

基于反馈加工的规则学习： 研究儿童认知灵活性的新范式*

李富洪^{**1,2} 孙 芬²

(¹江西师范大学心理学院, 南昌, 330022) (²辽宁师范大学脑与认知神经科学研究中心, 大连, 157011)

摘 要 认知灵活性作为执行功能的三个主要成分之一, 对个体能力发展和环境适应起着重要作用。但以往研究多采用不同范式来考察不同年龄段儿童在一个优势规则失效后灵活转换至新规则的能力。本研究旨在威斯康星卡片分类任务(WCST)的基础上设计一种新任务范式, 考察年龄范围更大的群体在规则习得过程中根据不同性质的反馈信息保持与灵活修订假设的能力。我们设计了目标选择任务(target choose task, TCT), 考察181名5~11岁儿童的认知灵活性。其中24名儿童亦完成WCST。结果表明, TCT通过率界于32~65.7%; TCT高分组成绩显著高于低分组; 分半信度计算结果表明奇数编号题目与偶数题目得分正相关; TCT分数与WCST完成分类数和概念化水平数分别呈正相关。这些结果表明TCT难度适中, 具有区分度, 内部一致性高, 效度良好, 可以在更大的年龄跨度上研究儿童在规则习得过程中的认知灵活性。

关键词 认知灵活性 目标选择任务 假设保持 假设切换 儿童

1 引言

认知灵活性(cognitive flexibility)是指个体为了适应不断变化的情境而不断调整自己思想与行为的能力(Armbruster-Genç, Ueltzhöffer, & Fiebache, 2016)。认知灵活性对个体能力发展和环境适应起着重要作用(李美华, 白学军, 2005), 认知灵活性高的个体具有更强的问题解决与人际交往能力(Peters, 2016)。认知灵活性缺乏的人时常固着、死板, 他们重复或无意识的坚持固有的想法或不适应新情境(Hildebrandt, McCall, Engen, & Singer, 2016)。因此, 认知灵活性的研究既具有重大的理论意义, 也具有重要的现实意义(Peters, 2016)。

在研究认知灵活性的任务中, 使用最早、应用最广泛的是WCST。该测验由Berg(1948)用于检测正常成人的抽象思维能力, 目前已被广泛用于检测额叶执行功能的研究(Stuss & Alexander, 2000)。WCST由四张参考卡片(分别绘有一个红色圆形, 二个绿色五角星, 三个蓝色正方形和四个黄色十字形)和128张在形状、颜色、数量三个维度变化的比较卡片构成。要求受试者判断每一比较卡片与哪一参考卡片同类。不告诉被试分类规则,

只给予正确与否的反馈。被试通过反馈与推理来发现分类规则。连续正确10次后, 在被试不知情的情况下, 改变分类规则, 要求被试继续寻找分类规则。WCST常用于6岁以上的学龄儿童和成人。

然而, 一些研究者认为WCST的实施和评分较复杂(Dennis & Wal, 2010)。一方面, WCST包含了诸多认知成分, 导致不能清楚地解释研究结果(Pennington & Ozonoff, 1996)。另一方面, 任务的复杂性与指导语的理解难度限制了其在学前儿童中的应用。近年来, 维度变化卡片分类任务(DCCS)、灵活项目选择任务(FIST)、灵活归纳单词意义任务(FIM)、学前儿童注意切换任务(PAST)心-花形状切换任务(H-F)、连线测验等研究范式也被应用于学前儿童的认知灵活性研究(Chevalier & Blaye, 2008)。然而, 这些范式在工作记忆、规则维度数量、认知复杂度方面的要求, 对年长儿童及成人都太低, 易出现天花板效应。

由于研究者采用不同范式探讨不同年龄段儿童的认知灵活性, 关于认知灵活性的快速发展期的结论也各不相同。采用DCCS等简单的维度切换任务的研究发现, 4~5岁是认知灵活性的快速发展期

