

# 8岁到成年期工作记忆广度的发展

段小菊<sup>1,2</sup> 施建农\*<sup>1</sup> 冉瑜英<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院心理研究所,北京,100101)(<sup>2</sup>中国科学院研究生院,北京,100039)(<sup>3</sup>四川省苍溪中学,四川苍溪,628400)

**摘要** 工作记忆与认知能力、智力和学习能力有密切的联系。本研究采用横断研究的方法,测量了213名8岁到成年期被试的数字、词语和视空间工作记忆广度,探查了工作记忆广度的发展情况。结果发现,数字工作记忆广度在此期间持续增长,词语广度在18岁达到最高,视空间工作记忆广度在14-16岁达到高峰。不同任务的工作记忆广度具有相似的发展趋势,但工作记忆的平均广度分数与Pascual-Leone模型的预测并不一致。

**关键词:**工作记忆广度 儿童 发展 成人

## 1 前言

工作记忆是指在进行各种认知作业,如理解、学习和推理等的同时,所发生的短暂的信息存储和操作系统<sup>[1]</sup>。工作记忆最早是在短时记忆基础上提出来的。工作记忆可以分成三个子成分,中央执行系统、语音回路和视觉空间模板<sup>[2]</sup>。虽然短时记忆与工作记忆的含义以及概念有相通的地方,但是在机能方面工作记忆比短时记忆多了一个加工功能。

工作记忆广度是工作记忆的一个主要指标,在操作上,就是指在要求被试同时进行加工的条件下,能回忆的最大项目数。由于工作记忆在认知过程中的重要作用,在过去的20年间,一直是人们研究的热点问题。经检索,在Nature上发表的文章有86篇,另外还有在Nature Neuroscience上发表的有125篇<sup>[3]</sup>,Science发表的有95篇<sup>[4]</sup>。这些数据足见工作记忆的研究是一项重要基础性工作了。

越来越多的研究发现,工作记忆与认知活动有密切的关系。早在1980年,Daneman就发现高阅读广度被试能更成功地解释文中的歧义词<sup>[5]</sup>,随后的很多研究也相继表明了工作记忆与阅读能力的相关<sup>[6,7]</sup>。大量以成人为被试的研究发现,工作记忆与推理能力有密切关系,高水平工作记忆者能保持更多的信息并对此进行加工,从而得出正确的推理结果<sup>[8]</sup>。不过,Jong和Dassmaal的研究报告表明,与成人相比,儿童的工作记忆容量与推理间的相关要稍低一些(0.60)<sup>[9]</sup>。关于学习的研究者一致认为,工作记忆能有效鉴别学习障碍儿童<sup>[10]</sup>。

由于工作记忆在评价认知能力方面的重要价值,以及工作记忆在复杂认知活动中的关键作用,工作记忆被认为是评价基本认知能力年龄和个体差异

的一项重要而敏感的指标<sup>[11]</sup>,还有可能是评价认知能力的预测指标<sup>[12]</sup>。Gathercole对4-15岁儿童工作记忆的发展研究表明,言语和视空间工作记忆在这个时期皆呈线性发展趋势<sup>[13]</sup>。李德明关于毕生发展的研究结果表明,16-19岁组数字工作记忆广度最大,工作记忆随年龄的对数呈抛物线变化<sup>[14]</sup>。也有研究者发现各种工作记忆容量于45岁达到最高峰<sup>[15]</sup>。Pascual-Leone则认为记忆容量从3岁开始,每两年增加一个组块,直到16岁达到7个<sup>[16]</sup>。与此相比,Baddeley的模型并没有做出关于工作记忆发展的具体预测,但认为语音回路和视空模板有不同的发展方式<sup>[17]</sup>。

国内关于短时记忆的发展研究较多。陈国鹏探索了短时记忆一生的发展状况<sup>[18]</sup>,结果发现,短时记忆在16岁达到最高峰,不同材料的短时记忆广度有很大的差别,但具有相同的发展趋势。有关工作记忆的研究方面,大多数研究都是把工作记忆作为一个认知因素来考察,而且常常只考察一个年龄组<sup>[19]</sup>,极少对工作记忆的发展做独立的研究<sup>[14]</sup>。

