

11~14 岁超常儿童与普通儿童问题解决能力的发展比较*

张 博¹ 黎 坚^{1,2} 徐 楚¹ 李一茗¹

(¹北京师范大学心理学院, 北京 100875) (²应用实验心理北京市重点实验室, 北京 100875)

摘 要 以北京市某中学和某小学 11~14 岁之间 294 名学生为被试, 其中超常儿童 131 人, 普通儿童 163 人。采用推箱子任务, 结合横断比较和纵向追踪数据, 从认知能力、元认知能力和认知效率三个维度来考察超常儿童与普通儿童问题解决能力的发展差异。结果发现超常儿童在问题解决能力的三个维度上均优于普通儿童, 两类儿童问题解决能力的发展模式不一致: 超常儿童的问题解决能力发展先快后慢, 快速发展期在 11~12 岁半之间; 普通儿童的问题解决能力发展先慢后快, 快速发展期在 12 岁半~14 岁之间。超常儿童与普通儿童的问题解决能力差异随年龄增大逐渐减小。

关键词 超常儿童; 问题解决能力; 发展模式; 推箱子

分类号 B844

1 引言

尽管传统心理学更关注人类心理加工的普遍模式, 但也有一些心理学分支一直在关注个体差异和一些非典型群体(Winner, 2000)。对这些非典型群体的研究不仅可以揭示该群体自身的特点, 为其鉴别和教养提供科学依据, 也可以进一步加深我们对典型群体的认识。超常儿童研究就属其中之一。对超常儿童的系统研究始于 1925 年(Terman, 1925), 之后一直经久不衰, 直到现在也仍是认知、发展和教育心理学等多个领域的重要议题。早期关于超常儿童的研究十分关注对他们的鉴别、教养及其成年后的发展(Hollingworth, 1926; Terman & Chase, 1920; Terman & Oden, 1959; 查子秀, 1990, 1994; 周林, 查子秀, 1986)。随着认知心理学的兴起与发展, 研究者开始关注超常儿童与同龄普通儿童在加工速度、工作记忆、推理能力、创造性思维等基本认知能力方面的差异(Cohn, Carlson, & Jensen, 1985; Fry & Hale, 2000; Geary & Brown, 1991; McLean & Hitch, 1999; 施建农, 徐凡, 1997; 施建

农, 2006)。当研究进一步深入, 研究的焦点逐步转向超常儿童更复杂的能力, 其中之一就是问题解决能力(Shore & Kanevsky, 1993)。

问题是日常生活的核心要素之一(Davidson & Sternberg, 2003), 从简单的价格计算到复杂的活动策划、衣食住行, 每一方面都有许多问题需要解决。所谓问题, 是指一种特殊的情境, 在这个情境中个体需要找出达到某一特定目的的方法, 并依据该方法进行实际操作, 最终达到目的(Chi & Glaser, 1985)。问题解决能力是人类作为智能物种所具有的代表性的复杂认知技能(Chi & Glaser, 1985; Wang & Chiew, 2010), 是一系列目标导向的认知操作(Anderson, 1980), 与个体生活质量有着密切的关系, 如问题解决能力高的个体人际压力更低(Davila, Hammen, Burge, Paley, & Daley, 1995), 学业成就更高(D'Zurilla & Nezu, 1990), 婚姻满意度更高(Sullivan, Pasch, Johnson, & Bradbury, 2010)。繁殖率低、力量薄弱的人类之所以能在地球上存活并占据绝对优势, 其重要原因之一就是人类能解决面临的问题(Keen, 2011)。

收稿日期: 2014-01-15

* 教育部人文社会科学研究一般项目青年项目(09YJCXLX001)资助。

通讯作者: 黎坚, E-mail: Jianli@bnu.edu.cn

正因为问题解决能力对人类起着举足轻重的作用,深入探究其发展变化规律就尤为重要。而要探究其发展变化规律就需要有合适的理论框架作为支撑。在众多的模型中,斯滕伯格的问题解决七步模型(Pretz, Naples, & Sternberg, 2003; Sternberg & Kagan, 1986)和三元智力理论(Sternberg, 1985)为人们理解问题解决提供了清晰的框架。斯滕伯格认为,问题解决过程包括以下七个步骤:问题识别、问题定义和表征、策略构建、知识组织、资源分配、过程监控和结果评估。其中第一、二、六、七步属于元认知成分;第三、四、五步属于认知成分(Davidson & Sternberg, 2003)。如果我们将问题解决看作完成一个项目的过程,元认知成分就好比一个项目的指挥官,主要包括计划、监测和评估,其中计划将认知、动机和情绪资源整合起来(Friedman & Scholnick, 1997),起着决定性作用(Keen, 2011; Jonassen, 2000; Scholnick, Friedman, & Wallner-Allen, 1997);而认知成分则好比一个项目的具体执行人员,主要包括加工速度、推理能力、工作记忆等。两种成分动态协调,共同构成问题解决过程。随着研究的深入,人们在评价个体的问题解决能力时,除了关注其元认知能力和认知能力之外,也开始关注认知效率(cognitive efficiency)。认知效率是指个体能在多大程度上以最少的精力、时间或认知资源投入达到既定目标的能力(Hoffman & Schraw, 2010; Hoffman, Schraw, & McCrudden, 2012)。一个优秀的问题解决者,除了具备良好的认知能力,并会进行事前计划、事中监测和事后评估,还应该能在单位投入内获得最大产出。因此,要对个体的问题解决能力进行更全面地评估,应该从认知能力、元认知能力和认知效率三个方面进行。

已有的关于超常儿童问题解决能力的研究主要集中在讨论了他们与同龄普通儿童在认知能力上的差异,且得出的结论比较一致,即超常儿童在加工速度(Duan, Dan, & Shi, 2013; Rindermann & Neubauer, 2004; Sheppard & Vernon, 2008; 邹枝玲, 施建农, 恽梅, 方平, 2003)、工作记忆(Alloway & Elsworth, 2012; Leikin, Paz-Baruch, & Leikin, 2013; Whitaker, Bell, Houskamp, & O'Callaghan, 2014)、推理能力(Lohman, 2005; Silverman, 2009; 查子秀, 1984)等方面均优于同龄普通儿童。已有的关于元认知的研究主要关注元认知知识和元认知监测这两方面(Alexander & Schwanenflugel, 1996; Alexander, Carr, & Schwanenflugel, 1995; 施建农, 1990),

而关注元认知计划的实证研究很少,且也没有得出一致的结论。如 Shore 和 Lazar (1996)发现,相较于普通儿童,超常儿童解决问题前用于计划的时间更长,但 Nellis 和 Gridley (2000)发现超常儿童和普通儿童在不同任务上表现出来的计划能力没有显著差异。当然,前者关注的是 7~8 年级儿童,后者关注的是学龄前儿童,研究结果难以直接比较。就认知效率而言,有研究者认为超常儿童是“学习游戏的大师级玩家”(Kanevsky, 1992),他们能有效地完成许多复杂任务。国内学者施建农等为此说法提供了一定证据,他们发现超常儿童的记忆速度更快(施建农, 1990),且在完成认知任务的过程中,超常儿童的 P3 波幅更大,潜伏期更短(Zhang, Shi, Luo, Zhao, & Yang, 2006)。但总体而言,关于超常儿童的认知效率研究还较少。尽管在神经生理学领域,有不少研究都发现个体智商越高,其大脑工作效率越高(Deary, Penke, & Johnson, 2010; Langer et al., 2012),如智力测验分数与大脑葡萄糖代谢水平(Haier, White, & Alkire, 2003)、脑区激活程度(Beauchamp & Stelmack, 2006)、事件相关去同步化程度(Neubauer, Grabner, Fink, & Neuper, 2005; Neuper & Pfurtscheller, 2001)呈显著负相关,但是也有研究发现相反的结论(Jaušovec & Jaušovec, 2004; Lefebvre, Marchand, Eskes, & Connolly, 2005)。需要指出的是,除 Zhang 等(2006),上述几项研究都是以普通成年人为被试,其结果并不能为超常儿童的认知效率提供直接证据。为了更有针对性地探讨此问题,应该选择更合适的被试群体,并关注认知效率的行为指标。

