

Early Childhood Active Learning Performance

Li Zhao, Mingyi Wang*

Department of Psychology, Beijing Forestry University, Beijing
Email: *wang_mingyi@163.com

Received: Feb. 14th, 2020; accepted: Mar. 12th, 2020; published: Mar. 23rd, 2020

Abstract

Active control is the core element of active learning. Recently, there have been some advances in infant active learning. In the field of causality, infants' active control behavior still requires adult support and collaboration. Preschool and school-age children can independently complete some causal reasoning tasks through active learning, and their performance is better than that of didactic learning. However, the advantages of active learning are not prominent in the word-learning. Active learning can enhance the short-term and long-term memory. The active control of information can make the learning process more efficient. In the future, we can further explore the relationship between executive function, parenting styles, cultural differences and active learning.

Keywords

Active Control, Infant, Causal Learning, Machine Learning

儿童早期的主动学习表现

赵 黎, 王明怡*

北京林业大学心理系, 北京
Email: *wang_mingyi@163.com

收稿日期: 2020年2月14日; 录用日期: 2020年3月12日; 发布日期: 2020年3月23日

摘 要

主动控制是主动学习的核心要素。近期对婴幼儿主动学习的研究较为活跃, 发现在因果关系领域, 幼儿的主动控制行为尚需要成人的支持协作, 幼儿及学龄儿童已能独立通过主动学习方式完成一些因果推理

*通讯作者。

任务, 且学习表现优于指导学习, 但在言语词汇领域, 婴幼儿主动学习优势尚不明显。主动学习能提升个体的短时及长时记忆, 对信息的主动控制能使学习过程更高效。未来可进一步探讨执行功能、教养方式、文化差异等与主动学习的关系。

关键词

主动控制, 婴幼儿, 因果关系, 机器学习

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

建构主义理论(constructivism)认为学习是一个意义建构的过程, 知识是在主客体相互作用的活动中建立起来的(Steffe & Gale, 1995)。对于儿童早期学习, 理性建构主义者在此基础上提出: 幼儿是主动学习者(e.g., Gopnik & Wellman, 2012; Xu & Kushnir, 2012, 2013)。幼儿阶段是个体一生学习方式、思维方式养成的起点, 对学龄期乃至成人期的学习能力和学习方式都有巨大影响。主动学习是幼儿认知重组和发展的必要条件, 对培养儿童创造意识和思维具有显著作用。那么何为主动学习? 幼儿的主动学习包含了哪些具体过程? 其学习效果如何? 以下将针对这些问题, 通过与被动观察、接受指导学习方式相对比, 梳理儿童早期主动学习方式的表现, 并对未来研究方向进行展望。

2. 主动学习的内涵

2.1. 主动学习的内涵

主动学习(active learning)是一个复杂而广泛的概念, 原多指人工智能中的机器学习, 探究计算机如何利用经验数据提高自身性能(Yang, Ma, Nie, Chang, & Hauptmann, 2015)。在发展与教育领域, 主动学习因融合了问题导向、分组讨论等多种教学策略(Bonwell & Eison, 1991; Cherney, 2011)及多样性的技术而难以精确定义并分类。许多教育理论都将它与传统的教学者为中心、学习者被动接受的方式相比, 提出“主动”在其中的含义。例如: 发现学习(discovery learning)强调通过控制材料的方式自主发现知识形成的步骤(Bruner, 1961), 自我调节学习(self-regulated learning)强调进行自我控制, 通过自主评价、监控并调用合适的学习策略激励自身学习(Boekaerts, 1997)等。可以看出, 主动学习方式运用于以上多种学习模式中。

Hohmann, Weikart 和 Epstein (1995)进一步指出幼儿主动学习的定义, 即对对象、人、想法和事件的直接体验, 幼儿通过自发的活动——听、动、感觉、探索、操纵来学习概念、形成想法, 并创建自己的符号或抽象概念, 从而参与体验事物的本质、理解世界。Hohmann 认为, 主动学习的关键要素之一是对物体的直接行为, 这种对物体的操纵是幼儿与物体互动、产生思考并与他人进行讨论、解决问题的基础。实证研究中, 研究者们通过对主动学习进行操作性定义来确定主动学习的内涵。例如: 与被动观测相比, 主动控制三维物体的旋转能更好的学习空间布局(Harman, Humphrey, & Goodale, 1999); 通过主动移动胳膊接触目标物体, 而不是由他人将目标物体移动到同一位置, 更能识别物体的空间位置(Trewartha, Case, & Flanagan, 2015); 在通过虚拟驾驶学习空间领域实验中, 能够主动决定路口转弯方向的学习者比被动观察行驶经验视频的学习者表现更好(Plancher, Barra, Orriols, & Piolino, 2013)。综上, 主动学习方式共有的特征是: 提供学习者操控学习经验的机会, 包括对新信息的选择、排序和整合(Markant, Ruggeri, Gureckis, &