那么从儿童到成年期工作记忆的发展是否与短时记忆呈现出相同的趋势,言语工作记忆和视空间工作记忆的发展趋势是否一致。本研究通过对8岁到成年期的实验,探讨工作记忆的发展情况,为评价各年龄的工作记忆能力及其发展趋势提供可操作性指标,也丰富工作记忆模型在发展方面的内涵。

## 2 方法

### 2.1 被试:

在四川某小学和某中学,以及北京某大学和研究生院,选取了7个年龄组共213名被试,各组被试性别比例等于或接近1:1,具体年龄和人数见表1。

表1 各年龄组平均年龄和人数

年龄组	8	10	12	14	16	18	
成人	人数	26	34	27	30	33	32
<i>M</i>	<i>SD</i>	8.64	0.39	10.57	0.39	12.63	0.36
		14.46	0.41	16.54	0.42	18.18	0.31
		25.97	2.66				

## 2.2 实验材料和任务

工作记忆任务的选择遵循 Baddely 的定义,即需要同时对信息进行加工和存储。参考前人研究所采用的任务范式<sup>[20,21]</sup>,考虑到要对年龄较小的儿童进行测量,尽量选择易于理解和操作的任务。其中数字和词语工作记忆任务为言语工作记忆的指标,空间和视觉工作记忆任务为视空间工作记忆的指标。

**数字工作记忆:**以 1-9 九个数字为材料,随机排成数字串。以每秒一个数字的速度读给被试听,要求其按相反的顺序背出。

**词语工作记忆:**呈现方式与数字广度相同,用简单双字汉语词代替数字。词语取自小学一年级语文课本,去掉极高频词、极低频词以及叠音词。

**空间工作记忆:**9 个相同的立方体不规则地排列在桌子上,以每秒一个的速度来点击这些木块,要求其按相反的顺序点击。

**视觉工作记忆:**有粗细两种箭头,每种各有上下左右四个方向。以每秒一个的速度呈现,要求被试在每个箭头出现时判断箭头的粗细,一个系列呈现完后,按顺序回忆箭头的方向。

## 2.3 实验程序

实验在安静的房间里实施,主试和被试隔桌而坐,每个被试单独施测。任务的顺序效应进行平衡。主试在施测之前说明指导语,并要求被试进行练习。长度从 2 开始,同一长度呈现有三次尝试,有两次错

误就停止测试。用经典的短时记忆的记分方法得出工作记忆分数。

## 3 结果

### 3.1 任务间的相关

四种任务间的相关都很显著,为了调整年龄带来的变异,又做了控制年龄的偏相关。表 2 是具体的相关矩阵,对角线下面是相关系数,对角线上面是控制年龄后的偏相关系数。

表 2 四种任务间的相关

	数字	词语	空间	视觉
数字		0.62 **	0.38 **	0.34 **
词语	0.64 **		0.33 **	0.34 **
空间	0.41 **	0.36 **		0.29 **
视觉	0.38 **	0.37 **	0.35 **	

注: \*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$

### 3.2 工作记忆的发展

从各年龄组的工作记忆广度分数来看,数字广度基本上一直保持增加的趋势,8岁到14岁增加速度较快,18岁到成年期的增加很小,基本保持平稳。词语广度的发展趋势与数字广度基本一致,到14岁时基本达到成人水平。空间广度也一直保持增加,到14岁基本达到成人水平。视觉广度持续增加,到16岁达到一个高峰,之后有略微降低,14岁组和成年期的成绩相近。各年龄组四种任务的工作记忆平均分数和标准差如表 3 所示。

表 3 各年龄被试四种任务的工作记忆广度

	8岁	10岁	12岁	14岁	16岁	18岁	成人
数字 M(SD)	3.53(0.56)	4.31(1.15)	4.67(1.35)	5.48(1.17)	5.20(1.16)	6.73(1.51)	7.09(1.45)
词语 M(SD)	2.68(0.54)	3.22(0.70)	3.53(0.54)	3.93(0.67)	3.68(0.65)	4.25(0.61)	4.14(0.59)
空间 M(SD)	4.35(0.89)	4.73(0.97)	4.83(1.14)	5.35(0.68)	5.53(0.72)	5.65(0.64)	5.67(1.06)
视觉 M(SD)	3.22(0.83)	3.30(0.78)	3.96(1.15)	4.36(1.12)	4.78(0.78)	4.65(0.86)	4.42(0.75)

