

内部资料，未经作者同意
不得公开报道、引用和转载

珠算与珠心算

研究参考

中国珠算心算协会

第5期（总第23期）

2022年6月10日

珠算训练学生与同龄未接受训练学生相比 具有个性品质优势

摘要：过往大多数实证研究都集中在珠算熟练程度与认知能力之间的关系上，但对珠算熟练程度和非认知特征（个性品质）之间关系的研究却少得多。我们提出了一个“相关性假设”来解释珠算训练向非认知发展的转移。我们预期，受珠算训练的学生在一些非认知特征上会比未经训练的学生表现出优势。参与者是68名珠算组儿童和73名未受过训练的儿童，年龄在8-13岁之间。所有参与者都完成了七项认知测试和七份评估各种非认知特征自我报告问卷。结果表明，珠算组表现出更好的心理旋转和算术计算能力。值得注意的是，珠算组的毅力、自制力、成就动

机和数学自我效能感也高于未受过珠算训练的组。该研究是第一个探索与珠算训练相关的非认知特征（个性品质）的研究。

关键词：珠算训练；非认知特征；相关性假设；毅力；自我控制；成就动机；数学自我效能感

1. 前言

珠算是一种传统的计算工具，用于通过沿杆和凹槽滑动计数器来执行复杂的算术运算，例如加法、减法、乘法、除法、平方根和立方根。学生通常通过物理操作珠子并逐渐在没有物理算盘的情况下进行心算来学习如何使用珠算(Stigler, 1984; Shwalb, Sugie & Yang, 2004)。与 40 多项关于珠算训练与认知能力发展之间关系的研究 (Lu, Li, Cui, Wang, Hu & Zhou, 2021) 相比，研究珠算训练与非认知特征之间的关联研究要少得多 (Veena Rajasekhar 和 Nandan, 2018 年; Barner、Alvarez、Sullivan、Brooks、Srinivasan 和 Frank, 2016 年; Barner、Athanasopoulou、Chu、Lewis、Marchand、Schneider 和 Frank, 2017 年; Shwalb 等人, 2004 年; Bibak, 2016 年)，此外，其他广泛的非认知特征也被忽略，如自我控制、毅力和情绪调节。因此，考察受过珠算训练的学生是否比未受过珠算训练的学生具有非认知优势将是值得的，并填补了现有文献的空白。

我们提出了一个相关性假设，那就是从认知训练（即当前研究中的珠算训练）到非认知特征（或未经训练的认知处理）的转移是由于两者之间的相关性而发生的。这个假设扩展了相同要素理论 (Woodworth & Thorndike, 1901)，该理论只关注认知因

素的转移, 以提供对认知训练向非认知特征迁移的解释。

1.1 珠算训练与认知能力

先前关于珠算训练的认知转移效应的综述 (Lu et al., 2021; Wang, 2020) 一致认为珠算训练增强了认知功能, 特别是与数字处理和视觉空间表征高度相关的认知功能。具体来说, 珠算训练提高了认知能力, 例如基本的数值处理 (Wang, Geng, Hu, Du & Chen, 2013)、心算技能 (Stigler, 1984; Barner et al., 2016)、数感和推理 (Wang, Geng, Yao, Weng, Hu & Chen, 2015) 和数值工作记忆 (Hatano & Osawa, 1983; Kawakami, 1995; Dong, Wang, Xie, Hu, Weng & Chen, 2016)。这些与珠算高度相关的转移被称为是“近迁移”, 并且在研究中得到一致证明 (Lu 等人, 2021 年)。

关于从珠算训练到较远认知领域的能力转移, 包括执行功能和空间技能等。珠算训练对执行功能的影响存在争议 (Lee, Lu & Ko, 2007; Hatano et al., 1983; Wang et al., 2019; Hu, Geng, Tao, Hu, Du, Fu, & Chen, 2011), 但是较多研究发现在空间能力上的远迁移作用。与受过英语训练的对照组相比, 受过珠算训练的空间能力有显著提高 (Lu et al., 2021)。