Xu, 2016), 即主动控制(active control)是主动学习的核心要素。

2.2. 主动学习的具体过程

儿童早期通过主动学习习得新概念知识的具体过程是怎样的? 很早研究者就发现, 婴儿的注意是有选择性的(Gibson, 1988), 且这种主动选择伴随儿童发展逐渐从选择性注意拓展到自发探索行为, 以帮助他们了解物体间的关系(Bourgeois, Khawar, Neal, & Lockman, 2005; Fontenelle, Kahrs, Neal, Newton, & Lockman, 2007), 但很少有实证研究系统地证明幼儿主动学习的组成过程。Sim (2016)针对不同年龄段的儿童采用特定实验, 证明了主动学习不是单一的过程, 而是发现问题、选择信息、生成证据、纳入知识体系等多个复杂过程协同作用, 以便学习能够顺利进行。

首先, 学习者需检测待学习的事物, 觉察不合理情境, 发现问题。研究者观察到 8 个月大的婴儿对概率无法预测的巧合事件就已经具有敏感性。人为操控“随机采样”的彩色小球, 发现婴儿对“伪随机”方式抽取的小球注视时间、玩耍时间都更长, 说明婴儿能成功发现与自己目前理解不准确、不合理的情况, 并可能对观察到的事件有更好的解释(Sim & Xu, 2013)。Denison 和 Xu (2010)同样发现 10 个月大的婴儿能在选择范式中自发地推断出事件的可能性, 这不仅证明婴儿能发现问题所在, 同时说明主动学习可能在这个时期就已经开始了。

其次, 学习者需要有选择地参与或接近潜在的信息来源。已有研究证明了 7、8 个月大的婴儿在选择取样信息上具有主动性(Kidd, Piantadosi, & Aslin, 2012)。对不同复杂时间序列的视觉注意力进行测量发现, 婴儿更多地将注意力集中在中间可预测的刺激项目上, 避免在过于简单或者复杂的事件上浪费认知资源。类似对信息资源的主动选择行为同样出现在 13 个月的婴儿身上, 研究者通过违反期望范式(violation-of-expectation, VOE)和爬行范例, 发现 13 个月的婴儿能优先接近并探索意外事件的来源(Sim & Xu, 2017a)。这种自发的探索行为为婴儿提供了学习机会, 并帮助他们获得与修订原始理论假设相关的信息。

此外, 学习者必须系统地、有效地生成与学习目标相关的证据。研究者采用确定分类边界任务测量幼儿的类别学习表现, 发现他们虽然在主动探索过程中还不能很好的使用最佳的策略, 即二元对分策略来寻找分类边界, 但仍能通过非随机的、有效的方式收集证据, 提高分类准确度, 证明幼儿可以系统地生成数据来理解类别, 且他们信息搜索策略的系统性与他们的分类表现相关(Sim, Tanner, Alpert, & Xu, 2015)。幼儿还能以与信息收益最大化相一致的方式判断呈现问题的有效性, 这表明开发信息搜索策略的计算基础可能在很早就已经存在(Ruggeri, Lombrozo, Griffiths, & Xu, 2016)。

最后, 学习者必须整合自我生成的数据, 将观察到的结果纳入自己的知识体系中推广应用。例如, 幼儿在学习生物特性理论时, 能主动从环境中获取模糊证据进行一阶概括(如: 狗喜欢吃骨头, 兔子喜欢吃青菜), 同时经过简短的论证后, 在抽象的、更加复杂的二阶、三阶等高阶层面进行概括(如: 每类动物都有喜欢的食物, 每类动物都有自己独特的特点)(Dewar & Xu, 2010; Sim & Xu, 2014, 2017b), 这种高阶概括是儿童建立知觉理论的基础, 同时为儿童形成更大的概念结构奠定基石。

以上研究表明, 7、8 个月大的婴儿在发现问题、信息筛选的过程中已具有主动的意识, 婴幼儿能进行自主探索行为, 并能使用信息搜索策略帮助自己理解关系。这些表现证明主动学习从婴幼儿时期就已经开始了, 表现在对注意力、信息证据等的主动控制上。

3. 主动学习的学习效果

婴幼儿已具有主动学习的意识, 那么他们的主动学习效果如何? 不同年龄儿童的表现处于怎样的水平? 当前研究主要将儿童早期学习过程中的主动控制与被动观察、接受指导相比, 在因果关系和言语学

习两领域考察儿童主动学习效果的变化。

3.1. 因果关系领域

19个月婴儿的主动学习尚处于发展萌芽阶段,其自主探索行为需要成人的支持(Sim & Xu, 2015)。研究者发现协作过程对该年龄阶段的婴儿尤为重要,仅通过主动探索或观察演示,婴儿均不能完成因果关系推理,只有和父母同时参与探索过程,或先由研究者演示再进行自由游戏探索时,才能成功习得因果规则,说明对于19个月的婴儿而言,自主探索过程和接受指导同是不可或缺的。研究者认为,若仅独立进行主动学习,婴儿还不能识别物体间的相互关系,无法完成对不充分信息或证据的归纳;若仅进行指导学习,虽然该过程信息丰富,但生成的证据数量不足以支持婴儿学习因果规则。

2~3岁时,伴随着个体的发展,幼儿已能独立通过主动学习或指导学习完成一些任务,且表现出的学习效果一样好。研究者采用玩具组块能激活对应机器的实验范式,探索2~3岁婴儿习得颜色或形状匹配的因果关系表现,发现增加信息收集的难度,模糊了关键线索后,他们仍能通过自我生成的证据进行高阶概括,且任务表现与明确线索条件下的一样好,主动学习和指导学习效果也相同,证明2~3岁的婴儿已能通过主动学习和指导学习两种方式完成学习内容,不仅能对学习过的物体形成有意义的概括,还能够推广、迁移到新事物上(Sim & Xu, 2017b)。