用重复测量的 MANOVA 分析,年龄是被试间因素,任务类型是被试内因素。结果表明年龄和任务有交互作用 ( $F(18, 185) = 5.76, p < 0.000$ )。年龄主效应显著 ( $F(6, 185) = 48.19, p < 0.000$ )。用 Post Hoc Tukey HSD 检验各任务不同年龄间差异,结果发现,数字任务中,除 8 和 10 岁、10 和 12 岁、12 和 14 及 16 岁、14 和 16 岁、18 岁和成人组之间差异不显著外 ( $p < 0.05$ ),其他年龄间差异都显著 ( $p < 0.05$ )。词语任务中,除 10 和 12 及 16 岁、12 和 14 及 16 岁、14 和 16 及以上年龄组、16 岁和成人、18 岁和成人组之间差异不显著外 ( $p < 0.05$ ),其他年龄间差异都显著 ( $p < 0.01$ )。空间任务中,除 8 和 14 岁及以上年龄组、10 和 16 岁及以上年龄组、12 和 16 岁及以上年龄组之间差异显著外 ( $p < 0.05$ ),其他年龄组间差异都不显著 ( $p < 0.05$ )。视觉任务中,除 8 和 12 岁及以上年龄组、10 和 12 岁及

以上年龄组之间差异显著外 ( $p < 0.05$ ),其他年龄间差异都不显著 ( $p < 0.05$ )。

## 4 讨论

8岁到成年期属于人一生发展的早中期阶段,是由幼儿期向成熟期过渡的阶段,各种心理品质都呈现急剧的变化。根据本实验的数据,工作记忆总体上随年龄增长呈上升趋势,可见工作记忆与人的整体心理水平的发展是相一致的,符合心理发展的总体规律。

本研究中数字和词语工作记忆分别在成年期和 18 岁达到峰值,这可能是因为随着年龄的增长,大脑高级神经系统不断成熟发展,功能日趋完善,从而使记忆容量得到增长;而且,伴随着教育和训练的加强,对学习材料的复述和提取速度变快,复述策略更加有效<sup>[22]</sup>。在视觉记忆方面,多项研究发现,儿童

的视觉记忆有快速而稳定的发展,并在 11 岁左右达到成人水平<sup>[20]</sup>。这与本研究结果并不一致,这可能是因为各研究采用的任务不同导致的。本研究中,空间工作记忆任务要求被试倒着回忆,比按顺序回忆的要求高,且只有 9 个木块,可能更难分辨和记忆空间中的相对位置。

结果显示,8 岁到成年期工作记忆都随着年龄的增长而增加,但与 Pascual - Leone 记忆发展模型的预测并不一致。Pascual - Leone 可能低估了幼儿的记忆能力,而高估了增长速度<sup>[16]</sup>。而且,支持 Pascual - Leone 观点的研究几乎都集中于中央执行成份<sup>[1]</sup>,而不是具体的言语或视空间工作记忆,中央执行与其他两个成分之间的这种差别导致了与之不一致的结果。

大量研究表明在儿童阶段,记忆广度随年龄而增长,并且不同记忆类型的发展特点和模式不同。本研究中结果显示数字和词语工作记忆到成年期才保持稳定,这说明言语工作记忆达到高峰需要的时间最长,可能是因为这两种任务涉及更多的记忆策略,易于形成组块所致<sup>[17]</sup>。本研究中 14 岁和 14 岁以上各年龄组在视空任务上的成绩都没有统计上的差异,这说明视空间工作记忆在 14 岁已经达到了成熟。两类工作记忆达到成熟的时间和发展方式并不相同,这与 Baddeley 模型的预测相一致<sup>[17]</sup>。

由于人的各种认知能力都不是独立的,而是相互影响的,为阐明工作记忆的发展机制带来很大困难。各种因素对工作记忆如何作用,将对于揭示工作记忆的年龄和个体差异中的作用和机制有重要意义,这尚待进一步深入探讨。成年以后各种任务工作记忆的发展会如何,开始衰退的时间是否相同,还需要继续探查。

