

工作记忆中央执行系统不同子功能评估方法

赵鑫^{1,2}, 周仁来^{1,2}

(1.北京师范大学心理学院应用实验心理北京市重点实验室,北京 100875;

2.北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室,北京 100875)

【摘要】 中央执行性系统作为工作记忆的核心成分被认为是可分离的,转换、刷新和抑制被认为是三种相对独立的中央执行功能。在相关研究中,跟踪任务、字母(数字)活动记忆任务和 n-back 范式一般用来评估刷新功能;评估转化功能所采用的研究范式有:加法-减法转换任务、数字-字母转换任务、数字转换任务以及局部-全局任务;Stroop 任务、停止信号任务和 Go/No-Go 任务被认为是测量和评估抑制功能的经典范式。进一步的研究需要做的工作应该包括:改进相关研究范式,进行工作记忆中央执行系统的全面评估;开发针对学习障碍儿童和老年人等特殊被试的中央执行功能评估工具;建立中央执行系统的认知神经评价指标和体系;开展中央执行系统训练研究。

【关键词】 中央执行系统;转换;抑制;刷新;评估

中图分类号: R395.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3611(2011)06-0748-05

Sub-function Evaluation Method of Central Executive System in Working Memory

ZHAO Xin, ZHOU Ren-Lai

Beijing Key Laboratory of Applied Experimental Psychology,

School of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

【Abstract】 The central executive system is the core component of working memory; shifting, updating and inhibition process are considered as three relatively independent functions. Keep track task, letter memory task and n-back paradigm are generally used to evaluate the function of updating; The function of shifting adopts four research paradigms: plus-minus task, number-letter task, more-odd shifting and stroop task, stop-signal task and Go/No-GO task are considered to be the classical paradigms inhibition of measurement and assessment. Further research need to improve the related research paradigm, evaluate central executive system of working memory, to develop the central executive system assessment tool for learning disabled children and the aged as well as special subjects, build cognitive neuroscience evaluation index and system of central executive system and carry out the training research of system in future.

【Key words】 Central executive system; Shifting; Inhibition; Updating; Evaluation

工作记忆(working memory, WM)是指个体在执行认知任务过程中,暂时储存与加工信息的能量有限的系统^[1,2]。这个概念一经提出便受到认知心理学家的广泛关注,研究者分别从各自的角度出发提出了相关的工作记忆理论模型,如 Baddeley 的多成分模型^[1,2],Cowan 的过程嵌套模型^[3]以及 Ericsson 的长时工作记忆模型^[4]等等。虽然不同的模型所关注的角度和问题不同,但是,工作记忆在认知中的核心作用却得到了几乎所有研究者的认可^[5]。工作记忆被形容为人类认知的中枢,是学习、推理、问题解决和智力活动的重要成分^[1,2,6,7]。大量的研究表明:工作记忆在个体的认知行为中起了不可替代的作用,是个体在复杂认知行为中表现差异的重要的甚至是核心的因素^[8-10]。

在众多工作记忆模型中,Baddeley 的多成分模型被认为是相对完善和成熟的工作记忆理论模型。Baddeley 早期的研究认为,工作记忆包括语音回路(Phonological loop)、视空间模板(Visuo spatial sketchpad)和中央执行系统(Central exec-

utive)三个部分。其中,中央执行系统被认为是工作记忆核心成分,主要负责工作记忆中的控制性加工,其功能主要包括工作记忆中各子系统功能的协调、对编码和提取策略的控制、操纵注意管理系统以及从长时记忆中提取信息^[1,2]。做为工作记忆的核心,中央执行系统是工作记忆中最高级的,同时又是最复杂的组成部分。但是,在早期的研究中,中央执行系统一直以来被看做是一个单一的结构,研究者一般采用威斯康辛图片分类测验(Wisconsin Card Sorting Test)、汉诺塔任务(Tower of Hanoi)以及随机生成任务(Random Number Generation)等来测量中央执行系统^[11],由于中央执行系统在概念和研究范式上的含糊不清,导致其实证研究的进展十分缓慢,被研究者们戏称为居于人脑中无所不能的“小矮人”^[12]。近年来,伴随工作记忆理论进一步发展,伴随着认知科学和认知神经科学的兴起,研究者们对中央执行系统进一步分离的愿望也日益强烈,期望对这种复杂的认知结构有更深刻和实质性的理解。研究者通过对脑损伤病人的研究^[13],通过结构方程建模^[11,14],采用神经成像^[15]等方法对工作记忆中央执行系统进行了分离性的研究。其中,转换(shifting process)、刷新(updating)和抑制(inhibition)被认为是三种相对独立的中央执行功能,这三种功能在复杂的执行任务中分别起着作用。