* 本研究得到国家自然科学基金项目(NSFC 31571118)的资助。

** 通讯作者: 李富洪。E-mail: fuhonglee@vip.qq.com

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20170619

(Zelazo, Frye, & Rapus, 1996)。然而,采用 WCST 任务时则发现,儿童从 6 岁到 10 岁其完成任务的成绩显著提升,10 岁以后就达到成人水平(Chelune & Baer, 1986)。Welsh 及其同事采用相同任务的研究也发现 7~9 岁是儿童认知灵活性的快速发展期(Welsh & Pennington, 1988)。

最为重要的是,无论是采用 WCST 对 6 岁以上儿童的研究,还是采用 DCCS、FIST 对学前儿童所做的研究,已有研究主要关注已经习得的规则被告之无效时个体灵活转换至新规则的能力,极少关注规则习得阶段个体灵活修订假设的能力。事实上,认知灵活性还指同时保持两个或多个规则或假设,并在规则(或假设)间灵活转换的能力,即同时处理刺激多方面信息的能力(Piaget, 1972)。认知灵活性也表现为对心理表征的灵活有效的加工过程(王勇慧,周晓林,王玉凤,杨炯炯, 2002)。

为此,我们在认知灵活性研究的经典范式 WCST 的基础上设计了本研究的任务(糖果选择任务, TCT),重点关注规则习得阶段的认知灵活性。具体地说,在规则习得即假设形成与检验阶段,被试需要根据不同的反馈信息保持或灵活地修订自己的假设(Liu, Braunlich, Wehe, & Seger, 2015)。这种在规则习得阶段个体根据不断变化的反馈信息适时调整有关分类规则的假设时所表现出的认知灵活性对个体的知识形成、规则掌握以及智力发展有着重要的意义(Deák, Ray, & Brenneman, 2003)。在本研究的 TCT 任务中,当儿童最初形成一个假设(如红色刺激是靶),并选择了与假设相关的刺激,结果得到了负反馈,认知灵活的儿童就立即意识到原假设无效,不能再坚持原假设,需要转换至新的假设。

本研究的主要目的考察儿童在规则习得过程中,根据不同的反馈保持或修订假设而表现出的认知灵活性。其次,我们将在年龄范围较大的儿童群体中对我们新设计的范式(TCT)的信度、效度、区分度和难度进行检验,以作为我们进一步探索儿童认知灵活性发展规律的新手段。

2 方法

2.1 被试

随机选取一所普通幼儿园和小学生共 181 名学生(平均 8.4 岁,年龄范围 5~11 岁,男 86 名,5.5 岁 36 名,7~11 岁分别为 22、33、41、28 和 21 名)完成 TCT 测验。其中,随机选取 24 名儿童(平均

8.9 岁,年龄范围 7~10 岁,男 10 名),同时完成 WCST。所有儿童视力或矫正视力正常,无色盲或色弱。每名被试在完成实验后会获得精美礼品一份。

2.2 实验任务与材料

WCST 采用中文版软件在电脑屏幕上呈现,测验由四张参考卡片(分别绘有一个红色圆形,二个绿色五角星,三个蓝色正方形和四个黄色十字形)和 128 张在形状、颜色、数量三个维度变化的比较卡片构成(赵晋华,林祥通,牛志刚,武敬民, 1998)。

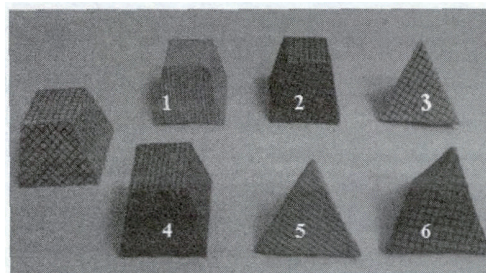


图 1 TCT 材料示例,最左边的一个盒子为目标盒子,右边六个为测试盒子,图中数字在实物中不存在。

TCT 的刺激为立体几何形状盒子(图 1),每个盒子包含形状(正方形、梯形、三角形、圆形),颜色(红色、绿色、蓝色、黄色)和图案(星型、网格、条纹、点状)三个知觉维度。实验材料均由手工卡纸制作而成。盒子的边长为 3~7cm。

