

不同类型学习困难青少年存在不同类型的工作记忆缺陷

王恩国, 赵国祥, 刘昌, 吕勇, 沈德立

河南大学教育科学院心理与行为研究所, 开封 475004;

南京师范大学心理研究所, 南京 210097;

天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074

E-mail: wangeg88@163.com

2008-03-07 收稿, 2008-05-30 接受

教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(批准号: 05JJDXXL003003)和天津市科技发展规划项目(批准号: 05YFGDGX10200)资助

摘要 工作记忆的 3 个子系统分别负责不同类型的信息加工。总体上看, 学习困难组在言语工作记忆、视空间工作记忆和中央执行功能上均显著低于控制组, 不同类型学习困难儿童均存在工作记忆缺陷。不同类型学习困难组存在的缺陷不尽相同, 3 类学习困难儿童均存在言语工作记忆缺陷, 语文困难组的言语工作记忆与阅读广度不足有关, 数学困难儿童的言语工作记忆主要与计算广度有关, 双困难组在阅读广度和计算广度方面均存在缺陷; 数学困难和双困难组存在视空间工作记忆缺陷, 而语文困难的视空间工作记忆是完好的; 尽管不同类型学习困难儿童的中央执行功能任务上的成绩普遍低于控制组, 但他们的缺陷程度不同, 双困难组的中央执行功能的缺陷程度显著高于语文困难和数学困难组。

关键词
工作记忆
言语工作记忆
视空间工作记忆
中央执行功能
学习困难

工作记忆(working memory, WM)是一种对信息进行暂时加工和贮存的、能量有限的记忆系统^[1]。近年来, 随着研究方法的不断改进, 人们对工作记忆本身结构的认识也更加深入, 工作记忆是一个位于知觉、记忆与计划交界面上的重要系统, 大量研究证明, 工作记忆系统对于学习、运算、推理、语言理解等复杂的认知活动起关键作用, 工作记忆对复杂认知操作具有很好的预测性^[2]。工作记忆与学习困难关系研究主要集中在阅读困难和数学困难两个方面。研究发现, 工作记忆缺陷会造成多方面的学习困难^[3]。

阅读过程是一个复杂的信息加工过程, 这个过程的任何环节出现问题, 都可能导致阅读困难, 工作记忆与早期阅读能力存在密切关系。Swanson^[4]研究发现, 语言信息的工作记忆容量的不足限制了儿童词汇发展和早期阅读技能的获得。此外, 语音记忆容量影响词汇获得。Just和Carpenter^[5]研究发现, 阅读困难儿童的工作记忆容量缺陷不仅与言语广度有关, 而且与数字广度有关。Wagner等人^[6]研究发现, 在各种音位意识任务中, 工作记忆比短时记忆具有更重要的作用。

Swanson和Sachse-Lee^[7]直接对工作记忆中的语音回路在阅读理解中的作用进行了考察, 相关分析与回归分析结果都表明, 语音回路和中央执行器都与阅读理解关系密切。对于阅读困难者的视空间工作记忆是否存在缺陷, 情况比较复杂, 目前尚没有一致的结论。

相对于阅读困难工作记忆的研究, 数学认知领域里工作记忆的研究起步较晚。Hitch和McAuley研究发现^[8], 数学学习困难是由于储存数字的工作记忆容量不足造成的, 在使用策略解决简单附加问题时数学学习困难儿童明显落后于正常儿童。Peter和Leij^[9]以数学学习困难儿童为被试, 研究短时记忆、工作记忆与算术应用题解决之间的关系, 结果证实了“数学学习困难儿童在抑制控制方面普遍有缺陷”的假设。最近, Jonides等人^[10]研究发现, 工作记忆的一项重要功能是提取长时记忆中储存的与任务有关的知识, 工作记忆对解题正确率的影响, 是同运算法则知识有关的信息的激活紧密相关的, 激活的知识是来自长时记忆而不是语音回路。

国内学者对学习困难儿童认知加工机制的研究

相对较少,金志成和隋洁^[11]、程灶火和龚耀先^[12]、李晓东等人^[13]、张明和隋洁^[14]以及刘昌^[15]对学困生的工作记忆进行了研究,结果显示,学困生的工作记忆容量不如优生.国内学者对学习困难儿童认知加工机制的研究主要集中在数学困难上,对语文困难的工作记忆研究相对较少.

