

插电与不插电课程促进幼儿计算思维发展的 实验研究 *

杨伟鹏 **

(香港教育大学教育及人类发展学院, 香港 999077)

[摘要] 早期计算思维教育能为幼儿发展带来诸多益处。过往研究已证实幼儿有能力掌握不同的计算思维概念和基础性的编程能力,但未有研究深入探讨插电编程和不插电计算思维教育之间的差异,以及这种差异所带来的学习效果上的区别。本研究采用随机对照实验的研究设计,比较机器人编程课程、平板编程课程和不插电计算思维教育活动对91名5岁幼儿计算思维发展的影响。结果显示,相比不插电计算思维教育,机器人编程和平板编程干预能更有效地发展幼儿的计算思维能力。这可能是因为编程活动中的调试过程有助于幼儿发展其他计算思维技能,如算法设计和模式识别。相比而言,不插电计算思维活动较难提供调试机会,因此其对幼儿计算思维能力的培养效果不显著,表明数码技术支持下的编程活动更能促进幼儿计算思维的发展。5岁的男孩和女孩都可以从插电编程课程中获益,家庭背景对幼儿计算思维的学习影响较小。

[关键词] 计算思维教育;机器人编程;平板编程

DOI:10.13861/j.cnki.sece.2024.01.005

一、问题提出

计算思维(Computational Thinking)是一种高阶思维方式及解决问题的方法,它主要用于将复杂问题分解,识别模式并使用抽象化和算法,设计逐步解决方案,并在过程中进行必要的调试以达致目标。^[1]“计算思维”这个概念最早由美国周以真教授于2006年提出,用来概括并回应“计算机科学家是如何思考的”这一命题。^[2]近年来,计算思维逐渐被认为是人类个体在21世纪必备的基础能力之一。在技术的支持下,全球范围内已有不少研究证实将计算思维融入学前教育对儿童发展的益处,包括促进幼儿对编程基础概念的掌握,^[3]发展幼儿的自我调节能力和排序能力^[4]、执行功能^[5]、空间技能^[6],提升女孩在科技活动中的参与度。^[7]经济合作与发展组织(OECD)开展的“数字世界中的幼儿教育保育”研究指出:(1)幼儿可以掌握一系列计算思维的基础概念和技能;(2)针对幼儿的计算思维教育必须依托具有适宜性的工具和方法;(3)尽早接触计算思维对于消除刻板印象、确保所有幼儿有平等机会发展数字素养至关重要。^[8]但需要注意的是,计算思维教育必须考虑幼儿的认知发展水平,使用合适的方法和工具。

计算思维与幼儿发展之间存在着多种关联。计算思维是一种高阶思维方式,它涉及问题分解、模式识别、抽象化和算法设计等过程。^[9]这些过程与幼儿的认知、数学、逻辑等能力的发展密切相关。首先,计算思维与幼儿的数学能力有关。^[10]计算思维强调问题的分解和抽象化过程,这与数学中的分解

* 基金项目:中国香港特别行政区研究资助局杰出青年学者计划课题“故事启发式机器人编程课程对儿童计算思维和入学准备技能的影响”(批准号:28615122)

** 通信作者:杨伟鹏,香港教育大学教育及人类发展学院,博士,博士生导师

和抽象化概念相呼应。通过计算思维的训练,幼儿的数学思维可以得到更好的发展,如将复杂的数学问题分解为更简单的部分、理解数学模式和规律等。其次,计算思维与幼儿的逻辑思维有关。^[11]通过培养计算思维,幼儿可以学习逻辑思维的基本原则,如条件判断、循环和顺序执行等,这对幼儿的思维和问题解决能力的发展具有积极影响。最后,计算思维还与幼儿的创造性思维和问题解决能力发展相关。^[12]计算思维强调的是解决问题的方法和策略,通过计算思维的学习,幼儿可以学会从不同的角度思考问题,运用抽象化和算法设计来寻找创新的解决方案。由此可见,计算思维的培养可以促进幼儿的综合发展,为他们未来的学习和发展打下坚实的基础。