## 5 结论

5.1 8 岁儿童到成年期数字、词语和视空间工作记忆持续增长,数字工作记忆广度在此期间持续增长,到成年期变得平稳;词语广度在 18 岁达到最高;视空间工作记忆广度在 14 - 16 岁达到高峰,之后保持稳定。

5.2 不同任务的工作记忆具有相似的发展趋势。

5.3 8 岁儿童到成人工作记忆的广度与 Pascual - Leone 记忆发展模型的预测并不一致。

## 6 参考文献

1 Kempf E, De Rammelaere S, Desmet T. The Development of working memory: exploring the complementarity of two models. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2000, 77(2): 89 - 109

- 2 Baddeley A D, Hitch G. Working memory. In: Bower G A. *The psychology of learning and motivation* (vol. 8). New York: Academic Press, 1974: 47 - 89
- 3 Results of searching "working memory" as key word at www.nature.com, excluding news and such articles
- 4 Results of searching "working memory" as key word at www.science.com, excluding news and such articles
- 5 Daneman M, Carpenter P A. Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1980, 19(4): 450 - 466
- 6 Gathercole S E, Baddeley A D. Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: a longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, 1989, 28(2): 200 - 213
- 7 John K M, Bernice W. Memory for everyday information in students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*: 2003, 36(5): 394 - 406
- 8 Howe M L, Rabinowitz F M, Powell T L. Individual differences in working memory and reasoning - remembering relationships in solving class - inclusion problems. *Memory & Cognition*, 1998, 26(5): 1089 - 1101
- 9 Jong P F, Das - Smaal E A. Attention and intelligence: the validity of the star counting test. *Journal of Educational Psychology*, 1995, 87(1): 80 - 92
- 10 Cesare C, Fiorenza R, Patrizio E T, et al. Imagery deficits in nonverbal learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 1999, 32(1): 48 - 57
- 11 Jenkins L, Myerson J, Hale S, et al. Individual and developmental differences in working memory across the life span. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1999, 6: 28 - 40
- 12 Engle R W, Tuholski S W, Laughlin J E, et al. Working memory, short - term memory, and general fluid intelligence: a latent - variable approach. *Journal of Experimental Psychology General*, 1999, 128(3): 309 - 331
- 13 Gathercole S E, Pickering S J, Ambridge B, et al. The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 2004, 40(2): 177 - 190
- 14 李德明, 刘昌, 李贵芸. 数字工作记忆广度的毕生发展及其作用因素. *心理学报*, 2003, 35(1): 63 - 68
- 15 Swanson H L. What Develops in Working Memory? A Life Span Perspective. *Developmental Psychology*, 1999, 35(4): 986 - 1000
- 16 Pascual - leone J, Baillargeon R. Developmental measurement of mental attention. *International journal of Behavioral Development*, 1994, 17: 161 - 200
- 17 Baddeley A D, Hitch G J. Development of Working Memory: Should the Pascual - Leone and the Baddeley and Hitch Models Be Merged? *Journal of Experimental Child Psychology*, 2000, 77: 128 - 137
- 18 陈国鹏, 王晓丽. 短时记忆及其策略一生发展的横断研究. *心理科学*, 2005, 28(4): 812 - 815
- 19 李晓东, 聂尤彦, 庞爱莲, 等. 工作记忆对小学三年级学生解决比较问题的影响. *心理发展与教育*, 2003(3): 41 - 45

(下转第 280 页)

程度都没有明显差别。这与道德心理领域的许多研究没有发现男、女之间的性别差异是一致的。本研究结果还表明,在对公正氛围的感知程度上男生明显高于女生。继 Kohlberg L. 之后的著名道德心理学家 Gilligan 指出,公正、关爱的道德价值取向分别与男、女性别有关,即女性的关爱取向占优势、男生的公正取向占优势,且贯穿于个体的整个一生并表现于各种道德情境<sup>[8]</sup>。中学男生对公正氛围感知的程度明显高于女生正是这一特点的反映。中学女生对关爱氛围的感知程度并没有明显高于男生,可能是我国中学男生关爱取向并不亚于女生的结果。由于宽恕与关爱的联系要比与公正的联系更为紧密,可以理解中学男、女学生对宽恕氛围的感知程度也没有明显差异。