关注问题解决能力能帮助我们更加全面地了解超常儿童与普通儿童的群体差异,提高超常儿童鉴别的准确性,并丰富相应理论。但仅关注群体差异并不够,研究者更应该从发展的角度来探究这两类儿童问题解决能力发展模式差异,为其教育培养提供科学依据。目前还没有专门针对超常儿童问题解决能力发展模式的理论,但我们可以借鉴 Alexander 等(1995)提出的针对超常儿童的元认知能力发展模式假设,因为问题解决能力是包含元认知能力的一种更综合的能力,我们有理由相信,两者的发展模式至少在一定程度上是相似的。Alexander 等人认为,超常儿童的元认知能力发展可能有三种模式:天花板模式、加速模式,以及单调发展模式。天花板模式假设,元认知能力会随着发展逐步到达顶峰,超常儿童只是比普通儿童发展

得快,但随着年龄增长,普通儿童最终也会追上来,两者的差异最终会消失。加速模式假设,两类儿童最开始差异不会太明显,但是随着年龄增大,超常儿童的元认知能力发展会逐步超过普通儿童。单调发展模式则认为,超常儿童的元认知能力从出生就优于普通儿童,这种优越性会持续一生。那么超常儿童的问题解决能力发展模式属于哪一类呢?如果是天花板模式或加速模式,那么快速变化期又在哪儿呢?遗憾的是,目前关于超常儿童问题解决能力的发展研究还比较少,而已有的一些发展研究也都是不同年龄组之间的横断比较,极少有研究者通过追踪研究来关注这两类群体问题解决能力的发展模式差异(Steiner & Carr, 2003)。而横断比较研究易受到个体差异、时间单位的选取、发展模式类型等多种因素的影响,得到的结果需谨慎对待(Kraemer, Yesavage, Taylor, & Kupfer, 2000)。因此该领域亟待更多发展研究,尤其是纵向追踪研究的出现。

本研究采用推箱子任务作为问题解决情境,从认知能力、元认知能力和认知效率三个角度全面探讨超常儿童与普通儿童的问题解决能力。具体而言,研究首先检验了所选取的认知能力、元认知能力和认知效率这三个指标的心理测量学属性,并验证了“问题解决能力包含认知能力、元认知能力和认知效率这三个维度”的假设是否成立。同时,许多研究都表明,11~14岁是儿童体内激素水平、大脑结构功能发生改变的重要时期(Döhler & Wuttke, 1975; Evans, 2006; Thatcher, 1997a,b),而这些改变又与个体的认知功能存在密切关系(Casey, Giedd, & Thomas, 2000; Sisk & Zehr, 2005)。可以预期,问题解决能力在此年龄段也会相应出现较大的变化。因此本研究结合横断比较和纵向追踪数据,深入探讨11~14岁超常儿童和普通儿童的问题解决能力及其发展模式差异。

2 方法

2.1 被试

来自北京某中学和某小学共294名学生参加了横断研究,其中男生155名,年龄在11~14岁之间。按照其所在年级分为三个组:11岁组(11.12 ± 0.39 岁)包括超常儿童50人,普通儿童48人;12岁组(12.46 ± 0.50 岁)包括超常儿童51人,普通儿童38人;13岁组(13.73 ± 0.24 岁)包括超常儿童30人,普通儿童77人。上述被试中141人参加了为

年的纵向追踪研究,其中超常儿童65人,普通儿童76人。为了匹配两组被试的年龄,本研究分别从超常儿童和普通儿童中各选一个班。其中超常儿童32人(第一次参加测试年龄: 12.76 ± 0.25 岁),普通儿童38人(第一次参加测试年龄: 12.64 ± 0.38 岁),两者年龄差异不显著($t = 1.49, p = 0.14$)。其中男生39名。所有超常儿童均来自该中学的超常儿童实验班,每一批都是通过多途径、多方法综合选拔出来的,录取率在2%~3%之间。其中有两个班的超常儿童在11岁时完成过韦氏儿童智力测验(第四版), $M_{FSIQ} = 149.03, SD_{IQ} = 10.62$ 。

2.2 实验材料

采用推箱子游戏作为问题情境。电脑屏幕右侧一直呈现游戏规则及注意事项,屏幕中部呈现如图1所示的游戏界面。被试通过键盘上的方向键控制小人来推动箱子前行。当所有箱子都被推到红色目标位置时,即为成功完成一题。一次只能推动一个箱子,且不能悔棋。该游戏一共23题,前3题为练习题,用于帮助被试熟悉游戏规则及键盘操作,前3个问题必须全部解决后才能进入正式实验部分。第4至23题为正式题目,与练习题不同的是,如果正式题目失败,则只能放弃该题,进入下一题。所有题目都由研究者编写,箱子个数在1~3个之间,有唯一最优解。根据预实验结果将题目由易到难排列。后台自动记录每个被试在每一题上的作答详情,具体包括:题目呈现到被试第一次移动箱子(计划时间),题目呈现到完成该题所用的时间(总时间),完成该题所用的总步数,以及是否成功完成该题。

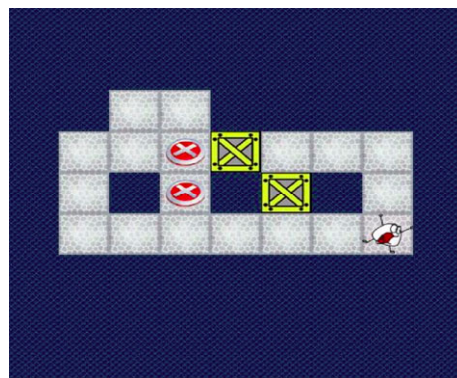


图1 游戏任务截图

2.3 指标

认知能力:成功完成的推箱子题目数量,该指标主要反映的是非言语推理能力(Bozoki, Radovanovic, Winn, Hetter, & Anthony, 2013; Heeter, Lee,

Medler, & Magerko, 2013)。认知能力得分取值范围在 0~20 之间, 得分越高表明被试的推理能力越强。

元认知能力: 每道题的计划时间与该题总时间的比值 (陈雪枫, 张厚粲, 1998)。元认知能力得分取值范围在 0~1 之间, 得分越高表示被试的元认知能力越强。

认知效率: 每道题所用的总步数 (Culbertson & Zillmer, 1998a,b)。需要注意的是, 在该指标上得分越高表示被试的认知效率越低。

问题解决能力的合成分数: 将认知能力、元认知能力和认知效率三个指标分别转换为 Z 分数。由于认知效率指标得分越高表示被试认知效率越低, 需要将其反转, 即用 0 减去最初的 Z 分数, 得到 $Z_{\text{效率}}$ 。问题解决能力得分 $Z_{\text{问题}} = 3 + (Z_{\text{认知}} + Z_{\text{元认知}} + Z_{\text{效率}})/3$ 。