总的来说,到目前为止,有关学习困难的工作记忆研究仍然十分有限,对于不同类型学习困难儿童的工作记忆缺陷是一般领域缺陷或是特殊领域缺陷仍存在争论,语文学习困难儿童是否存在视空间工作记忆缺陷仍有较大的分歧.目前的大多数研究要么是研究语文学习困难困难,要么是研究数学困难,或者是将学习困难作为一个聚类群体去研究,使研究结论受到一定的限制,影响了研究结果.而且,对工作记忆各子成分的研究很不均衡,大部分的工作集中在工作记忆的言语工作记忆,而对工作记忆的其他成分研究不足.因此,不同类型学习困难儿童的工作记忆特点需要更多的研究加以阐明.本研究以 Baddeley 的工作记忆三结构成分为理论模型,在前人研究的基础上,将学习困难划分为 3 种类型即语文困难、数学困难和双困难生,通过全面、系统的工作记忆实验,进一步深入探讨不同学习困难儿童工作记忆的特点.

1 研究方法

() 被试. 以整群抽样方式在南京市市区重点、市区一般和郊区一般中学的三所初中,共选取 1180 名初中二年级学生,其中男生 626 人,女生 554 人.以班为单位,对所有学生进行《初中学习适应性测验》(AAT 测验),由学生本人自己填写.试卷收回后,剔除无效试卷 17 份,试卷有效率 98.6%,根据每个人的得分转换为等级分数,将学习适应等级在 2 等或 2 等以下的学生(共 178 人)作为可疑学习困难学生挑选出来进入第二层次筛选,由熟悉学生的班主任老师采用《学习困难筛查测验》测评,量表总分<65 分的可疑学习困难儿童 98 人.

将上学学期期末考试成绩转化为 Z 分数,数学分数位于 50% 以上,语文考试分数低于 25% 的确定为语文困难;语文分数位于 50% 以上,数学考试分数低于 25%,确定为数学困难;语文和数学考试分数均低于 25% 的确定为语文数学双困难.这样,共筛选出 3 类学习困难儿童 84 人,分别为语文困难 26 人(男, 17; 女, 9),数学困难 29 人(男, 9; 女, 20),双困难 26 人(男, 18; 女, 8).随机选取 28 名语文和数学考试分数均在 25% 以上的初二学生确定为控制组(男, 16; 女, 12).三所中学初二学生学习困难检出率 7.1%,比广州市筛出率 8.3% 略低,这可能与他们没有考虑智力的缘故有关.84 名学习困难学生和 28 名控制组学生参加瑞文标准智力测验,将测验原始分数转化为标准分,将该测验中标准分数低于 50% 的 3 名低智商者剔除,这样共选取学习困难被试 81 人,三名低智商者都属于学习困难组.这样共选择被试 109 人,被试基本情况见表 1.

不同被试在年龄上不存在显著差异($F_{(3,105)} = 0.13, P > 0.05$).不同能力组的语文和数学成绩均存在显著差异($P < 0.001$),控制组的智商显著高于学习困难组($F_{(3,105)} = 21.29, P < 0.001$),语文困难和数学困难组的智商无显著差异($P > 0.05$),语文困难和数学困难组智商又显著高于双困难组.