TCT 由 9 套测题构成,每套测题由 1 个目标盒子与 6 个测试盒子构成,其中 3 个测试盒子各自与靶盒子共享一个知觉特征。另外 3 个测试盒子各自与靶盒子共享两个知觉特征(图 1)。9 项测题分别以形状、颜色和图案三种知觉特征为靶特征各测试 3 次。目标盒子里装有一颗糖,测试盒子中有 3 个盒子装有糖,其余 3 个盒子无糖果。在测试前,糖果都预先装于共享某一知觉特征(如红色)的盒子。儿童看不见糖果装在哪些盒子中,只能通过尝试错误与主试的反馈进行推断。实验前儿童被告知每相邻的两道题分类规则可能不同,他们面对每一题都需要先猜测,然后结合反馈去发现答案。

2.3 实验程序

在一个安静且无儿童围观的房间进行个别施测。24 名同时测试 TCT 与 WCST 的儿童中,一半被试先做 TCT,后做 WCST;另一半被试以相反的顺序进行。

完成 WCST 时,主试打开 WCST 先让儿童观察 4 张不同颜色、形状、或数量的参考卡片。然后连

续呈现 128 张测试卡片，要求儿童一一将之与参考卡片进行匹配，每完成一次匹配后，屏幕会出现“正确”或“不正确”提示。整个实验中主试不告诉儿童分类原则。通常在连续 10 次正确后，分类规则会改变，儿童要灵活地切换到新规则的搜索过程中。依此类推，直至完成测验。

TCT 实验中，主试事先将盒子按图 1 摆在桌面上，并把 3 颗糖果分别预先装在与靶盒子共享某一知觉特征三个测试盒子之中。每道题分别以颜色、形状或图案三种知觉特征作为靶特征即分类规则。主试将儿童带进实验室后，让其坐在桌子前。主试告诉儿童：“我们今天要做个找糖果的游戏，现在你面前的盒子具有不同的形状、颜色和图案，最左面的盒子是有糖果的，右边这六个盒子中三个有糖果，另三个没有，你的任务是以最左侧的盒子为参照帮我从右面这六个盒子中，又快又准地找到三颗糖果”。如果儿童能准确复述主试告之的任务要求，并顺利通过两道练习题，则让儿童进入正式实验。在实验中，儿童每次选择（用手指向）一个盒子，主试帮助其打开盒子以验证是否装有糖果。儿童找完所有的三颗糖果后休息半分钟进入下一题。因为每道题的分类规则是不确定的，并且每相邻的两道题分类规则均不同，所以并不会格外提醒儿童休息后的试题分类策略发生了变化。每名儿童总共需要测试 9 题。

WCST 软件自动生成各项指标。TCT 计分规则如下：在实验中，被试的首次选择是猜测行为，但对首选结果的反馈可以被用来指引后续行为。假如首选刺激与目标刺激所共享的知觉维度为颜色（如都是红色），得到正反馈，表明颜色共享与分类规

则相联系，被试应该继续选择与目标盒子颜色相同的盒子（即红色刺激）。相反，如果首选结果是负反馈，表明首选刺激与目标刺激所共享的知觉维度与分类规则无联系，被试应该在后续选择中放弃这一知觉维度，转而关注另外两个知觉维度。根据这一基本逻辑，可以确定每一题所有正确的分类规则发现线路，以图 1 的题目为例，当主试确定的规则是“蓝色盒子有糖果”时，儿童第一次选择 1 号盒子，可找到糖果（正反馈），但 1 号与左侧的目标盒子共享两个特征，即具有相同的外形与颜色。因此儿童可以发现梯形或者蓝色都可能与规则相联系，按照逻辑，第二次应该选择蓝色盒子（3 与 5）或者梯形盒子（2 与 4），如果儿童选择 3 号盒子，再次得到正反馈，此时儿童即可发现正确的分类规则，所以儿童第三次应该继续选择 5 号盒子。如果儿童在任务中对图 1 所示的题目按照 1-3-5 的顺序选择盒子，说明儿童对此题的反应符合表 1 的逻辑线路，记 1 分。如果儿童对此题的反应顺序是 1-3-4，1-6-4 或其它不合逻辑的顺序，则记 0 分。在 9 题中总共有 10 种符合逻辑的规则搜索线路（表 1）。儿童的选择符合上述 10 种之一，则记 1 分。10 种正确线路之外的选择都被定义为逻辑错，计 0 分。