2.4 施测程序

两次施测分别于 2012 年 11 月底和 2013 年 12 月初集中进行。两次施测程序、地点都完全一致。施测以班为单位在计算机教室进行。待被试全部入座并安静后, 主试演示程序基本操作并详细讲解指导语。书面及口头指导语均强调以下三点内容: (1)不能悔棋; (2)游戏不限时, 得分由答对的题数和所用的步数共同构成, 答对题数越多, 步数越少, 得分越高; (3)游戏过程中, 保持安静, 独立完成。在确认所有同学无任何疑问之后正式开始游戏。

3 结果

3.1 问题解决能力的测量

通过分析参加横断比较的 294 名学生的数据, 检验问题解决能力三个指标的心理测量学属性。首

先计算各个指标的 Cronbach's α 系数, 然后通过验证性因素分析(Confirmatory Factor Analysis, CFA)分别验证这三个指标的单维性。各个指标的信度系数和 CFA 拟合指标如表 1 所示。结果表明, 本研究所选取的三个指标测查的都是单一构想, 符合预期。

表 1 指标心理测量学属性验证结果

指标	Cronbach's α	S-B χ^2	df	CFI	TLI	RMSEA
认知能力	0.89	258.78	170	0.94	0.93	0.04
计划能力	0.93	351.24	170	0.92	0.91	0.06
认知效率	0.86	243.38	170	0.95	0.94	0.04

本研究根据经典的问题解决理论和智力理论, 结合问题解决研究新进展, 提出问题解决能力包含认知能力、元认知能力和认知效率三个维度。在深入探讨问题解决的个体差异与发展趋势之前, 通过探索性因素分析对“问题解决能力三维度假设”进行验证。结果表明, 这三个指标能抽取出一个公共因子, 可解释数据 76.14% 的变异, 认知能力载荷为 0.98, 元认知能力的载荷为 0.68, 认知效率的载荷为 -0.96。上述结果说明, 问题解决的三维假设是成立的。

3.2 超常儿童与普通儿童问题解决能力的横断比较

两类儿童在不同年龄组的问题解决能力的描述性统计结果如表 2 所示。以儿童类型(超常, 普通)、年龄(11 岁, 12 岁, 13 岁)为自变量, 问题解决能力合成分数、认知能力、元认知能力和认知效率为因变量, 分别进行两因素被试间方差分析。

表 2 问题解决能力的描述性统计结果(横断)

变量	11 岁		12 岁		13 岁	
	普通组	超常组	普通组	超常组	普通组	超常组
认知能力	6.66(3.96)	13.00(3.84)	8.76(4.44)	15.49(3.34)	14.17(4.28)	17.03(2.24)
元认知能力	0.30(0.15)	0.40(0.13)	0.27(0.15)	0.47(0.13)	0.43(0.16)	0.48(0.10)
认知效率	56.69(4.20)	48.28(5.73)	54.21(5.43)	44.55(5.76)	46.49(6.85)	41.99(4.26)
问题解决	0.18(1.82)	3.18(1.99)	0.72(1.90)	4.57(1.91)	3.83(2.27)	5.31(1.34)

3.2.1 问题解决能力的群体差异

超常儿童的问题解决能力显著高于普通儿童, $F(1,287) = 134.86, p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.32$ 。年龄的主效应显著, $F(2,287) = 50.61, p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.26$ 。Bonferroni 事后检验表明, 随着年龄增大, 被试的问题解决能力显著提高, 每两个年龄组之间均存在显著差异, $ps < 0.001$ 。儿童类型和年龄的交互

作用显著, $F(2,287) = 8.07, p < 0.01$, 偏 $\eta^2 = 0.05$ 。简单效应分析结果表明, 在 11 岁条件下, 超常儿童的问题解决能力显著高于普通儿童, $F(1,289) = 40.10, p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.12$; 在 12 岁条件下, 超常儿童的问题解决能力依然显著高于普通儿童, $F(1,289) = 60.55, p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.17$; 而在 13 岁条件下, 两类儿童的问题解决能力不存在显著差

异, $p = 0.09$ 。表明, 随着年龄的增大, 超常儿童和普通儿童的问题解决能力差异逐渐减小。

对超常儿童的问题解决能力进行以年龄为自变量的单因素方差分析, 结果表明年龄主效应显著, $F(2, 128) = 14.28, p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.18$ 。Bonferroni 事后检验表明, 随着年龄增大, 被试的问题解决能力显著提高, 12 岁和 13 岁组问题解决能力显著高于 11 岁组, $ps < 0.05$, 但 12 和 13 岁组之间不存在显著差异, $p > 0.05$ 。对普通儿童的问题解决能力进行以年龄为自变量的单因素方差分析, 结果表明年龄的主效应显著, $F(2, 160) = 55.69, p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.41$ 。Bonferroni 事后检验表明, 随着年龄增大, 被试的问题解决能力呈上升趋势, 13 岁组的问题解决能力显著高于 11 岁组和 12 岁组, $ps < 0.01$, 但 12 岁组和和 11 岁组之间不存在显著差异, $p > 0.05$ 。超常儿童和普通儿童在各个年龄段的发展如图 2 所示。

3.2.2 问题解决能力三个维度的群体差异

以儿童类型、年龄为自变量, 问题解决能力的

三个维度为因变量, 分别进行三次两因素被试间方差分析, 得到的结果与问题解决能力合成分数的模式完全一致: 儿童类型、年龄的主效应显著, 两者交互作用也显著。简单效应分析表明, 在 11 岁和 12 岁条件下, 超常儿童在问题解决的三个维度上均优于普通儿童, 但在 13 岁条件下, 两类儿童无显著差异。方差分析和简单效应检验的详细结果如表 3 所示。

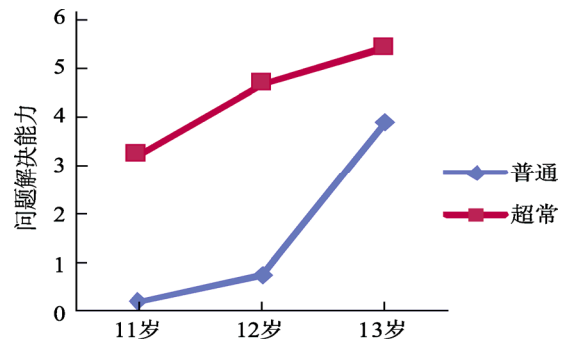


图 2 问题解决能力发展(横断)

表 3 问题解决能力三个维度的群体差异

来源	认知能力			元认知能力			认知效率		
	<i>F</i>	<i>p</i>	偏 η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	偏 η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	偏 η^2
儿童类型	127.90	< 0.001	0.31	44.46	< 0.001	0.13	118.27	< 0.001	0.29
年龄	51.52	< 0.001	0.26	13.66	< 0.001	0.09	48.68	< 0.001	0.25
儿童类型×年龄	6.68	0.001	0.04	5.88	0.003	0.04	4.87	0.008	0.03
11 岁: 超常 vs 普通	46.16	< 0.001	0.14	10.60	< 0.001	0.04	37.85	< 0.001	0.12
12 岁: 超常 vs 普通	48.61	< 0.001	0.14	35.97	< 0.001	0.11	46.46	< 0.001	0.14
13 岁: 超常 vs 普通	0.01	0.943	< 0.001	0.06	0.810	< 0.001	0.12	0.730	< 0.001

3.3 超常儿童与普通儿童问题解决能力的纵向比较

两类儿童的问题解决能力在两次追踪点上的描述性统计结果如表 4 所示。以儿童类型(超常、普通)、测试时间(2012 年、2013 年)为自变量, 以问题解决能力合成分数、认知能力、元认知能力和认知效率为因变量, 分别进行两因素混合方差分

表 4 问题解决能力的描述性统计结果(纵向)

