务成绩的下降,比如反应时变长或正确率下降。此外还有研究者从电生理学角度发现,新异的分心刺激能够诱发 P3a 成分, P3a 指标反应了注意对新异刺激的转移,以及对它们的察觉和评估(Friedman, Cycowicz, & Gaeta, 2001)。以往采用该范式主要选取成年人为被试,研究 ADHD 儿童过滤新异分心刺激机制的并不多,且研究结果非常不一致。比如 Gumenyuk 等(2005)选取 8~10 岁的 ADHD 儿童,采用视觉辨别任务,同时听觉通道呈现分心刺激。研究发现新异刺激对 ADHD 儿童的影响要大于控制组儿童。在新异刺激呈现后, ADHD 儿童的漏报错误明显增多。研究者认为 ADHD 儿童的分心是由于他们对分心物的抑制能力落后导致的。但采用同样的范式, van Mourik 等(2007)却发现了截然相反的结果。他们发现分心刺激使 ADHD 儿童的漏报率显著下降。研究者认为这表明 ADHD 儿童的唤醒水平要低于正常儿童,外在的分心刺激提高了他们的唤醒水平,使他们达到最佳状态。不一致的结果引起思考:对 ADHD 儿童来说,新异刺激的出现是干扰了目标任务进程还是提高了他们的唤醒水平呢?对两项研究进行差异分析发现:视觉任务的工作记忆负荷大小可能是重要的影响因素。van Mourik 等(2007)的任务是让被试判断电脑中的小人是向左跑还是向右跑,而 Gumenyuk 等(2005)的研究是让被试判断图片中的物体是水果还是动物。从认知加工过程看,对品种的分类判断要比方向判断难度大一些,工作记忆负荷更高。是否两个研究结果的差异原因就在于目标任务的工作记忆负荷;是否当任务的工作记忆负荷高时,新异的分心刺激对 ADHD 儿童的干扰就会更大,这是本研究关注的第一个问题。

上述假设还基于这样的一个潜在逻辑:认知资源是有限的,对分心物的抑制与完成当前任务这两种加工过程是此消彼长的竞争关系。当目标任务对工作记忆的要求增高时,就没有多余的认知资源来抑制分心刺激,因此会导致分心刺激的干扰效应增加,即“资源竞争理论”(Lavie & de Fockert, 2005)。但还有另一种观点:完成目标任务与过滤分心刺激之间并不是竞争关系,二者共同依赖于个体启动的认知资源大小(Berti & Schroger, 2003; Spinks, Zhang, Fox, Gao, & Tana, 2004)。支持这一观点的研究者发现,增加目标任务的工作记忆负荷可以使个体能够更关注当前任务,而使分心刺激的干扰效应

变小。那么对 ADHD 儿童来说,目标任务的工作记忆负荷与过滤分心刺激之间是什么关系呢?特别是当分心刺激来自于听觉通道时,它们对个体视觉目标刺激的加工过程会有什么影响呢?这是本研究关注的另一个问题。

另外, Parmentier, Elford, Escera, Andrés 和 Miguel (2008)认为,在视听跨通道的 oddball 范式中,新异刺激可能影响的不是视觉任务加工过程本身,而是启动该加工过程的时间,即“注意的转移理论”:个体将注意力从关注新异刺激再转移回到当前任务中需要花费一定的时间,但是当注意回到当前任务后,新异刺激的影响就会变小或消失。那么声音刺激与视觉刺激之间的时间间隔是否会影响分心刺激的干扰程度呢?是否时间间隔越长,干扰程度就越小呢?以往对 ADHD 儿童的研究中没有对这一变量进行考察,这也可能造成了研究结果之间的不一致。这是本研究关注的第三个问题。如果 Parmentier 等(2008)的假设是正确的,作者假设对于 ADHD 儿童来说,新异分心刺激的干扰程度可能会受到新异刺激与目标刺激之间的时间间隔影响,有可能当二者时间间隔越大,新异分心刺激对 ADHD 儿童的干扰作用就越小。

综上所述,以往研究中由于没有考虑到工作记忆负荷强度的影响,可能导致新异分心刺激对 ADHD 儿童的影响机制存在争议,本研究将工作记忆负荷作为一个重要的变量考察它对 ADHD 儿童过滤分心刺激能力的影响。此外,关于工作记忆负荷强度与过滤分心刺激所需的认知资源之间是否存在竞争这一问题,本研究不同于以往任务中主要采用视觉通道呈现分心刺激,而是采用视听跨通道的范式来进行考察,以此找出可能影响二者之间关系的因素。因此,本研究拟采用视听跨通道 oddball 任务,通过操作视觉任务工作记忆负荷的高低,以及分心刺激与目标刺激时间间隔,探讨不同工作记忆负荷对 ADHD 儿童过滤新异分心刺激能力的影响。