此后,主动学习的优势效果逐渐显现。同样基于上述研究范式,研究者进一步探讨了3~5岁儿童在复杂因果关系上的表现。通过增加激活组块的数量,将单组块激活规则改为多个组块共同激活,使其因果关系更为复杂,并把主动学习的自由游戏阶段未成功激活玩具机器的幼儿筛选出来另成一组,给予与指导学习相同的规则演示。结果发现:主动学习组、经历失败自由游戏后再指导组的幼儿正确率均显著高于指导学习组(三组正确率分别为43.18%、43.33%、10%)。自由游戏失败后再指导组的幼儿表现与仅通过主动学习的幼儿一样好,研究者认为可能的原因在于,幼儿在学习过程中可能对如何激活玩具机器生成不同的假设,经历过自由游戏的幼儿有机会仔细验证自己的假设,但在多个组块共同激活的条件下,仅通过观察他人演示无法确认能激活机器的正确组块(Sim, Mahal, & Xu, 2017)。此外,在因果关系推理过程中,刘雁伶等人(2018)发现,5岁幼儿不仅能进行多次主动探索行为,还能依据自主探索的结果排除成人提供的错误证据,进而推断出因果关系。

随着年龄不断增长,学龄早期儿童主动学习表现的优势进一步显现。Sim, Tanner等人(2015)将7岁儿童分为主动选择组和观察他人选择组,探索他们寻找不同大小动物类别边界的表现。结果发现,主动选择组的儿童分类准确度显著高于观察接受组的儿童,其选择的动物大小更加接近真实的类别边界,再次说明该年龄段儿童主动学习的表现可能较被动学习更好。

可以看出,儿童早期主动学习的效果随年龄增长逐渐发挥出优势,其中19个月的婴儿还需要成人的支持完成主动学习,2~3岁的幼儿已能独立通过自主探索行为习得概念、规则、因果关系,3~7岁儿童主动学习表现更好。主动学习表现的这种变化可能与儿童主动性行为的发展有关。研究者采用事件抽样法探究2~6岁儿童主动性行为发展的特点,发现:只有高年龄段学前儿童表现出问题解决的主动性行为策略,且年龄越大,行为越自主化,表现出某特定主动性行为策略的时间越长、态度越坚决(李思娴,郭嘉,2014),说明随着儿童年龄的增长,其主动性行为不仅存在策略上的差异,还存在表现强度上的差异。这种表现强度和行为策略的差异可能造成不同年龄段儿童主动学习效果不同。

3.2. 言语学习领域

虽然学龄前儿童采用主动学习方式在因果推理等领域的效果更佳,但他们在言语学习领域中的表现却并非如此。

“偷听(overhearing)”被视为儿童主动学习新单词、获取新信息的典型例子,因为在无意中听到的语境下,儿童的信息获取方式是自我导向的(Gureckis & Markant, 2012)。成人间的电话交谈是儿童经常能够偷听的自然语言环境, Foushee 和 Xu (2016)通过设置成人电话交谈语境,高度控制聊天内容、信息,来测量学龄前儿童通过偷听或直接指导两种方式学习与新颖玩具有关、由特殊语音组成的词汇(例如: *fep*)及相关事实(例如: *fep* 来自迪斯尼乐园)的表现。结果发现:3~6岁儿童都能从偷听到的言语中学习事实,但偷听的效果差于指导学习。在词汇学习方面,3~4.5岁儿童不能通过偷听的方式完成,4.5~6岁儿童在两种学习方式下的结果没有差异。对于年纪较小的儿童不能通过偷听学习词汇,研究者认为可能的原因在于:与直接指导相比,偷听缺乏成人与儿童的联合注意,而缺少成人对物体的注视后,儿童难以建立特定单词到物体的映射。此外,无论哪种学习方式,词汇学习的表现都明显差于事实学习,研究者认为可能是儿童在学习一种新的语音形式时存在一定的困难。

除了在词汇、事实等言语学习内容上指导学习的表现多优于主动学习,研究者还发现在幼儿言语学习策略及阅读方式上,指导学习方式较主动学习也存在显著优势。Vazquez, Delisle 和 Saylor (2013)发现4~6岁的儿童会通过观察他人在日常会话中使用的语用准则作为参照,来指导自己的词汇学习(例如质的准则:不要说缺乏足够证据的话),且儿童识别他人使用准则的能力能够有效预测单词学习测试中的正确率,这一证据不仅说明儿童是通过他人来判断自己所掌握词汇信息的可靠性,也可能是在词汇学习中指导学习好于主动学习的原因。此外,对于更年幼的、还未运用学习策略的幼儿而言,有指导者陪伴的阅读水平较自主阅读更好。韩映虹、刘妮娜、闫国利和刘健(2011)发现3~4岁的儿童在阅读图画书时,伴读的方式比自主阅读注意力水平更高、更能提早注视到关键信息、更有利于幼儿对图画书的加工,且这种成人伴读的优势同样对2~3岁幼儿有效(金慧慧, 2010)。