变量	2012 年		2013 年	
	普通组(38)	超常组(32)	普通组(38)	超常组(32)
认知能力	10.74(4.98)	15.34(3.72)	14.50(3.98)	17.16(2.22)
元认知能力	0.28(0.15)	0.44(0.14)	0.43(0.13)	0.48(0.10)
认知效率	18.51(6.73)	13.90(5.83)	14.78(6.63)	10.72(4.79)
问题解决	1.71(2.06)	4.03(2.02)	4.43(2.05)	5.39(1.33)

析。其中, 儿童类型是被试间变量, 测试时间点是 被试内变量。

3.3.1 问题解决能力发展的群体差异

超常儿童的问题解决能力显著高于普通儿童, $F(1, 68) = 25.06, p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.27$ 。随着被试年龄增大, 其问题解决能力显著提高, $F(1, 68) = 61.97, p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.48$ 。且儿童类型和测试时间的交互作用显著, $F(1, 68) = 10.74, p = 0.002$, 偏 $\eta^2 = 0.14$ 。简单效应分析表明, 在第一次施测时, 超常儿童的问题解决能力显著高于普通儿童, $F(1, 68) = 18.62, p < 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.22$; 第二次施测时, 超常儿童的问题解决能力依然显著高于普通儿童, $F(1, 68) = 11.30, p = 0.001$, 偏 $\eta^2 = 0.14$, 但两个群体的差异随年龄增大而减小。

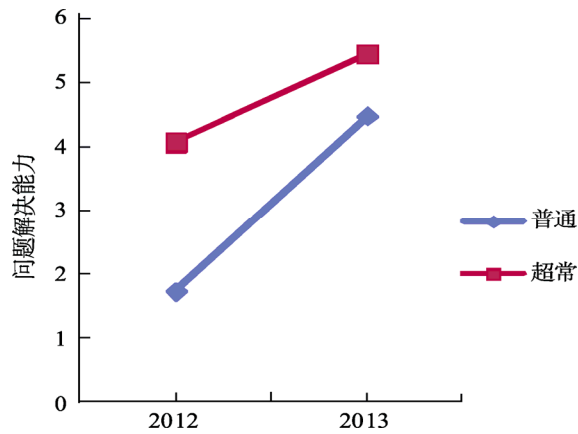


图3 问题解决能力发展(纵向)

3.3.2 问题解决能力三个维度的纵向发展

对问题解决能力的三个维度分别进行两因素混合方差分析,其中认知能力和元认知能力得到的结果均与问题解决合成分数的结果模式相同。儿童类型、测试时间的主效应及两者的交互作用均显著。简单效应分析表明,在第一次施测时,超常儿童在认知能力和元认知能力上均显著优于普通儿童;在第二次施测时,虽然超常儿童在上述两方面的能力还是显著优于普通儿童,但两者的差异逐渐减小。对于认知效率,儿童类型和测试时间的主效应均显著,两者交互作用不显著。方差分析和简单效应检验的详细结果如表5所示。

表5 问题解决能力三个维度的纵向发展

来源	认知能力			元认知能力			认知效率		
	<i>F</i>	<i>p</i>	偏 η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	偏 η^2	<i>F</i>	<i>p</i>	偏 η^2
儿童类型	17.56	< 0.001	0.21	16.94	< 0.001	0.20	16.50	< 0.001	0.20
测试时间	58.88	< 0.001	0.46	30.94	< 0.001	0.31	19.23	< 0.001	0.22
儿童类型*测试时间	7.20	0.009	0.10	10.98	0.001	0.14	1.35	0.249	.020
超常 VS 普通: 2012 年	18.62	< 0.001	0.22	22.82	<.001	0.25	—	—	—
超常 VS 普通: 2013 年	11.30	< 0.001	0.14	3.18	0.079	0.04	—	—	—

4 讨论

本研究旨在比较 11~14 岁超常儿童和普通儿童问题解决能力发展模式的异同。研究者通过对斯滕伯格等提出的问题解决理论及该领域近年来的新发展作进一步分析,首次明确提出可以从认知能力、元认知能力和认知效率三个维度对个体的问题解决能力进行多角度考察。在此基础上,研究者以电脑游戏为载体,编制问题解决能力的测量任务,并通过三个年龄段的横断比较和两个时间点上的纵向追踪比较,较为全面地考察了超常儿童和普通儿童的问题解决能力及其发展模式的差异。结果不仅发现超常儿童在认知能力、元认知能力和认知效率三个维度上均显著优于普通儿童,同时也发现两类儿童问题解决能力的发展模式存在差异。具体而言,超常儿童的问题解决能力发展呈先快后慢的模式,普通儿童的问题解决能力呈先慢后快的模式,两类儿童的差异随年龄增大逐渐减小。该研究结果不仅对相关领域的理论发展有一定贡献,也对超常儿童的培养和教育实践具有一定指导价值。

4.1 问题解决能力的三维度假设

在传统的问题解决能力研究中,研究者多采用基于结果的指标来衡量个体的问题解决能力

(Jonassen, 2011),如成功解决问题的个数。然而实际上,在许多模型中,问题解决都是一个动态的过程,其中元认知能力,尤其是计划,也是问题解决能力的重要成分(Bransford & Stein, 1984; Gick, 1986; Newell & Simon, 1972)。只使用基于结果的单一指标并不能全面反映问题解决能力。同时,在现实生活中,我们常常需要在时间或资源有限的条件下解决问题(Barrie & Pace, 1997),因此效率也是成功必不可少的因素之一。本研究提出要对个体的问题解决能力进行全面的评价,需要从认知能力、元认知能力及认知效率三个方面进行,而实证数据结果也支持了这一假设。研究所选取的三个问题解决指标均达到了较高的信效度水平,具有良好的心理测量学属性。并且研究样本同时包含了不同年龄段的超常儿童和普通儿童,具有良好的代表性,因此,根据探索性因素分析得出的问题解决三维度结构的结果是可靠的(Fabrigar, Wegener, MacCallum, & Strahan, 1999),说明儿童的问题解决能力的确可以从认知能力、元认知能力和认知效率这三个方面来进行评价。

4.2 超常儿童与普通儿童问题解决能力的异同

本研究首次从认知能力、元认知能力和认知效率三个维度对超常儿童和普通儿童的问题解决能

力进行了全面的比较, 并发现超常儿童在这三个方面都显著优于普通儿童。这一结果与前人对问题解决能力与智力关系的研究结果一致(Culbertson & Zillmer, 1998a; Hussy, 1991; Putz-Osterloh, 1981; Zook, Davalos, DeLosh, & Davis, 2004)。除此之外, 研究还从发展的角度更加深入地探讨了两类儿童问题解决能力的群体差异。

首先, 横断和纵向数据都表明两类儿童的问题解决能力随年龄增长而呈上升趋势, 说明两类儿童的问题解决能力都在发展。但仅仅知道“在发展”还远远不够, 深入探讨发展模式的差异才有助于加深我们对“超常”的认识。“超常”到底只是发展得早, 还是终身都具有的优越性? 本研究对此做出了初步回答。通过横断数据可以看出, 在超常儿童中, 12 岁组和 13 岁组的问题解决能力都显著高于 11 岁组, 但前两者无显著差异。这表明, 超常儿童问题解决能力的快速变化期在 11.12~12.46 岁之间, 而此后, 其问题解决能力的发展速度变慢。对于普通儿童, 13 岁组的问题解决能力显著高于 11 岁组和 12 岁组, 而后两者无显著差异。这表明, 普通儿童问题解决能力的快速变化期在 12.46~13.73 岁之间。同时我们还可以看到, 在 11 岁组和 12 岁组, 超常儿童的问题解决能力都显著优于普通儿童, 而在 13 岁组, 两类儿童之间不再存在显著差异。另一方面, 纵向数据表明, 尽管超常儿童在 12.76 岁和 13.76 岁左右问题解决能力都显著高于普通儿童, 但是两者的差异随着年龄增加而减小。综合分析, 我们认为, 在 11~14 岁之间, 超常儿童的问题解决能力起点较高, 发展先快后慢; 普通儿童的问题解决能力发展起点较低, 发展先慢后快, 最终两类儿童问题解决能力的差异逐渐减小。也就是说, 超常儿童问题解决能力的发展更符合天花板模式(Alexander et al., 1995)。