2 方法

2.1 被试

确定有效被试共 67 人,其中 ADHD 组儿童 32 人,正常组儿童 35 人。ADHD 组儿童全部来自北京市一所学习障碍矫正培训学校。通过《美国精神障碍障碍诊断与统计手册》第四版(Diagnostic and statistical manual of mental disorders, DSM-IV)以及

视听整合持续性操作测验(IVA-CPT)来评估选择 ADHD 儿童。筛查标准主要以 DSM-IV 家长和教师评估为依据。在此量表上,被试至少在一个维度中得分在 6 分或 6 分以上才有可能被确诊。此外,如果教师和家长的评估结果不一致,将通过进一步的访谈和观察对该儿童的临床症状进行评估。同时以 IVA-CPT 成绩作为辅助参考。此外,瑞文推理测验成绩在 25%以下的被试被排除。通过对家长的访谈确认 ADHD 儿童最近半年内未服用过利他林等精神类药物,无明显的器质性损伤,不伴有明显的品行障碍、情绪障碍、语言障碍和智力缺陷等。

正常儿童均来自于北京市一所普通小学,其家长和教师评定的 DSM-IV 两个维度得分均在 3 分以下。瑞文推理测验成绩在 25%以下的也被排除。

从表 1 中可以看到,两组被试在年龄和瑞文推理成绩上差异均不显著。

表 1 两组被试的年龄和瑞文成绩比较

调查变量	ADHD 组 (n=32)	正常组 (n=35)	t	p
年龄(岁)	9.23	9.81	1.69	0.10
瑞文	82.15	86.39	1.55	0.13

2.2 实验材料与设计

实验材料为听觉声音刺激和视觉刺激,声音刺激和视觉刺激会配对出现,但二者的时间间隔会有所变化。其中听觉刺激有两种,分为标准的声音刺激和新异的分心刺激。标准的声音刺激为一个 600 Hz, 60 dB 的声音;新异的分心刺激也为 60 dB,都是取自日常生活情境的声音,比如汽车声、鼓声、雨声等,目的是与标准的声音刺激有显著不同,能引起被试的注意。通过预实验对新异声音进行筛选,删除被试报告与标准声音可能相近的声音刺激。另外,借鉴 Gumenyuk 等(2005)的操作方法,为了保证分心刺激的新异性,新异分心刺激出现的比例为 10%。每次新异刺激的内容都不相同,两个新异刺激不会连续出现。声音刺激与视觉刺激之间的时间间隔分为 3 种:其中两种情形是在声音刺激消失后会出现空屏,空屏时间分别为 300 ms 或 100 ms,之后出现视觉刺激;第三种情况是声音刺激与视觉刺激同时呈现。

视觉任务根据工作记忆负荷分为两种:任务一为低工作记忆负荷条件,要求被试判断屏幕中央上下两个数字是否相同(图 1-A),如果相同按 F 键,如果不同按 J 键。任务二为高工作记忆负荷条件,要

求被试对屏幕中央同时出现的上下两个数字进行 10 以内的加法运算,并且判断答案是否正确,如果正确按 F 键,如果错误按 J 键(图 1-B)。

本研究为 2(儿童类别)×2(工作记忆负荷)×2(分心刺激)×3(时间间隔)的混合设计。其中儿童类别为组间变量,分为 ADHD 儿童和正常对照组儿童;工作记忆负荷为组内变量,分为低负荷和高负荷;分心刺激为组内变量,分为标准声音刺激和新异声音刺激;声音刺激与目标刺激之间的时间间隔为组内变量,分为 300 ms、100 ms 和 0 ms。

因变量为正确反应时、正确率和漏报错误率。



图 1 视觉任务材料

2.3 实验程序与步骤

实验程序采用 E-prime 2.0 软件编写。在实验开始时,屏幕中央首先会呈现一个“+”,为了提醒被试目标刺激即将出现。500 ms 后呈现声音刺激 200 ms。声音刺激和视觉刺激的时间间隔如前所述有三种情况,300 ms, 100 ms 或 0 ms。视觉刺激呈现 1 s 后消失。然后出现空屏,让被试进行按键反应,空屏时间最长为 2 s。此外,要求被试在各种条件下都要尽量忽略声音刺激,以便于更好地完成任务(见图 2)。

所有被试都参加高、低工作记忆负荷两个实验,在两天里分别完成。为了平衡实验顺序的影响,一半被试先参加低负荷任务,另一半被试先参加高负荷任务。每种负荷条件的任务下包括 3 个 block,每个 block 对应一种时间间隔。采用拉丁方设计,在所有被试中平衡这 3 组条件的顺序。为了控制疲劳效应,每个 block 的完成时间基本一致,约 8 分钟。当声音刺激与视觉任务时间间隔为 0 s 时,一个 block 约有 190 个 trial;当时间间隔为 100 ms 时,一个 block 约有 184 个 trial;当时间间隔为 300 ms 时,一个 block 约有 170 个 trial。每个 block 的精确 trial 数量会根据被试的反应速度和分心刺激的高、低负荷难度有所浮动。被试在每个 block 结束后休息 5 分钟。