## 5 结论

中学生对关爱氛围的感知程度明显高于对宽恕氛围、公正氛围的感知;中部地区的中学生对学校道德氛围的感知程度明显高于东部、西部学校的中学生;初一学生对公正氛围、关爱氛围的感知程度明显高于高二、初三学生;男生对公正氛围的感知明显高于女生。同时,一些有关问题尚待进行探究。

## An investigation on Students' Perception of the Moral Atmosphere in Middle Schools

Li Weiqiang<sup>1, 2</sup>, Cen Guozhen<sup>3</sup>, Guo benyu<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Department of Education, Chaohu College, Chaohu, 238000) (<sup>2</sup> Postdoctoral Center of Psychology, Nanjing Normal University, Nanjing, 210097)

(<sup>3</sup> Department of Applied Psychology, Shanghai Normal University, Shanghai, 200234)

**Abstract** The investigation surveyed the status of students' perception of the moral atmosphere in middle schools with the application of the School Moral Atmosphere Questionnaire to 663 middle school students. The results showed that (1) their perception of care atmosphere was better than justice atmosphere and forgiveness atmosphere. (2) the perception of moral atmosphere perception among them in central China was better than in east and west China. (3) the perceptions of justice atmosphere and care atmosphere among students in junior middle school grade one were better than students in junior middle school grade three and senior middle school grade two. (4) the males' perception of justice atmosphere among them was better than the females'.

**Key words** school moral atmosphere, justice atmosphere, care atmosphere, forgiveness atmosphere

(上接第 326 页)

20 周世杰, 龚耀先. 学龄期儿童记忆发展特点研究. 中国心理卫生杂志. 2004, 18(9): 610 - 612

21 Lefebvre C D, Marchanda Y, Eskes G A, et al. Assessment of working memory abilities using an event -

## 6 参考文献

- 1 辞海. 上海辞书出版社, 1990:1647
- 2 李伟强. 学校道德氛围心理学研究. 上海师范大学博士学位论文, 2007: 13 - 15
- 3 Kohlberg L. The moral atmosphere of the school. In H. Groux and D. Purpel (Eds.). The hidden curriculum and moral education. San Francisco: McCutchan, 1983: 61 - 81
- 4 Power C, Higgins A, Kohlberg L. Lawrence Kohlberg's approach to moral education. New York: Columbia University Press. 1989: 89 - 93
- 5 Brugman D, et al. Students' perception of the moral atmosphere: From moral culture to social competence. A generalizability study. European Journal of Developmental Psychology, 2004, 1(2): 171 - 192
- 6 Brugman D et al. Perception of moral atmosphere in school and norm transgressive behavior in adolescents: an intervention study. International Journal of Behavioral Development, 2003, 27(4): 289 - 300
- 7 李伟强. 学校道德氛围问卷的初步编制. 宁波大学学报(教育科学版), 2007, 29(2): 22 - 25
- 8 Gilligan C. In a different voice: Psychological theory and women's development, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982:122 - 124

related brain potential (ERP) - compatible digit span backward task. Clinical Neurophysiology, 2005, 116: 1665 - 1680

22 Gathercole S E. The development of memory. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 1998, 39 (1): 3 - 27

## The Development of Working Memory Span from 8-year-old Children to Adults

Duan Xiaoju<sup>1, 2</sup>, Shi Jiannong<sup>1</sup>, Ran Yuying<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101) (<sup>2</sup> Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039)

(<sup>3</sup> Sichuan Cangxi Middle School, Sichuan Cangxi, 628400)

**Abstract** 213 subjects at each age (8, 10, 12, 14, 16, 18 years old and adults) participated in this study. All subjects completed the following tests: backward digit recall, backward word list recall, spatial recall and visual recall. The results showed that working memory spans increased with age and peaked at different ages. The developmental trends of four tasks' memory span were similar. But the exact span-scores were different from what Pascual-Leone's model predicted.

**Key words**: working memory span, children, development, adults