1.2 珠算训练与非认知特征

非认知特征是一个总称, 指的是认知测试可能无法直接捕捉到的一系列态度、技能和行为 (Farrington, Roderick, Allensworth, Nagaoka, Keyes & Johnson, 2012)。根据 Rosen, Glennie, Dalton, Lennon & Bozick (2010) 和 Lipnevich, MacCann & Roberts (2013) 提供的分类法, 最常见的非认知结构包括自我效能、考试焦虑、情绪调节、动机和韧性等。研究已发现非认知

技能在更好的学业成就、心理社会和认知领域发挥作用（Smithers 等人，2018 年），以缓和社会经济地位（SES）影响并减少家庭 SES 对成就的影响（Liu，2019 年），并在塑造劳动力市场结果和健康方面发挥比认知技能更重要的作用（教育基金会，2013 年）。

然而，以往的研究往往忽视了珠算训练可能对儿童非认知特征的发展产生的影响。据我们所知，目前只有五项关于该主题的研究（Shwalb et al., 2004; Bibak, 2016; Barner et al., 2016, 2017; Veena et al., 2018）。Shwalb 等人（2004）使用纵向设计和问卷调查来询问孩子们对珠算和数学的态度。Shwalb 等人（2004）发现珠算组的孩子在数学自我效能和兴趣问卷中得分高于未经训练的组。相比之下，计算焦虑的分数在两组之间没有差异。他们还采访了家长，并获得了与具有最高水平珠算技能的学生相关的特征描述。家长们表示，受过珠算训练的学生可以不间断地学习，障碍不会分散他们的注意力，他们很听话，他们喜欢解决问题。Bibak（2016）将五年级学生随机分配到按照常规方法训练对照组及珠算训练组，然后在十二个 45 分钟课时后测量学生的自我报告分数，发现珠算训练对自我效能有类似的积极影响。Veena 等人（2018 年）在一项简单的回顾性研究中发现，受过珠算训练的学生的数学焦虑水平略低于未受过珠算训练的学生。

这些研究报告了珠算训练对数学自我效能的一致积极影响，还提示珠算训练可能与非认知技能的其他方面有关，例如数学兴趣、毅力和自我控制。然而，这些研究中的非认知变量（例如，

数学焦虑) 要么被用作协变量来控制数学成就的干扰变量 (Barner 等人, 2016; 2017), 要么被单独针对和分析 (例如, 自我效能感) 而没有控制认知影响, 或使用描述性方法 (例如, 毅力) 进行研究。因此, 实证上, 珠算训练如何与其他关键的非认知特征 (如毅力和自我控制) 联系起来, 或者在控制了认知能力后这种关联是否仍然存在, 仍然是未知的。

1.3 目前的研究

目前的研究旨在调查受过珠算训练的儿童和未受过珠算训练的儿童是否在一系列非认知特征上有所不同, 包括数学焦虑 (在与数学相关的情况下感到恐慌和无助的程度)、数学自我效能 (相信自己有能力解决数学问题的能力), 自我控制 (保持专注和抑制及时满足的能力), 毅力 (尽管遇到困难或灰心, 继续努力实现某事的品质)、数学情感投入 (对数学课的积极性反应水平)、成就动机 (一个人追求成功或避免失败的动机水平) 和情绪调节 (控制自己情绪状态的能力)。选择这七个非认知结构是因为它们与学业成绩相关 (Foley 等人, 2017; Duckworth 等人, 2019; Usá n 等人, 2021; Verkuyten 等人, 2001) 并被认为是与珠算训练相关的。我们还测试了七种认知能力来控制认知差异。

我们首先预期珠算训练组和未经训练组在数学自我效能、成就动机和数学情感投入方面有显著差异。自我能力感知影响自我效能和动机 (包括成就动机和数学情感投入) (Bandura, 1977; Ryan & Deci, 2000)。受过珠算训练的学生不仅具有更好的计算能力, 而且还通过珠算课程、经常组织的比赛和认证考试中的