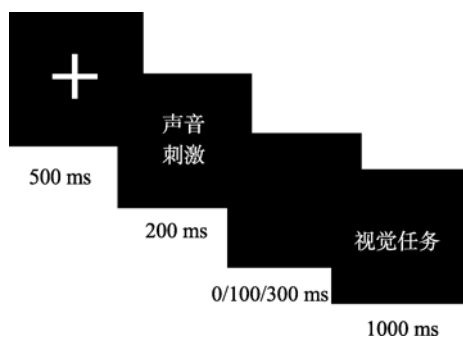


图 2 实验流程图

3 实验结果

采用 SPSS 16.0 软件进行数据的处理和分析。根据前人的研究经验，将每个被试反应时间低于 150 ms 的数据视为由于被试的预期导致的提前反应进行删除，将反应时高于 3 个标准差的数据作为极端数据剔除。若无效数据超过 30%，该被试的成绩视为无效，没有被试的无效成绩超过 30%。

3.1 平均反应时

对反应时的平均数进行 2(儿童类别)×2(工作记忆负荷)×2(分心刺激)×3(时间间隔)的重复测量方差分析发现：儿童类别主效应显著， $F(1,64)=33.58$, $p<0.01$ ，即 ADHD 儿童的反应时要比正常组儿童长；工作记忆负荷条件的主效应显著， $F(1,64)=119.36$, $p<0.01$ ；工作记忆负荷与儿童类别的交互效应显著， $F(1,64)=7.69$, $p<0.01$ ，进一步简单效应分析显示：虽然两组儿童在不同工作记忆负荷条件下各自的反应时都差异显著(ADHD 组 $F(1,65)=92.50$, $p<0.01$ ；正常组 $F(1,65)=35.67$, $p<0.01$)，但与低负荷条件相比，ADHD 组儿童在高工作记忆负荷条件下反应时变慢的程度要比正常组儿童大(见图 3)。分心刺激的主效应显著， $F(1,64)=11.58$, $p<0.01$ ，即当新异分

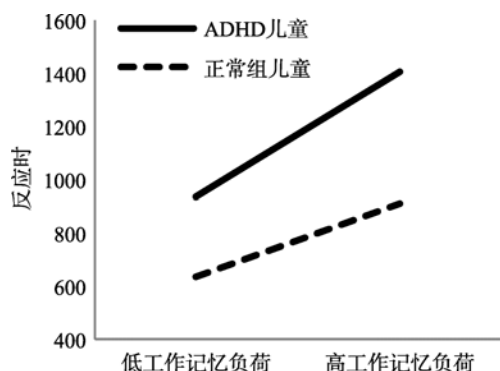


图 3 两组儿童在不同工作记忆负荷条件下的平均反应时(ms)

表 2 两组儿童在不同工作记忆负荷条件下的平均反应时(标准差) (ms)

声音刺激	时间间隔	低负荷条件		高负荷条件	
		ADHD 组 (n=32)	正常组 (n=35)	ADHD 组 (n=32)	正常组 (n=35)
标准	0	839 (307)	603 (132)	1301 (421)	891 (245)
	100	921 (304)	652 (117)	1433 (509)	883 (188)
	300	932 (263)	652 (98)	1402 (496)	882 (181)
新异	0	939 (591)	634 (143)	1408 (636)	946 (332)
	100	1011 (424)	634 (168)	1388 (663)	945 (262)
	300	979 (370)	643 (159)	1484 (651)	949 (224)

心刺激出现时，两组儿童的反应时都要长于标准声音条件下的反应时间。分心刺激与儿童类别的交互效应不显著， $F(1,64)=1.23$, $p>0.05$ 。时间间隔的主效应不显著， $F(2,128)=2.35$, $p>0.05$ ；儿童类别与时间间隔的交互效应不显著， $F(2,128)=1.34$, $p>0.05$ 。其他各因素间的交互效应都不显著。

3.2 正确率

对正确率进行 2(儿童类别)×2(工作记忆负荷)×2(分心刺激)×3(时间间隔)的重复测量方差分析发现：儿童类别主效应显著， $F(1,64)=19.01$, $p<0.01$ ，即 ADHD 儿童的正确率要比正常组儿童低；工作记忆负荷的主效应显著， $F(1,64)=98.96$, $p<0.01$ ；工作记忆与儿童类别的交互效应显著， $F(1,64)=11.53$, $p<0.01$ ，进一步简单效应分析结果显示：虽然在不同工作记忆负荷条件下，两组儿童各自的正确率都差异显著(ADHD 组 $F(1,65)=83.84$, $p<0.01$ ；正常组 $F(1,65)=24.97$, $p<0.01$)，但是与低负荷条件相比，ADHD 组儿童在高工作记忆负荷条件下正确率下降程度要大于正常组儿童(见图 4)。分心刺激的主效应不显著， $F(1,64)=1.01$, $p>0.05$ ；分心刺激与工作记忆负荷的交互效应显著， $F(1,64)=52.39$, $p<0.01$ ，进一步简单效应分析结果显示：在低工作记忆负荷条件下，分心刺激出现时两组儿童的正确率都提高了， $F(1,65)=57.15$, $p<0.01$ ；但在高工作记忆负荷条件下，分心刺激出现时两组儿童的正确率都降低了， $F(1,65)=17.26$, $p<0.01$ (见图 5)。时间间隔的主效应显著， $F(2,128)=7.35$, $p<0.01$ ，事后多重比较结果显示：声音刺激与视觉刺激的时间间隔为 0 ms 情况下的正确率要低于时间间隔为 100 ms ($p<0.01$)和 300 ms 下($p<0.01$)的正确率，100 ms 和 300 ms 情况