() 方法. 本研究以 Baddeley 的工作记忆三结构模型设计作业任务,所有工作记忆任务的设计依据“在同一作业中既要包括加工成分又要包括存储成分”这一原理进行构建.中央执行功能(数字划消和数字与字母连线)通过纸笔测试完成.言语工作记忆(阅读广度和计算广度)和空间工作记忆任务(点矩阵和字母旋转)均通过计算机测试完成,在一个安静的房间中,主试一对一进行测试,4 项工作记忆广度任务大致需要 30 min,每个任务均有 3 次练习,以确保被试明白如何操作,如果 3 次练习结束,被试仍然不清楚如何操作,则可继续练习,直到被试明白为止.

表 1 不同能力组被试的基本情况

	语文困难		数学困难		双困难		控制组		F 值	P 值
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
年龄	14.62	0.85	14.59	0.83	14.69	0.79	14.50	0.58	0.29	0.830
语文分数	45.98	7.06	65.93	5.24	34.04	11.47	77.04	7.49	155.94	0.000
数学分数	72.59	9.43	39.17	7.17	34.58	11.51	86.98	8.67	198.73	0.000
智商	49.42	2.61	48.97	2.13	47.27	2.86	52.57	2.41	21.29	0.010

(1) 阅读广度. 白色屏幕上依次随机出现一系列的句子, 例如, 植物离不开阳光, 手机不是通讯工具. 每次呈现一个句子(5000 ms), 要求按相应鼠标键判断其正误, 当一组句子呈现完毕, 被试要按先后顺序报告每个句子最后的词语, 如阳光、工具. 记录被试最后一次按正确顺序回忆出来的词语总量, 作为该任务成绩, 分值范围为 1~10.

(2) 计算广度. 在白色屏幕中央呈现简单算术题(全部是单个正整数的加减法, 答案为一位正整数, 如 $5 + 2 = ?$, $7 - 3 = ?$), 要求被试按相应的数字键给出答案, 同时尽可能记住算术题中的第二个数(加数或减数). 算术题呈现完毕, 要求被试通过按相应数字键将算术题中的第二个数依次回忆出来. 记录被试能正确回忆的最多的数字个数, 作为该任务成绩, 分值范围为 1~10.

(3) 字母旋转. 白色屏幕中央呈现带有大写字母 R 的方位图, 字母 R 始终在方位图的中央, 或正写或反写, 并按 7 种不同的方向进行旋转, 字母头的朝向有下、左、右、左上、左下、右上、右下这 7 种可能方位, 如此可构成 14 种呈现方式. 每呈现一个 R 字母首先要求被试按相应鼠标键判断这个字母是正写还是反写, 并记住该字母上部的朝向方位. 当一系列 R 字母呈现结束后, 要求被试按先后顺序报告这一系列 R 字母上部的朝向方位. 记录被试按正确顺序回忆出来的字母总量, 作为该任务成绩, 分值范围为 1~10.

(4) 点矩阵. 在白色屏幕上呈现简单的点矩阵加减算式题和某一方格中带黑点的 3×3 方格盘, 要求被试通过按相应鼠标键判断点矩阵加减算式题是否正确. 随后, 矩阵算式题与带黑点的方格盘同时消失, 此时呈现下一个矩阵算式题和带黑点的方格盘. 当一轮的矩阵算式题和带黑点的方格盘呈现完毕, 出现一个不带黑点的 3×3 方格盘, 要求被试用鼠标点击曾经出现过黑点的小方格. 如此逐渐往上递增. 记录被试能正确点击的最多黑圆点数, 作为该任务成绩, 分值范围为 1~9.

(5) 数字划消. 在呈现的一系列随机数字中, 每行的第一个数都是黑体数字, 要求在黑体数字后的一系列数字中找出与第一个黑体数字相同的数, 并用斜线划出来. 记录被试完成划消任务的时间和准确率, 作为被试该项测验成绩.

(6) 数字与字母连线. 这是一个数字与字母顺

序对应的连线测验, 有 22 个圆圈, 其中 11 个圆圈内 有 1 至 11 的数字, 另外 11 个圆圈内有 大写英文字母 A 至 K. 要求被试又快又准确地按照 1—A, 2—B, 3—C, 的对应方式, 将数字与字母用线条连接起来. 记录被试完成划消任务的时间和准确率, 作为被试该项测验成绩.