3 结果

所有儿童的 TCT 测试成绩分布呈正偏态（图 2）， W 系数 = .96, $p < .05$ 。因为本研究是在 WCST 的基础上设计的新范式，而 WCST 在学前儿童会出现地板效应，因此本研究将重点关注 TCT 是否也会对学前儿童产生地板效应。对 36 名学前儿童的实验结果表明（图 2），其 TCT 得分介于 0~8 分之间，标

表 1 TCT 任务所有符合逻辑的规则搜索模式

	第 1 次反馈	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次
首选共享双维度	√	√	√		
	×	×	√	√	
	√	√	√	√	
		①√	√	√	√
首选共享单维度		②√	×	√	
	×	②×	√	√	√
		③√	√	√	
		③×	√	√	√

注：√指正反馈，×指负反馈。首选共享单维度：第一次选择的测试盒子与目标盒子只共享一个知觉特征；首选共享双维度：第一次选择的测试盒子与目标盒子共享两个知觉特征。①表示第二次所选刺激与目标刺激所共享的两个维度均未在首选刺激中出现，②表示第二次所选刺激与目标刺激所共享的两个维度中只有一个未在首选刺激中出现，③表示第二次所选刺激是另外两个与目标刺激共享一个维度的刺激中的一个。

准差为 1.9, 平均分为 3.78, 远远高于儿童完全随机猜测的得分 ($(3/6 * 2/5 * 1/4) * 9 = 0.45$)。进一步考察 TCT 每一题的通过率, 结果表明通过率界于 32%~65.7% 之间, 表明 TCT 的难度适中。

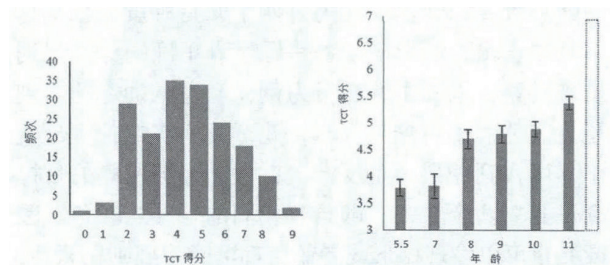


图2 所有儿童 TCT 得分分布图(左)与发展趋势(右), 右图虚线柱为 18 岁组得分。

将 181 名儿童测验总分前 27% 作为高分组, 后 27% 作为低分组, 进行独立样本 t 检验, 高分组均数显著高于低分组均数, $t(91) = 30.46, p < .001, d = 6.39$ 。表明 TCT 具有良好的区分度。按照每一名学生每一题题号的奇偶分半, 进行分半信度分析, 结果表明相关显著, $r = .26, p < .001$, 说明 TCT 的内部一致性较高。

对 24 名同时施测 TCT 和 WCST 的被试的数据, 以年龄为控制变量, 进行偏相关分析。结果显示两项测验正确率显著正相关, $r = .37, p < .05$ 。TCT 分数与 WCST 完成的分类数成正相关, $r = .50, p < .01$ 。TCT 分数与 WCST 的概念化百分比成正相关, $r = .42, p = .02$ 。TCT 的 B 类错误率(即应该切换假设时未切换的比率)与 WCST 的持续错误百分数相关不显著。

4 成人 TCT 测试结果

上述结果表明学前儿童并没有在 TCT 任务中出现地板效应。为检验 TCT 对于年龄更大的群体是否太简单而出现天花板效应, 单独选取 18 名 15~20 岁(平均 18.4 岁)的被试进行 TCT 测试。

补测的 18 岁组的 TCT 得分均值为 6.67, 平均正确率约为 74%, 未出现天花板效应。将 18 岁组和小学五年级儿童的 TCT 得分进行独立样本 t 检验, 18 岁组的 TCT 得分明显高于五年级儿童, $t(37) = 3.12, p < .005, d = 0.13$ 。