下的正确率差异不显著($p>0.05$)。其他各因素的交互效应都不显著。

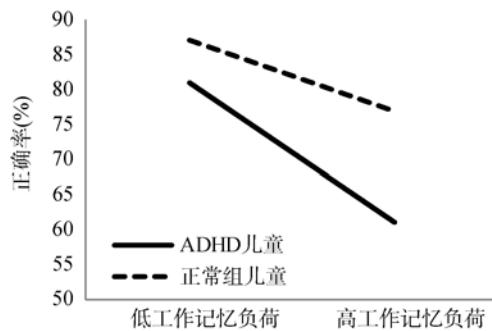


图 4 两组儿童在不同工作记忆负荷条件下的正确率(%)

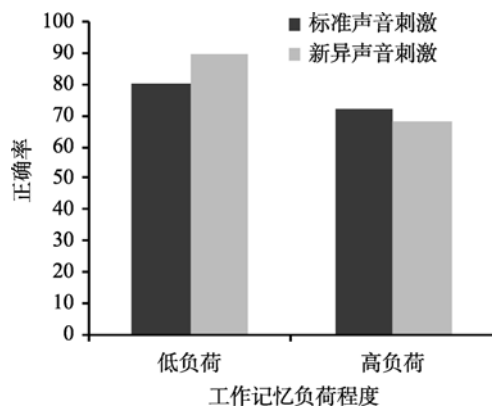


图 5 两种工作记忆负荷条件下, 所有被试面对不同声音刺激的正确率(%)

表 3 两组儿童在不同工作记忆负荷条件下的正确率(标准差)(%)

声音刺激	时间间隔	低负荷条件		高负荷条件	
		ADHD 组(n=32)	正常组(n=35)	ADHD 组(n=32)	正常组(n=35)
标准	0	72.93 (12.43)	79.09 (9.32)	63.85 (12.38)	78.11 (13.39)
	100	76.46 (15.31)	84.20 (8.24)	67.00 (14.50)	79.12 (14.02)
	300	79.03 (10.60)	84.93 (7.16)	64.97 (16.02)	81.36 (12.76)
新异	0	82.78 (19.68)	87.21 (15.95)	54.72 (27.94)	68.35 (25.20)
	100	87.43 (19.13)	92.93 (9.53)	57.51 (28.11)	78.50 (18.72)
	300	85.71 (15.81)	93.06 (14.44)	56.29 (27.90)	78.68 (20.61)

3.3 漏报错误率

对漏报错误率进行 2(儿童类别)×2(工作记忆负荷)×2(分心刺激)×3(时间间隔)的重复测量方差分析发现: 儿童类别主效应显著, $F(1,64)=30.53$, $p<$

0.01, 即 ADHD 儿童的漏报错误要比正常组儿童高。工作记忆负荷的主效应显著, $F(1,64)=21.67$, $p<0.01$, 即低工作记忆负荷条件下的漏报率要比高负荷条件下的漏报率低。工作记忆、分心刺激、时间间隔和儿童类别的四者交互效应显著, $F(2,64)=3.65$, $p<0.05$ 。为了便于分析, 分别在不同工作记忆负荷条件下进行 2(儿童类别)×2(分心刺激)×3(时间间隔)的重复测量方差分析。

在低工作记忆负荷条件下: ADHD 儿童的漏报错误要比正常组儿童高, $F(1,65)=7.47$, $p<0.01$; 其他各因素的主效应和交互效应都不显著。

在高工作记忆负荷条件下: ADHD 儿童的漏报错误要比正常组儿童高, $F(1,65)=10.39$, $p<0.01$; 儿童类别、分心刺激、时间间隔三者的交互效应显著, $F(2,130)=4.66$, $p=0.01$, 进一步简单效应分析结果显示: 在标准声音刺激条件下, 儿童类别和时间间隔的交互效应不显著, $F(2,130)=0.56$, $p>0.05$; 在新异声音刺激条件下, 儿童类别和时间间隔的交互效应显著, $F(2,130)=3.57$, $p<0.05$, 进一步的简单简单效应分析显示: 当分心刺激与视觉刺激的时间间隔为 100 ms 和 300 ms 时, ADHD 组儿童的漏报错误显著高于正常儿童(100 ms: $p<0.01$; 300 ms: $p=0.05$); 当时时间间隔为 0 ms 时, 二者差异不显著($p>0.05$) (见图 6)。其他各因素的主效应和交互效应都不显著。