两类儿童问题解决能力的这种外显行为的发展模式差异, 还可以与来自神经生理学的证据交互验证。研究者发现在儿童晚期和成年早期, 大脑皮层厚度随年龄增加而逐渐变薄(O'Donnell, Noseworthy, Levine, & Dennis, 2005; Shaw et al., 2006; Sowell et al., 2004; Sowell et al., 2003), 同时, 大脑皮层厚度的变化速率与一般认知功能的变化有显著相关(Sowell et al., 2004)。超常儿童大脑皮层的变化速率在 11 至 12.5 岁之间最快(Shaw et al., 2006), 而普通儿童大脑皮层的变化速率在 13 至 15 岁之间最快(Østby et al., 2009)。其中前额叶区域的变化最大(Shaw et al., 2006), 而前额叶区域又与个体的认

知能力(Hampshire, Thompson, Duncan, & Owen, 2011; Shaw, 2007; Sowell, Delis, Stiles, & Jernigan, 2001)、元认知能力(Schmitz, Kawahara-Baccus, & Johnson, 2004; Shimamura, 2000)和认知效率(Gómez-Pérez, Ostrosky-Solís, & Próspero-García, 2003; Spear, 2000)有密不可分的关系。随着年龄增大, 两类儿童的皮层厚度及其变化速率都趋于一致(Shaw et al., 2006)。可见, 本研究所揭示的问题解决能力的变化模式与大脑皮层厚度的变化模式基本一致。大脑皮层变薄反映的很可能是突触修剪(synaptic pruning)和神经细胞髓鞘化(myelination), 正是这两种细胞水平的变化使得大脑能更有效地处理更多信息(Steinberg, 2007, 2008, 2010)。因此可以推断, 超常儿童与普通儿童问题解决能力的发展模式差异可能与大脑皮层, 尤其是前额叶皮层中突触修剪及神经细胞髓鞘化有关。

4.3 超常儿童的培养

研究发现, 在 11~14 岁之间, 超常儿童的问题解决能力在整体上优于普通儿童, 且这种优势在早期尤为明显。但超常儿童问题解决能力的发展速度先快后慢, 普通儿童却呈先慢后快的模式, 且随着年龄增长, 普通儿童有逐渐赶上来的趋势。但反观目前国内外的教育环境, 基本的培养模式都是参照普通儿童的发展特点来设置的, 不少研究已证明这种培养模式并不适合超常儿童(Reis et al., 2004; Reis, Neu, & McGuire, 1997; Westberg, Archambault, Dobyms, & Salvin, 1993)。为了让超常儿童的优势得到保持与发展, 应该探索更适合超常儿童的教育模式。解决这一问题的关键是如何利用好超常儿童早期发展起点高、速度快的优势。

目前世界上主流的超常儿童培养模式有两种, 其一是加速教育模式(accelerated education), 是通过特殊学校或普通学校中的特殊班级为智力超常儿童提供教育, 使其在短于普通学制的时间内完成学业任务, 比如提早入学、跳级、缩短学制等形式; 其二是丰富教育模式(enrichment education), 是让超常儿童留在普通班与同龄儿童一起学习, 但是在课内或课外, 同时接受特别指导或服务(Jolly, 2009)。加速教育模式实际只是在帮助超常儿童更快达到较高的学业成就水平, 并没有解决超常儿童的优势随年龄增大可能减弱这一问题。同时, 它还会降低超常儿童的学业自我概念(Liem, Marsh, Martin, McInerney, & Yeung, 2013; Marsh, 1987), 学业自我概念又与学习动机、出勤率和学业成就等

密切相关(Seaton, Marsh, & Craven, 2009; Marsh, 2007)。而通过丰富式教育, 超常儿童除了可以正常发展学业相关的能力之外, 还可以接受到非学业领域的训练, 如创造性、注意品质、领导力、情绪智力等, 这些特质与学业成就、职业发展和生活质量有密切关系(Durlak, Weissberg, Dymnicki, Taylor, & Schellinger, 2011), 并且这恰好又是传统课堂和加速教育模式所缺乏的。而且在丰富教育模式中, 超常儿童有部分时间与同龄儿童处于同一班级中, 可以避免他们产生社会适应性问题, 让其情感和社会性方面得到正常发展。丰富教育充分利用了超常儿童早期发展起点高、发展速度快的优势, 使其将更多的精力投入其他重要方面, 更早进入全面发展模式。不少研究都表明接受丰富式教育的超常儿童在认知、情感、社会等方面的发展都更成熟(Field, 2009; Moon, Feldhusen, & Dillon, 1994; Park, Lubinski, & Benbow, 2007; Shi et al., 2013)。

本研究结合横断和纵向数据, 初步探讨了11~14岁超常儿童和普通儿童的问题解决能力发展的异同。但由于实际条件限制, 纵向研究以一年时间为限, 只采集到两个时间点的数据。考虑到在此期间, 其生理、心理发展速度较快, 为了更精确地勾勒出两类儿童问题解决能力的发展趋势, 后续研究应该在更大的年龄范围内, 以较小的取样时间跨度(3~6个月), 在更多时间点上采集数据。同时, 为了探究两类儿童问题解决能力的不同发展模式的成因, 应该结合ERP、fMRI等神经生理技术。最后, 相较于绝大多数研究设计中的结构良好问题, 我们在日常生活中面临的更多是目标不清晰、无固定解法的结构不良问题(Wenke & Frensch, 2003), 因此今后的研究还应该更多关注两类儿童解决结构不良问题的能力的发展特点和规律。

5 结论

(1) 可以从认知能力、元认知能力和认知效率三个方面对儿童的问题解决能力进行评价。

(2) 11~14岁超常儿童在问题解决能力的三个维度上都显著优于同龄普通儿童。

(3) 11~14岁超常儿童与普通儿童的问题解决能力都随年龄增长而呈显著上升趋势。其中超常儿童问题解决能力的发展先快后慢, 发展的快速变化期在11~12岁半之间。普通儿童发展先慢后快, 发展的快速变化期在12岁半~14岁之间。随年龄增大, 两类儿童的问题解决能力差异逐渐减小。