教育方法通常根据其使用的工具、教学手段、教学目标等因素进行分类,可以大致分为传统教育方法和现代教育方法。^[13]按照使用的工具可以将教育方法分为传统教育方法(主要依赖于面对面的交流和互动,如讲授法、演示法等)、技术驱动的教育方法(使用电脑、智能手机等技术工具,如在线课程、虚拟现实(VR)、移动学习等)和混合教育方法(结合了传统教育和技术驱动的教育以提供更灵活和个性化的学习体验,如翻转课堂、混合在线课程等)。^{[14][15]}针对计算思维教育,我们可以参照以上分类,将培养儿童计算思维的方法大致划分为插电计算思维教育和不插电计算思维教育两类。^[16]插电计算思维教育通常指在计算机、平板电脑或其他电子设备上进行的计算思维教育,如机器人编程和平板编程教育。^[17]这种方法通常需要使用各种编程工具。不插电计算思维教育则更注重对基础的计算思维和逻辑思维能力的培养,它通常不依赖于电脑或其他高科技设备,^[18]而是采用解决谜题、逻辑游戏、身体游戏、拼图以及基于纸笔或其他简单工具的活动。由于这种活动易于开展,并且与传统的教育方法较为接近,不少学前教育工作者提倡使用不插电的方式来开展幼儿期的计算思维教育。^{[19][20]}但是,既有研究并未直接探讨在幼儿期开展插电与不插电计算思维教育两者的本质区别。因此,考虑到技术化和非技术化是开展计算思维教育的两个基本方向,本研究选择插电和不插电作为考察计算思维教学效果的切入点,其目的是回答技术在何种程度上促进了幼儿计算思维发展的问题。

计算思维教育活动可以为幼儿发展 21 世纪技能打下基础。^[21]随着科技的进步,适合幼儿使用的无屏幕编程机器人(如美国生产的 KIBO 和我国深圳生产的玛塔机器人)进入越来越多的幼儿园和家庭当中,用于增加儿童计算思维学习的机会。无屏幕编程机器人是一种适合儿童的工具,儿童可以通过动手操作和亲身体验的方式来发展计算思维。^[22]Bers 等人尝试通过机器人编程来增强 53 名学前儿童的计算思维概念,如排序和重复等。^[23]在 Di Lieto 等人开展的一项研究中,研究人员使用一种名为 Bee-Bot®的蜜蜂形状机器人,让 12 名 5~6 岁的幼儿参加为期 6 周共 13 次的教育机器人实验干预。^[24]除了无屏幕编程机器人,平板设备也是开展儿童计算思维的另一种方法。国外研究表明,对于 4~7 岁的幼儿,使用基于可移动设备的编程应用(如 ScratchJr、Daisy the Dinosaur 和 Kodable)来学习编码是有效的。^{[25][26]}其中,ScratchJr 是适合幼儿同时也是最受欢迎的平板编程平台之一,这一应用采用图像化的方式,把编程的基本要素转变成幼儿喜爱并且可以理解的对象,从而使幼儿能够设计自己心中的故事动画或者游戏。例如,Chou 的研究发现,ScratchJr 可以发展幼儿的计算思维概念(如序列、事件),促进幼儿的计算思维实践(如调试、重组和再利用),并激发他们对装饰程序项目的兴趣。^[27]在另一项研究中,Pila 等人发现,使用平板编程可以帮助幼儿发展计算思维。^[28]此外,平板编程还可以通过游戏化的方式增强幼儿在编程方面的动机和信心。^[29]

与此同时,对幼儿进行计算思维教育的研究已经开始关注非科技手段的应用。这些非科技手段包括使用实物、游戏、角色扮演和故事等,其目的在于培养幼儿的问题解决能力、逻辑思维和创造性思维。^[30]这些研究表明,实际体验和互动可以促使幼儿初步理解和运用计算思维的有关概念,并促进其认知的发展。^[31]这种非科技手段的计算思维教育研究为教育者和家长提供了多样化的教学方法。Yang 等人最新的研究采用了多组准实验设计,对机器人编程、平板编程和不使用科技手段的计算思维教育进行了比较,发现相比使用非科技手段的计算思维干预项目,无论使用机器人还是平板电脑,都可以更好地促进幼儿计算思维的发展。^[32]但是这篇文章并未深入探讨插电编程和不插电计算思维

