

儿童中期计划能力和注意能力的关系： 一项交叉滞后研究*

魏 威¹ 邓赐平^{**2} 周 琨²

(¹上海师范大学教育学院, 上海, 200234) (²华东师范大学心理与认知科学学院, 上海, 200062)

摘 要 本研究追踪考察 139 名儿童 7 岁、8 岁和 9 岁时在计划和注意任务上的表现, 并利用交叉滞后模型分析此期间计划能力与注意能力不同成分(持续性注意, 抑制控制和选择性注意)在发展上的关系。结果发现抑制控制和选择性注意与计划能力在 8~9 岁期间存在着正向的双向作用关系, 而 7 岁时的持续性注意和抑制控制正向预测 8 岁时的计划能力, 7 岁时的计划能力正向预测 8 岁时的选择性注意。这些结果表明计划能力和注意能力的不同成分之间存在着发展上的双向作用关系。

关键词 计划能力 持续性注意 抑制控制 选择性注意 交叉滞后

1 引言

计划能力是人类区别于其它动物的一个重要特征, 使人类避免在即时情境中不加思考地反应。计划是指对想要做以及打算做事情的心理表征, 而计划能力被视为行动前形成问题解决策略、选择有效策略、进而在执行过程中对效果进行评估并加以调整策略的能力(Das, 2015)。诸多研究表明, 童年中期是计划能力快速发展的时期(Anderson et al., 2002; Krikorian & Bartok, 1998)。在此期间, 计划能力与儿童的阅读和数学能力的发展有着密切的联系(Bull et al., 2008; Cai et al., 2016; Naglieri & Rojahn, 2004), 直接参与到阅读理解、数学运算、数学问题解决等过程。考察童年中期计划能力的发展, 对实施儿童的学习困难的干预有着重要的启示意义。

在计划能力的发展中, 诸多基础认知能力起着促进的作用, 其中之一便是注意能力。在计划过程中, 即形成并执行策略的过程中, 需要聚焦注意和注意抑制的参与(Das & Misra, 2014)。不少研究发现计划能力的发展与注意能力有密切关联(Bull et al., 2004; Friedman et al., 2014; Hughes et al., 2009; Miyake et al., 2000; Senn et al., 2004; Welsh

et al., 1999)。注意能力并非单维的, 而是包含不同成分的结构。根据 Posner 的神经认知模型(Petersen & Posner, 2012), 大脑存在三个注意功能网络: 第一个是警觉网络, 与维持警觉水平和准备状态有关(即持续性注意); 第二个是定向网络, 负责有选择性地分配注意力给需进一步加工的刺激(即选择性注意); 第三个是执行控制网络, 参与冲突情境中对不当优势反应的控制过程(即抑制控制)。从分别负责计划能力和注意能力的脑区来看, 二者的功能都与前额叶有关: 计划能力与前额叶有关, 持续性注意与右侧大脑额-顶叶有关, 抑制控制与前扣带皮层和前额叶的侧面有关, 选择性注意则与腹侧前额叶、颞-顶叶及额叶眼动区有关(Cieslik et al., 2015; Petersen & Posner, 2012; Squire et al., 2013)。

当前关于注意能力在计划能力发展中作用的研究, 几乎都集中于注意抑制与计划能力之间的关系。大多研究表明, 注意抑制与计划能力之间存在着显著的正相关(Bull et al., 2004; Friedman et al., 2014; Senn et al., 2014)。例如 Bull 等(2004)以学前幼儿为对象, 发现抑制控制可以显著预测儿童在计划能力测试上的表现。同样, 近来一些纵向研究发现,

* 本研究得到国家自然科学基金(71373081)、中国博士后科学基金(2016M601624)以及上海师范大学校级项目(310-KC112-A-0230-17-001006)的资助。