参 考 文 献

- Alexander, J. M., Carr, M., & Schwanenflugel, P. J. (1995). Development of metacognition in gifted children: Directions for future research. *Developmental Review*, 15(1), 1-37.
- Alexander, J. M., & Schwanenflugel, P. J. (1996). Development of metacognitive concepts about thinking in gifted and nongifted children: Recent research. *Learning and Individual Differences*, 8(4), 305-325.
- Alloway, T. P., & Elsworth, M. (2012). An investigation of cognitive skills and behavior in high ability students. *Learning and Individual Differences*, 22(6), 891-895.
- Anderson, J. R. (1980). *Cognitive psychology and its implications*. New York: Freeman.
- Barrie, J., & Pace, R. W. (1997). Competence, efficiency, and organizational learning. *Human Resource Development Quarterly*, 8(4), 335-342.
- Beauchamp, C. M., & Stelmack, R. M. (2006). The chronometry of mental ability: An event-related potential analysis of an auditory oddball discrimination task. *Intelligence*, 34(6), 571-586.
- Bozoki, A., Radovanovic, M., Winn, B., Heeter, C., & Anthony, J. C. (2013). Effects of a computer-based cognitive exercise program on age-related cognitive decline. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 57(1), 1-7.
- Bransford, J. D., & Stein, B. S. (1984). *The IDEAL problem solver. A guide for improving thinking, learning, and creativity. A Series of Books in Psychology*. New York: Freeman.
- Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54(1-3), 241-257.
- Chen, X. F., & Zhang, H. C. (1998). A developmental research on the importance of cognitive speed in the intelligence structure. *Psychological Science*, 21(6), 485-574.
- [陈雪枫, 张厚粲. (1998). 认知速度在智力结构中重要性的发展研究. *心理科学*, 21(6), 485-574.]
- Chi, M. T., & Glaser, R. (1985). *Problem-solving ability*. Pittsburgh, PA: Learning Research and Development Center, University of Pittsburgh.
- Cohn, S. J., Carlson, J. S., & Jensen, A. R. (1985). Speed of information processing in academically gifted youths. *Personality and Individual Differences*, 6(5), 621-629.
- Culbertson, W. C., & Zillmer, E. A. (1998a). The construct validity of the Tower of London DX as a measure of the executive functioning of ADHD children. *Assessment*, 5(3), 215-226.
- Culbertson, W. C., & Zillmer, E. A. (1998b). The tower of London: A standardized approach to assessing executive functioning in children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13(3), 285-301.
- Davidson, J. E., & Sternberg, R. J. (2003). *The psychology of problem solving*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Davila, J., Hammen, C., Burge, D., Paley, B., & Daley, S. E. (1995). Poor interpersonal problem solving as a mechanism of stress generation in depression among adolescent women. *Journal of Abnormal Psychology*, 104(4), 592-600.
- Deary, I. J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(3), 201-211.
- Döhler, K., & Wuttke, W. (1975). Changes with age in levels of serum gonadotropins, prolactin, and gonadal steroids in

- prepubertal male and female rats. *Endocrinology*, 97(4), 898–907.
- Duan, X., Dan, Z., & Shi, J. (2013). The speed of information processing of 9-to 13-year-old intellectually gifted children 1, 2. *Psychological Reports*, 112(1), 20–32.
- Durlak, J. A., Weissberg, R. P., Dymnicki, A. B., Taylor, R. D., & Schellinger, K. B. (2011). The impact of enhancing students' social and emotional learning: A meta-analysis of school-based universal interventions. *Child Development*, 82(1), 405–432.
- D'Zurilla, T. J., & Nezu, A. M. (1990). Development and preliminary evaluation of the Social Problem-Solving Inventory. *Psychological Assessment: A Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 2(2), 156–163.
- Evans, A. C. (2006). The NIH MRI study of normal brain development. *Neuroimage*, 30(1), 184–202.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4(3), 272–299.
- Field, G. B. (2009). The effects of the use of Renzulli Learning on student achievement in reading comprehension, reading fluency, social studies, and science. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4(1), 29–39.
- Friedman, S. L., & Scholnick, E. K. (1997). *The developmental psychology of planning: Why, how, and when do we plan?* London: Psychology Press.
- Fry, A. F., & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological Psychology*, 54(1), 1–34.
- Geary, D. C., & Brown, S. C. (1991). Cognitive addition: Strategy choice and speed-of-processing differences in gifted, normal, and mathematically disabled children. *Developmental Psychology*, 27(3), 398–406.
- Gick, M. L. (1986). Problem-solving strategies. *Educational Psychologist*, 21(1–2), 99–120.
- Gómez-Pérez, E., Ostrosky-Solis, F., & Próspero-García, O. (2003). The development of attention, memory and the inhibitory processes: The chronological relation with the maturation of brain structure and functioning. *Revista de Neurologia*, 37(6), 561–567.
- Haier, R. J., White, N. S., & Alkire, M. T. (2003). Individual differences in general intelligence correlate with brain function during nonreasoning tasks. *Intelligence*, 31(5), 429–441.
- Hampshire, A., Thompson, R., Duncan, J., & Owen, A. M. (2011). Lateral prefrontal cortex subregions make dissociable contributions during fluid reasoning. *Cerebral Cortex*, 21(1), 1–10.
- Heeter, C., Lee, Y. -H., Medler, B., & Magerko, B. (2013). Conceptually meaningful metrics: Inferring optimal challenge and mindset from gameplay game analytics. In M. S. El-Nasr, A. Drachen, & A. Canossa (Eds.), *Game analytics: Maximizing the value of player data* (pp. 731–762). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Hoffman, B., & Schraw, G. (2010). Conceptions of efficiency: Applications in learning and problem solving. *Educational Psychologist*, 45(1), 1–14.
- Hoffman, B., Schraw, G., & McCrudden, M. T. (2012). Cognitive efficiency encyclopedia of the sciences of learning. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (pp. 590–593). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Hollingworth, L. S. (1926). Gifted children: Their nature and nurture. *Education*, 47(3), 189–189.
- Hussy, W. (1991). Problemlösen und Verarbeitungskapazität [Complex problem solving and processing capacity]. *Sprache & Kognition*, 10, 208–220.
- Jaušovec, N., & Jaušovec, K. (2004). Differences in induced brain activity during the performance of learning and working-memory tasks related to intelligence. *Brain and Cognition*, 54(1), 65–74.
- Jolly, J. L. (2009). A resuscitation of gifted education. *American Educational History Journal*, 36(1), 37–52.
- Jonassen, D. (2011). Supporting problem solving in PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 5(2), 8.
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63–85.
- Kanevsky, L. (1992). The learning game. In P. S. Klein & A. J. Tannenbaum (Eds.), *To be young and gifted* (pp. 204–241). Westport, CT: Ablex Publishing.
- Keen, R. (2011). The development of problem solving in young children: A critical cognitive skill. *Annual Review of Psychology*, 62, 1–21.
- Kraemer, H. C., Yesavage, J. A., Taylor, J. L., & Kupfer, D. (2000). How can we learn about developmental processes from cross-sectional studies, or can we? *American Journal of Psychiatry*, 157(2), 163–171.
- Langer, N., Pedroni, A., Gianotti, L. R., Hänggi, J., Knoch, D., & Jäncke, L. (2012). Functional brain network efficiency predicts intelligence. *Human Brain Mapping*, 33(6), 1393–1406.
- Lefebvre, C. D., Marchand, Y., Eskes, G. A., & Connolly, J. F. (2005). Assessment of working memory abilities using an event-related brain potential (ERP)-compatible digit span backward task. *Clinical Neurophysiology*, 116(7), 1665–1680.
- Leikin, M., Paz-Baruch, N., & Leikin, R. (2013). Memory abilities in generally gifted and excelling-in-mathematics adolescents. *Intelligence*, 41(5), 566–578.
- Liem, G. A. D., Marsh, H. W., Martin, A. J., McInerney, D. M., & Yeung, A. S. (2013). The big-fish-little-pond effect and a national policy of within-school ability streaming alternative frames of reference. *American Educational Research Journal*, 50(2), 326–370.
- Lohman, D. F. (2005). The role of nonverbal ability tests in identifying academically gifted students: An aptitude perspective. *Gifted Child Quarterly*, 49(2), 111–138.
- Marsh, H. W. (1987). The big-fish-little-pond effect on academic self-concept. *Journal of Educational Psychology*, 79(3), 280–295.
- Marsh, H. W. (2007). *Self-concept theory, measurement and research into practice: The role of self-concept in educational psychology-25th Vernon-Wall lecture series*. London: British Psychological Society.
- McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 240–260.
- Moon, S. M., Feldhusen, J. F., & Dillon, D. R. (1994). Long-term effects of an enrichment program based on the Purdue Three-Stage Model. *Gifted Child Quarterly*, 38(1), 38–48.
- Nellis, L. M., & Gridley, B. E. (2000). Sociocultural problem-solving skills in preschoolers of high intellectual ability. *Gifted Child Quarterly*, 44(1), 33–44.
- Neubauer, A. C., Grabner, R. H., Fink, A., & Neuper, C. (2005). Intelligence and neural efficiency: Further evidence of the influence of task content and sex on the brain-IQ relationship. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 217–225.
- Neuper, C., & Pfurtscheller, G. (2001). Event-related dynamics