教育之间的差异,以及这种差异所带来的学习效果上的区别。

在影响因素方面,已有研究进一步探讨了儿童性别和家庭社会经济地位对计算思维学习的影响。^{[33][34]}Papadakis 等人的研究指出,性别对于儿童的计算思维和数字技能表现没有影响。^[35]Sullivan 和 Bers 的研究证明 TangibleK 机器人项目对于大部分幼儿园男孩和女孩都是同样容易接触和学习的。^[36]而一项最新的综述则发现,男孩在与机器人的互动中比女孩获得了更多的乐趣,而且男孩在机器人知识、编程知识、编程任务以及动手活动中的表现往往优于女孩。^[37]此外,低收入家庭和父母受教育程度较低会导致儿童在机器人教学中获得较差的学习体验和效果。然而,这些研究证据大多来自西方国家,儿童的性别和家庭社会经济地位对其参与机器人和编程学习的影响,还需要更多的实证研究来证明,需要利用更多在中国开展的实证研究进行验证。

影响幼儿计算思维发展的潜在因素包括孩子的性别、年龄、自我调节能力、工作记忆水平及其家庭和学校环境(如家庭社会经济地位等),以及过往参与编程的经历等诸多方面。^{[38][39]}本研究主要围绕不同的教育干预方案,针对不同的干预工具,通过实验研究了解其对幼儿计算思维发展的影响情况,同时分析幼儿性别和家庭社会经济地位对幼儿学习结果的调节作用。本研究设计了不同类型的计算思维干预措施,以比较在幼儿园环境中进行的插电与不插电计算思维教育对幼儿计算思维发展的不同影响。在插电课程中,本研究选取机器人和平板编程作为代表,选择两类插电课程而非一类,主要是为了减少研究结果受特定编程工具影响的可能性,以增加研究结论的可推广性。对此,本研究采用多组实验设计和前后测的方法,评估了三种计算思维教育的效果。研究的主要问题有:(1)相比不插电计算思维教育,机器人编程干预是否能促进学前儿童计算思维的发展;(2)相比不插电计算思维教育,平板电脑编程干预是否具有增进学前儿童计算思维发展的效果;(3)学前儿童的性别和家庭社会经济地位是否对干预效果有调节作用。本研究针对三个不同的中班儿童组别随机提供不同的干预措施,干预为期九周。在每周的干预过程中,教师被要求使用相应的干预方案发起一个持续约 35 分钟的集体教学活动。参与活动的儿童由三对教师指导进行学习,这些教师分别接受过机器人编程教育、平板编程教育和不插电计算思维教育的培训。

二、研究方法

本研究采用多组干预和前后测的实验设计,旨在比较机器人编程、平板电脑编程和不插电计算思维教育对学龄前儿童计算思维的影响。研究共招募 108 名来自一所公立幼儿园的中班儿童,以班级为单位随机分配干预措施。研究者于 2022 年春季学期为参与实验的幼儿园教师提供了培训和研究支持。研究使用前测与后测来评估幼儿的表现水平,并使用协方差分析来处理实验数据,以比较三种不同条件下幼儿计算思维的变化与差异。