交流和反馈了解他们的能力 (Stigler, Chalip & Miller, 1986)。基于珠算训练与能力感知之间的这种关联, 我们预测珠算组的学生比未受过训练的学生表现出更高的数学自我效能、成就动机和数学情感投入。

我们还预测, 受过珠算训练的学生比未受过珠算训练的学生具有更好的毅力和自控能力。在繁琐且需要重复练习的珠算教学中 (Na, Lee, Park & Ryu, 2015 年), 学生们被教导他们必须致力于自己的目标, 保持高度专注, 并规范自己的行为。这些技能与培养毅力 (Tang, Wang, Guo & Salmela-Aro, 2019) 和自我控制 (Friese, Frankenbach & Loschelder, 2017) 高度相关。

我们预测情绪调节和数学焦虑在组间不会有差异, 因为珠算训练与情绪调节和数学焦虑没有明显相关性。因此, 我们预测两组的情绪调节和数学焦虑的自我报告水平相似。

2. 方法

2.1 参与者

参与者是根据我们测试的最低知识要求从中国小学 3-6 年级中挑选出来的, 大多数受过珠算训练的孩子在小学开始两年后就会得到足够的训练。接受珠算培训的学生来自珠算培训机构, 而未接受珠算培训的同龄学生则来自当地小学。所有儿童都是以普通话为母语的人, 视力正常或矫正至正常。除了一名参与者外, 其他人都是右利手。所有参与者都填写了知情同意书。该调查得到了北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室的批准。最终样本包括 68 名珠算熟练的儿童 (38 名男性, 平均年龄: 115.74 ± 12.39 个月) 和 73 名非珠算训练的儿童 (39 名男性,

平均年龄：115.63±12.40 个月)。统计分析显示，两组在年龄上没有差异 ($p>0.05$)。

2.2 认知测试和非认知特征问卷

所有参与者完成了七项认知测试：选择反应时间、几何图形搜索、计算、二维心理旋转、句子填充、Go/No-Go 和非语言矩阵推理，这些测试测量加工速度、持续注意力、算术能力、空间能力、语言能力、反应抑制和一般智力。参与者还完成了七份关于非认知特征的问卷。此外，珠算评分系统 (CAAMA, 2020) 用于选择珠算训练组的参与者，增加了当前研究与未来研究的可比性。附录中提供了每种测量方法的信度和效度充分的证据。

2.3 研究步骤

所有测试和问卷均由参与者在学校的计算机教室以相同的顺序完成。整个过程大约需要两个小时，参与者在测试中途休息了 10 分钟。实验人员告诉学生，问卷没有正确或错误的答案，他们的分数是保密的，不会被纳入学生的评估体系。他们还被要求点击最符合他们情况的选项，不要看别人的屏幕或进行任何对话。参与者被要求通过键盘按键或鼠标点击做出响应。每个测试的测量值在表 1 的第二列中描述。

2.4 数据分析

原始数据使用 Microsoft Visual FoxPro 6.0 进行预处理，并使用 SPSS 25.0 (IBM Corp, 2017) 进行分析。在剔除遗漏一半以上数据的参与者和未评估珠算水平或珠算水平低于八级的珠算训练参与者后，剩下 141 名参与者，其中珠算训练组 68 人，未训练组 73 人。为了分析认知测试和非认知特征问卷得分的组

间差异, 我们进行了两次方差分析 (ANOVA)。我们还进行了相应的协方差分析 (ANCOVA) 以控制年龄和性别, 并分析了在偏掉认知或非认知能力的影响后是否仍然存在显著的组间差异。

3. 结果

表 1 显示了珠算训练组和未训练组的年龄、认知测试分数和非认知问卷分数的描述性数据。所有变量之间的相关性见表 2。认知测试和非认知问卷的方差分析结果分别见表 3 和表 4。分析表明, 珠算组在算术测试 ($F(1, 139) = 171.72, p < .001$)、二维心理旋转测试 ($F(1, 139) = 14.12, p < .001$) 中得分显著高于未训练组。在非认知特征方面, 珠算组表现出更高水平的数学自我效能 ($F(1, 139) = 9.68, p = .002$), 自我控制 ($F(1, 139) = 13.31, p < .001$), 毅力 ($F(1, 139) = 15.27, p < .001$) 和成就动机 ($F(1, 139) = 9.63, p = .002$)。在进行 Bonferroni 调整后, 其他测试和问卷的组间分数没有达到统计学意义上的显著差异。