与因果关系领域相比,主动学习的优势在言语学习中表现并不突出,可能的原因在于二者学习内容的性质有很大差异。在因果关系学习过程中,儿童需要更多地生成对事物关系的假设,主动探索、主动操控为儿童提供了验证自我生成假设的直接机会,这种假设的证明是仅仅通过被动观察他人、接受他人有限的指导无法得到并证实的。而言语学习因其主观性和内隐性,在学习过程中更多依赖成人的言语输入和社会语言环境,更多使用注意线索、社会语用来获取词汇(朱莉琪, 孟祥芝, Tardif, 2011),因此指导学习方式较主动探索在婴幼儿期更能发挥其优势和作用。

4. 主动学习效果的解释

4.1. 主动控制对记忆的影响

对于主动学习带来的学习效果提升,研究者发现记忆的增强是其中不容忽视的一环。例如,幼儿正在翻阅一本故事书,在某个时刻,看到一张自己感兴趣的图片,于是向照顾者寻求图片中物体的名字,其关键在于儿童自己,并非父母或老师,通过选择和行动控制了学习顺序和节奏,与被动观察相比,这种主动的自我导向学习显著增强了记忆,提高了儿童对材料的编码和保持能力(Gureckis & Markant, 2012; Markant, Dubrow, Davachi, & Gureckis, 2014)。Partridge, McGovern, Yung 和 Kidd (2015)测量了3~5岁幼儿完成学习任务后立即进行再认测试的成绩,发现学习任务中主动选择幼儿再认的正确率更高,证明了主动学习能提升3~5岁幼儿的短时记忆。

在以往探究主动控制与接受指导学习效果的研究范式中,存在一个明显问题,即指导条件下实验者提供的信息可能与主动条件下学习者获取的信息不一致,因此无法解释学习表现的差异到底是由不同学习方式引起的,还是信息差异造成的。对此, Voss, Gonsalves, Federmeier, Tranel 和 Cohen (2011)设计了匹配实验范式(yoked experimental design),将学习结果和操控效果区分开,主动学习者在学习期间控制信息流,匹配者观察对应主动者的学习过程,即匹配者的信息来源于主动者而非实验者,以此控制信息

输入。这种实验设计不仅对提升主动学习的实验严谨性提供了重要的范式参考, 更进一步证明了主动控制能优化记忆表现。

Ruggeri, Markant, Gureckis 和 Xu (2016) 基于匹配实验范式, 将 6~8 岁儿童分为两组, 分别完成主动条件和被动匹配条件下的图片学习任务。主动条件下的儿童能够自主选择学习的图片且学习时间由自己控制, 被动匹配条件下的儿童学习图片的顺序和时间由对应匹配的主动条件儿童提供。任务完成后立即进行记忆再认, 发现主动控制条件下的记忆表现更好, 一周后进行记忆任务重测发现主动条件下再认的图片数量与被动匹配条件下相比更多, 即这种记忆优势在学习和测试间持续保持了一个星期的时间, 同时证明了主动学习方式对短时记忆和长时记忆的提升作用, 且这种作用对学龄期儿童同样有效。主动学习提升记忆的优势可能一直持续到成人阶段, Cherney (2008) 考察了 314 名大学生对不同等级课程内容的自由回忆, 最常列出的项目是通过主动学习习得的概念, 说明了主动学习对学生课程内容的记忆同样具有提升作用。对于这其中的过程, Markant, Ruggeri, Gureckis 和 Xu (2016) 认为, 确定基于目标导向探索的精细编码、提高选择性注意的协调和编码、基于现有记忆材料的适应性选择和元认知监测等一系列不同的认知调节机制是主动学习能提升记忆表现的关键。

4.2. 主动学习中的信息控制

在学习过程中能控制信息被认为是主动学习不同于被动接受学习的重要方面。研究者发现在进行信息搜索时, 7 岁、10 岁儿童利用信息的层次结构处理任务比随机处理更加高效, 且他们的初步搜索效率不低于成人。但成人一旦获得足够的信息来解决任务, 就立刻停止搜索, 儿童却因为不成熟的策略能力和无法关注最相关的信息仍处于继续搜寻状态, 因此成人在信息搜索中的步骤更少且更有效(Ruggeri, Lombrozo, Griffiths, & Xu, 2015)。为进一步探究个体主动控制信息的过程, 认知科学研究者采用人工智能中机器学习的方法, 通过计算机辅助实验室操纵对成人的信息控制展开了更细致的研究。

研究发现, 当个体能自主选择信息查询时, 学习效果会更好。Castro 等人(2009)通过计算机模拟出一个形状能由尖变圆的外星蛋, 要求被试尽可能准确地找出两种蛋形的类别边界。研究设置了随机、人类主动、混合人机学习三种条件, 随机条件为被动观察, 信息来源于计算机呈现的样本数据; 人类主动条件为被试自主选择信息查询; 混合人机学习条件是由计算机通过主动学习算法选择样本, 人类观察样本决定边界。结果发现: 当计算机抽样信息的错误数据较少时(即低噪音水平下), 主动选择样本标记的被试比被动观察随机样本的被试错误率更低、表现更好, 但人类主动条件和混合人机条件的表现没有显著差异; 当抽样错误数据较多时(即高噪音水平下), 被动观察和主动学习的表现没有差异, 机器辅助人类主动学习的表现更好。总体而言, 研究者认为人类通过主动选择信息查询这种方式比获得随机数据能更好、更快地学习, 在学习环境更加复杂的情况下, 虽然人类主动学习的优势减小, 但他们能够通过利用机器主动学习算法选择的数据来增强学习表现。