表 4 两组儿童在低负荷条件下的漏报错误率(标准差)(%)

声音刺激	时间间隔	ADHD 组(n=32)	正常组(n=35)
标准	0	1.78 (3.14)	0.55 (1.17)
	100	3.99 (8.49)	0.37 (0.79)
	300	2.69 (3.69)	0.37 (0.89)
新异	0	4.46 (13.30)	0.41 (2.42)
	100	4.46 (11.72)	0 (0)
	300	2.23 (5.27)	1.22 (5.34)

4 讨论

4.1 工作记忆负荷对 ADHD 儿童过滤新异分心刺激能力的影响

本研究采用高、低两种工作记忆负荷任务, 旨在探讨不同工作记忆负荷条件对 ADHD 儿童过滤跨通道新异分心刺激能力的影响。

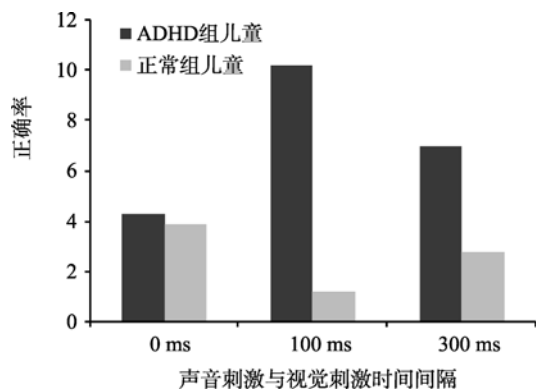


图 6 高工作记忆负荷条件下,不同时间间隔条件下新异分心刺激对漏报错误的影响(%)

首先,新异分心刺激的影响模式受到目标任务的工作记忆负荷强度的影响,由于工作记忆负荷的不同,影响模式产生了分离效应。从正确率指标来看,工作记忆负荷较低时,分心刺激的出现使所有被试的正确率都提高了。这说明在任务难度低的情况下,分心刺激对两组儿童都起到了唤醒作用。但当工作记忆负荷增大时,分心刺激使两组儿童的正确率都降低了,说明此时分心刺激起到了干扰作用。本研究结果比较符合资源竞争假说,即对分心刺激的过滤与完成目标任务二者之间所耗费的认知资源是此消彼长的竞争关系。当任务的工作记忆负荷小,个体有多余的认知资源来分配的时候,个体就能有效地对此进行过滤,分心刺激的新异性反倒提高了个体的注意力,使正确率得到提高;但是当任务的工作记忆负荷增大时,即使给予个体一定的注意回归时间,分心刺激依然起到了干扰作用,这一结果也可以解释为什么 Mourik 等(2007)和 Gumenyuk 等(2005)采用了同样的实验范式,但得出了完全相反的结果。

其次,研究还发现在高工作记忆负荷条件下,ADHD 儿童的成绩要比正常组儿童更差,具体表现为他们的反应时间更长,正确率更低。这可能是由于 ADHD 儿童的工作记忆能力落后(Burgess et al., 2010; Gathercole et al., 2008; Kane, Bleckley, Conway, & Engle, 2001),特别是其中的中央执行功能存在缺损导致的(张微, 2008)。当目标任务的工作记忆负荷增高时,ADHD 儿童就需要启动执行功能对分心刺激的干扰进行抑制,此时他们就会出现困难。“控制性注意模型”(controlled attention model)理论可以更进一步地解释这一现象(Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999; Kane & Engle, 2000;

Kane et al., 2001)。该理论认为,工作记忆=短时记忆+控制性注意(controlled attention)。“控制性注意”能力指工作记忆中的“工作”部分,它是一种自上而下的加工能力,它的作用是控制注意指向目标刺激,从而抑制无关信息的干扰。该能力在面对复杂的、有干扰刺激的任务中更能发挥作用,是个体抑制分心刺激的关键,也是决定个体工作记忆能力的核心要素(Kane & Engle, 2003)。McVay 和 Kane (2009),以及 Unsworth, Redick, Lakey 和 Young (2010)研究发现:工作记忆容量小的被试,执行控制能力差,同时也会出现更多的分心现象。金颖(2011)的研究发现:ADHD 儿童的控制性注意能力的确存在缺损,这也就更好地解释了他们在面对分心刺激时对其过滤出现困难。