** 通讯作者: 邓赐平。E-mail: cpdeng@psy.ecnu.edu.cn

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20180109

早期的注意抑制能力可以显著预测之后的计划能力 (Friedman et al., 2014; Hughes et al., 2009)。例如 Frieman 等 (2014) 发现 4 岁时的抑制能力可以显著预测一年级时的计划能力(未控制之前的计划能力, 即自回归因子)。当前尚无研究考察选择性注意与计划能力之间的关系, 仅有一篇研究考察了持续性注意与计划能力的关系 (Frieman et al., 2014), 发现 4 岁时的持续性注意同样可以预测 6 岁时的计划能力 (同样未控制自回归因子)。

同时, 这些研究都只考察注意能力在计划能力发展中的单向作用, 鲜有研究考察计划能力在注意能力发展中的作用。诸多研究者强调自上而下和自下而上过程同时存在于注意过程中 (Gazzaley & Nobre, 2012; Katsuki & Constantinidis, 2014), 因此计划能力很可能对注意过程的某些成分, 尤其是抑制控制和选择性注意, 产生影响。Hughes 及其同事 (2009) 发现, 儿童在 4 岁时的计划能力与 6 岁时的注意抑制有着显著的关联, 因而 McCormack 等 (2011) 认为不仅更早的注意抑制可以预测之后的计划能力, 同样很有可能更早的计划能力预测之后的注意抑制。此外, Das 等人 (2015) 也认为计划能力与注意能力之间存在着相互关系, 一方面, 计划的产生和执行受制于个体在问题情境中注意到的相关特征以及据此加工后的结果, 而另一方面, 计划能力在激活、维持注意并抑制无关信息时起着重要作用 (Das et al., 1996)。

因此, 本研究的目的在于, 通过追踪调查儿童在 7 岁、8 岁和 9 岁时的计划和注意能力, 建立计划和注意能力不同成分的交叉滞后模型, 考察二者在童年中期的发展关系, 以便为二者之间的因果关系推断提供证据 (温忠麟, 2017)。根据之前的研究结果 (Friedman et al., 2014; Hughes et al., 2009), 本研究作出如下假设: (1) 计划能力和持续性注意存在着单向的关系, 更早的持续性注意可以预测之后的计划能力; (2) 计划能力与抑制控制和选择性注意存在着相互的发展关系, 即更早的抑制控制和选择性注意可以预测之后的计划能力, 而更早的计划能力也可以预测之后的抑制控制和选择性注意。

2 方法

2.1 研究对象

来自上海某小学的 154 名 7 岁儿童参与本研究

的第一次测试, 一年后 9 名儿童因转学等原因未能参与第二次测试, 两年后第三次测试时又有 6 名儿童流失。Little 完全随机缺失检验表明这 15 名儿童的缺失数据类型为完全随机缺失 ($\chi^2=49.19$, $df=36$, $p>.05$), 因此将剩余 139 名儿童作为数据分析对象。其中包括 67 个男孩和 72 个女孩, 三次施测时的平均年龄 (标准差) 分别为 89.81 (3.22)、101.12 (3.52)、112.78 (3.71) 个月。所有儿童均不存在感觉、行为或心理上的发展障碍, 视力均正常或矫正后正常。根据小学所在的区域, 儿童所在家庭的社会经济学地位处于中等或中上水平。测试前已征得儿童父母的同意, 并获得华东师范大学大学人体实验伦理委员会的许可。