同时, 研究者发现, 与被动接受假设检验相比, 主动选择的个体采用抽样信息能显著提高类别边界的学习效率。Markant 和 Gureckis (2014) 采用了“打水漂”的社会学习情景, 将主动选择和被动接受假设检验两种方式下被试推断石头的平坦度(从平坦到圆滑)与其在水面上跳跃或下沉的结果进行对比。研究发现, 与被动接受计算机随机生成的训练数据以及接受匹配的主动控制者所选择的数据这两种方式相比, 主动者使用较少的试验就能获得较低的误差率, 因此学习效率更高、更具优势。

上述实验仅能改变石头的平坦度这一个维度, 在此基础上, 研究者进一步采用多维的感知类别学习任务, 探究对于不同的假设类别结构两种学习方式是否仍具差异。实验要求被试调节环形电视天线的大小和角度两个维度, 以接收两个电视频道中的一个, 并使用两种类型的抽象类别结构任务: 基于规则的结构(最优分类规则是沿单个维度的标准)和信息整合结构(最优分类规则是沿两个维度值的线性组合)。结

果发现, 无论是外显的基于规则类别学习, 还是内隐的信息整合的类别学习, 主动选择者都比被动接受者更快、更准确的获取目标边界, 且抽样偏差的错误率更小, 再一次证明两种学习模式的差异在于基于假设的抽样偏差, 主动选择学习者能够进行有效的信息查询来减少偏差, 支持自身学习。

除类别学习任务外, 主动学习模型还表征出人们在因果关系中筛选信息或进行决策的过程和使用策略。Bramley, Lagnado 和 Speekenbrink (2015) 设计了一个交互式计算机任务, 要求被试通过自由选择多个干预措施来学习概率因果系统的结构。结果发现: 大多数人都是有能力的主动因果学习者, 他们能从大量选项中选择有用的信息干预措施, 并使用这些选项在多个学习实例中逐步改进自己的因果模型, 这说明主动学习者不仅善于选择处理信息进行干预推断, 并且能在这个过程中再次进行深入学习。Parpart, Schulz, Speekenbrink 和 Love (2017) 利用主动学习模型来预测成人的决策策略, 通过结合不确定性信息的抽样行为来确定哪种认知模型最能表征人类的偏好决策, 发现人们很大程度上遵循基于权重的全信息学习策略(即根据重要性对特征进行权衡, 例如逻辑回归或加权模型), 而不是使用采纳最佳(Take-The-Best, TTB)排名的启发式学习策略, 反映了主动学习者在决策信息搜寻上的特点。总之, 在探索复杂相互关系中的因果结构时, 研究者们期望从计算机层面, 通过机器学习建立因果模型, 去理解学习者是如何在因果系统中通过选择、查询来主动获取信息并进行干预的, 从而阐明复杂场景中的人类探索行为(Bramley, Dayan, Griffiths, & Lagnado, 2017; Schulz, Bertram, Hofer, & Nelson, 2019)。

总之, 通过匹配实验范式, 研究者们证明了主动控制能提升个体的短时及长时记忆, 同时结合机器学习领域通过计算机模拟个体学习行为, 发现主动学习者的优势主要体现在对信息的主动控制上, 在假设检验时会进行更有效的信息查询, 在搜寻信息时更多遵循复杂的全信息学习策略, 这为主动学习提升学习效率的机制解释提供了有力的证据。

5. 总结与展望

综上, 随年龄的增长, 儿童逐渐能较好地运用主动学习方式, 且其优势效果在因果关系等领域也逐步显现。婴儿已经具有主动学习的意识, 他们能觉察识别不合理的情景, 有选择性的接近信息来源, 接受照料者的支持协作后进行主动控制行为。到幼儿及学龄时期, 儿童已能通过自主探索习得概念、分类规则和因果关系, 一些任务的学习表现在类别学习、因果关系领域显著优于被动观察、指导学习方式, 但在言语学习中, 因学习内容的性质不同主动学习的优势并没有凸显。通过匹配范式和机器学习的方法, 研究者发现主动学习能增强个体的记忆效果, 主动控制信息的选择查询和抽样并采用一定的信息收集策略能使学习过程更加高效。总结以往研究结果与趋势, 未来可以从以下几个方面深入探究。

首先, 儿童早期发挥主动学习优势的范围还可以进一步界定, 不同学习领域的发展特点还可以继续探究。研究已发现主动学习在因果关系、言语学习领域间的效果差异, 在其他领域的发展表现及特点还需要进一步的拓宽。学习项目的难度也值得重视, 研究者发现当类别学习的分类规则为单一维度时, 主动选择组儿童与接受学习组儿童的表现差异不显著; 随着样本增多、难度加大, 儿童主动选择的分类准确率才显著高于接受学习(Sim et al., 2015), 因此主动学习最佳难度的设定还需要在实证研究中进一步确认。

