

# 热执行功能对儿童标准窗口任务测试的影响<sup>\*</sup>

吴文婕<sup>1,2</sup> 张 莉<sup>3</sup> 冯廷勇<sup>1,2</sup> 李 红<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>西南大学认知与人格教育部重点实验室, 重庆 400715)

(<sup>2</sup>中一加联合儿童心理研究中心, 重庆 400715) (<sup>3</sup>江苏科技大学学工办, 张家港 615600)

**摘 要** 主要考察热执行功能对 3~4 岁儿童标准窗口任务测试的影响。实验采取 3×3 的被试间设计。设置了 3 种条件: 标准指示、“强化竞争”指示和无对手指示; 将随机抽取的 270 名被试分为 3 个年龄段, 以检测 3~4 岁儿童在窗口任务中的认知发展趋势。结果表明: (1) 热执行功能也是影响 3~4 岁儿童标准窗口任务测试的一个主要因素; (2) 3 岁后期是 3~4 岁儿童在标准窗口任务中所体现出来的认知发展差异的分界年龄; (3) 3~4 岁儿童在窗口任务中还表现出规则推理能力的差异。

**关键词** 窗口任务, 热执行功能, 冷执行功能, 儿童。

**分类号** B844

## 1 前 言

儿童在学前期经历了一系列重要的认知发展, 其中执行功能 (Executive function, 简称 EF) 和心理理论 (Theory of Mind, 简称 ToM) 备受瞩目, 已有不少的研究表明二者之间存在密切的关系。执行功能是指个体有意识地监察控制思维与行动的心理过程, 它包括多方面的能力, 其中抑制控制、工作记忆和灵活转换能力是核心成分<sup>[1]</sup>。心理理论则是一种将心理状态 (如愿望、信念、情感和意图) 归因于自己或他人的能力<sup>[2]</sup>。由 Russell 等 (1991) 设计的标准窗口任务, 被假设通过测量策略欺骗能力 (strategic deception skills), 以考察年幼儿童操纵他人心理状态的能力以及诱发欺骗策略所要求的执行功能技能<sup>[3]</sup>。但是, 该任务范式并没有明确提及任何“欺骗”要求, 只是假设儿童给成人的对手指示空盒子以赢得非空盒子里的糖果是一种“欺骗”行为, 而实际上儿童可能并没有意识到这点。更重要的是, 该任务以糖果作为奖赏, 以输赢竞争作为目的, 这些明显的热执行功能特征, 使得儿童更可能把它看作是一个决定输赢奖品的有趣游戏。热执行功能 (Hot Executive Function) 被认为是执行功能中相对“热”的情感方面, 包括涉及有意义的奖赏和输赢的情绪/情感决策与推理<sup>[4]</sup>, 与眼窝前额皮质 (orbito-

frontal cortex, 简称 OFC) 相联系, 而目前对于儿童热执行功能的发展了解甚少<sup>[5]</sup>。

标准窗口任务是非言语测试任务<sup>[6, 7]</sup>, 包括两个阶段: 训练阶段: 主试 1 给儿童呈现两个不同颜色的同规格带盖盒子, 并且每次试验随机把奖品放进其中一个盒子里, 儿童和对手 (由主试 2 充当) 都不知道奖品的确切位置, 要求儿童任意指出一个盒子, 让对手打开; 若对手所开盒子是空的, 奖品就归儿童, 若对手所开盒子有奖品, 奖品就归对手。测试阶段: 训练阶段所用的两个盒子分别被两个带有“窗口”的盒子所替代, 并且“窗口”仅朝向儿童, 故儿童能看到哪个盒子里有奖品, 而对手看不到; 如果儿童给对手指示空盒子, 奖品就归儿童, 但若是指示有奖品的盒子, 奖品则归对手。如果儿童能够学会“欺骗”对手, 总是指示对手打开空盒子, 则表明儿童能够主动运用正确策略来获得奖品。

已有研究表明, 3 岁儿童在该任务中不能学会欺骗策略<sup>[3, 6, 8~10]</sup>: (1) 通常不能通过第一次试验, 这表明他们不能从训练阶段中推测出有效的策略; (2) 尽管持续地失去奖品, 他们在全部 20 次测试中仍然固着于指示有奖品的盒子, 这与前额叶受损病人表现出的持续性错误类似<sup>[3]</sup>, 这可能意味着 3 岁儿童执行功能发展不完善。儿童要正确指示空盒子, 至少需要达到两点要求<sup>[3, 6, 10, 11]</sup>: 一是抵制奖品的诱惑