(一)被试

本研究选取广东省中山市一所公立幼儿园的中班幼儿为研究对象。在家长知情并同意的前提下,来自该幼儿园中班的 108 名学龄前儿童(55 名女孩,53 名男孩,平均年龄为 5 岁)参加了本实验。选择 5 岁儿童作为研究对象,主要是考虑到这一时期是个体计算思维发展的重要时期。^[40]3~6 岁是儿童计算思维萌芽的关键期,5 岁正处于这个阶段的中间,他们有一定的计算思维基础。此外,考虑到不同电子设备对视觉和精细动作发育有要求,5 岁也是幼儿能够逐渐适应这类编程活动的年龄。由于不同的班级之间的差异非常小,且在加入这个研究项目之前,没有任何一个班级进行过编程或计算思维教育。因此,本研究将三个班级随机分配到三个条件当中去,其中 37 名儿童(19 名女孩,18 名男孩)参加机器人编程干预组,36 名儿童(20 名女孩,16 名男孩)参加平板电脑编程干预组,另外 35 名儿童(16 名女孩,19 名男孩)参加不插电计算思维教育组。

(二)干预方案

来自三个班级的所有老师分别接受了相对应的培训,随后进行了机器人编程、平板电脑编程和不

插电计算思维教育的课程实施。培训过程中,每个研究助理向相对应的班级教师提供了为期两小时的工作坊,培训其实施相应的课程。例如,研究助理 A 与班级的两名教师合作,为她们的孩子实施机器人编程课程。在具体干预方案的选择上,本研究采用行之有效的编程课程方案,如玛塔机器人编程和 ScratchJr 平板电脑编程,这些方案都有大量应用研究支持其效果。另一方面,不插电计算思维课程则选择那些结合了学前儿童学习特点的七巧板游戏、找规律等非科技类活动。这些有代表性的干预方案都可适切地体现插电和不插电计算思维教学的特点。课程实施包括集体教学活动、区域游戏活动等形式。

1. 机器人编程。

本研究使用的编码机器人是深圳市玛塔创想科技有限公司所开发的玛塔创想编程机器人(简称“玛塔机器人”)。这是一款无屏幕可编程机器人,先前已被证实可以用来促进儿童的序列能力和计算思维发展。^{[41][42]}玛塔机器人适合 4~9 岁的儿童进行实体编程学习。它有各种组件,使幼儿能够学习基础的编程知识和技能。

在本研究中,机器人编程干预课程旨在通过一系列主题为小鸡生活的课程活动,帮助儿童掌握算法设计、抽象、分解、模式识别和调试等计算机科学技能。具体的学习目标包括:通过学习和实践掌握符号的基本含义,如左转、右转、前进、后退、数字和函数编程块;使用符号编程块完成教室中的分组任务,并通过自己的思考预测自己的路径和步骤;理解基本的函数思维,并使用简单的函数思维解决问题;利用数字编程块和动作编程块的组合简化问题,培养逻辑思维。课程实施采用大组活动、小组活动、分享学习成果等方式。教学材料包括五台玛塔机器人、绘本、纸制机器人头饰、泡沫地毯、地图、木制玩具和图片等。课程持续时间为九周,分别为“小鸡去露营”(三周)、“小鸡去超市”(三周)、“小鸡过生日”(一周)、“小鸡送礼物”(一周)和“生日派对”(一周)。评估方式包括课堂观察和成果分享,通过观察儿童的编程和学习情况以及分享编码成果来评估幼儿是否能够成功完成小组活动中的任务。

2. 平板电脑编程。

在平板电脑编程课程中,本研究使用 ScratchJr 编程软件,这是一款受欢迎的面向幼儿的应用程序。幼儿通过使用 iPad 或安卓平板电脑来学习编程。^[43]ScratchJr 是一款专为低龄儿童设计的编程软件,它可以让儿童通过自由拖拽图形化编程块的方式来创造互动式故事、动画和游戏。ScratchJr 由美国麻省理工学院媒体实验室、塔夫茨大学和 PBS KIDS 联合开发,旨在帮助儿童提升逻辑思维、创造力和计算机编程技能。ScratchJr 的编程块使用可视化的方式展示各种编程概念,包括循环、条件语句、变量、事件等等。儿童只需将编程块拼接在一起,就可以编写出自己的程序。ScratchJr 还提供了丰富的角色和场景素材,儿童可以根据自己的创意和兴趣自由设计场景和角色,打造自己的作品。ScratchJr 的界面简洁、易于操作,适合 5~7 岁的儿童使用。通过使用 ScratchJr,儿童不仅可以学习编程技能,还可以培养解决问题的能力 and 创造力。