我们进行 ANCOVA 以比较两组之间的问卷分数, 同时控制年龄、性别和一般认知能力。结果显示在表 4 的 ANCOVA 模型 1 中, 在 Bonferroni 校正后, 只有毅力的差异仍然显著 ($F(1, 131) = 12.15, p = .002$)。进行另一次 ANCOVA 以比较两组之间的问卷分数, 同时控制相同的因素, 并增加算术能力作为协变量 (结果显示在表 4 的 ANCOVA 模型 2 中)。控制算术能力后, 两组的毅力得分无显著差异。

4. 讨论

目前的研究旨在确定受过珠算训练的儿童与未受过训练的

儿童相比是否表现出非认知差异,正如基于珠算学习与非认知特征发展之间的关联所预测的那样。为了研究这个问题,我们使用各种非认知问卷和算术测试以及几种一般认知测试对两组进行了测试和比较。研究结果支持了相关性假设,即受过珠算训练的学生在与珠算训练相关的非认知特征方面表现出优势。相较于以往研究,本研究首次研究了珠算训练与非认知因素之间的关系。

关于认知转移效应,我们的额外分析表明,即使在控制了其他认知功能后,受过珠算训练的学生也比未受过训练的学生具有更好的心理旋转和计算能力。与之前的研究结果一致(Cheng et al., 2021; Lu et al., 2021; Stigler, 1984),这一结果支持了基于相关性假设的从珠算训练到空间能力的转移。具体而言,珠算训练在视觉形状感知和心理想象上获得的优势与心理旋转技能的提高有关(Cheng et al., 2021)。

结果还表明,受过珠算训练的学生具有更高的数学效能和成就动机水平,这支持了我们第一个假设的部分内容。我们没有观察到各组之间数学情感投入有显著差异。这可能是由于数学情感投入是一个具有行为、认知和情感方面的多维结构(Wigfield、Eccles、Fredricks、Simpkins、Roeser & Schiefele, 2015),而珠算训练可能会影响学生的行为(更积极的行为)或认知(更好的认知资源)投入,但不会增加他们的情感投入。

结果显示,珠算训练组的数学焦虑水平略低于未训练组,这在 Bonferroni 校正后没有达到显著。这与之前的研究一致(Shwalb 等人, 2004; Barner 等人, 2017; Veena 等人, 2018)。尽管一些研究人员提出,通过提高自我感知到的能力可以减少数

学焦虑 (Ma, 1999) , 但其前因是复杂的。家长焦虑和教师数学投入等更多相关因素可能会模糊心算技能提高与数学焦虑减少之间的弱相关 (Foley et al., 2017) 。

作为探索性研究, 本研究的一个重要发现是, 受过珠算训练的儿童比未受过珠算训练的学生更自控和坚持。珠算学习过程需要自我控制和目标承诺 (Shwalb et al., 2004) , 这可能使珠算训练与毅力和自我控制的发展高度相关。我们的结果也支持了先前的研究, 这些研究证实了这一毅力和自我控制能力发展的可塑性 (Muraven, 2010; Tang 等人, 2019) 。然而, 更高水平的毅力 (或自我控制) 与长期珠算训练之间的因果关系尚不明确。因此, 有必要进行操纵性实验以更明确地研究这个问题。

与我们的第三个假设一致, 我们没有发现受过珠算训练和未受过训练的儿童之间的情绪调节存在统计学上的显著差异。与数学情感投入的发现相似, 该结果表明珠算训练可能与自我调节的情绪方面无关。