2 结果

2.1 不同能力组工作记忆各任务的得分比较

多元方差分析发现, 学习困难类型间主效应极显著, $P < 0.001$, 性别间主效应不显著, 学习困难类型和性别之间的交互作用不显著, 6 种工作记忆任务的组间差异极其显著($P < 0.001$).

由于存在显著的组间差异, 可以通过进一步多重比较发现不同能力组之间的差异, 从言语工作记忆来看, 计算广度任务中, 控制组均显著高于 3 类学习困难组, $P < 0.001$, 语文困难组显著高于数学困难和双困难组, $P < 0.001$, 数学困难组和双困难组差异不显著 $P = 0.93$; 阅读广度任务中, 控制组显著高于三类学习困难组, $P < 0.001$, 说明不同类型的学习困难组均存在阅读广度的不足, 就不同学习困难组而言, 他们之间也存在差异, 其中, 语文困难组和双困难组差异不显著, 但显著低于数学困难组, $P < 0.001$. 从空间工作记忆任务来看, 控制组显著高于三类学习困难组, 语文困难组显著高于数学困难和双困难组, $P < 0.01$, 数学困难组与双困难组差异不显著(表 2).

由于在选取被试时, 被试间的智商存在显著的组间差异(控制组显著高于学习困难组, $P < 0.001$, 语文困难和数学困难组显著高于双困难组, $P < 0.05$, 语文困难组和数学困难组差异不显著), 那么, 智商是否作为一种潜变量无形中影响统计结果, 从而对学习困难组造成不利的影响. 为了解决这个问题, 首先将智商作为协变量, 比较智商作为协变量进入方差分析前后结果的变化, 排除智商的影响, 统计结果发现, 智商作为协变量后不同能力组之间的差异仍然达到极显著的水平($P < 0.001$), 智商作为协变量进入方差分析前后线性模型的拟合优度分别为: 计算广度 0.69 和 0.68, 阅读广度 0.62 和 0.63, 点矩阵 0.48 和 0.49, 字母旋转仍然是 0.52, 数字划消仍然是 0.66, 数字与字母连线仍然是 0.71. 从这些数据中可以发现, 智商作为协变量进入方差分析前后数据变化没有影响整体的结果.

表 2 不同能力组工作记忆各任务方差分析

项目	语文困难()		数学困难()		双困难组()		控制组()		F 值	P 值	两两比较($P < 0.05$)
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD			
阅读广度	1.68	0.59	2.89	0.86	1.77	0.59	3.89	0.63	61.37	0.000	> , , ; > ,
计算广度	3.77	0.76	1.83	0.76	1.81	0.57	4.54	1.07	79.38	0.000	> , , ; > ,
点矩阵	2.89	0.99	1.62	0.56	1.50	0.58	3.43	1.10	34.71	0.000	> , , ; > ,
字母旋转	2.92	0.89	1.86	0.63	1.81	0.63	3.61	0.74	39.34	0.000	> , , ; > ,
划消反应时	34.2	8.0	36.4	4.7	42.1	8.6	30.4	4.0	14.97	0.001	, , > ; > ; >
连线正确率	88.5	12.5	85.3	16.3	69.9	17.2	98.1	3.8	20.0	0.001	> , , ; > ; >
连线反应时	64.1	19.8	73.5	20.7	86.7	25.3	45.5	8.2	21.6	0.001	, , > ; < ; <