2.2 材料

2.2.1 计划能力

本研究采用 Das-Naglieri 认知评估系统 (DN CAS; 魏威等, 2016; Deng et al., 2011) 的计划分量表来调查儿童的计划能力, 包括数字匹配、计划编码和计划连接三个任务。数字匹配任务有四个项目, 每一个包含八行数字系列, 儿童要在规定时间内, 尽快找出每一行中两个相同数字。根据 DN CAS 的指导手册, 为避免地板效应和天花板效应, 7 岁儿童实施前两个项目, 8~9 岁儿童实施后三个项目。记录儿童在每个项目中正确完成的总行数和总时间, 通过 DN CAS 所提供的分数表将二者转化为比率分。该任务的得分为所施测项目比率分的总和。计划编码中, 儿童要按照每一页上方的字母及其代码 (如 A=OX, B=XX, C=OO, D=XO), 采用自己的策略, 在指定时间 (7 岁两分钟, 8 岁以上一分钟) 内, 既要又要准确地填写下方测题中 56 个 ABCD 对应的代码。该任务共两个项目, 分别记录儿童正确完成的个数和时间, 其它计分方式同数字匹配。计划连接要求儿童在规定时间内, 将散布在页面上的一个连续的数字系列按照从小到大的顺序连接起来, 或者将一个连续的数字系列和一个连续的字母系列分别按照从小到大和字母表的顺序交错连接起来 (如 1-A-2-B-3-C)。该任务共 7 个项目, 前五个项目只包含数字系列, 后两个项目包含数字系列和字母系列。7 岁儿童实施前五个项目, 8 岁以上儿童实施后五个项目。记录儿童完成每个项目所需的时间, 加在一起得到总分。这三个任务在以 5~12 岁中国儿童为对象的研究中表现出良好的信效度 (.70~.76, 魏威等, 2016; .70~.90, Deng et al., 2011), 并且

与传统测查计划能力的汉诺塔任务有着密切的关联（Georgiou et al., in press）。

2.2.2 注意能力

采用儿童日常注意力测试（Test of Everyday Attention for Children; Chan et al., 2008; Manly et al., 2001）来考察儿童在7岁、8岁和9岁时注意能力的不同成分，该测试共九个任务，设计来测查Posner的神经认知模型中的三个注意成分。该测试有较好的重测信度（.64~.92; Manly et al., 2001），结构效度也得到国内研究的验证（Chan et al., 2008）。

持续性注意。“数枪声”的每个项目会出现一定数量频率类似枪声的纯音，要求儿童默数纯音的数量，在每个项目结束后向测试者报告总数。“数枪声双重任务”的每个项目会播放一段新闻，其中会提到一种动物，同时，还会以一定数量的“数枪声”中的纯音作为背景声音。儿童要仔细听新闻的内容，寻找其中提到的动物，同时要默数枪声的数量，在每个项目结束后向测试者报告动物名称和纯音的总数。“密码传送”任务中，儿童会听到连续播放的数字，当出现两个连续的5时，要马上报告这两个5之前的一个数字。“踩脚印”的每个项目采用反应/停止范式，反应信号是一种纯音，停止信号是反应信号之后紧接着一个“咣”的声音。儿童用笔在纸张上作反应，纸张上每道题有一系列的脚印，当儿童听到反应信号时需要按顺序划（“踩”）一次脚印，如果听到停止信号则无需划脚印，同时该项目结束。

抑制控制。“相反世界”中，儿童会看到数字1和2组成的系列，在相同世界中儿童要读出1和2，而在相反世界中儿童看到1要读2，看到2要读1。

按照相同世界、相反世界、相反世界和相同世界的方式进行四次测试。以相反世界的平均时间作为该任务的得分。“数怪物”的每个项目中，儿童会看到一条S形的路径，上面有一些怪物，以及一些向上和向下的箭头，儿童要按着路径的方向遵循一些规则去数这些怪物的数量：看到向上的箭头要正数，看到向下的箭头要倒数，如1, 2（↑），3, 4（↓）3, 2。

选择性注意。“地图任务”中，儿童要在一张地图上找到并圈出尽可能多的餐厅符号，时限为1分钟。“天空搜索”中有128对飞船（共4种不同类型），其中有20对是相同的，儿童要尽快地找到并圈出这些相同的成对飞船，记录儿童完成的时间和正确个数，通过正确个数除以完成时间得到比率分，作为该任务的指标。

2.3 程序

每年的测试在四月或五月进行，主试由接受过培训的硕士生担任，在儿童所在学校的安静房间里进行一对一的测试。测试分两部分进行，第一部分实施计划能力、选择性注意和注意抑制任务，第二部分实施持续性注意任务，每个部分的时间约为30分钟。