【基金项目】 国家重点基础研究计划(2011CB711000);中央高校基本科研业务费专项资金(2009SC-3)

通讯作者:周仁来

国内外研究者根据中央执行系统三种不同子功能的定义和特征,设计了相应的任务和研究范式对不同的功能进行评估和测量^[11,14,15]。

本文将对前人关于中央执行系统不同子功能的评估方法分别加以介绍,希望对于工作记忆中央执行功能的全面评估,对于工作记忆缺陷个体的临床诊断与治疗,对于加深了解中央执行功能的本质问题有所帮助和参考。

1 中央执行系统子功能评估方法

1.1 刷新功能评估方法

刷新是指根据新呈现的信息不断更改工作记忆内容的过程,体现了人们不断对记忆中内容进行修正的能力^[15]。刷新作为一种重要的执行功能,相对而言有比较成熟的评估方法。常采用的任务有:跟踪任务(Keep track task)、字母(数字)活动记忆任务(Letter memory task)和 n-back 范式(n-back paradigm)。

1.1.1 跟踪任务 跟踪任务最早由 Yntema 等人设计,并在相关的研究中使用^[16]。在跟踪任务中,电脑屏幕中央将依次出现一些名词,而这些名词分属于不同的类别,如表示动物、国家、颜色、金属、亲属和距离的名词。电脑屏幕的下方始终呈现三个类别,要求被试不断跟踪三类词中最近出现的一个,当一组词呈现完毕后,被试要求回忆出最后出现的表示这三个类别的名词。如电脑屏幕中央依次出现的词为:美国、灰色、叔叔、法国、狮子、黑色、公里、中国、兔子、英尺。电脑屏幕下方呈现的为:动物、国家、颜色。那么,在这组词出现完毕后,被试应报告最后出现的表示动物、国家和颜色的名词,正确答案为:兔子、中国和黑色。其中,词语呈现的数目不等,在 Miyake 的研究中一般呈现的词语数为 15 个^[11],而在陈天勇等人的研究中词的系列有 8、10 和 12 三种长度^[14]。其中,每一系列中每类词各出现 2 次或 3 次。被试回答正确一个得 1 分,完全回答正确得 3 分。在这项任务中,被试需要密切监测和跟踪屏幕中央所出现的词语,并且不断地更新工作记忆、不断用新词替换旧词,所以一般被用来测量工作记忆的更新功能。

1.1.2 字母(数字)活动记忆任务 字母(数字)活动记忆任务是要求被试听或看一系列未知长度的项目串,之后回忆最近呈现的几个项目,刺激材料一般为数字或者字母。如在 Kusak 等人^[17]的研究所采用的字母活动记忆任务:计算机屏幕中央以每个 200 毫秒的速度呈现一系列大写英文字母(字母数 3-8 个不等),要求被试者随时记住该字母串后的最后 3 个字母,直到呈现完毕。例如,屏幕中央依次出现的字母为:M、K、R、T、S、V、L,呈现完毕后,被试要求输入最后的三个字母,即 SVL。我国学者陈天勇等人^[14]在前人研究的基础之上,进一步改进了这项任务,采用了一种“强制刷新”的范式考察工作记忆中的更新功能。在陈天勇等人的研究中,计算机的屏幕中央以每 1.75 秒的速度呈现一个数字,随机呈现一系列的数字串,要求被试不断复述最后出现的三位。如依次呈现数字 7-6-2-1-4,被试就应报告:7-76-762-621-214。其中,数字系列有 5、7、9 和 11 四种长度。最后被试报告完全正确