表 3 工作记忆各任务与学习成绩和智商的相关矩阵^{a)}

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. 阅读广度										
2. 计算广度	0.32**									
3. 字母旋转	0.36**	0.73**								
4. 点矩阵	0.34**	0.62**	0.66**							
5. 划消反应时	-0.32**	-0.49**	-0.38**	-0.39**						
6. 连线反应时	-0.33**	-0.53**	-0.38**	-0.38**	0.66**					
7. 连线正确率	0.29**	0.35**	0.33**	0.35**	-0.33**	-0.46**				
8. 语文分数	0.77**	0.38**	0.34**	0.32**	-0.43**	-0.49**	0.46**			
9. 数学分数	0.39**	0.79**	0.81**	0.68**	-0.45**	-0.52**	0.53**	0.51**		
10. 智商	0.42**	0.43**	0.48**	0.31**	-0.31**	-0.39**	0.36**	0.47**	0.51**	

a) **, $P < 0.01$

2.2 工作记忆任务与学习成绩和智商相关矩阵

7 项作业任务指标与语文和数学成绩以及智商的相关矩阵见表 3。所有任务之间的相关系数均达到极显著水平($P < 0.01$)，数学分数与计算广度的相关最高， $r = 0.79$ ，语文分数和阅读广度的相关达 0.77。语文成绩与言语工作记忆容量的相关总体上高于与空间工作记忆容量的相关，数学成绩与空间工作记忆的相关明显高于语文成绩与空间工作记忆的相关。智商与工作记忆容量和学习成绩均存在极显著的相关($P < 0.01$)，但智商与言语工作记忆容量之间的相关高于其与空间工作记忆容量的相关。就言语工作记忆两项任务来看，计算广度和阅读广度之间的相关虽然达到了显著水平(0.32, $P < 0.01$)，但在所有相关矩阵中分数较低，这可能是由于计算广度属于以数字为材料的工作记忆而阅读广度则属于以言语为材料的工作记忆，二者有不同的存储和加工机制。

3 分析与讨论

通过上述实验，全面考察了学习困难儿童的工

作记忆特点，从总体上看，学习困难儿童在工作记忆的三个系统上均存在缺陷。但是，工作记忆的三个子系统对不同能力组的影响程度如何？不同学习困难儿童是一般领域缺陷或是特殊领域缺陷？目前尚不清楚，为了解决这些问题，分别对不同能力组进行协方差分析。协方差分析可将一些因素作为协变量，在排除协变量影响的条件下，分析控制变量对每个观察变量的影响，准确地对控制因素进行分析评价。以学习困难类型作为自变量，以学习成绩作为因变量，通过协方差分析可以得到当言语工作记忆、视空间工作记忆和中央执行功能分别作为协变量进入方差分析前后学习困难组和控制组之间的差异程度和作用效应(η^2)，然后通过对 η^2 的分析来衡量这 3 个协变量分别对学习困难组和控制组之间的影响程度。

3.1 双困难儿童的工作记忆特点

以学习成绩总分为因变量，以学习困难类型为自变量进行协方差分析，它可以较好地解释双困难组的工作记忆缺陷，当不考虑协变量的影响时，学习困难组和控制组之间的差异显著($F_{(3,105)} = 192.70$, $P <$

0.001, $\eta^2 = 0.846$); 将言语工作记忆任务指标(计算广度和阅读广度)作为协变量进入方差分析, 结果发现, 学习困难组与控制组之间的差异仍然显著($F_{(3,102)} = 36.21, P < 0.001, \eta^2 = 0.516$); 将视空间工作记忆任务指标(点矩阵和字母旋转)作为协变量进入方差分析, 结果发现, 学习困难组与控制组之间的差异仍然显著($F_{(3,102)} = 79.18, P < 0.001, \eta^2 = 0.700$); 将中央执行功能任务指标(数字划消和数字与字母连线)作为协变量进入方差分析, 结果发现, 学习困难组与控制组之间的差异仍然显著($F_{(3,100)} = 75.30, P < 0.001, \eta^2 = 0.693$); 将言语工作记忆和视空间工作记忆任务同时作为协变量进入方差分析, 结果发现, 学习困难组与控制组之间的差异仍然显著($F_{(3,99)} = 29.79, P < 0.001, \eta^2 = 0.474$); 将言语工作记忆和中央执行功能任务同时作为协变量进入方差分析, 结果发现, 学习困难组与控制组之间的差异仍然显著($F_{(3,97)} = 21.86, P < 0.001, \eta^2 = 0.403$); 将中央执行功能和视空间工作记忆任务同时作为协变量进入方差分析, 结果发现, 学习困难组与控制组之间的差异仍然显著($F_{(3,97)} = 39.39, P < 0.001, \eta^2 = 0.549$); 将言语工作记忆和视空间工作记忆以及中央执行功能任务同时作为协变量进入方差分析, 结果发现, 学习困难组与控制组之间的差异仍然显著($F_{(3,94)} = 16.55, P < 0.001, \eta^2 = 0.346$).