采用SPSS 21.0进行数据的基本处理，使用AMOS 20.0进行进一步的路径分析。

3 结果

表1显示了儿童分别在7岁、8岁和9岁时每个测试任务上得分的均值和标准差，其中数字匹配、计划编码和计划连接7岁的测查项目与8岁及9岁的不同，因而发展趋势不同于其它变量。此外，太空搜索双重任务、相反世界和太空搜索采用的时间

表1 儿童在7-9岁计划和注意测试得分的描述性统计结果（均值 ± 标准差）

	7岁	8岁	9岁
数字匹配	15.46±3.44	10.17±2.62	12.58±3.13
计划编码	47.83±14.98	50.00±13.21	63.18±16.17
计划连接	65.09±20.06	228.40±64.13	185.52±53.67
数枪声 ¹	7.42±1.95	7.95±1.82	8.17±1.72
数枪声双重任务 ¹	10.75±3.07	12.88±2.80	14.49±2.91
密码传送 ¹	34.03±4.59	36.19±4.01	37.58±2.55
踩脚印 ¹	11.23±3.17	12.01±3.18	12.89±3.42
太空搜索双重任务 ¹	3.21±5.99	1.10±2.59	.90±1.94
相反世界 ²	35.03±6.71	30.39±5.33	26.16±4.75
数怪物 ²	3.77±1.67	4.01±1.82	3.98±1.81
地图任务 ³	19.89±5.92	25.25±7.42	31.17±8.8
太空搜索 ³	3.87±.89	3.39±.93	2.91±.72

注：1 持续性注意任务，2 抑制控制任务，3 选择性注意任务。

分数, 因此发展趋势上逐渐减小。

为考察本研究采用的任务是否拟合于四个潜在能力的结构(计划、持续性注意、注意抑制和选择性注意), 采用验证性因素分析分别对7岁、8岁和9岁时的测试及其潜在测量能力建立总模型并考察其拟合度。总模型中, 计划负荷于数字匹配、计划编码和计划连接, 持续性注意负荷于数枪声、数枪声双重任务、密码传送、踩脚印和太空搜索双重任务, 抑制控制在相反世界和数怪物上有负荷, 选择性注意在地图任务和太空搜索上有负荷, 允许四个潜变量相关。总模型在7岁时的拟合结果为: $\chi^2=54.87$, $df=48$, $p=.23$, GFI(拟合优度指数)=.97, CFI(比较拟合指数)=.94, RMSEA(近似误差的平方根)=.03; 8岁时的拟合结果为: $\chi^2=60.84$, $df=48$, $p=.10$, GFI=.94, CFI=.94, RMSEA=.04; 9岁时的拟合结果为: $\chi^2=54.76$, $df=48$, $p=.23$,

GFI=.97, CFI=.94, RMSEA=.03。参考之前研究中的拟合标准(温涵, 梁韵斯, 2015), 这些模型都处于可接受的范围。

接着为简化对计划能力、持续性注意、抑制控制和选择性注意进一步的分析, 在每一个时间点, 我们将儿童在每个任务上的得分转化为标准分, 然后将测量某能力的所有任务的标准分(反向得分取其相反数)的均值作为该能力的合成分数。7岁、8岁和9岁时的计划能力、注意能力的三个成分之间的相关系数如表2所示: 首先, 计划能力、持续性注意、抑制控制和选择性注意在两年期间的稳定性均处于中等或较高水平(自相关系数.44~.64); 其次, 就每个时间点而言, 计划与注意的不同方面的关系均为显著的较低或中等程度的正相关(.19~.49)。

接着我们采用路径分析考察计划能力与注意能力不同成分在7~8岁和8~9岁的交叉滞后关系, 其

表2 儿童在各年龄段的计划和注意测验得分的相关矩阵

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.计划能力(7岁)											
2.持续性注意(7岁)	.27										
3.抑制控制(7岁)	.36	.37									
4.选择性注意(7岁)	.43	.12	.26								
5.计划能力(8岁)	.61	.40	.42	.35							
6.持续性注意(8岁)	.19	.46	.30	.23	.30						
7.抑制控制(8岁)	.21	.33	.59	.19	.33	.30					
8.选择性注意(8岁)	.35	.21	.19	.44	.38	.26	.21				
9.计划能力(9岁)	.49	.33	.45	.40	.64	.29	.40	.41			
10.持续性注意(9岁)	.19	.46	.30	.22	.31	.55	.24	.39	.26		
11.抑制控制(9岁)	.39	.38	.53	.36	.40	.34	.57	.32	.49	.36	
12.选择性注意(9岁)	.45	.17	.22	.49	.38	.19	.25	.49	.48	.12	.42