得 1 分,中途任何一次错报都不得分。在字母(数字)活动记忆任务中,由于项目序列的长度大于反应项目序列长度,因此每呈现一个新的刺激,被试者要刷新记忆中位于项目序列位置最前面的那个刺激,并把新呈现的刺激增加到末端。这项任务被认为能够很好的反应工作记忆中的更新功能,而且易于和脑电结合,常被用来进行刷新功能的 ERP 研究,是一个相对稳定和成熟的范式。

1.1.3 N-back 任务 N-back 任务是让被试浏览一系列依次呈现的刺激(如字母),要求被试判断每一个出现的刺激是否与此前刚呈现过的前面第 n 个刺激相匹配。被试在完成 N-back 任务时,必须在记忆中贮存并复述新出现的 n 个刺激,以便与即将出现的一个新的刺激匹配。这项任务要求被试要不断更新刺激的信息,所以被认为是测量更新功能的另一个重要的范式^[18]。N-back 的任务类型包括字母匹配任务、位置匹配任务和图形匹配任务三类。在位置匹配任务中,要求被试判断两个刺激呈现的位置是否相同;在字母匹配任务中,要求被试判断两个刺激是否为同一个字母;图形匹配任务要求被试者判断两个刺激是否为同一个图形。关于 n-back 任务所测的执行功能,Harvey 等在研究中指出:1-back 条件是一个更纯的刷新加工测量方法,而 2-back 和 3-back 条件可由于 N-back 任务是一个代表性的工作记忆任务,n 个任务允许系统操作工作记忆负荷,而且,随负荷变化而变化的脑区被认为起到特殊的加工作用。所以,N-back 一直以来备受神经成像研究者的青睐^[18,19]。

1.2 转换功能评估方法

转换功能是指在指导语引导下的内源性注意的控制机制,即当两项任务竞争同一认知资源时,对这两项任务相互转换的控制过程^[21]。转换做作为一种重要的执行功能,近几年越来越受到研究者的重视^[22-24]。

研究者一般采用任务切换范式来对转换功能进行研究。在任务切换范式下,被试一直执行一组同类任务,直到被告知接下来要进行的任务类型,然后继续执行下一组任务。当得到指示进入到另一组任务时,即使任务类型没有发生变化,被试的反应也会变慢,但幅度会小于进入到一组不同类型的任务的情况,这之间的差异被用来衡量切换损失^[25]。通常采用的任务有:加法-减法转换任务(Plus-minus task)、数字-字母转换任务(Number-letter task)、数字转换任务(more-odd shifting)以及局部-全局任务(Local-global task)。

1.2.1 加法-减法转换任务 加-减法转换任务最初由 Jersild 等人使用^[11]。这种方法多有为纸笔测试。在加法-减法转换任务中,每张纸上有 30 个两位数的数字(数字由 10-99 随机选取,互不重复)。在第一张纸上,要求被试将每个数字加 3;在第二张纸上,要求被试将每个数字减 3;最后,在第三张纸上,被试要求将第一个数字加 3,将第二个数字减 3,依次类推,在相邻的两个数字之间变换任务要求。被试要求完成的既快又准确,测验用秒表计时。任务的成绩为被试完成转换任务的时间与完成加法和减法任务的平均时间之差。加法-减法转换任务为研究者最初设计的转换任务,由于是纸笔测试,所以对测试的环境要求不高,易于操作,但是实验结

果的精确性无法保证。

1.2.2 数字-字母转换任务 数字-字母转换任务是由 Rogers 和 Monsell 提出的^[26]。在数字-字母转换任务中,以计算机屏幕中心为坐标原点,数字和字母成对出现在计算机屏幕的四个象限中,如 8W。当字母和数字成对出现在计算机屏幕上方的两个象限(一、四象限)时,被试的任务是判断数字是奇数还是偶数;当字母和数字成对出现在计算机屏幕上方的两象限(二、三象限)时,被试的任务是判断字母是元音还是辅音。在第一种情况下字母和数字会成对出现在一、四象限,被试的任务是判断数字的奇偶性;在第二种情况下字母和数字会成对出现在二、三象限,被试的任务是判断字母是元音还是辅音;在第三种情况下,字母和数字会在四个象限以顺时针的方向依次出现,被试将在两种任务中依次转化。测试的成绩为被试在转换任务的反应时减去被试在非转换任务下的平均反应时。