以上结果表明, 工作记忆的3个子系统或它们之间的结合都不能完全解释学习困难组与控制组之间学习成绩的差异, 但它们的作用效应量是不一样的, 对工作记忆的3个子系统或它们之间的结合分别作为协变量进入方差分析前后学习困难组与控制组之间的作用效应大小 η^2 进行分析可以发现, 言语工作记忆可以解释39% [(0.846 - 0.516)/0.846 × 100% = 39%]的组间差异, 按照上述计算方法, 视空间工作记忆可以解释17%的组间差异, 中央执行功能可以解释18%的组间差异, 言语工作记忆和视空间工作记忆结合可以解释44%的组间差异, 言语工作记忆和中央执行功能结合可以解释52%的组间差异, 视空间工作记忆和中央执行功能结合可以解释34%的组间差异, 将言语工作记忆和视空间工作记忆以及中央执行功能任务同时作为协变量可以解释59%的组间差异. 虽然它们单独都不能完全解释不同能力组学习成绩之间的差异, 但是, 由于言语工作记忆能解释不同能力组差异的39%, 而视空间工作记忆和中

央执行功能分别只能解释不同能力组差异的17%和18%, 在工作记忆的3个系统中言语工作记忆对学习成绩的影响程度超过了其他两个子系统之和, 也就是说, 言语工作记忆是影响学习成绩的主要因素.

为了验证上述结果, 进一步考察双困难组工作记忆缺陷受哪些因素的影响, 可采用层次回归方法进行分析, 回归分析是处理两个及两个以上变量间线性依存关系的统计方法. 这里被解释变量为学习成绩总分, 解释变量为所有工作记忆任务. 采用向后筛选策略让SPSS自动完成解释变量的筛选, 最终保留在方程中的变量是计算广度、阅读广度、字母旋转、字母与数字连线反应时, 其中, 阅读广度和计算广度对学习成绩总分的解释量最大. 由此可以看出, 对学习成绩总分解有贡献的变量是言语工作记忆、视空间工作记忆和中央执行功能, 这进一步验证了上述协方差的分析结果. 因此, 双困难儿童存在一般的工作记忆缺陷.

3.2 语文困难儿童的工作记忆特点

以学习困难类型作为自变量, 以语文成绩为因变量, 进行单因变量方差分析, 按照上述计算方法可以分别考察工作记忆子成分对语文困难儿童的影响. 计算结果表明, 工作记忆的3个子系统或它们之间的结合都不能完全解释学习困难组与控制组之间语文成绩的差异, 但它们的作用效应量是不一样的, 对工作记忆的3个子系统或它们之间的结合分别作为协变量进入方差分析前后学习困难组与控制组之间的作用效应大小 η^2 进行分析可以发现, 言语工作记忆可以解释32%的组间差异, 视空间工作记忆可以解释3.5%的组间差异, 中央执行功能可以解释13%的组间差异, 言语工作记忆和视空间工作记忆结合可以解释32%的组间差异, 言语工作记忆和中央执行功能结合可以解释44%的组间差异, 视空间工作记忆和中央执行功能结合可以解释14%的组间差异, 将言语工作记忆和视空间工作记忆以及中央执行功能任务同时作为协变量可以解释44%的组间差异.