5 讨论

作为执行功能的三个核心成分之一, 认知灵活性要求个体根据变化的情境适时调整自己思想、

假设与行为 (Armbruster-Genç et al., 2016)。以往研究主要关注规则切换的灵活性且采用不同范式考察不同年龄段儿童的认知灵活性, 研究者对 6 岁前儿童主要采用 DCCS、FIST 等范式 (Yeniad et al., 2014), 6 岁以上则多用 WCST (Berg, 1948)。

本研究的目的是设计出同一任务考察学龄前后儿童在规则学习阶段基于不同性质的反馈信息保持或切换假设的认知灵活性。首先, 我们在 WCST 的基础上设计的 TCT 对学前儿童没有出现地板效应。尽管采用严格的逻辑分析界定儿童每次选择是否符合逻辑, 仍然发现 5 岁左右的学前儿童的平均得分率在 40% 左右, 远高于 5% ($1/2 * 2/5 * 1/4$) 的猜测概率, 说明学前儿童的 TCT 得分不是靠猜测而来, 尽管他们可能说不清楚选择的原因, 但他们是经过思考的, 这与前人的结论吻合 (Zelazo et al., 1996)。这一结果证明, TCT 比 WCST 在低年龄段更具有适用性, 因为 WCST 对 6 岁以下儿童难度太大 (Chevalier & Blaye, 2008)。与 WCST 相比, TCT 之所以适用于年龄更小的儿童, 可能有如下两种原因: (1) WCST 要求儿童进行卡片配对 (Dennis & Wal, 2010), 相反, TCT 让儿童寻找糖果, 不仅生动有趣也易于理解; (2) 儿童完成 WCST 大概需要 15 分钟以上, 而 TCT 仅需 10 分钟左右就能完成, 测验时间不会超过儿童注意力维持时间, 儿童不容易产生厌烦情绪。

其次, 以往研究中常用于测试学前儿童的 DCCS 与 FIST 等任务对年龄较大的儿童常表现出天花板效应 (Jacques & Zelazo, 2001)。为了进一步考察我们所设计的 TCT 对于更大年龄被试是否过于简单而出现天花板效应, 以同样的实验材料单独测量了一组平均年龄为 18.5 岁的被试, 并与 11 岁儿童进行比较, 结果表明 18 岁组的 TCT 得分虽然明显高于 11 岁组, 但未出现天花板效应。这说明 TCT 比 DCCS 等任务具有更大的适用范围, 可能的原因是 TCT 的知觉维度和水平相对更多, DCCS 只有两个知觉维度 (Zelazo et al., 1996), 而在 TCT 中有三个维度, 且每个维度有 3 个以上的变化水平。

另外, 通过对 181 名儿童的测试结果的分析, TCT 具有良好的信度与效度。一方面, 分半信度结果表明 TCT 内部一致性良好。另一方面, TCT 分值与 WCST 的关键测量指标相关显著。最为重要的是, TCT 每一题的正确标准建立在严格的逻辑分析之上, 考察了儿童每一次选择的所有可能性, 对他们的选

择行为进行分类，只有当他们的选择完全符合正确的逻辑线路才计分。这就大大减少了儿童通过猜测得分的可能性。另外，从结构效度来看，TCT 在本质上是一个类别规则习得的任务，儿童需要根据不同性质的反馈保持或切换他们的初始假设。因此，TCT 既强调在负反馈出现时灵活地切换至新假设的能力，也强调在正反馈呈现时继续保持原假设的能力（Anderson, 2002）。