控制认知能力后, 成就动机、数学自我效能感和自我控制的组间差异消失。尽管毅力的组间差异仍然显著, 但在控制算术能力后也变为不显著。解释方差的重叠表明认知和非认知技能之间存在相互作用。因此, 珠算训练的学生的非认知改善可能是珠算训练的直接影响, 也可能有通过认知增强产生的间接影响。

这项研究有几个局限性。首先, 具有随机选择和分配条件的受控实验设计将更有助于辨别珠算训练对非认知特征的因果影响。我们在分析中控制了一般认知能力, 以尽量减少这种局限, 但该研究无法控制社会和教育因素的影响。其次, 自我评估经常

受到批评,因为受访者可以做出虚假的回应以显得更合乎社会需求 (Lipnevich et al., 2013)。虽然我们已经使用策略来最小化这种偏差,但我们建议在未来的研究中使用内隐测量或其他人的报告来减少共同方法偏差和自我服务偏见的影响。

5. 结论

本研究首次表明,受过珠算训练的学生比未受过珠算训练的学生具有更高的毅力、自控力、数学自我效能和成就动机。当前研究中的相关性假设将相同要素理论扩展到非认知领域,从而帮助老师和家长更全面地了解珠算训练的影响。

表 1 描述统计结果

任务名称	测量指标	平均值 (标准差)	
		参照组	珠算组
男性/女性	人数	42/31	38/30
年龄	月数	115.74 (1.45)	115.63 (1.50)
1. 选择反应时	矫正正确个数	116.00 (0.67)	117.22 (0.33)
2. 几何形状搜索	正确试次个数	51.41 (2.51)	56.44 (2.52)
3. 二维心理旋转	矫正正确个数	19.88 (1.57)	27.71 (1.35)
4. 打地鼠	游戏得分	1095.48 (83.55)	1153.38 (81.83)
5. 词语辨析	矫正正确个数	21.41 (1.03)	23.43 (1.08)
6. 非言语图形推理	正确试次个数	19.15 (0.58)	21.26 (0.61)
7. 算术任务 (简单计算、复杂计算、多步计算)	矫正正确个数	25.52 (1.16)	47.82 (1.25)
8. 数学焦虑问卷	问卷得分	54.19 (2.25)	46.04 (2.16)
9. 数学自我效能感问卷	问卷得分	43.73 (0.954)	48.25 (1.11)
10. 自我控制问卷	问卷得分	32.53 (0.80)	36.72 (0.82)
11. 坚毅问卷	问卷得分	39.59 (0.753)	43.82 (0.78)
12. 数学情感投入问卷	问卷得分	107.86 (2.19)	110.22 (2.21)
13. 成就动机问卷	问卷得分	3.64 (0.60)	6.56 (0.73)
14. 情绪调节问卷	问卷得分	33.45 (0.80)	35.19 (1.04)

表 2 相关表（省略）

表 3 认知变量的方差分析结果（省略）

表 4 非认知特征变量的方差分析结果

任务名称	ANOVA		
	<i>F</i>	<i>p</i>	partial η^2
8. 数学焦虑问卷	6.80	.010	.047
9. 数学自我效能感问卷	9.68	.002	.065
10. 自我控制问卷	13.31	<.001	.087
11. 坚毅问卷	15.27	<.001	.099
12. 数学情感投入问卷	0.57	.451	.004
13. 成就动机问卷	9.63	.002	.065
14. 情绪调节问卷	1.79	.184	.013

（本文翻译自北师大周新林教授脑与数学学习课题组 Mou, C., Wei, X., & Zhou, X. (2022). Non-cognitive differences between abacus-trained students and their counterparts. *Personality and Individual Differences*, 191, 111558.）

文章作者：

周新林：北京师范大学心理学部、认知神经科学与学习国家重点实验室教授

报：教育部基础教育司，民政部社会组织管理局，财政部办公厅、科教和文化司、人事教育司，文化和旅游部非物质文化遗产司，中国珠算心算协会会长、副会长，中国财政科学研究院院长、副院长
送：中国财政科学研究院人事处、教科文研究中心、珠心算研究院；中国珠算心算协会常务理事