本研究结果有一个重要发现, 那就是视空间工作记忆对语文成绩的解释程度最小(3.5%), 同时, 言语工作记忆单独作为协变量和言语工作记忆与视空间工作记忆同时作为协变量时, 对学习困难和控制组差异的解释程度都是32%, 中央执行功能可以单独解释13%, 而中央执行功能与视空间工作记忆二者的共同解释量为14%, 因此, 有充分的理由相信,

视空间工作记忆对语文成绩的影响很小,换句话说,语文困难组工作记忆缺陷与视空间工作记忆无关,语文困难组工作记忆缺陷主要是言语工作记忆和中央执行功能以及它们二者的结合造成的.层次回归结果表明,最终保留在方程中的变量是阅读广度、字母与数字连线正确率、字母与数字连线反应时.阅读广度对语文成绩的解释量最大.由此可以看出,对语文成绩解释有贡献的变量是言语工作记忆和中央执行功能,言语工作记忆主要阅读广度,与计算广度无关.而视空间工作记忆任务全部被剔除,它们不能解释不同能力组语文成绩之间的差异,这进一步验证了上述协方差的分析结果.

本研究结论与Swanson^[4]的研究“语文学习困难儿童的视空间工作记忆存在缺陷”的观点不同.本研究发现,语文学习困难儿童的视空间工作记忆与控制组不存在显著差异.

3.3 数学困难儿童的工作记忆特点

以学习困难类型作为自变量,以数学成绩为因变量,进行单因变量方差分析.按照上述计算方法可以分别考察工作记忆子成分对数学困难儿童的影响.结果表明,工作记忆的3个子系统或它们之间的结合都不能完全解释学习困难组与控制组之间数学成绩的差异,但它们的作用效应量不同,对工作记忆的3个子系统或它们之间的结合分别作为协变量进入方差分析前后学习困难组与控制组之间的作用效应大小 η^2 进行分析可以发现,言语工作记忆可以解释32%的组间差异,视空间工作记忆可以解释28%的组间差异,中央执行功能可以解释12%的组间差异,言语工作记忆和视空间工作记忆结合可以解释47%的组间差异,言语工作记忆和中央执行功能结合可以解释37%的组间差异,视空间工作记忆和中央执行功能结合可以解释38%的组间差异,将言语工作记忆和视空间工作记忆以及中央执行功能任务同时作为协变量可以解释52%的组间差异.

上述结果表明,数学困难产生的原因既与言语工作记忆有关,也与视空间工作记忆有关,同时,中央执行功能也是影响数学成绩的一个不可忽视的因素,虽然中央执行功能单独只能解释12%的组间差异,但它和言语工作记忆或视空间工作记忆结合在一起,就能发挥更大的作用.层次回归结果表明,最终保留在

方程中的变量是计算广度、字母旋转和字母与数字连线正确率,其中,计算广度对数学成绩的解释量最大.由此可以看出,对数学成绩解释有贡献的变量是言语工作记忆、视空间工作记忆和中央执行功能.

本研究从一个侧面支持了Geary^[16]的研究结论,即空间工作记忆与特定的数学学习困难有关,空间工作记忆特征可以分离数学学习困难类型.空间工作记忆测量具有更大的动态性和灵敏性,这种动态测量有助于阐明特定的空间缺陷对特定类型数学学习困难的贡献.该结论和Swanson和Sachse-Lee^[7]的数学学习困难存在明显的视空间工作记忆缺陷的观点是一致的.数学学习困难儿童的视空间工作记忆存在缺陷,这在各研究者之间已达成了共识.其实,这似乎并不难理解,因为许多数学任务是以视空形式来表征的.