尽管本研究每个年龄段的样本数不大，年龄段间的差异并不具有代表性，但从初步结果来看，5~18 岁的 TCT 得分呈现出逐步提高的趋势，这一结果虽与近几年关于认知灵活性持续发展至成人的结论是一致的（Wolff, Roessner, & Beste, 2016），但与 Chelune & Baer（1986）的结果不一致，他们发现 10 岁以后的儿童成绩与成人无显著差异，而我们发现两组差异明显。在 Chelune & Baer（1986）的研究中，认知灵活性的核心指标是持续错误数，考察儿童在抑制强势旧规则的基础上转换至新规则的能力，而本研究考察的是儿童依据不同性质的反馈保持或切换假设并得以发现规则的过程中所表现出的灵活性。因此，本研究强调的是假设改变的灵活性。不论是规则改变还是假设改变，都是对已有认知的改变（Wolff et al., 2016），其本质都需要儿童进行认知切换，只是 WCST 中要切换的规则是已经获得若干次（通常是 10 次左右）验证（即正反馈）的分类标准，而本研究中需要切换的仅仅是一个初始假设或者最多获得一次正反馈的分类标准。年幼儿童在 WCST 中的切换失败更多地与对强势旧规则的抑制失败有关（Zelazo, 2006），随着年龄的增加，他们的抑制控制能力显著提高（魏勇刚, 2008）。TCT 并不会产生强势旧规则，因此并不要求儿童依靠较强的抑制控制能力完成任务，相反，TCT 要求儿童具备提出假设、检验假设的能力，即要求他们能灵活地根据不同反馈保持或切换假设的能力，这一能力对规则的习得尤为重要（Liu et al., 2015）。我们认为 TCT 对儿童的这一认知要求可能高于儿童抑制强势旧规则的能力，因此他们在 11 岁后也未及成人水平。

6 研究局限与展望

首先，TCT 采用实物版，在操作过程中易出现数据采集的不规范问题，可能加大系统误差，将来的研究需要考虑将之设计成软件，以增强任务的标

准化与规范化。其次，TCT 的信度是分半信度，下一步需要增加重测信度的数据。再次，本研究只施测了 100 多名儿童，每个年龄段的人数较少，还不足以准确揭示儿童认知灵活性发展的规律，也不能构建儿童 TCT 的常模，下一步研究需要扩大样本，建立 TCT 全国常模。

7 结论

本研究在测量认知灵活性的经典范式 WCST 的基础上所设计的认知灵活性新范式—TCT 重点关注儿童在规则习得阶段根据不同性质的反馈信息修订假设的能力。对 181 名儿童施测结果表明 TCT 难度适中，内部一致性良好，TCT 得分与 WCST 的主要指标正相关，可用于进一步探讨学龄前后以及更大年龄段儿童的认知灵活性的发展规律。

参考文献

- 李美华, 白学军. (2005). 执行功能中认知灵活性发展的研究进展. *心理学探新*, 25(2), 35–38, 43.
- 王勇慧, 周晓林, 王玉凤, 杨炯炯. (2002). 执行功能与注意缺陷多动障碍. *中华精神科杂志*, 35(4), 245–247.
- 魏勇刚. (2008). 儿童抑制控制能力的发展及其对教育的启示. *幼儿教育: 教育科学*, 2, 42–44.
- 赵晋华, 林祥通, 牛志刚, 武敬民. (1998). 电脑版 Wisconsin 卡片分类试验 (中文版) 的开发研制. *上海生物医学工程*, 19(2), 51–54.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71–82.
- Armbruster-Genç, D. J. N., Ueltzhöffer, K., & Fiebach, C. J. (2016). Brain signal variability differentially affects cognitive flexibility and cognitive stability. *The Journal of Neuroscience*, 36(14), 3978–3987.
- Berg, E. A. (1948). A simple objective technique for measuring flexibility in thinking. *The Journal of General Psychology*, 39(1), 15–22.
- Chelune, G. J., & Baer, R. A. (1986). Developmental norms for the wisconsin card sorting test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 8(3), 219–228.
- Chevalier, N., & Blaye, A. (2008). Cognitive flexibility in preschoolers: The role of representation activation and maintenance. *Developmental Science*, 11(3), 339–353.
- Deák, G. O., Ray, S. D., & Brennenman, K. (2003). Children's perseverative appearance–reality errors are related to emerging language skills. *Child Development*, 74(3), 944–964.
- Dennis, J. P., & Wal, J. S. V. (2010). The cognitive flexibility inventory: Instrument development and estimates of reliability and validity. *Cognitive Therapy and Research*, 34(3), 241–253.
- Hildebrandt, L. K., McCall, C., Engen, H. G., & Singer, T. (2016). Cognitive flexibility, heart rate variability, and resilience predict fine-grained regulation of arousal during prolonged threat. *Psychophysiology*, 53(6), 880–890.
- Jacques, S., & Zelazo, P. D. (2001). The flexible item selection task (FIST): A measure of executive function in preschoolers. *Developmental*