1.2.3 数字转换任务 数字转换任务由 Salthouse 等人所采用^[14,27]。在数字转换任务中,计算机屏幕中央依次出现一些数字,被试的任务是对数字(1-9,但没有5)进行判断。第一种判断为数字大小判断,即如果出现的数字小于5,就报告“小”;如果出现的数字大于5,就报告“大”。第二种判断为数字的奇偶性判断,即如果出现的数字是奇数,就报告“单”;如果出现的数字是偶数,就报告“双”。第三种转换条件下,要求被试根据呈现数字的颜色进行大小-奇偶判断之间的转换,如呈现的数字是红色的,就进行“大小”判断;如果呈现的数字是绿色,就进行“奇偶”判断。最后被试的成绩为转换条件下的反应时与非转换条件下的平均反应时之差。

1.2.4 局部-全局任务 其测验过程为:在计算机屏幕中央呈现一系列大图形,这些图形由许多小的图形组成,被试按要求对图形的形状进行判断。第一种判断为大图形形状判断,即对全局图形的判断,如进行“圆、叉、角、方”形状的判断。第二种判断为小图形形状判断,即对局部图形的判断。第三种转换条件下是根据图形的颜色对整体-局部图形判断转换,如果图形蓝色,就判断大图形的形状;如果图形是黑色的,就判断小图形的形状。测验成绩为转换条件与不转换条件下的平均反应时相减^[11,28]。

1.3 抑制功能评估方法

抑制是指个体对认知过程和认知活动内容的一种压抑过程。抑制功能被认为是工作记忆中央执行系统的一个基本成分,为了保证工作记忆中执行系统的顺利进行,在转换中,需要抑制已自动化的加工,在刷新过程中,需要抑制不再有用的信息^[29,14]。以往的研究中,研究者一般采用 Stroop 任务 (Stroop task), 停止信号任务 (Stop-signal task)、Go/No 任务 (Go/No-GO task)来测量抑制功能。

1.3.1 Stroop 任务 Stroop 任务最早是由美国心理学家 Stroop 于 1935 年发明^[30]。在 Stroop 任务中要求被试对一致的(如用蓝色墨水写的“蓝”)、不一致的(如用蓝色墨水写的“红”)和中性的(如蓝色的“XXX”)表示颜色的词或符号做出颜色的判断。研究发现,判断不一致刺激的颜色要比判断一致或中性刺激的颜色需要的时间长,或错误率高。由于判断

不一致刺激颜色时需要被试抑制字面意义的影响,即抑制其优势反应,阻止以字面的意义代替墨水的颜色,因此 Stroop 任务被认为是经典的测试抑制功能的任务。随着研究的不断深入,经典 Stroop 范式已演变为各种各样的变式。以下主要介绍几种常见的 Stroop 任务。①昼与夜 Stroop (Day-Night Stroop):昼与夜 Stroop 任务来源于 Gerstadt 等人^[31]的研究,主要是用来对学前儿童和学龄儿童抑制功能的评估。在该任务中,当儿童看到画有月亮和星星的图片时要求报告“白天”,而当儿童看到画有太阳的图片时要求报告“夜晚”。最后儿童正确回答的次数做为该任务的成绩。昼与夜 Stroop 任务要求儿童抑制视觉冲突的矛盾,是一项非阅读性的测验,因此一直以来被用于儿童抑制能力的测查和评估^[32]。②水果 Stroop (Fruit Stroop):Stroop 水果测验与昼与夜 Stroop 任务一样,也是一项非阅读测验^[33]。该测验包括四个任务,任务一要求被试在规定的时间内快速的报告由蓝、黄、绿和红四种颜色组成的方块的颜色(方块随机排列);任务二要求被试在规定的时间内快速的报告指定的水果的颜色,其中,水果的颜色和水果相符合(如黄色的香蕉,红色的苹果);任务三要求被试在规定的时间内快速的报告指定的水果的颜色,其中,所呈现水果没有颜色;任务四要求被试在规定的时间内快速的报告指定的水果的颜色,其中,所呈现水果的颜色和水果不符(如绿色的香蕉,蓝色的苹果)。被试正确回答的次数为该任务的成绩。该任务也适合儿童抑制功能的测试。③数值-大小 Stroop (magnitude-size Stroop):数值-大小 Stroop 任务是对色彩 Stroop 任务的一种演变。数字 Stroop 测量抑制能力被认为敏感度更高,而且数字的选择范围比色词的选择范围更宽。数值大小与其形状大小之间构成了 stroop 冲突。例如呈现形状上比较小的“6”和形状上比较大的“2”,要求被试判断两个数的数值大小,被试就需要抑制数字的物理大小给数值大小带来的冲突。该测验包括三种任务:一种属于一致条件,即数值大小与数值显示字号大小一致;第二种为中性条件,即仅有数值大小,两数值字号一样;第三类属于不一致条件,即数值大小与两数值字号大小相反。最后成绩记录被试的反应时和正确率^[34]。