4.2 声音刺激与目标任务之间的时间间隔对 ADHD 儿童过滤分心刺激能力的影响

研究发现,声音刺激与分心刺激之间的时间间隔也对两组儿童产生了影响。具体表现为:当声音刺激提前于视觉刺激出现时(100 ms 和 300 ms 情况下),两组被试的正确率要更高。这说明增加了分心刺激与任务之间的时间间隔,给予了被试注意转移的时间,使他们能够从关注分心刺激转移到关注目标任务。Parmentier 等(2008)曾在分心刺激与目标刺激之间加入无关字母 X,目的也是给予被试注意回归时间,起到了同样的效果,这也符合注意的转移理论。但是研究也发现,当时时间间隔为 100 ms 和 300 ms 时,ADHD 儿童并没有像预期假设中提到的随着时间间隔的延长,分心刺激干扰效应变小,甚至出现了 300 ms 下的表现要比 100 ms 下更差的趋势。此外,从漏报错误率来看,在高负荷条件下,当目标刺激与分心刺激同时出现时,两组儿童都受到了同等程度的影响;而当刺激时间间隔延长到 100 ms 和 300 ms 时,正常儿童的漏报错误率有下降的趋势,而 ADHD 儿童的漏报错误更多。综合这两种现象,可能是由于随着声音刺激与目标刺激时间间隔的延长,使 ADHD 儿童的唤醒水平降低,进而影响了他们的成绩。Sergeant (2000)的“认知-能量模型”提到,ADHD 儿童在状态调节方面存在缺陷。所谓状态调节,是指能量的调动,即个体必须将现有状态调整到最佳状态来满足当前情境的需要。而 ADHD 儿童经常处于低唤醒状态,导致注意所需要的能量没有得到满足,从而处于一种“非最佳活动状态”。有研究发现,在反应时任务中通过调整两种目标刺激之间的时间间隔可以控制 ADHD 儿童的

唤醒水平。随着任务的不同,当两种目标刺激的时间间隔处于某一点时,ADHD 儿童的唤醒状态最好,在任务中的表现也会趋于正常,否则 ADHD 儿童的表现就会变差(Sergeant, 2000; van der Meere & Stemerding, 1999)。综合以上研究结果,对于 ADHD 儿童来说,适度延长分心刺激与目标刺激之间的时间间隔可能会起到帮助他们注意回归的作用,但是这种时间间隔并非越长越好,还需要考虑到 ADHD 儿童的唤醒状态,如果间隔太长,也有可能導致他们的唤醒水平过低。

4.3 启动工作记忆负荷与过滤分心刺激所需认知资源是竞争关系吗?

关于工作记忆负荷与抑制分心刺激之间的关系的研究一直存在争论,资源竞争理论认为二者之间是存在竞争关系的,本研究结果也证实了这一点。而 Spinks 等(2004)研究表明对分心物的抑制与完成当前任务这两种加工过程共同依赖于个体启动的工作记忆负荷强度。那为什么本研究结果与他们的不一致呢?要回答这一问题,首先要从任务来看。后者的研究中,低负荷任务要求被试将目标数字减去 3;高负荷任务要求被试将目标数字减去 13。两种条件下都会呈现干扰刺激,分为汉字、韩语,其中韩语是新异刺激。研究发现:只有在低负荷任务中,分心刺激产生了干扰效应;高负荷条件下,分心刺激并没有产生此效应。因此,研究者认为工作记忆的增强既有助于更好地完成当前任务又能提高对分心物的过滤。

“知觉负荷”(perceptual load theory)理论可以解释这两个研究的不同(Lavie, Hirst, de Fockert, & Viding, 2004)。知觉负荷是指个体对目标任务在知觉水平上需要加工的程度。例如,让个体在 ARTFX 中寻找目标刺激 X 的位置,或在 OOOXO 中寻找目标刺激 X 的位置,二者所承载的知觉负荷大小是不同的,前者负荷高,后者负荷低。该理论认为人类的信息处理能力是有限的,影响个体过滤分心刺激时间点的主要因素在于所需处理的外界信息的多少。当目标任务的知觉负荷高时,对分心物的过滤发生在知觉选择阶段,因为高负荷的加工使个体没有多余的资源对分心物进行深度加工,此时仅限于知觉水平,对它们的过滤也处于被动阶段,分心刺激的干扰效应就小。但是当目标任务的知觉负荷低时,多余的认知资源就会自动对分心刺激进行深度加工,此时对它们的过滤发生在晚期,并且需要个体积极主动地调动高级执行功能,例如此时就需要

启动工作记忆对分心刺激进行过滤,它们干扰效应也就更大(Lavie et al., 2004; Lavie & Fox, 2000)。因此,个体是否需要启动工作记忆能力来过滤分心刺激是取决于目标任务的知觉负荷水平的。Spinks 等(2004)的研究中选用的分心刺激不同于本研究从听觉通道呈现的刺激,它们不是必须进入感觉通道的。目标任务工作记忆负荷的增强起到的作用是让个体对目标任务启动更深入地加工,从而降低了分心刺激的干扰,此时个体对分心物的过滤有可能是发生在早期的知觉选择阶段,因此分心物并没有起到干扰作用。而本研究采用的视听跨通道 oddball 实验范式,分心刺激从听觉通道传入,个体无法完全忽略它们,对分心刺激的过滤更有可能是发生在晚期深度加工阶段,此时它们已经产生干扰了。