其次, 对主动学习优势效果的解释需要进一步加强。目前研究已证明了主动控制对短时记忆和情景长时记忆的增强作用(Partridge et al., 2015; Markant et al., 2014), 工作记忆作为复杂认知活动的重要角色, 既有短时记忆的信息存储功能, 又同情景长时记忆一样能诱发前额区的激活(郭春彦, 刘荣, 2007), 那么主动学习是否能增强工作记忆的整体表现呢? 同时, 工作记忆是执行功能的核心成分之一, 执行功能作为自我监管的基础(Hofmann, Schmeichel, & Baddeley, 2012), 对儿童早期的数学学习、语言发展均有着重要的支持作用(康丹, 曾莉, 2018), 因此主动学习对整体执行功能的影响值得进一步系统探索。

再次, 主动学习中非认知因素的影响不容忽视。已有研究者强调, 积极的学习动机在自主学习中不可或缺(Jang, Reeve, & Halusic, 2016), 高动机信念、主动进行动机调节的学习者, 学习投入更多(龚少英, 王祯, 袁新, 范宜平, 2017)。学习者主动性的程度对其表现的影响是显著的, 研究者根据自我决定理论, 按照自主性程度的高低探讨自我调节的不同形式对成绩的影响, 发现高自主程度的调节与学业活动的乐趣、能力感增加、注意力增强、学业任务中投入的时间以及成绩提高的关系更为密切(方平, 李凤英, 姜媛, 2006)。另外研究者发现, 父母教养方式对孩子的自我控制、探索能力和独立自主等方面有着深刻的影响(Parsasirat, Montazeri, Yusooff, Subhi, & Nen, 2013)。良好的教养方式能对儿童的探索行为保持更开放的态度, 能给予更多的积极鼓励和社会支持(Jungert et al., 2015), 而能自我决定、高自我调节、具有探索行为等也正是主动学习者的特点。由此, 个体动机、主动性程度、父母教养方式对主动学习早期发展的影响值得深入分析。

此外, 还需要关注主动学习在早期教育中的实践与应用。在推崇独立自主的西方教育与重视规则指令的东方教育(Huntsinger, Jose, Liaw, & Ching, 1997; Haight, Wang, Fung, Williams, & Mintz, 1999)的不同背景下, 需要结合不同的文化及教育现状, 考虑主动学习早期发展及实践的差异性。同时, 未来研究还需要考虑如何将机器学习中得出的结论进一步应用到幼儿的教育实践中去。

致 谢

衷心感谢加州大学伯克利分校心理系 Fei Xu 老师在选题上给予的指导! 感谢匿名审稿人给予的宝贵修改意见!

参考文献

- 方平, 李凤英, 姜媛(2006). 小学生自我调节学习的特点. *心理科学*, 29(3), 31-35.
- 龚少英, 王祯, 袁新, 范宜平(2017). 混合学习环境中动机信念和动机调节与学习投入关系研究. *开放教育研究*, 23(1), 84-92.
- 郭春彦, 刘荣(2007). 工作记忆与情景记忆的相互作用. *心理科学进展*, 15(1), 29-35.
- 韩映虹, 刘妮娜, 闫国利, 刘健(2011). 自主阅读和伴读方式下 3-4 岁幼儿图画书阅读的眼动研究. *心理发展与教育*, 27(4), 394-400.
- 金慧慧(2010). 成人陪伴对 2-3 岁婴幼儿阅读影响的眼动研究. *幼儿教育*, (1), 27-30+52.
- 康丹, 曾莉(2018). 早期儿童数学学习与执行功能的关系. *心理科学进展*, 26(9), 1661-1669.
- 李思娴, 郭嘉(2014). 学前儿童在园主动性行为发展的特点. *学前教育研究*, (3), 37-42.
- 刘雁伶, 曾晓青, 左玲, 黄乐辉, 陈水平, 胡竹菁(2018). 证词自信度和自主探索综合影响 5 岁儿童的因果推理. *心理学报*, 50(5), 494-503.
- 朱莉琪, 孟祥芝, Tardif, T. (2011). 儿童早期词汇获得的跨语言/文化研究. *心理科学进展*, 19(2), 175-184.
- Boekaerts, M. (1997). Self-Regulated Learning: A New Concept Embraced by Researchers, Policy Makers, Educators, Teachers, and Students. *Learning and Instruction*, 7, 161-186. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(96\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(96)00015-1)
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. 1991 ASHE-ERIC Higher Education Reports. ERIC Clearinghouse on Higher Education, Washington DC: The George Washington University.
- Bourgeois, K. S., Khawar, A. W., Neal, S. A., & Lockman, J. J. (2005). Infant Manual Exploration of Objects, Surfaces, and Their Interrelations. *Infancy*, 8, 233-252. https://doi.org/10.1207/s15327078in0803_3
- Bramley, N. R., Dayan, P., Griffiths, T. L., & Lagnado, D. A. (2017). Formalizing Neurath's Ship: Approximate Algorithms for Online Causal Learning. *Psychological Review*, 124, 301. <https://doi.org/10.1037/rev0000061>
- Bramley, N., Lagnado, D. A., & Speekenbrink, M. (2015). Conservative Forgetful Scholars: How People Learn Causal Structure through Sequences of Interventions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 41, 708-731. <https://doi.org/10.1037/xlm0000061>
- Bruner, J. S. (1961). The Act of Discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21-32.