1.3.2 停止信号任务 停止信号任务也是一种较为常用的测量个体抑制控制能力的任务。该任务通过计算机向被试呈现刺激,屏幕上出现某个刺激(如字母“X”或“O”),要求被试按键盘上相应 X 键和 O 键中的其中一个。但是,如果被试听到表示停止信号的提示音,就停止按键。最后记录被试的选择反应时,这种选择反应时任务被认为就是一种测量规则使用能力的任务,在完成这种任务时,要求一种利用给定规则控制行为的能力,测量了已形成的“按键反应倾向”抑制的能力^[35]。

1.3.3 Go/No-Go 任务 Go/No-Go 任务也被用来考察被试的抑制能力,因为其经典形式对认知和行为的年龄要求最小。在 Go/No-Go 任务中,要求被试做出反应的刺激叫做 Go 刺激,不需要被试做出反应的刺激为 No Go 刺激。一般情况下,会给被试呈现两种不同的视觉刺激(如字母 X 和 O),要求被试看到某种刺激(如 X)就按键,而在看到另一种刺激

(如O)就不按键。Go/No-Go任务是一种对于干扰刺激抑制的基础上,对目标刺激进行的反应。在之前的研究中主要用来测定ADHD和抑郁症儿童对抑制的控制、注意力和解决问题的能力^[36,37]。

2 研究展望

2.1 改进相关研究范式,进行工作记忆中央执行系统的全面评估

中央执行系统的可分离性已被越来越多的研究者所证实,研究者也逐步开始采用各种分离的中央执行功能来进行相关的研究。目前,进一步改进各种执行功能的任务,提高执行功能测量的信、效度将是今后研究的一个重要趋势。无论是Miyake等人^[11]所采用的潜变量分析方法,还是Collette等人^[15]采用的神经成像的方法都不能代替对研究范式本身进一步改进的努力,如果所选的测量任务不能有效的、可靠的测量出执行功能,再高明的统计方法、再先进的神经成像方法也是无济于事。另外,目前对于中央执行系统的评估单项测验多,而成套测验少,不利于对其进行全面的评估,应考虑在之后的研究中建立一整套信、效度高的中央执行系统测评工具,以便对其进行全面的评估。

2.2 开发针对学习障碍儿童和老年人等特殊被试的中央执行功能评估工具

关于学习障碍儿童工作记忆的研究发现,中央执行系统在学习障碍儿童工作记忆缺陷中扮演着至关重要的角色^[38]。另外,关于工作记忆老年化的研究表明,老年人工作记忆的老化主要体现为中央执行系统的老化^[39]。可见,中央执行系统在学习障碍儿童认知缺陷和老年人的认知老化中占有重要的地位和作用,但是,由于这些被试的特殊性,使得目前的一些评估手段和方法无法敏感的有效的测量出他们的中央执行功能。因此,在今后的研究中,应当设计例如昼与夜 Stroop 和水果 Stroop 等适宜于儿童和老年被试的中央执行功能测验,将会对这些特殊被试的认知临床诊断和评估起重要的作用。