以抑制指示有奖品的盒子这一优势反应,二是同时在工作记忆中保持指示空盒子这一规则。而抑制控制和工作记忆正是执行功能的核心成分<sup>[12]</sup>。从这个角度来看,窗口任务具有明确的执行要求。研究者就此展开大量的工作。例如,Hala 等用人工指示器(手形的硬纸板或星星形的硬纸板)代替直接指示,结果发现 3 岁儿童总测试成绩大大改善,而第一次测试成绩却没有明显的提高<sup>[3]</sup>;Carlson 等在类似的欺骗任务中通过用图画线索取代指示反应,也得出了相似的结论<sup>[9]</sup>。此外,相关的研究还显示,孤独症儿童也难以通过窗口任务测试<sup>[6,10,13]</sup>。因此,这些研究者认为,由于窗口任务有过高的执行功能要求,而年幼儿的执行功能发展尚未成熟,不能抑制日常生活中可能已经被训练得很好且受到强化的正确指示物体或物体真实位置的行为,从而导致他们在该任务中抑制控制失败。另一方面,这些研究结果表明,降低窗口任务的执行功能要求,只能在一定程度上促进儿童克服持续性错误,却不能改善他们第一次测试成绩,也不能使他们完全通过 20 次测试。由此推测,执行功能可能只是年幼儿童不能通过窗口任务的原因之一。

然而,也有研究者反对从执行功能的角度解释年幼儿在窗口任务中的困难。例如,Simpson 等认为窗口任务是一种“开放式”任务,儿童事先没有被直接告知游戏规则,而是需要他们在训练阶段对其进行推理,因此,应该从规则推理或规则使用困难角度来探讨他们不能通过窗口任务的原因<sup>[14]</sup>(Carroll 等<sup>[15]</sup>也持类似观点)。Perner 等则从心理理论的角度分析,窗口任务需要儿童对欺骗或竞争有一定理解,他们由于某种“概念缺失”而在该测试中表现出困难<sup>[16]</sup>。

可见,研究者关于年幼儿童不能通过窗口任务的原因的探讨,还存在较大的争议。在对窗口任务特点作进一步分析的基础上,本研究认为,热执行功能可能也是抑制儿童执行正确策略的主要原因之一,但是先前研究主要考察儿童对指示行为的抑制控制<sup>[3,8~10]</sup>,而没有明确地从冷热执行功能的角度直接探讨作为行为诱因的奖赏和竞争等热执行功能因素对儿童实际操作的影响。根据 Zelazo 等对冷热执行功能区分的理论<sup>[5]</sup>,在窗口任务中,以糖果作为奖赏并且儿童明显能够看到这种诱人的奖品,这很可能在一定程度上加强儿童想要赢得奖品的愿望和动机;此外,每次测试儿童与对手竞争糖果也有可能唤起儿童某些相应的情绪。因此,标准窗口任务

除了具有抑制控制等冷执行功能因素之外,还具有热执行功能因素。这些热执行功能因素也可能增加儿童解决窗口任务的困难。

本研究试图分离标准窗口任务的冷执行功能因素和热执行功能因素,并进一步直接操纵竞争因素,以探讨热执行功能因素是否影响 3~4 岁儿童的窗口任务测试。本研究以无对手指示窗口任务作为对照组,在该任务下,充当对手的主试 2 不再出现,盒子中的糖果改为汽水瓶盖,并且不再作为奖品,游戏目标不再涉及输赢,如果儿童指示空盒子,主试就把另一盒子里的瓶盖取出来,放到一个敞口杯子里,否则,就不能将其取出来。这样,无对手指示既消除了糖果奖赏的诱惑,又消除了可能存在于儿童与对手之间输赢竞争所诱发的情绪/情感,此时,该任务近乎变为冷执行功能任务,儿童只要在训练阶段推测出游戏规则,并且在测试阶段抑制对瓶盖的指示同时记住此规则,他(她)就能通过该测试。比较儿童在标准指示任务和无对手指示任务下的测试成绩,若二者差异显著,则表明糖果奖赏、输赢竞争等热执行功能因素影响年幼儿的窗口任务测试。此外,本研究还设置了“强化竞争”指示任务,直接操纵竞争因素,以进一步检验它是否影响儿童的表现。与标准指示任务不同的是,该任务更明显地强调竞争,即每次测试后,主试根据儿童测试结果分发糖果,同时以强调的语气把儿童和对手分别累计所得的糖果数量反馈给儿童。将儿童在“强化竞争”指示任务中的成绩分别与其在标准指示和无对手指示任务中的进行比较,若“强化竞争”指示的测试成绩更差,则更直接地说明输赢竞争也是使得 3~4 岁儿童的测试受到挑战的主要原因之一,即验证了“热执行功能因素影响年幼儿童标准窗口任务测试”这一假设。

## 2 方法

### 2.1 被试

被试来自湛江市港务局第一幼儿园和湛江市第二幼儿园。每个年龄段在两所幼儿园所占样本比例相同。随机抽取 286 名 3~4 岁儿童,16 名因不能通过训练阶段或不愿意继续做完测试而被排除。有效被试一共 270 名,分为 3 组:3 岁前期组(36 个月~42 个月)90 名,男 40 名,女 50 名, $M=39$  个月, $SD=2.05$ ;3 岁后期组(43 个月~47 个月)90 名,男 60 名,女 30 名, $M=45$  个月, $SD=1.63$ ;4 岁前期组(48 个月~54 个月)90 名,男 53 名,女 37 名, $M=51$