注: 相关系数小于.16, $p>.05$; 在.17与.22之间, $p<.05$; 在.23以上, $p<.01$ 。

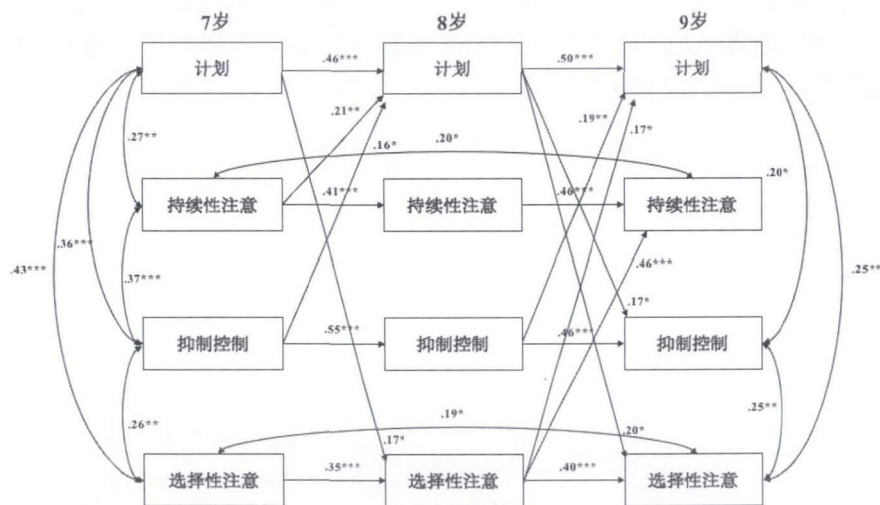


图1 计划能力和注意能力不同成分的交叉滞后模型

注: * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$ 。

中允许相同时间点的变量残差相关。结果如图 1 所示，模型的拟合处于可接受的范围： $\chi^2=32.91$ ， $df=14$ ， $p=.00$ ， $GFI=.96$ ， $CFI=.97$ ， $RMSEA=.09$ 。图 1 仅显示了显著的路径系数，其中数字均为标准化回归系数。从 7 岁到 8 岁有三条显著的交叉滞后路径：7 岁时的持续性注意和抑制控制可以正向预测 8 岁时的计划能力，而 7 岁时的计划能力可以正向预测 8 岁时的选择性注意；从 8 岁到 9 岁存在四条显著的交叉滞后路径：计划能力与抑制控制，以及计划能力与选择性注意均存在着前后相互正向预测的关系。

4 讨论

本研究采用交叉滞后模型考察 7~9 岁期间儿童计划能力与注意不同成分在发展上的关系，结果表明，在 8~9 岁期间，计划能力和抑制控制，以及计划能力和选择性注意之间均存在着相互预测的正向关系；而在 7~8 岁期间，7 岁的持续性注意和抑制控制可以预测 8 岁时的计划能力，而 7 岁时的计划能力可以预测 8 岁时的选择性注意。

持续性注意和计划能力的发展关系与我们的假设部分一致，7 岁的持续性注意能预测 7 岁到 8 岁间计划能力的增长，这也与 Friedman 等（2014）的研究结果（四岁时的持续性注意能预测一年级的计划能力）一致。然而，8 岁的持续性注意不再能够预测计划能力的进一步增长，同时在 8 岁和 9 岁时计划能力和持续性注意之间的相关不显著。这可能表明，持续性注意对计划能力的作用可能在逐渐减弱。儿童在 7 岁时为一年级或二年级学生，由于入学适应等因素，持续性注意可能在学龄早期制约着计划能力的水平（Kofman et al., 2008），到了 8 岁和 9 岁，即进入中年级或高年级后，持续性注意可能不再是制约计划能力发展的因素了。