2.3 建立中央执行系统子功能的认知神经评价指标和体系

自中央执行系统的概念提出以来,存在两种基本研究取向:测量学的研究和神经心理学的研究。而目前的研究主要倾向于测量学的研究取向,研究者主要关心中央执行系统的可分离性及其子功能与复杂认知活动的关系。然而,从神经心理学以及认知神经科学的角度对中央执行系统子功能进行评估能够发现个体潜在的认知缺陷,并能将这些缺陷与特定的神经心理障碍和特定脑区联系起来。随着脑成像技术的不断更新,心理测量学研究与神经心理学的结合将是未来中央执行系统评估研究的重要趋势,可以考虑结合借助ERP、fMRI等技术手段为工作记忆中央执行系统子功能的评估寻找更加客观、准确的神经活动指标。

2.4 开展中央执行系统训练研究

工作记忆训练的研究表明,工作记忆训练的关键和实质在于工作记忆中央执行系统的训练^[40,41]。因此,在今后的研究中,可以考虑结合相关的评估方法和研究范式,从训练中央执行系统的子功能入手,通过训练个体的抑制、转换和刷新能力,以达到提高个体工作记忆能力的效果。这将为特殊儿童(如多动症儿童、孤独症儿童以及学习障碍儿童等)的治疗、干预和教育辅导,将为延缓老年人认知老化提供有效的帮助;在临床领域,可以为工作记忆缺陷个体的临床干预和治疗提供有效的工具,具有重要的实践意义。

参 考 文 献

- 1 Baddeley AD. Working memory. *Science*, 1992, 255: 556-559
- 2 Baddeley AD. Is working memory still working? *American Psychologist*, 2001, 11: 851-864
- 3 Cowan N. Working memory capacity. New York, NY: Psychology Press, 2005
- 4 Kintsch W, Patel VL, Ericsson KA. "The role of long-term working memory in text comprehension". *Psychologia*, 1999, 42(4): 186-198
- 5 张拉艳,周世杰. 工作记忆及其评估. *中国临床心理学杂志*, 2005, 13(3): 360-362
- 6 Camos V. Low working memory capacity impedes both efficiency and learning of number transcoding in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2008, 99: 37-57
- 7 Barrouillet P, Mignon M, Thevenot C. Strategies in subtraction problem solving in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2008, 99: 233-251
- 8 郭春彦. 工作记忆:一个备受关注的研究领域. *心理科学进展*, 2007, 15(1): 1-7
- 9 蔡笑岳,苏静. 工作记忆与领域知识在个体认知行为中的作用. *心理与行为研究*, 2008, 6(4): 306-310
- 10 Tillman CM, Nyberg L, Bohlin G. Working memory components and intelligence in children. *Intelligence*, 2008, 36: 394-402
- 11 Miyake A, Friedman NP, Emerson MT, et al. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'frontal lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 2000, 41: 49-100
- 12 Baddeley AD. Exploring three central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1996, 49: 5-28
- 13 Burgess P, Shallice T. Fractionnement du syndrome frontal. *Review of Neuropsychology*, 1994, 4: 345-370
- 14 陈天勇,李德明. 执行功能可分离性及与年龄关系的潜变量分析. *心理学报*, 2005, 37(2): 210-217
- 15 Collette F, Vander LM. Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2002, 26: 105-125

16 Yntema DB. Keeping track of several things at once. *Human Factors*, 1963, 5: 7-17

17 Kusak G, Grune K, Hagendorf H, et al. Updating of working memory in a running memory task: an event-related potential study. *International Journal of Psychophysiology*, 2000, 39: 51-65

18 Owen AM, McMillan KM, Laird AR, et al. N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 2005, 25: 46-59

19 Braver TS, Cohen JD, Nystrom LE, et al. A parametric study of prefrontal cortex involvement in Human working memory. *Neuroimage*, 1997, 5: 49-62

20 Harvey PO, Bastard GI, Pochon JB, et al. Executive functions and updating of the contents of working memory in unipolar depression. *Psychiatric Research*, 2004, 38: 567-576