个月, $SD = 1.83$ 。按年龄随机分配到 3 种实验任务下,每组 30 人。通过训练阶段的被试才能进入测试阶段。

2.2 材料

在训练阶段,使用两个规格为  $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 10\text{cm}$  的不透明的红色带盖硬纸盒<sup>\*</sup>。测试阶段所用的两个盒子各开一个明显的窗口,并蒙上透明塑胶。同规格的汽水瓶盖若干。一个敞口的蓝色塑料杯子。奖品是糖果。礼物是糖果和练习本。

2.3 实验设计

采取  $3(\text{年龄组}) \times 3(\text{实验任务})$  被试间设计。其中年龄组为:3 岁前期,3 岁后期,4 岁前期;3 个实验任务为:标准指示任务、“强化竞争”指示任务和无对手指示任务。每个任务分为训练阶段与测试阶段。

2.4 程序

**2.4.1 标准指示任务** 两名女性主试在幼儿园一个安静的房间对儿童个别施测。主试 1 在整个过程都与儿童在一起,指导实验的进行;主试 2 充当“对手”。儿童和主试 1 挨着坐在桌子的一边,对手面对他们坐在桌子对面。测试开始前,先给儿童介绍游戏的过程和规则,并且告诉他们该游戏的目的是尽可能赢得更多糖果。儿童在测试阶段之前参加一个训练阶段,目的是确保他们理解所要求的反应模式和赢得奖品的规则。具体指导语参见附录。

训练阶段。进行 15 次测试。主试 1 给儿童介绍游戏的玩法和规则。每次试验,主试 1 确保儿童和对手看不到的情况下将一颗糖随机放进其中一个盒子里。对手根据儿童的指示揭开相应的盒子,主试 1 宣布输赢结果。从第五次试验起,对儿童进行“对手意识”测试,即儿童指示盒子之后,对手将其打开,显露出盒子里面,主试 1 询问儿童:“这次谁赢得糖果?”此问题在随后的试验中被反复询问直至儿童连续 3 次正确回答。主试 1 对儿童的回答给予反馈。按照 Russell 等设立的标准,如果儿童在 12 次试验中连续 3 次回答正确,则表明儿童理解主试 2 所扮演的对手角色及其发现糖果的结果,于是结束训练阶段,进入测试阶段。

测试阶段。进行 20 次测试。训练阶段的两个不透明盒子被两个带有“窗口”的盒子替代,“窗口”仅朝向儿童,主试 1 强调现在儿童能看见糖果在哪里而对手看不见。测试过程中,儿童没有被问到关

于谁将赢得糖果的问题。

**2.4.2 “强化竞争”指示任务** 与标准指示任务不同的是,每次测试后,主试 1 用强调的语调宣布结果,并且给儿童反馈他自己和对手所得的糖果数目,即对儿童说:“现在,你赢了 X 颗糖;她赢了 X 颗糖。她比你赢得更多了/你比她赢得更多了。”其他程序基本与标准指示任务相同。

**2.4.3 无对手指示任务** 与标准指示任务不同的是,盒子里的糖果改为同规格的汽水瓶盖,主试 2 不再出现,指导语不涉及输赢和奖赏,如果儿童执行正确的指示,主试就把瓶盖取出来放到一个敞口的蓝色塑料杯子里,否则就不能取出该瓶盖。测试结束后,给每个儿童送两本练习本和一颗糖,以感谢他们参加实验。

3 结果与分析

3.1 各个年龄组在三种实验任务中的表现

各个年龄组在 3 种实验条件中的表现情况见表 1。很显然,3 岁前期组在标准指示任务和“强化竞争”指示任务中均表现出了困难:不能通过第一次测试,并且犯持续性错误的人数分别达到了 86.67% 和 93.33%。按照 Russell 等人以往的研究,持续性错误标准为 20 次试验中有 15 次或 15 次以上出错。相比之下,3 岁前期儿童在无对手指示任务中只有 10% 犯持续性错误。3 岁后期组在 3 种窗口任务中的表现也有差异:无论第一次测试成绩还是持续犯错情况,“强化竞争”指示都明显差于标准指示;无对手指示的第一次测试成绩虽然与标准指示差别不大,但是 20 次测试人均正确次数明显好于其他两个任务。4 岁前期组在标准指示和“强化竞

表 1 各个年龄组在三种窗口任务中的表现

组别		第一次测试正确 人数及百分比	20 次测试中 人均正确次数	持续性错误 人数及百分比
3 岁前期	标准指示	0(0)	2.07	26(86.67%)
	强化竞争指示	1(3.33%)	0.97	28(93.33%)
	无对手指示	2(6.67%)	11.63	3(10%)
3 岁后期	标准指示	8(26.67%)	8.73	13(43.33%)
	强化竞争指示	2(6.67%)	4.07	21(70%)
	无对手指示	10(33.33%)	17.57	0(0)
4 岁前期	标准指示	11(36.67%)	12.33	7(23.33%)
	强化竞争指示	7(23.33%)	11.17	8(26.67%)
	无对手指示	12(40%)	17.53	0(0)