综上所述,对分心刺激的过滤与加工当前任务所需的认知资源是否存在竞争关系有可能取决于分心物的特点,以及个体对分心刺激的过滤处于哪一阶段。如果分心刺激启动了个体的无意注意过程,那么它就自动进入了深度加工阶段,此时就需要个体启动执行功能对其进行过滤,这就与完成目标任务所需要的资源产生竞争;而如果分心物不是必须进入感觉通道,甚至没有启动个体的无意注意过程,此时增加目标任务的工作记忆负荷就有助于个体增加对目标任务的关注度,而将分心刺激早早地过滤在早期阶段,那么二者之间就不存在竞争关系。当然,由于本研究与以往研究选取的被试以及采用的范式不同,如果需要验证这一假设,还需要进一步系统的研究。

5 结论

综合以上研究结果,本研究发现:

(1) 两组儿童对跨通道新异分心刺激的过滤受到目标任务的工作记忆负荷强度的影响,由于工作记忆负荷的不同,影响模式产生了分离效应。在低工作记忆负荷条件下,分心刺激对两组儿童都起到了唤醒作用。在高工作记忆负荷条件下,分心刺激影响了 ADHD 儿童和正常组儿童对任务本身的加工过程,使其判断的精确性下降。但是 ADHD 儿童受到的影响更大,表明其过滤分心刺激的能力落后。

(2) 当分心刺激与目标刺激同时出现时,ADHD 儿童受到的干扰最大;但随着二者时间间隔的延长,并没有出现间隔越长干扰效应越小的趋势。这说明适度延长分心刺激与目标刺激之间的时

间间隔可能会起到帮助他们注意回归的作用,但是还需要考虑到 ADHD 儿童的唤醒状态,间隔太长也可能导致他们的唤醒水平过低。

参 考 文 献

- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Press.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention and executive functions: Constructing a unified theory of AD/HD. *Psychological Bulletin*, 121, 65–94.
- Berti, S., & Schroger, E. (2003). Working memory controls involuntary attention switching: Evidence from an auditory distraction paradigm. *The European Journal of Neuroscience*, 17, 1119–1122.
- Burgess, G. C., Depue, B. E., Ruzic, L., Willcutt, E. G., Du, Y. P., & Banich, M. T. (2010). Attentional control activation relates to working memory in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 67, 632–640.
- Escera, C., Alho, K., Winkler, I., & Näätänen, R. (1998). Neural mechanisms of involuntary attention to acoustic novelty and change. *Journal of Cognition Neuroscience*, 10, 590–604.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309–331.
- Friedman, D., Cycowicz, Y. M., & Gaeta, H. (2001). The novelty P3: An event-related brain potential (ERP) sign of the brain's evaluation of novelty. *Neuroscience & Biobehavioral Review*, 25, 355–373.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Kirkwood, H. J., Elliott, J. G., Holmes, J., & Hilton, K. A. (2008). Attentional and executive function behaviours in children with poor working memory. *Learning and Individual Differences*, 18, 214–223.
- Gumenyuk, V., Korzyukov, O., Escera, C., Hämäläinen, M., Huotilainen, M., Häyrynen, T., ... Alho K. (2005). Electrophysiological evidence of enhanced distractibility in ADHD children. *Neuroscience Letters*, 374, 212–217.
- Huang-Pollock, C. L., Nigg, J. T., & Carr, T. H. (2005). Deficient attention is hard to find: Applying the perceptual load model of selective attention to attention deficit hyperactivity disorder subtypes. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46, 1211–1218.
- Jin, Y. (2011). *The study on cognitive mechanism of distraction in children with attention deficit hyperactivity disorder*. Unpublished doctoral dissertation, Beijing Normal University.
- [金颖. (2011). 注意缺损多动障碍儿童分心的认知机制研究. 博士学位论文, 北京师范大学.]
- Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 169–183.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2000). Working memory capacity, proactive interference, and divided attention: Limits on long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 336–358.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: The contributions of goal neglect, response competition, and task set to stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(1), 47–70.
- Lavie, N., & De Fockert, J. (2005). The role of working memory in attentional capture. *Psychonomic Bulletin and Review*, 12(4), 669–674.
- Lavie, N., & Fox, E. (2000). The role of perceptual load in negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1038–1052.
- Lavie, N., Hirst, A., De Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(3), 339–354.
- Mason, D. J., Humphreys, G. W., & Kent, L. S. (2003). Exploring selective attention in ADHD: Visual search through space and time. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 1158–1176.
- McVay, J. C., & Kane, M. J. (2009). Conducting the train of thought: Working memory capacity, goal neglect, and mind wandering in an executive-control task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(1), 196–204.
- Parmentier, F. B. R., Elford, G., Escera, C., Andrés, P., & Miguel, I. S. (2008). The cognitive locus of distraction by acoustic novelty in the cross-modal oddball task. *Cognition*, 106, 408–432.
- Sergeant, J. (2000). The cognitive-energetic model: An empirical approach to Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24, 7–12.
- Spinks, J. A., Zhang, J. X., Fox, P. T., Gao, J. H., & Tana, L. H. (2004). More workload on the central executive of working memory, less attention capture by novel visual distractors: Evidence from an fMRI study. *NeuroImage*, 23, 517–524.
- Unsworth, N., Redick, T. S., Lakey, C. E., & Young, D. L. (2010). Lapses in sustained attention and their relation to executive control and fluid abilities: An individual differences investigation. *Intelligence*, 38, 111–122.
- van der Meere, J., & Stemerding, N. (1999). The development of state regulation in normal children: An indirect comparison with children with ADHD. *Developmental Neuropsychology*, 16, 213–225.
- van Mourik, R., Oosterlaan, J., Heslenfeld, D. J., Konig, C. E., & Sergeant, J. A. (2007). When distraction is not distracting: A behavioral and ERP study on distraction in ADHD. *Clinical Neurophysiology*, 118, 1855–1865.
- Zhang, W. (2008). *The unique deficit of working memory of ADHD: The evidence come from the comparison of ADHD and RD in memory updating*. Unpublished doctoral dissertation, Beijing Normal University.
- [张微. (2008). 注意缺损多动障碍(ADHD)儿童的特异性工作记忆缺陷: 来自 ADHD 和阅读障碍的记忆刷新比较研究证据. 博士学位论文, 北京师范大学.]