21 罗琳琳,周晓林. 执行功能与数量加工:回顾与展望. *心理科学进展*, 2004, 12(5): 714-722

22 Scisco JL, Leynes A, Kang J. Cardiovascular fitness and executive control during task-switching: An ERP study. *International Journal of Psychophysiology*, 2008, 69: 52-60

23 Cragg L, Nation K. Shifting development in mid-childhood: The influence of between-task interference. *Developmental Psychology*, 2009, 45(5): 1465-1479

24 Lavric A, Mizon GA, Stephen M. Neurophysiological signature of effective anticipatory task-set control: A task-switching investigation. *European Journal of Neuroscience*, 2008, 28: 1016-1029

25 史艺荃,周晓林. 执行控制研究的重要范式-任务切换. *心理科学进展*, 2004, 12(5): 672-679

26 Rogers RD, Monsell S. Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1995, 124: 207-231

27 Salthouse TA, Fristoe N, McGuthry KE, et al. Relation of task switching to speed, age, and fluid intelligence. *Psychology and Aging*, 1998, 13(3): 445-461

28 Navon D. Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 1977, 9: 353-383

29 Zacks RT, Hasher L. Directed ignoring: Inhibitory regulation of working memory. In: Dagenbach D, Carr TH. *Inhibitory Processes in Attention, Memory, and Language*. San Diego, CA:Academic Press, 1994. 241-264

30 Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 1935, 18: 643-662

31 Gerstadt CL, Hong YJ, Diamond A. The relationship between cognition and action: Performance of children 31/2-7 years old on a Stroop-like daynight test. *Cognition*, 1994, 53: 129-153

32 陈俊,刘海燕,张积家. Stroop 效应研究的新进展-理论、范式及影响因素. *心理科学*, 2007, 30(2): 415-418

33 Archibald SJ, Kerns KA. Identification and description of new tests of executive functioning in children. *Child Neuropsychology*, 1999, 5(2): 115-129

34 王晓芳,刘潇楠,罗新玉,等. 数学障碍儿童抑制能力的发展性研究. *中国特殊教育*, 2009, 10: 55-59

35 Logan GD, Schachar RJ, Tannock R. Impulsivity and inhibitory control. *Psychological Science*, 1997, 8(1): 60-64

36 Bokura H, Yamaguchi S, Kobayashi S. Electrophysiological correlates for response inhibition in a Go/NoGo task. *Clinical Neurophysiology*, 2001, 112: 2224-2232

37 Falkenstein J, Hohnsbein HJ. ERP components in Go/NoGo task and their relation to inhibition. *Acta Psychologica*, 1999, 112: 267-291

38 周世杰,杨娟,张拉艳,等. 学习障碍儿童的工作记忆研究. *中国临床心理学杂志*, 2006, 14(2): 129-131

39 Craik FIM, Jennings JM. Human memory. In Craik FIM, Salthouse TA. *The handbook of aging and cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1992. 5-110

40 Jaeggi SM, Buschkuhl M, Jonides J, et al. Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(19): 6829-6833

41 McNab F, Varrone A, Farde L, et al. Changes in cortical Dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science*, 2009, 323: 800-802

(收稿日期:2011-03-28)

(上接第 742 页)

personality psychology. New York: Guilford Press, 2007. 461-494

14 戴晓阳,吴依泉. NEO-PI-R 在 16-20 岁人群中的应用研究. *中国临床心理学杂志*, 2005, 13(1): 14-18

15 John OP. The "Big Five" factor taxonomy: Dimensions of personality in the natural language and questionnaires. In Pervin LA. *Handbook of personality: Theory and research*. New York: Guilford Press, 1990. 66-100

16 Berry JW. Imposed etics-emics-derived-etics: The operationalisation of a compelling idea. *International Journal of Psychology*, 1989, 24: 721-735

17 Wilkinson L. The American Psychological Association (APA) Task Force on Statistical Inference. *Statistical methods in psychology journals: Guidelines and explanations*. *Educational and Psychological Measurement*, 1999, 54(8): 594-604

(收稿日期:2011-05-05)