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

\* 为了避免儿童对盒子的颜色偏好,本研究采用相同颜色的盒子。

争”指示中的表现差异不大,与另外两个年龄组情况相似,该组儿童在无对手指示中的表现也是最好的。

各个实验任务下每次试验犯错的平均人数见图1。该图更直观地体现出无对手指示下每次测试犯错的平均人数明显少于标准指示和“强化竞争”指示的,并且“强化竞争”指示是3种任务中每次测试犯错的平均人数最多的。

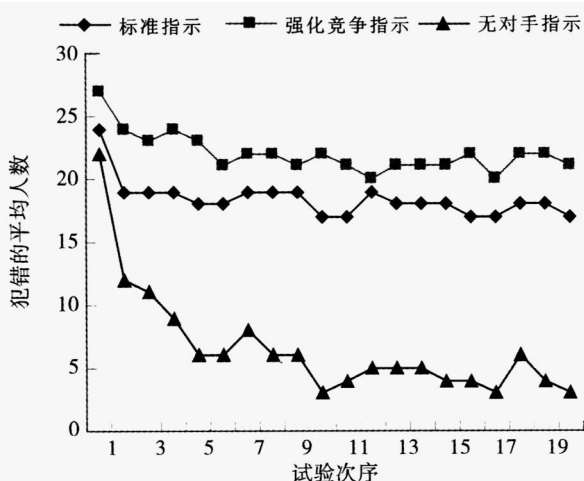


图1 各个实验条件在20次试验中每次测试犯错的平均人数

对以上所描述的情况进行推断统计分析。首先,比较3种实验任务的第一次测试成绩。对标准指示、“强化竞争”指示和无对手指示的第一次测试成绩进行卡方分析,  $\chi^2(2) = 8.31, p < 0.05$ , 即3种任务的第一次测试成绩差异显著。为了进一步了解各个年龄组内3种任务的第一次测试差异情况,分别对3岁前期组、3岁后期组和4岁前期组在3种任务中的第一次测试成绩进行卡方检验,结果表明:3岁前期组和4岁前期组在3种任务中的第一次测试成绩差异均不显著( $p > 0.05$ );而3岁后期组的第一次测试成绩差异显著,  $\chi^2(2) = 12.80, p < 0.01$ 。可见,不同实验任务对3岁后期组的第一次测试成绩影响最大。其次,比较3种实验任务下3个年龄组全部20次测试总成绩。以20次测试成绩为因变量,实验任务组和年龄组为自变量,进行  $3 \times 3$  双因素方差分析,结果表明,实验任务组和年龄组主效应均显著,其方差值分别为  $F(2, 261) = 72.12, p < 0.001$  和  $F(2, 261) = 49.55, p < 0.001$ ;而且,二者之间也存在显著的交互作用:  $F(4, 261) = 3.17, p < 0.05$ 。对此进行简单效应检验,结果表明:(1)各个实验任务下3个年龄组的表现差异均显著(标准指示:  $F(2, 261) = 22.91, p < 0.001$ ;强化竞争指示:

$F(2, 261) = 23.09, p < 0.001$ ;无对手指示:  $F(2, 261) = 9.85, p < 0.001$ );(2)各个年龄组中3种实验任务的成绩差异均显著(3岁前期组:  $F(2, 261) = 29.06, p < 0.001$ ;3岁后期组:  $F(2, 261) = 39.69, p < 0.001$ ;4岁前期组:  $F(2, 261) = 9.70, p < 0.001$ )。

### 3.2 各个实验任务下三个年龄组的表现

由表1可见,标准指示任务中,3岁后期组和4岁前期组的第一次测试成绩、持续性错误及20次测试成绩均好于3岁前期组的,但这两个年龄组第一次测试的通过人数都没有高于随机水平。“强化竞争”指示任务中,两个3岁组的成绩均差于4岁前期组的,尽管标准指示中3岁后期组和4岁前期组的差异似乎很小,但是此条件中,3岁后期组的各项成绩明显下降。无对手指示中,从全部测试成绩和犯持续性错误的人数来看,3个年龄组的成绩都比较好,且3岁后期组和4岁前期组差异很小,但均好于3岁前期组;此外,3个年龄组的第一次测试成绩仍然低于随机水平。