- of cortical rhythms: Frequency-specific features and functional correlates. *International Journal of Psychophysiology*, 43(1), 41–58.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving* (Vol. 14). NJ: Prentice-Hall Englewood Cliffs.
- O'Donnell, S., Noseworthy, M. D., Levine, B., & Dennis, M. (2005). Cortical thickness of the frontopolar area in typically developing children and adolescents. *Neuroimage*, 24(4), 948–954.
- Østby, Y., Tamnes, C. K., Fjell, A. M., Westlye, L. T., Due-Tønnessen, P., & Walhovd, K. B. (2009). Heterogeneity in subcortical brain development: A structural magnetic resonance imaging study of brain maturation from 8 to 30 years. *The Journal of Neuroscience*, 29(38), 11772–11782.
- Park, G., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2007). Contrasting intellectual patterns predict creativity in the arts and sciences tracking intellectually precocious youth over 25 years. *Psychological Science*, 18(11), 948–952.
- Pretz, J. E., Naples, A. J., & Sternberg, R. J. (2003). Recognizing, defining, and representing problems. In J. E. Davidson & R. J. Sternberg (Eds.), *The psychology of problem solving* (pp. 3–30). Cambridge: Cambridge University Press.
- Putz-Osterloh, W. (1981). Über die Beziehung zwischen Testintelligenz und Problemlose Erfolg. *Zeitschrift für Psychologie*, 189, 79–100.
- Reis, S. M., Neu, T. W., & McGuire, S. M. (1997). Case studies of high-ability students with learning disabilities who have achieved. *Exceptional Children*, 63(4), 463–479.
- Reis, S. M., Gubbins, E. J., Briggs, C. J., Schreiber, F. J., Richards, S., Jacobs, J. K.,... Renzulli, J. S. (2004). Reading instruction for talented readers: Case studies documenting few opportunities for continuous progress. *Gifted Child Quarterly*, 48(4), 315–338.
- Rindermann, H., & Neubauer, A. (2004). Processing speed, intelligence, creativity, and school performance: Testing of causal hypotheses using structural equation models. *Intelligence*, 32(6), 573–589.
- Schmitz, T. W., Kawahara-Baccus, T. N., & Johnson, S. C. (2004). Metacognitive evaluation, self-relevance, and the right prefrontal cortex. *Neuroimage*, 22(2), 941–947.
- Scholnick, E. K., Friedman, S. L., & Wallner-Allen, K. E. (1997). What do they really measure? A comparative analysis of planning tasks. In S. L. Friedman & E. K. Scholnick (Eds.), *The developmental psychology of planning: Why, how, and when do we plan* (pp. 127–156). London: Psychology Press.
- Seaton, M., Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2009). Earning its place as a pan-human theory: Universality of the big-fish-little-pond effect across 41 culturally and economically diverse countries. *Journal of Educational Psychology*, 101(2), 403–419.
- Shaw, P. (2007). Intelligence and the developing human brain. *Bioessays*, 29(10), 962–973.
- Shaw, P., Greenstein, D., Lerch, J., Clasen, L., Lenroot, R., Gogtay, N.,... Giedd, J. (2006). Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature*, 440(7084), 676–679.
- Sheppard, L. D., & Vernon, P. A. (2008). Intelligence and speed of information-processing: A review of 50 years of research. *Personality and Individual Differences*, 44(3), 535–551.
- Shi, J. N. (1990). A comparative study of memory & memory monitoring between gifted and normal children. *Acta Psychologica Sinica*, (3), 323–329.
- [施建农. (1990). 超常与常态儿童记忆和记忆监控的比较研究. *心理学报*, (3), 323–329.]
- Shi, J. N. (2006). Study on individual differences with intellectually supernormal samples. *Advances in Psychological Science*, 14(4), 565–568.
- [施建农. (2006). 以超常儿童为被试的个体差异研究. *心理科学进展*, 14(4), 565–568.]
- Shi, J., Tao, T., Chen, W., Cheng, L., Wang, L., & Zhang, X. (2013). Sustained attention in intellectually gifted children assessed using a continuous performance test. *PloS One*, 8(2), e57417.
- Shi, J. N., & Xu, F. (1997). Interest, motivation and creative thinking of supernormal and normal children. *Acta Psychologica Sinica*, 29(3), 271–277.
- [施建农, 徐凡. (1997). 超常与常态儿童的兴趣、动机与创造性思维的比较研究. *心理学报*, 29(3), 271–277.]
- Shimamura, A. P. (2000). The role of the prefrontal cortex in dynamic filtering. *Psychobiology*, 28(2), 207–218.
- Shore, B. M., & Kanevsky, L. S. (1993). Thinking processes: Being and becoming gifted. In K. A. Heller, F. J. Mönks, & A. Passow (Eds.), *International handbook of research and development of giftedness and talent* (pp. 133–147). US: Pergamon Press.
- Shore, B. M., & Lazar, L. (1996). IQ-related differences in time allocation during problem solving. *Psychological Reports*, 78(3), 848–850.
- Silverman, L. K. (2009). Searching for asynchrony: a new perspective on twice exceptional children. In B. MacFarlane & T. Stambaugh (Eds.), *Leading change in gifted education: the festschrift of Dr. Joyce VanTassel-Baska* (pp. 169–181). Waco, TX: Prufrock Press.
- Sisk, C. L., & Zehr, J. L. (2005). Pubertal hormones organize the adolescent brain and behavior. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 26(3–4), 163–174.
- Sowell, E. R., Delis, D., Stiles, J., & Jernigan, T. L. (2001). Improved memory functioning and frontal lobe maturation between childhood and adolescence: A structural MRI study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7(3), 312–322.
- Sowell, E. R., Peterson, B. S., Thompson, P. M., Welcome, S. E., Henkenius, A. L., & Toga, A. W. (2003). Mapping cortical change across the human life span. *Nature Neuroscience*, 6(3), 309–315.
- Sowell, E. R., Thompson, P. M., Leonard, C. M., Welcome, S. E., Kan, E., & Toga, A. W. (2004). Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *The Journal of Neuroscience*, 24(38), 8223–8231.
- Spear, L. P. (2000). The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24(4), 417–463.
- Steiner, H. H., & Carr, M. (2003). Cognitive development in gifted children: Toward a more precise understanding of emerging differences in intelligence. *Educational Psychology Review*, 15(3), 215–246.
- Steinberg, L. (2007). Risk taking in adolescence new perspectives from brain and behavioral science. *Current Directions in Psychological Science*, 16(2), 55–59.
- Steinberg, L. (2008). A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Developmental Review*, 28(1), 78–106.
- Steinberg, L. (2010). Commentary: A behavioral scientist looks at the science of adolescent brain development. *Brain*