- Castro, R. M., Kalish, C. W., Nowak, R. D., Qian, R., Rogers, T. T., & Zhu, X. (2009). *Human Active Learning*. Vancouver, Canada: Paper Presented at Advances in Neural Information Processing Systems.
- Cherney, E. (2011). Active Learning. In R. L. Miller, E. Amsel, B. Marsteller Kowalewski, B. C. Beins, D. K. Kenneth, & B. F. Peden (Eds.), *Promoting Student Engagement, Volume 1: Programs, Techniques and Opportunities* (pp. 150-156). Washington DC: American Psychological Association.
- Cherney, I. D. (2008). The Effects of Active Learning on Students' Memories for Course Content. *Active Learning in Higher Education, 9*, 152-171. <https://doi.org/10.1177/1469787408090841>
- Denison, S., & Xu, F. (2010). Twelve- to 14-Month-Old Infants Can Predict Single-Event Probability with Large Set Sizes. *Developmental Science, 13*, 798-803. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00943.x>
- Dewar, K., & Xu, F. (2010). Induction, Overhypothesis, and the Origin of Abstract Knowledge Evidence from 9-Month-Old Infants. *Psychological Science, 21*, 1871-1877. <https://doi.org/10.1177/0956797610388810>
- Fontenelle, S. A., Kahrs, B. A., Neal, S. A., Newton, A. T., & Lockman, J. J. (2007). Infant Manual Exploration of Composite Substrates. *Journal of Experimental Child Psychology, 98*, 153-167. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2007.07.001>
- Foushee, R., & Xu, F. (2016). *Active Overhearing: Development in Preschoolers' Skill at 'Listening in' to Naturalistic Overheard Speech*. Philadelphia, PA: Paper Presented at the Meeting of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society.
- Gibson, E. (1988). Exploratory Behavior in the Development of Perceiving, Acting, and the Acquiring of Knowledge. *Annual Review of Psychology, 39*, 1-41. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.39.020188.000245>
- Gopnik, A., & Wellman, H. M. (2012). Reconstructing Constructivism: Causal Models, Bayesian Learning Mechanisms, and the Theory. *Psychological Bulletin, 138*, 1085-1088. <https://doi.org/10.1037/a0028044>
- Gureckis, T. M., & Markant, D. (2012). Self-Directed Learning: A Cognitive and Computational Perspective. *Perspectives on Psychological Science, 7*, 464-481. <https://doi.org/10.1177/1745691612454304>
- Haight, W. L., Wang, X. L., Fung, H. H. T., Williams, K., & Mintz, J. (1999). Universal, Developmental, and Variable Aspects of Young Children's Play: A Cross-Cultural Comparison of Pretending at Home. *Child Development, 70*, 1477-1488. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00107>
- Harman, K. L., Humphrey, G. K., & Goodale, M. A. (1999). Active Manual Control of Object Views Facilitates Visual Recognition. *Current Biology, 9*, 1315-1318. [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(00\)80053-6](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(00)80053-6)
- Hofmann, W., Schmeichel, B. J., & Baddeley, A. D. (2012). Executive Functions and Self-Regulation. *Trends in Cognitive Sciences, 16*, 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.01.006>
- Hohmann, M., Weikart, D. P., & Epstein, A. S. (1995). *Educating Young Children: Active Learning Practices for Preschool and Child Care Programs*. Ypsilanti, MI: High/Scope Press.
- Huntsinger, C. S., Jose, P. E., Liaw, F., & Ching, W. (1997). Cultural Differences in Early Mathematics Learning: A Comparison of Euro-American, Chinese-American, and Taiwan-Chinese Families. *International Journal of Behavioral Development, 21*, 371-388. <https://doi.org/10.1080/016502597384929>
- Jang, H., Reeve, J., & Halusic, M. (2016). A New Autonomy-Supportive Way of Teaching That Increases Conceptual Learning: Teaching in Students' Preferred Ways. *Journal of Experimental Education, 84*, 686-701. <https://doi.org/10.1080/00220973.2015.1083522>
- Jungert, T., Landry, R., Joussemet, M., Mageau, G., Gingras, I., & Koestner, R. (2015). Autonomous and Controlled Motivation for Parenting: Associations with Parent and Child Outcomes. *Journal of Child and Family Studies, 24*, 1932-1942. <https://doi.org/10.1007/s10826-014-9993-5>
- Kidd, C., Piantadosi, S. T., & Aslin, R. N. (2012). The Goldilocks Effect: Human Infants Allocate Attention to Visual Sequences that Are Neither too Simple Nor too Complex. *PLoS ONE, 7*, e36399. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036399>
- Markant, D., & Gureckis, T. M. (2014). Is It Better to Select or to Receive? Learning via Active and Passive Hypothesis Testing. *Journal of Experimental Psychology: General, 143*, 94-122. <https://doi.org/10.1037/a0032108>
- Markant, D., Dubrow, S., Davachi, L., & Gureckis, T. M. (2014). Deconstructing the Effect of Self-Directed Study on Episodic Memory. *Memory & Cognition, 42*, 1211-1224. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0435-9>
- Markant, D., Ruggeri, A., Gureckis, T. M., & Xu, F. (2016). Enhanced Memory as a Common Effect of Active Learning. *Mind, Brain, and Education, 10*, 142-152. <https://doi.org/10.1111/mbe.12117>
- Parpart, P., Schulz, E., Speekenbrink, M., & Love, B. C. (2017). *Active Learning Reveals Underlying Decision Strategies*. bioRxiv, 239558. <https://doi.org/10.1101/239558>
- Parasirat, Z., Montazeri, M., Yusooff, F., Subhi, N., & Nen, S. (2013). The Most Effective Kinds of Parents on Children's Academic Achievement. *Asian Social Science, 9*, 229-242. <https://doi.org/10.5539/ass.v9n13p229>