各个年龄组在20次试验中每次测试犯错的平均人数见图2。该图更直观地表明,3岁前期组的表现明显差于后两个年龄组的,并且3岁后期组和4岁前期组的情况差别很小。

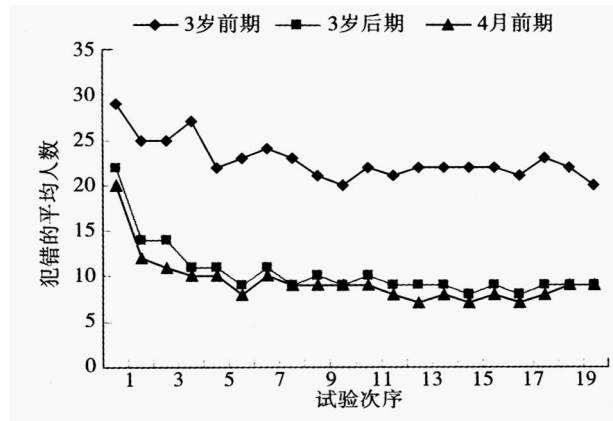


图2 各个年龄组在20次试验中每次测试犯错的平均人数

这些结果通过推断统计分析得以验证。首先,比较各个年龄组的第一次测试成绩。对3个年龄组的第一次测试成绩进行卡方检验,  $\chi^2(2) = 28.67, p < 0.001$ , 即3岁前期组、3岁后期组和4岁前期组的第一测试成绩表现出发展差异。为了进一步了解不同实验任务下第一次测试成绩的年龄发展差异,分别对标准指示、“强化竞争”指示和无对手指示的第一次测试成绩进行卡方检验,结果表明,3个实验任务下各个年龄组的第一次测试成绩差异均显著(标准指示:  $\chi^2(2) = 12.80, p < 0.01$ ;“强化竞争”指

示, $\chi^2(2)=9.523, p<0.01$ ;无对手指示: $\chi^2(2)=9.44, p<0.01$ ),即各个条件组下的第一次测试成绩均显示出了发展趋势。其次,比较各个实验任务下各个年龄组的20次测试成绩。在前文3.1部分已经指出,标准指示、“强化竞争”指示和无对手指示下的年龄组差异均显著,即表现出发展趋势。

## 4 讨论

### 4.1 窗口任务中的冷执行功能因素和热执行功能因素

各个年龄组在三种实验任务中的表现显示,3~4岁儿童在标准指示、“强化竞争”指示和无对手指示三种任务之间的测试成绩差异显著,因此标准指示及“强化竞争”指示任务与无对手指示任务对照,均可以将冷执行功能因素及热执行功能因素分离,而“强化竞争”指示则比标准指示具有更高的热执行功能要求。由此证实热执行功能确实也是使得儿童在窗口任务测试中受挫的主要原因之一。已有的研究主要集中于探讨儿童在窗口任务中所体现的抑制控制能力<sup>[3,6,8-10]</sup>,本研究发现,除此之外,窗口任务也是一个具有较高热执行功能要求的任务,弱化该任务的“热度”,有助于促进儿童的操作,反之,强化该任务的“热度”,则增加儿童的操作难度。

### 4.2 热执行功能因素对3~4岁儿童窗口任务的影响

Zelazo等人提出了冷热执行功能的区分,前者是类似于传统执行功能的概念,涉及规则运用与抑制控制的认知、抽象、去情景化的推理等;后者则是解决涉及情感和动机调节的那些问题所不可或缺的<sup>[5]</sup>(Metcalf等<sup>[17]</sup>也持相似观点)。他们进一步指出,任何一个执行功能任务都会涉及到冷执行功能与热执行功能的参与,并且存在这两者的对立与竞争,在许多情况下,会出现其中一个方面对另一个方面的优势。窗口任务作为一项执行功能任务,明确以“糖果”为奖品,并且要求儿童与对手竞争,按照Zelazo等人的观点,热执行功能因素应该也在窗口任务中占优势。并且,与窗口任务极其相似的Less Is More任务(“少即多”任务)被认为是热执行功能任务<sup>[18]</sup>。Less Is More任务中,儿童必需指示小份额的奖赏(如一堆两颗糖果)才能获得大份额的奖赏(如一堆五颗糖果),反之,大份额奖赏就归对手(由玩偶猴子充当)所有,儿童只能得到小份额的。标准窗口任务中的空盒子(0奖赏)相当于Less Is More任务中的小份额奖赏盒子,非空盒子(通常

是1颗糖果)则相当于Less Is More任务中的大份额奖赏盒子,并且同样是反向奖赏相倚任务(reserve-reward contingency task)。本研究的结果也证明标准窗口任务是一项具有较高热执行功能要求的任务,因而影响3~4岁儿童的测试。

首先,比较标准指示与无对手指示。3~4岁儿童的无对手指示任务测试成绩显著好于标准指示的。与标准任务相比,无对手指示任务具有三个重要的特点:(1)取消竞争对手;(2)盒子里的物品不再是奖品,而是不具备奖赏意义的中性物品;(3)指导语不再涉及任何奖赏问题。因此,儿童在标准指示与无对手指示中的表现差异,可能是由这些特点所要求的热执行功能造成的。标准指示与无对手指示之间的最大区别在于是否包含奖赏、竞争等热执行功能因素。无对手指示很显然消除了这些因素。但是,或许有研究者对此提出质疑:取消对手,不仅消除了热执行功能因素,也可能同时消除了“对手”这一角色潜在的社会担忧因素和“对手”的心理表征。对此,本研究综合考虑了以往的研究:

(1)许多研究者通过匿名指示和公开指示等实验情境检验窗口任务中是否存在社会担忧因素,结果表明儿童在两种情境下的成绩几乎没有差异<sup>[3,8,9]</sup>。(2)没有直接、一致的证据表明窗口任务中“对手”的角色包含了多大程度的心理理论要求。虽然有研究者发现标准窗口任务与意外地点任务存在显著相关<sup>[6,8,10]</sup>,但是,Samuels等认为,在欺骗任务中,3岁儿童只把欺骗当作一种行为策略,而几乎意识不到欺骗信念的影响<sup>[19]</sup>;Carlson等在类似的欺骗任务中对3~4岁儿童施行欺骗任务的错误信念测试与标准错误信念测试,结果表明儿童在欺骗任务中的错误信念测试成绩好于标准错误信念测试成绩<sup>[9]</sup>;Russell等在自动窗口任务中仅仅去除欺骗的心理表征后,3岁儿童和孤独症儿童的操作均没有得到显著的改善<sup>[10]</sup>。(3)本研究中的无对手指示条件虽然去除了对手,但是,儿童仍然需要理解“指示空盒子,主试才能把另一个盒子里的瓶盖拿出来”,从某种意义上说,此时,主试充当了标准指示任务下的“对手”角色,不同的是,这个“对手”不再与他们争夺糖果,不再参与竞争。因此,本研究认为,标准指示条件与无对手指示条件之间的差异,至少在很大程度上可以归因于热执行功能因素的影响。

其次,将“强化竞争”指示分别与标准指示、无对手指示比较。3个年龄组在“强化竞争”指示任务下的测试成绩最差,尽管只有3岁后期组的标准指

示与“强化竞争”指示成绩的差异显著;3 个年龄组的无对手指示成绩均显著好于“强化竞争”指示成绩。这些结果进一步证明竞争因素的确对儿童在窗口任务中的表现具有重要的影响。3 岁后期儿童受“强化竞争”条件影响最大,无论是全部 20 次测试还是第一次测试,成绩都显著低于标准指示的。与其他两个年龄段相比,3 岁后期可能正处于发展的过渡阶段,情绪调节和抑制控制能力获得一定发展,但是与 4 岁儿童相比,这种发展呈现出不稳定状态,容易受到任务类型的影响。“强化竞争”指示强调输赢结果,一方面使得目标奖品“糖果”显得更为突出,另一方面可能更高水平地唤起儿童想要赢得糖果的动机及诱发其与对手争夺糖果的情绪/情感,致使他们更难以抵制对糖果的指示而在随后 20 次测试中屡次失败。训练阶段除了使用封闭的盒子外,操作条件与测试阶段匹配,儿童有可能在该阶段就由于实验任务对竞争的强化而被诱发了动机、情感/情绪卷入等热执行功能,因而第一次测试成绩也明显受到影响。3 岁前期组在标准指示下的成绩已经到了达地板效应,所以,作为难度更高的竞争指示,其成绩也同样达到地板效应。4 岁前期组在两种任务中的成绩很接近,可能受益于 4 岁儿童情绪调节和抑制控制能力的发展,他们比 3 岁儿童更能抵制“强化竞争”可能引发的诱惑,因而保持相对稳定的操作。此外,3~4 岁儿童在无对手指示下的表现均显著好于“强化竞争”指示。值得注意的是,尽管“强化竞争”指示对 4 岁前期的儿童影响甚微,但是完全剔除热执行功能因素后,他们的全部 20 次测试成绩显著提高,近乎达到天花板效应。此结果为热执行功能对窗口任务的影响提供了支持。

最后,分析儿童在窗口任务中所体现出来的热执行功能对冷执行功能的影响。标准指示、“强化竞争”指示和无对手指示这 3 种任务对儿童的冷执行功能要求大致相同,即如果不考虑热执行功能因素的影响,那么同一年龄组的儿童在 3 种任务中的冷执行功能测试成绩应该相当。执行功能的发展研究认为,3~4 岁是儿童执行功能获得发展的重要年龄<sup>[1,5]</sup>。Moore 等指出,动机/情感卷入因素在自我控制和执行功能发展中起着重要作用,传统的执行功能研究往往忽略了这一点<sup>[20]</sup>。综合考虑儿童在 3 种任务中的表现,3 岁前期儿童虽然在无对手指示中表现出一定程度的抑制控制能力,但是,标准指示中由于热执行功能的卷入,大大地削弱他们的控制能力;3 岁后期儿童却不受标准指示任务中的热执

行功能要求所限,他们的表现与 4 岁前期儿童相当,但是,当热执行功能要求高于标准任务达到某个水平时(如“强化竞争”指示任务所要求的热执行功能水平),3 岁后期儿童的抑制控制能力明显受到制约,而 4 岁儿童却不受此影响。可见,热执行功能的确对年幼儿童抑制控制能力的发展有着重要的影响。这些结果在一定程度上为 3~4 岁儿童热执行功能发展提供了证据。