Effect of Working Memory Load on Filtering Novel Distracters in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder

JIN Ying¹; LIU Xiangping²; LI Kaiqiang²; LAN Yanting²

(¹ Faculty of School Leadership Training and Research, Beijing Institute of Education, Beijing 100120, China)

(² School of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract

One of the behavioral manifestations of children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is their abnormal apparent distractibility. But a number of attempts to prove that children with ADHD are abnormally distractible have been unsuccessful. Selective or focused attention tasks often do not differentiate children with ADHD from normal controls. One of the reasons may be that most distraction or selective attention tasks are not ecologically valid measures of distraction in daily life situations, because in daily life, the distraction that has to be inhibited is outside the task and not conflicting with task demands. Therefore, some researchers began to explore the mechanism of involuntary attention and distractibility in ADHD, as indicated by cross-modal oddball task. There are a few studies in this field, but the results are opposite. There is a disputation about the effect of novel distracters on children with ADHD. The former suggests that novel distracters can enhance their performance temporarily, while the latter claims that it can enhance distractibility. By analyzing the two viewpoints, the authors have found that the primary reason leading to the disputation of the two viewpoints might be caused by the different working memory (WM) load of the tasks in their experiments. Therefore, the authors speculated that the level of WM load of tasks may have effect on filtering novel distracters in children with ADHD. Besides, the authors speculated that the time interval between distracters and tasks may also have influence on filtering distracters.

Previous studies on the ability of filtering novel distracters in children with ADHD have little ecological validity due to the lacking of novelty in choosing distracters; and the debate on the relation between working memory load and filtering distracters always exists. Conducting the task of audio-visual cross-modal oddball, the study aimed at discussing the effect of different working memory load on filtering novel distracters in children with ADHD by operating the level of visual task working memory load and the time intervals between distracting stimuli and target stimuli.

32 ADHD and 35 mental normal children were recruited from a clinic and a normal elementary school respectively. The cross-modal oddball task was administered, comparing filtering distracters ability between ADHD and mentally normal children in different WM load. In this paradigm, the children performed a visual task while listening to standard tones and occasionally a novel environmental sound, such as an engine or a bell. Novel and unexpected stimuli are hard to ignore and cause distraction. There were two tasks. One was low level of WM load, which asked children to judge if two numbers on screen was the same. The other was high level of WM load, which asked children to add two numbers on screen and then judge if the answer given was correct.

The results showed that: (1) The ability of filtering distracters in ADHD children depended on the level of WM load. Due to the difference of working memory load, the effect mode was separate. When the level of WM load was low, novel distracters had arousing effect on both groups of ADHD children and normal children. When the level of WM load was high, distracting stimuli had effect on the task process of children in both groups. However, the effect was larger in ADHD children, which suggested their ability of filtering distracters were lower. (2) When distracters and target task were showed at the same time, ADHD children were distracted; but the results were not showed that longer extension of time intervals between target task and distracting task could reduce the interference of novel distracters. It suggested that the extension of time might help ADHD children to reduce distraction, but the arousal state should be considered. Longer extension of time could reduce the state of arousal of ADHD children.

Key words ADHD; load of working memory; novel distracters