抑制控制与计划能力的发展关系同样与我们假设部分一致，抑制控制可以预测计划能力逐年的发展，而只有 8 岁的计划能力可以预测抑制控制能力。抑制控制对计划能力的预测与之前的研究（Friedman et al., 2014; Hughes et al., 2009）一致，且本研究进一步地表明抑制控制是计划能力增长的一个重要因素。抑制控制对计划能力的影响可能体现在两个方面：第一，抑制控制使得儿童避免在理解任务并获取充足信息之前便开始做出反应（Schachar & Logan, 1990）；第二，形成策略后的执行过程中，

需要抑制控制对优势反应或策略进行控制（Albert & Steinberg, 2011）。本研究的另一个独特贡献在于，发现较早的计划能力对之后的抑制控制有着预测作用，尽管只是在 8~9 岁期间对之后的抑制控制能力有预测作用。一个可能原因是学龄早期的计划能力较差，只能形成较为简单的策略，未能帮助儿童有效地调节抑制控制，而计划能力发展到一定程度，才能更好地完成需要抑制控制参与的活动（Metcalf & Mischel, 1999）。

对于选择性注意与计划能力的发展关系，较早的计划能力能够预测之后的选择性注意，这与我们的预期是一致的。正如之前所说的，计划能力可以促进个体在注意任务中进行有效的刺激搜索，这反映了自上而下的加工在选择性注意中的重要性（Desimone & Duncan, 1995）。除此之外，我们还发现，在 8~9 岁期间较早的选择性注意对之后的计划能力有预测作用，选择性注意可能有助于儿童在解决问题时更好地发现关键信息，从而提高在计划任务上的表现。

综合以上结果，本研究发现计划能力和注意能力之间在童年中期的发展上有着相互作用的关系，至少在 8~9 岁期间，计划能力与注意的抑制控制和选择性注意之间存在双向交互作用的关系，但在 7~8 岁期间，计划能力与不同注意成分的关系及作用方向相对不同。计划能力与抑制控制和选择性注意的关系更为密切，计划能力对于这两种注意成分的影响反映了自上而下过程对注意的影响作用（Desimone & Duncan, 1995; Gazzaley & Nobre, 2012）。之前也有研究者考虑到注意和计划能力的关联，将注意和计划能力统一于执行功能的框架里面（Anderson, 2002; Diamond, 2013）。我们的研究结果还表明，在 7~9 岁期间，计划和注意能力的关系似乎还在发生变化，尽管三个注意成分都参与到计划过程中，然而制约计划能力的注意成分可能随年龄发生变化，这种变化可能与计划能力和注意能力不同成分自身的发展有关。

本研究亦存在一些不足。首先，本研究单纯考察计划能力和注意能力之间的发展关系，未考虑到其它控制变量（如智力、工作记忆等）的影响；其次，本研究考察总体的计划能力，然而计划过程包括形成计划和执行计划，未来研究可以考察注意能力如何具体参与到计划的哪个过程；第三，在分析方法上，由于样本量较小，只能采用合成分数反映计划和注

意能力,未来研究可以增加样本量并采用潜变量模型进行分析,以进一步减小测量误差。

5 结论

本研究采用交叉滞后模型考察童年中期计划能力和注意能力不同成分之间的动态发展关系,结果表明,童年中期计划能力和注意能力之间在发展上存在着相互的正向预测关系,但其关系和方向因注意的不同成分而异。