#### 4.3 3 岁后期是 3~4 岁儿童窗口任务测试的分界年龄

本研究的结果表明,3~4 岁儿童在窗口任务中表现出某些发展趋势。标准窗口任务中,3 岁前期组的成绩接近地板效应,这与以往研究者所报告的结果一致,即普遍不能通过第一次测试并且犯持续性错误<sup>[3,6,8-10]</sup>。分别对 3 个任务下 3 个年龄组的总测试成绩进行事后检验,结果发现,标准指示任务和无对手指示任务情况相似,即 3 岁后期组与 4 岁前期组差异均不显著( $p > 0.05$ ),但均显著好于 3 岁前期组的( $p < 0.01$ );而“强化竞争”指示任务中,两个 3 岁组的成绩差异不显著( $p = 0.06$ ),4 岁前期组均显著好于此两组( $p < 0.001$ )。因此,3 岁后期有可能是 3~4 岁儿童标准窗口任务测试的一个年龄分界线,但该年龄段儿童的表现受到一定程度的热执行功能要求制约。这与以往研究结果所认为的 3 岁儿童在标准指示任务中普遍表现困难这一结论不太一致<sup>[3,6,8-10]</sup>,主要原因可能是以往研究以 3 岁与 4 岁为分界来划分年龄段,并且每个年龄组的被试量往往只有 15 人,这种粗略的年龄划分和样本容量较小都有可能造成对 3 岁后期儿童测试成绩的低估。此外,“强化竞争”指示任务的结果表明年幼儿童完成窗口任务测试受到一定程度的热执行功能要求限制。

#### 4.4 第一次测试分析

第一次测试是评价儿童能否由训练阶段推测出指示空盒子这一策略的标志<sup>[3,6,10]</sup>。只有 3 岁后期组的 3 种实验任务第一次测试成绩差异显著。3 岁前期组在 3 种任务中的第一次测试均达到地板效应;3 岁后期组在“强化竞争”指示中的成绩很差,其他两个条件中的通过人数均与 4 岁前期组的很接近;而 4 岁前期组在 3 种实验条件下的第一次测试成绩差异均不显著,即表现出了稳定性,但没有高于随机水平。3~4 岁儿童不能通过首次测试,在一定程度上可能是受到热执行功能的制约;(1)“强化竞争”指示任务下,3 岁后期组通过第一次测试的人数明显少于标准指示条件的;(2)无对手指示下,尽管各

个年龄组的第一次测试成绩均与标准指示的差异不大,但从图 1 可以看出,无对手指示下儿童在前两三次测试就开始推测出正确策略了,这可能是由于无对手指示剔除了热执行功能因素的缘故。因此,本研究认为,年幼儿的规则推理能力普遍比较差,特别是更年幼的儿童;从 3 岁后期起,该能力获得一定的发展,但是并不太稳定,容易受到任务类型的影响,直到 4 岁早期,儿童的这种推理能力趋于几乎是同等程度的相对稳定发展。此外,热执行功能在很大程度上制约年幼儿的规则推理。以往相关的研究认为,3 岁儿童普遍不能通过第一次测试,而 4 岁的儿童则可以<sup>[3,6,8]</sup>。本研究对这些结论提供了更强有力的检验。

#### 4.5 进一步研究

本研究初步证实了标准窗口任务中的确存在热执行功能因素对 3~4 岁儿童实际操作的影响,并且认为窗口任务是一个同时具有冷执行功能和热执行功能特点的任务范式,为进一步研究幼儿在窗口任务中所表现的认知能力的发展提供了一个新的视角。尽管本研究的无对手指示条件分离了热执行功能因素,但是“强化竞争指示”条件只是通过改变指导语探讨热执行功能因素卷入对儿童实际操作的影响而缺乏对儿童热执行功能指标的直接测试,这是本研究的不足之处。我们将在后续研究中对此进行改进,以为本研究的结论提供更为充分的证据。

## 5 结 论

本研究可得出如下结论:(1)热执行功能也是 3~4 岁儿童在标准窗口任务中受到挑战的主要原因之一。(2)3 岁后期是 3~4 岁儿童在标准窗口任务中所体现出来的认知发展差异的分界年龄。