- and Cognition, 72(1), 160.
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge, UK: CUP Archive.
- Sternberg, R. J., & Kagan, J. (1986). *Intelligence applied: understanding and increasing your intellectual skills*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Sullivan, K. T., Pasch, L. A., Johnson, M. D., & Bradbury, T. N. (2010). Social support, problem solving, and the longitudinal course of newlywed marriage. *Journal of Personality and Social Psychology*, 98(4), 631–644.
- Terman, L. M. (1925). Mental and physical traits of a thousand gifted children. In L. M. Terman (Ed.), *Genetic studies of genius* (Vol. 1). Redwood City, CA: Stanford University Press.
- Terman, L. M., & Chase, J. M. (1920). The psychology, biology and pedagogy of genius. *Psychological Bulletin*, 17(12), 397–407.
- Terman, L. M., & Oden, M. H. (1959). *The gifted group at mid-life: Thirty-five years' follow-up of the superior child*. Redwood City, CA: Stanford University Press.
- Thatcher, R. W. (1997a). Human frontal lobe development: A theory of cyclical cortical reorganization. In N. A. Krasnigor, G. R. Lyon, & P. S. Goldman-Rakic (Eds.), *Development of the prefrontal cortex: Evolution, neurobiology, and behavior* (pp. 85–113). Baltimore, Maryland: Brooks.
- Thatcher, R. W. (1997b). Multimodal assessments of developing neural networks integrating fMRI, PET, MRI, and EEG/MEG. In R. W. Thatcher, G. R. Lyon, J. Rumsay, & N. Krasnigor (Eds.), *Developmental neuroimaging: Mapping the development of brain and behavior* (pp. 127–139). San Diego, CA: Academic Press.
- Wang, Y., & Chiew, V. (2010). On the cognitive process of human problem solving. *Cognitive Systems Research*, 11(1), 81–92.
- Wenke, D., & Frensch, P. A. (2003). Is success or failure at solving complex problems related to intellectual ability? In J. E. Davidson & R. J. Sternberg (Eds.), *The psychology of problem solving* (pp. 87–126). Cambridge, UK: Cambridge university press.
- Westberg, K. L., Archambault, F. X., Jr., Dobyms, S. M., & Salvin, T. J. (1993). *An observational study of instructional and curricular practices used with gifted and talented students in regular classrooms*. Storrs, CT: The National Research Center on the Gifted and Talented: The University of Connecticut (RM93104).
- Whitaker, A. M., Bell, T. S., Houskamp, B. M., & O'Callaghan, E. T. (2014). A neurodevelopmental approach to understanding memory processes among intellectually gifted youth with attention-deficit hyperactivity disorder. *Applied Neuropsychology: Child*, 1–10. (in press).
- Winner, E. (2000). The origins and ends of giftedness. *American Psychologist*, 55(1), 159–169.
- Zha, Z. X. (1984). A comparative study of the analogical reasoning of 3 to 6-year-old supernormal and normal children. *Acta Psychologica Sinica*, 16(4), 373–382.
- [查子秀. (1984). 3~6 岁超常与常态儿童类比推理的比较研究. *心理学报*, 16(4), 373–382.]
- Zha, Z. X. (1990). A ten year study of the mental development of supernormal children. *Acta Psychologica Sinica*, 22(2), 113–126.
- [查子秀. (1990). 超常儿童心理研究十年. *心理学报*, 22(2), 113–126.]
- Zha, Z. X. (1994). Fifteen years of study on the psychology and education of gifted children. *Acta Psychologica Sinica*, 26(4), 337–346.
- [查子秀. (1994). 超常儿童心理与教育研究 15 年. *心理学报*, 26(4), 337–346.]
- Zhang, Q., Shi, J., Luo, Y., Zhao, D., & Yang, J. (2006). Intelligence and information processing during a visual search task in children: an event-related potential study. *Neuroreport*, 17(7), 747–752.
- Zhou, L., & Zha, Z. X. (1986). Research on selection of the supernormal children for a special class at age 10. *Acta Psychologica Sinica*, 18(4), 388–395.
- [周林, 查子秀. (1986). 超常儿童实验班的建立——关于学生筛选的研究. *心理学报*, 18(4), 388–395.]
- Zook, N. A., Davalos, D. B., DeLosh, E. L., & Davis, H. P. (2004). Working memory, inhibition, and fluid intelligence as predictors of performance on Tower of Hanoi and London tasks. *Brain and Cognition*, 56(3), 286–292.
- Zou, Z. L., Shi, J., Yun, M., & Fang, P. (2003). Speed of information processing (SIP) of 7 year old intellectually supernormal and normal children. *Acta Psychologica Sinica*, 35(4), 527–534.
- [邹枝玲, 施建农, 恽梅, 方平. (2003). 7 岁超常和常态儿童的信息加工速度. *心理学报*, 35(4), 527–534.]

The Developmental Differences of Problem Solving Ability between Intellectually-gifted and Intellectually-average Children Aged from 11-14 Years Old

ZHANG Bo¹; LI Jian^{1,2}; XU Chu¹; LI Yiming¹

(¹ School of Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

(² Beijing Key Lab of Applied Experimental Psychology, Beijing 100875, China)

Abstract

Problems are everywhere in daily life. The ability to solve problems helps human being survive natural selection, characterizing us as an intellectual species. It is also closely related to various life outcomes. A number of cross-sectional studies have demonstrated that intellectually-gifted children performed better than their average cohorts in problem solving tasks. But most of these studies primarily focus on the cognitive

dimension of problem solving. They did not suffice to draw a whole picture of human problem solving ability. Moreover, few studies have explored the group differences from a developmental perspective, such as their developmental patterns or developmental critical stage, which could contribute a lot to both theories and educational practices.

The present study investigated the developmental differences of problem solving ability between intellectually-gifted and intellectually-average children from cognitive, metacognitive and efficiency dimensions. Both cross-sectional and longitudinal data were collected. The cross-sectional study included 131 intellectually-gifted and 163 intellectually-average children aged from 11 to 14, and the longitudinal study included 32 intellectually-gifted and 38 intellectually-average children aging from 11 to 13. A redesigned Sokoban game was used to measure the three dimensions of problem solving ability simultaneously. The number of successful solutions was adopted as indicator of cognitive ability, ratio between planning time and total time as indicator of metacognitive ability, and total moves as indicator of cognitive efficiency.

Results showed that the intellectually-gifted were significantly superior to their intellectually-average cohorts in the three dimensions. Moreover, both cross-sectional and longitudinal data showed obvious developmental cascade of the three dimensions. However, the development patterns differed between the two groups. In the intellectually-gifted group, problem solving ability at the age of 13.73 and 12.46 was significantly higher than that at the age of 11.12, but no significant difference was found between the 13.73 and 12.46. In the intellectually-average group, however, problem solving ability at the age of 13.73 was significantly higher than that of 11.12 and 12.46 years old, but no significant difference was found between the latter two. Further, both cross-sectional and longitudinal data revealed remarkably higher score of the intellectually-gifted in earlier years but smaller group difference at the age of 13.5.

The major finding of the present study was that problem solving ability of intellectually-gifted and intellectually-average children followed different developmental patterns. The development of the intellectually-gifted accelerated during age of 11~12.5 and slowed down during age of 12.5~14. In contrast, intellectually-average children developed slowly during the age of 11~12.5 and accelerated during age of 12.5~14. Group differences of problem solving ability diminished gradually as they grew older. Different development patterns may be attributed to the synaptic pruning and myelination of neurons. This finding has important implications for educational practice. In order to better cultivate intellectually-gifted children, educational professionals should make full use of their advantages at earlier years and provide enriched educational environment to develop their non-academic abilities, such as sociality, self-regulation skills.

Key words intellectually-gifted; problem solving ability; developmental pattern; Sokoban.