- Partridge, E., McGovern, M. G., Yung, A., & Kidd, C. (2015). *Young Children's Self-Directed Information Gathering on Touch Screens*. Austin, TX: Paper Presented at the Proceedings of the 37th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Cognitive Science Society.
- Plancher, G., Barra, J., Orriols, E., & Piolino, P. (2013). The Influence of Action on Episodic Memory: A Virtual Reality Study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *66*, 895-909. <https://doi.org/10.1080/17470218.2012.722657>
- Ruggeri, A., Lombrozo, T., Griffiths, T. L., & Xu, F. (2016). Sources of Developmental Change in the Efficiency of Information Search. *Developmental Psychology*, *52*, 2159-2173. <https://doi.org/10.1037/dev0000240>
- Ruggeri, A., Lombrozo, T., Griffiths, T., & Xu, F. (2015). Children Search for Information as Efficiently as Adults, But Seek Additional Confirmatory Evidence. In R. Dale, C. Jennings, P. Maglio, T. Matlock, D. Noelle, A. Warlaumont, & J. Yoshimi (Eds.), *Proceedings of the 37th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Ruggeri, A., Markant, D., Gureckis, T. M., & Xu, F. (2016). Active Control of Study Leads to Improved Recognition Memory in Children. In A. Papafragou, D. Grodner, D. Mirman, & J. Trueswell (Eds.), *Proceedings of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Schulz, E., Bertram, L., Hofer, M., & Nelson, J. D. (2019). *Exploring the Space of Human Exploration Using Entropy Mastermind*. BioRxiv, 540666. <https://doi.org/10.1101/540666>
- Sim, Z. L. (2016). *The Child as an Active Learner*. Unpublished Doctorial Dissertation, Berkeley, CA: University of California, Berkeley.
- Sim, Z. L., & Xu, F. (2013). Infants' Early Understanding of Coincidences. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 35, No. 35).
- Sim, Z. L., & Xu, F. (2014). Acquiring Inductive Constraints from Self-Generated Evidence. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, *36*.
- Sim, Z. L., & Xu, F. (2015). Toddlers Learn with Facilitated Play, Not Free Play. In D. C. Noelle, R. Dale, A. S. Warlaumont, J. Yoshimi, T. Matlock, C. D. Jennings, & P. P. Maglio (Eds.), *Proceedings of the 37th Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 2200-2205). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Sim, Z. L., & Xu, F. (2017a). Infants Preferentially Approach and Explore the Unexpected. *British Journal of Developmental Psychology*, *35*, 596-608. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12198>
- Sim, Z. L., & Xu, F. (2017b). Learning Higher-Order Generalizations through Free Play: Evidence from 2- and 3-Year-Old Children. *Developmental Psychology*, *53*, 642-651. <https://doi.org/10.1037/dev0000278>
- Sim, Z. L., Mahal, K., & Xu, F. (2017). *Learning about Causal Systems through Play*. London, UK: Paper Presented at the Meeting of the 39th Annual Conference of the Cognitive Science Society.
- Sim, Z. L., Tanner, M., Alpert, N. Y., & Xu, F. (2015). Children Learn Better When They Select Their Own Data. In R. Dale, C. Jennings, P. Maglio, T. Matlock, D. Noelle, A. Warlaumont, & J. Yoshimi (Eds.), *Proceedings of the 37th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Steffe, L. P., & Gale, J. E. (1995). *Constructivism in Education* (pp. 159). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Trewartha, K. M., Case, S., & Flanagan, J. R. (2015). Integrating Actions into Object Location Memory: A Benefit for Active versus Passive Reaching Movements. *Behavioural Brain Research*, *279*, 234-239. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.11.043>
- Vazquez, M. D., Delisle, S. S., & Saylor, M. M. (2013). Four- and Six-Year-Olds Use Pragmatic Competence to Guide Word Learning. *Journal of Child Language*, *40*, 291-306. <https://doi.org/10.1017/S0305000911000420>
- Voss, J. L., Gonsalves, B. D., Federmeier, K. D., Tranel, D., & Cohen, N. J. (2011). Hippocampal Brain-Network Coordination during Volitional Exploratory Behavior Enhances Learning. *Nature Neuroscience*, *14*, 115-120. <https://doi.org/10.1038/nn.2693>
- Xu, F., & Kushnir, T. (2012). *Advances in Child Development and Behavior: Rational Constructivism in Cognitive Development*. Waltham, MA: Elsevier Inc.
- Xu, F., & Kushnir, T. (2013). Infants Are Rational Constructivist Learners. *Current Directions in Psychological Science*, *22*, 28-32. <https://doi.org/10.1177/0963721412469396>
- Yang, Y., Ma, Z., Nie, F., Chang, X., & Hauptmann, A. G. (2015). Multi-Class Active Learning by Uncertainty Sampling with Diversity Maximization. *International Journal of Computer Vision*, *113*, 113-127. <https://doi.org/10.1007/s11263-014-0781-x>