## 参 考 文 献

- 1 Zelazo P D, Carter A, Reznick J S, et al. Early development of executive function; a problem - solving framework. *Review of General Psychology*, 1997, 1; 1 ~ 29
- 2 Perner J, Lang B. Development of theory of mind and executive control. *Trends in Cognitive Sciences*, 1999, 3; 337 ~ 344
- 3 Hala S, Russell J. Executive control within strategic deception; a window on early cognitive development? *Journal of Experimental Child Psychology*, 2001, 80; 112 ~ 141
- 4 Kerr A, Zelazo P D. Development of "hot" executive function; the children's gambling task. *Brain and Cognition*, 2004, 55; 148 ~ 157
- 5 Zelazo P D, Miller U. Executive function in typical and atypical development. In Goswami U. *Handbook of Childhood Cognitive Development*. Oxford England; Blackwell, 2002, 445 ~ 469
- 6 Russell J, Mauthner N, Sharpe S, et al. The windows task as a measure of strategic deception in preschoolers and autistic subjects. *British Journal of Developmental Psychology*, 1991, 9; 101 ~ 119
- 7 Li H, Gao S, Wang N Y. A review on research methods of executive function (in Chinese). *Advances in Psychological Science*, 2004, 12(5); 693 ~ 705  
(李红, 高山, 王乃弋. 执行功能研究方法评述. *心理科学进展*, 2004, 12(5); 693 ~ 705)
- 8 Russell J, Jarrold C, Potel D. What makes strategic deception difficult; the deception or the strategy? *British Journal of Developmental Psychology*, 1994, 12; 301 ~ 314
- 9 Carlson S M, Moses J L, Hix H R. The role of inhibitory processes in young children's difficulties with deception and false belief. *Child Development*, 1998, 69; 672 ~ 691
- 10 Russell J, Hala S, Hill E. The automated windows task; the performance of preschool children, children with autism, and children with moderate learning difficulties. *Cognitive Development*, 2003, 18; 111 ~ 137
- 11 Diamond A, Kirkham N, Amso D. Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a pre - potent response. *Developmental Psychology*, 2002, 38; 352 ~ 362
- 12 Carlson S M, Moses L J. Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development*, 2001, 72; 1032 ~ 1053
- 13 Russell J, Jarrold C, Hood B. Two intact executive capacities in children with autism; Implications for the core executive dysfunctions in the disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1999, 29; 103 ~ 112
- 14 Simpson A, Riggs K J, Simon M. What makes the windows task difficult for young children; Rule inference or rule use? *Journal of Experimental Child Psychology*, 2004, 87; 155 ~ 170
- 15 Carroll D J, Apperly I A, Riggs K J. The executive demands of strategic reasoning are modified by the way in which children are prompted to think about the task; evidence from 3 - to 4 - year - olds. *Cognitive Development*, 2007, 22(1); 142 ~ 148
- 16 Perner J, Stummer S, Sprung M, et al. Theory of mind finds its Piagetian perspective; why alternative naming comes with understanding belief. *Cognitive Development*, 2002, 103; 1 ~ 22
- 17 Metcalfe J, Mischel W. A hot/cool - system analysis of delay of gratification; dynamics of willpower. *Psychological Bulletin*, 1999, 106; 3 ~ 19
- 18 Carlson S M, Davis A C, Leach J G. Less Is More Executive Functioning and Symbolic Representation in Preschool Children. *Psychological Science*, 2005, 16; 609 ~ 616
- 19 Samuels M C, Brooks P J, Frye D. Strategic game playing through the windows task. *British Journal of Developmental Psychology*, 1996, 14; 159 ~ 172
- 20 Moore C, Barresi J, Thompson C. The cognitive basis of future - oriented prosocial behaviour. *Social Development*, 1998, 7; 24 ~ 41

# The Effect of Hot Executive Function on Children's Test with the Standard Windows Task

W U W en-Jie, ZHANG LI, FENG Ting-Yong, LI Hong

(Key Laboratory of Cognition and Personality (SWU), Ministry of Education, 400715, China)

(School of psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China)

## Abstract

The windows task, a nonverbal measure, which was first used by Russell in 1991, is used to test children's strategic deception. Investigators such as Russell J, Hala S, and Carlson S M explored how the inhibitory control skill influenced 3 – to 4 – year – old children's performance on the windows task. Their results revealed that younger children were incapable of strategic deception. Moreover, reducing the difficulty of the executive demands could make the children improve performance on all 20 of their trials but not the first one. However, some researchers suggested that it was the ability to rule inference or theory of mind that challenged the young children. Thus, there were different arguments about why the children could not succeed in the windows task. In our opinion, the hot executive function may play an important role in children's performance on the test, because in the windows task, candies constitute the treat and encourage the children to compete with the opponent, who was played by experimenter 2. Our study tried to separate hot executive function factors from cool executive function factors concerning the windows task to examine whether and how the hot executive function factors affected children's performance on the task test. Further, it was hypothesized that emphasizing on the competition would cause the children to perform much worse.

The experiment used a  $3 \times 3$  between – group design. There were three experimental conditions as follows: standard condition, emphasized competition condition, and no – opponent condition. The experiment involved 270 participants, who were divided into 3 age groups. The experiment aimed to explore the cognitive development of 3 – to 4 – year – old children. Each condition included a training phase and a testing phase. Only the participants who passed the training phase could participate in the testing phase. The training phase was included to ensure that the children understood both the required response modes and the rules for winning the treat from the opponent. The response modes of the training phase matched those of the experimental conditions.

Chi – Square analyses revealed that there were significant differences among the first trial performance of the three age groups as well as three conditions (age groups:  $\chi^2(2) = 28.665, p < 0.001$ ; conditions:  $\chi^2(2) = 8.305, p < 0.05$ ); however, the non – group performed higher than the random level on the first trial.

The  $3$  (age groups)  $\times 3$  (experimental conditions) two – way ANOVA analyses revealed that the main effects of both age groups and experimental conditions were significant ( $p < 0.001$ ), and the interaction between them was salient ( $p < 0.05$ ). Further, the simple effect analyses displayed that the three age groups performed differently in each condition, and the three conditions revealed differences in performance in each age group.

The following conclusions were drawn: (1) hot executive function factors such as competition, treat, and emotions/motivation challenged the young children on the windows task; (2) the late 3 – year – olds (about 3 years and 9 months old) represented the age boundary between 3 – to 4 – year – olds with regard to the windows task test; and (3) 3 – to 4 – year – old children demonstrated some cognitive development tendencies in the windows task, such as the capacity of rule inference and inhibitory control skill.

**Key words** windows task, hot executive function, cool executive function, children.