本研究结果支持了Daneman和Carpenter的研究结果^[17],即6~49岁年龄段的阅读困难者都存在工作记忆缺陷,其工作记忆能力随年龄增长而下降,这种下降是由于中央执行器的注意控制能力下降所引起的,因此,儿童和成人在正常智力范围内执行加工的困难,不是由于智力低下的原因引起的.该结论也支持了Swanson和Sachse-Lee^[7]的研究发现,数学学习困难儿童与正常组相比,注意资源的有效分配能力不足,这种注意分配能力与中央执行功能有关.

由于工作记忆由3个子系统构成,它们分别负责不同类型的信息加工,学习困难组与控制组在言语工作记忆、视空间工作记忆和中央执行功能上均存在显著差异,学习困难组均显著低于控制组.就不同类型的学习困难组内部来说,他们存在的缺陷不尽相同.双困难组在工作记忆的三个子系统上均存在缺陷,属于一般领域缺陷.语文困难组的工作记忆缺陷具有领域的特殊性,主要是言语工作记忆的阅读广度和中央执行功能方面的不足,而视空间工作记忆是完好的.数学困难儿童在工作记忆的3个子系统方面均存在不足,而且言语工作记忆缺陷只与计算或数字有关.总体上看,不同类型学习困难儿童的中央执行功能任务上的成绩普遍低于控制组;不同类型学习困难儿童中央执行功能缺陷的程度不同,双困难的中央执行功能的缺陷程度显著高于语文困难和数学困难组.

参考文献

- 1 Baddeley A D. Working memory. *Science*, 1992, 255: 556—559 [\[DOI\]](#)
- 2 Anderson J R, Reder L M, Lebiere C. Working memory: Activation limits on retrieval. *Cognit Psychol*, 1996, 30: 221—256 [\[DOI\]](#)
- 3 Sluis S, Leij A, Peter F. Working memory in dutch children with reading- and arithmetic-related LD. *J Learn Disabilit*, 2005, 38(3): 207—221 [\[DOI\]](#)
- 4 Swanson H L. Age related differences in learning disabled and skilled readers' working memory. *J Exper Child Psychol*, 2003, 85: 1—31 [\[DOI\]](#)
- 5 Just M A, Carpenter P A. A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychol Rev*, 1992, 99: 122—149 [\[DOI\]](#)
- 6 Wagner R K, Torgesen J K, Laughon P, et al. Development of young readers' phonological processing abilities. *J Educat Psychol*, 1993, 85(1): 83—103 [\[DOI\]](#)
- 7 Swanson H L, Sachse-Lee C. A subgroup analysis of working memory in children with reading disabilities: Domain-general or domain-specific deficiency? *J Learn Disabilit*, 2001, 34: 249—263 [\[DOI\]](#)
- 8 Hitch G J, McAuley E. Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *Br J Psychol*, 1991, 82: 375—386
- 9 Peter F, Leij A. Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Exper Child Psychol*, 2004, 87: 239—266 [\[DOI\]](#)
- 10 Jonides J, Lacey S C, Nee D E. Process of working memory in mind and brain. *CurrDirect Psychol Sci*, 2005, 14(1): 2—5 [\[DOI\]](#)
- 11 金志成, 隋洁. 学习困难学生认知加工机制的研究. *心理学报*, 1999, 31(1): 47—52
- 12 程灶火, 龚耀先. 学习障碍儿童记忆的比较研究. *中国临床心理学杂志*, 1998, 6(3): 129—135
- 13 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
- 14 张明, 隋洁. 分散注意条件下学优生与学困生视空间工作记忆的比较研究. *应用心理学*, 2003, 9 (1): 29—34
- 15 刘昌. 数学学习困难儿童的认知加工机制研究. *南京师大学报(社会科学版)*, 2004, 3: 81—88
- 16 Geary D C. Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychol Bull*, 1993, 114: 345—362 [\[DOI\]](#)
- 17 Daneman M, Carpenter P A. Individual differences in working memory and reading. *J Verb Learn Verb Behav*, 1980, 19: 450—466 [\[DOI\]](#)