- Neuropsychology*, 20(3), 573–591.
- Liu, Z. Y., Braunlich, K., Wehe, H. S., & Seger, C. A. (2015). Neural networks supporting switching, hypothesis testing, and rule application. *Neuropsychologia*, 77, 19–34.
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37(1), 51–87.
- Peters, S. (2016). *The adolescent brain: Unraveling the neural mechanisms of cognitive and affective development*. Unpublished Doctoral Dissertation of Leiden University.
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15(1), 1–12.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63(3–4), 289–298.
- Welsh, M. C., & Pennington, B. F. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental Neuropsychology*, 4(3), 199–230.
- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van IJzendoorn, M. H., Emmen, R. A. G., & Prevo, M. J. L. (2014). Cognitive flexibility children across the transition to school: A longitudinal study. *Cognitive Development*, 31, 35–47.
- Zelazo, P. D. (2006). The dimensional change card sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1(1), 297–301.
- Zelazo, P. D., Frye, D., & Rapus, T. (1996). An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive Development*, 11(1), 37–63.

Feedback based Category Learning: A New Task of Exploring Children's Cognitive Flexibility

Li Fuhong^{1,2}, Sun Fen¹

(¹School of psychology, JiangXi University, NanChang, 330022)

(² Brain and cognitive neuroscience research center, Liaoning Normal University, Dalian, 157011)

Abstract Previous studies have investigated children's cognitive flexibility by using different types of paradigms. The Wisconsin Card Sorting Test (WCST) was one of the most widely used tests of cognitive flexibility in clinical and research contexts. These researchers drew different or even contrary conclusions. However, previous studies paid a lot of attention to cognitive flexibility. Cognitive flexibility refers to the ability of flexibly switching to a new rule according to feedback when the old rule has been demonstrated to be ineffective, while the flexibility in rule acquisition stage remains unclear. To explore a new unified paradigm in studying cognitive flexibility in rule acquisition for a wider age range (5 to 11 years) groups, in the present work, a novel test named the Target Choice Task (TCT) was designed based on WCST. TCT concerns individual cognitive flexibility, which specifically refers to whether one could resist or switch initial hypotheses flexibly according to different feedbacks in rule acquisition. Another aim is to carry out a preliminary discussion of the development of children's cognitive flexibility. Additionally, we would examine the reliability, validity, difficulty and discrimination of TCT.

TCT consisted of 63 three-dimensional stimuli boxes. Each of them comprised three perceptual dimensions, shape (square, trapezoid, triangle or circle), color (red, green, blue or yellow) and pattern (star, gridding, and streak). In each trial, participants were provided with 1 target box and 6 reference boxes, and were asked to match one of the 6 reference boxes to the target box based on a classification rule. Participants received feedback after each match. A total of 181 participants (from kindergarten to fifth grades; mean age 8.4 years; age range: 5 to 11 years old; 86 males) were selected randomly from an ordinary kindergarten and an ordinary primary school who participated in the TCT. Twenty-four participants (grade: from second to third grade; mean age 8.9 years; age range: 7 to 10 years; 10 males) also participated in the computer version of WCST. The participants completed the test individually.

The results were following: (1) All TCT scores showed a positively skewed distribution; (2) There was a positive correlation between TCT accuracy and WCST accuracy; the TCT score had significant correlations with Categories Completed (CC) and Conceptual Level Responses (CLR) of WCST, respectively; (3) There was no statistically significant difference was found between the "B type error" of TCT and the Percent Preservative Errors (PPE) of WCST; (4) The split-half reliability coefficient was calculated. A half of text items significantly correlate with the other half; (5) The high-scoring group had significantly higher level compared with the low-scoring group in TCT score; (6) The pass rate of each TCT test for all participants was from .32 to .66, implying that the difficulty of TCT is moderated.

In summary, a psychometric properties analysis showed that TCT achieved an excellent level of internal consistency, criterion-related validity, distinction index and moderate level of difficulty. It is a reasonable, new method of exploring cognitive flexibility.

Key words cognitive flexibility, hypothesis maintain, hypothesis shifting, target choose task, children