参考文献

- 魏威,田丽丽,康丹,邓赐平,周欣.(2016). Das-Naglieri 认知评估系统(中文版)在学前儿童样本中的结构验证. *心理科学*, 39, 377-383.
- 温涵,梁韵斯.(2015). 结构方程模型常用拟合指数检验的实质. *心理科学*, 38, 987-994.
- 温忠麟.(2017). 实证研究中的因果推理与分析. *心理科学*, 40, 200-208.
- Albert, D., & Steinberg, L. (2011). Age differences in strategic planning as indexed by the Tower of London. *Child Development*, 82, 1501-1517.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8, 71-82.
- Bull, R., Espy, K. A., & Senn, T. E. (2004). A comparison of performance on the Towers of London and Hanoi in young children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45, 743-754.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33, 205-228.
- Cai, D., Georgiou, G. K., Wen, M., & Das, J. P. (2016). The role of planning in different mathematical skills. *Journal of Cognitive Psychology*, 28, 234-241.
- Chan, R. C., Lai, M. K., & Robertson, I. H. (2006). Latent structure of the Test of Everyday Attention in a non-clinical Chinese sample. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21, 477-485.
- Cieslik, E. C., Mueller, V. I., Eickhoff, C. R., Langner, R., & Eickhoff, S. B. (2015). Three key regions for supervisory attentional control: Evidence from neuroimaging meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 48, 22-34.
- Das, J. P. (2015). Three faces of cognitive processes: Theory, assessment, and intervention. In T. C. Papadopoulos, R. K. Parrila, & J. R. Kirby (Eds.), *Cognition, intelligence, and achievement* (pp. 19-50). San Diego, CA: Elsevier.
- Das, J. P., Kar, B. C., & Parrila, R. K. (1996). *Cognitive planning: The psychological basis of intelligent behavior*. Sage Publications, Inc.
- Das, J. P., & Misra, S. B. (2014). *Cognitive planning and executive functions: Applications in management and education*. SAGE Publications India.
- Deng, C.-P., Liu, M., Wei, W., Chan, R. C., & Das, J. (2011). Latent factor structure of the Das-Naglieri Cognitive Assessment System: A confirmatory factor analysis in a Chinese setting. *Research in Developmental Disabilities*, 32, 1988-1997.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Friedman, S. L., Scholnick, E. K., Bender, R. H., Vandergrift, N., Spieker, S., Hirsh
- Pasek, K., et al. (2014). Planning in middle childhood: Early predictors and later outcomes. *Child Development*, 85, 1446-1460.
- Gazzaley, A., & Nobre, A. C. (2012). Top-down modulation: Bridging selective attention and working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 129-135.
- Georgiou, G. K., Li, J., & Das, J. P. (in press). Tower of London: What level of planning does it measure? *Psychological Studies*.
- Hughes, C., Ensor, R., Wilson, A., & Graham, A. (2009). Tracking executive function across the transition to school: A latent variable approach. *Developmental Neuropsychology*, 35, 20-36.
- Hurks, P. P. M., Hendriksen, J. G. M., Dek, J. E., & Kooij, A. P. (2013). Normal Variability of Children's Scaled scores on subtests of the Dutch Wechsler Preschool and Primary scale of Intelligence-Third Edition. *The Clinical Neuropsychologist*, 27, 988-1003.
- Katsuki, F., & Constantinidis, C. (2014). Bottom-up and top-down attention: Different processes and overlapping neural systems. *The Neuroscientist*, 20, 509-521.
- Klenberg, L., Korkman, M., & Lahti-Nuutila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old Finnish children. *Developmental Neuropsychology*, 20, 407-428.
- Kofman, O., Gidley Larson, J., & Mostofsky, S. H. (2008). A novel task for examining strategic planning: Evidence for impairment in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30, 261-271.
- Krikorian, R., & Bartok, J. A. (1998). Developmental data for the Porteus maze test. *The Clinical Neuropsychologist*, 12, 305-310.
- Manly, T., Anderson, V., Nimmo-Smith, I., Turner, A., Watson, P., & Robertson, I. H. (2001). The differential assessment of children's attention: The Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD performance. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42, 1065-1081.
- Metcalfe, J., & Mischel, W. (1999). A hot/cool-system analysis of delay of gratification: dynamics of willpower. *Psychological Review*, 106, 3-19.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Naglieri, J. A., & Das, J. P. (1997). *Cognitive assessment system: Interpretive handbook*. Itasca, IL: Riverside Publishing.
- Naglieri, J. A., & Rojahn, J. (2004). Construct validity of the PASS theory and CAS: Correlations with achievement. *Journal of Educational Psychology*, 96, 174-181.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73-89.
- Sattler, J. M. (2001). *Assessment of children: Cognitive applications*. San Diego: Jerome M. Sattler Publisher, Inc.
- Sarter, M., Givens, B., & Bruno, J. P. (2001). The cognitive neuroscience of sustained attention: Where top-down meets bottom-up. *Brain Research Reviews*, 35, 146-160.
- Senn, T. E., Espy, K., & Kaufmann, P. M. (2004). Using path analysis to understand executive function organization in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 445-464.
- Schachar, R., & Logan, G. D. (1990). Impulsivity and inhibitory control in normal development and childhood psychopathology. *Developmental Psychology*, 26, 710-720.

- Schemmelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Muller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research (Online)*, 8, 23–74.
- Squire, R. F., Noudoost, B., Schafer, R. J., & Moore, T. (2013). Prefrontal contributions to visual selective attention. *Annual Review of Neuroscience*, 36, 451–466.
- Tideman, E., & Gustafsson, J. E. (2004). Age-related differentiation of cognitive abilities in ages 3–7. *Personality and Individual Differences*, 36, 1965–1974.
- Tucker-Drob, E. M. (2009). Differentiation of cognitive abilities across the life span. *Developmental Psychology*, 45, 1097–1118.
- Welsh, M. C., Satterlee-Cartmell, T., & Stine, M. (1999). Towers of Hanoi and London: Contribution of working memory and inhibition to performance. *Brain and Cognition*, 41, 231–242.

Cross-Lagged Relationships between Planning and Attention Skills in Middle Childhood: A Two-Year Follow-Up

Wei Wei¹, Deng Ciping², Zhou Hu²

(¹College of Education, Shanghai Normal University, Shanghai, 200234)

(²School of Psychology and Cognitive Science, East China Normal University, Shanghai, 200062)

Abstract Planning is an important developmental outcome in middle childhood, and is also an important correlate of academic achievement during school years. Planning is defined as the ability to formulate a strategy prior to action, execute the strategy, and verify whether the strategy is effective for solving a problem. It was argued that the planning process involved different attention skills, such as sustained attention to focus on the task, selective attention on the target characteristics, and attentional control to inhibit the preponderant but inappropriate responses. The previous studies showed attentional control and sustained attention significantly correlated with the development of planning, but it is unknown whether selective attention uniquely predicts planning. In addition, most of these studies used concurrent design, and thus little is known about the predictive power of earlier attention skills over later planning or about the direction of the relationships between planning and attention skills. Therefore, this study aimed to examine the dynamic developmental relationships between planning and different components of attention skills (sustained attention, attention control, and selective attention) in middle childhood. One hundred thirty-nine 7-year-old children from a primary school in Shanghai (67 boys and 72 girls; *mean* age = 89.81 months, *SD* = 3.22 months) were followed until they were 9 years old, and were annually assessed on planning, sustained attention, attentional control, and selective attention. Planning tasks were from the planning subtest of the Das-Naglieri Cognitive Assessment and attention was assessed by tasks from the Test of Everyday Attention for Children. The Pearson Correlations between planning and three components of attention (composite scores) indicated a significant stability for these four skills during the period from age 7 to age 9 and significant correlations between these variables at three points. The cross-lagged model was used to examine the developmental relationships between planning and three attention skills, and fitted well with the data ($\chi^2/df = 2.30$, GFI = .96, CFI = .97, RMSEA = .09). The results showed the effects between planning and attention skills and those between planning and selective attention were bidirectional during the period from age 8 and age 9, but sustained attention and attentional control at age 7 predicted planning at age 8, and planning at age 7 predicted selective attention. In general, the results indicated a mutual positive relationship between planning and different attention skills, but the relationships between planning and three attention components varied in the magnitude and direction.

Key words planning, sustained attention, attentional control, selective attention, cross-lagged model