在本研究中,平板电脑编程干预课程旨在通过一系列主题为小鸡生活的课程活动,帮助儿童掌握算法设计、抽象、分解、模式识别和调试等计算机科学技能,其在学习目标上和机器人编程干预课程保持一致。具体的学习目标包括:获得编程相关知识,如编程、模块化、调试、设计过程;理解和应用编程块,如开始、停止、前进、后退、左转、右转、缩小、放大、记录、节奏、接收和发送,以控制角色行为并创建新故事;具备初步的编程思维方式;体验编程的乐趣。课程实施采用大组活动、小组活动、分享学习成果等方式。教学材料包括五台安装了 ScratchJr 程序的平板电脑、故事图片书、闪卡(开始、停止、前进、后退、上、下、发送、接收、缩小、放大、消失、旋转、跳跃)、音频(“欢乐拍手歌”“生日快乐歌”)、故事背景图像、泡沫地毯等。课程时间为九周,分别为“小鸡迷路”(一周)、“我们一起露营”(一周)、“生日快乐”(一周)、“一起庆祝你的生日”(一周)、“小鸡去超市”(一周)、“小鸡购物”(一周)、“小鸡回家”(一周)、“小鸡快乐圣诞”(一周)和“小鸡在游乐园”(一周)。评估方式包括课堂观察和成果分享,通过观察儿童对编程学习的热情、操作 ScratchJr 的熟练程度和应用能力以及分享儿童成就来评估他们是否能够完成活动任务并具备相应的能力。

3. 不插电计算思维教育。

本研究的对照组采用一项名为“不插电计算思维教育”的干预课程,旨在通过儿童日常生活中的计算思维主题来帮助儿童掌握算法设计、抽象、分解、模式识别等计算机科学技能。^[44]具体的学习目标包括:理解生活中的问题解决思路,掌握分解、模式识别、抽象和算法能力;学会将这四种能力应用于实际问题的解决;提高动手和自理能力。课程实施采用常见的材料,如蜡笔、纸张、卡片和印刷图片。课程时间为九周,分别为七巧板周、找规律周、服装设计师周、“我是一个讲故事的人”(两周)、制作三明治(一周)、折纸(一周)、我的旅游计划(一周)和设计路线(一周)。评估方式包括课堂观察和成果分享,通过观察儿童在课堂上回答问题、动手操作和分享的情况来评估他们是否掌握了相关的能力。

(三)研究程序

在数据收集和分析过程中,本研究按照国际早期教育研究伦理规范开展数据的收集、分析与报告。^[45]在收集数据之前,研究项目已获得了研究人员所在高校的人类研究伦理委员会批准,伦理批准参考编号为 A2020-2021-0416-01。首先,本研究向幼儿园园长发放了描述本研究项目的同意书,并获得了他们的同意。之后,本研究获得了被园长指派参与本实验研究的六位班级教师的同意。通过班级教师的联系,本研究进一步从儿童的父母或监护人那里获得知情同意书并开展了家长问卷调查。家长问卷调查包括一般信息,如孩子的年龄和性别、母亲的受教育水平、父亲的受教育水平和家庭月收入等。在得到家长的同意后,所有参与实验干预的幼儿在教师培训前接受前测。在接受了为期九周的干预后,参与干预的幼儿立即接受了相同评估工具的后测。

(四)儿童计算思维测评工具

本研究使用了 Relkin 和 Bers 开发的 TechCheck-K 来评估参与实验幼儿的计算思维。选择 TechCheck-K 作为本研究的计算思维评估工具,主要考虑到它是目前为数不多的专门针对学前儿童计算思维能力的标准化测试工具。选择这一工具的另一个重要原因是它不要求被试具备任何编程经验,因此可以用于前测当中,以便研究者进行更为严谨的实验设计(多组干预和前后测的实验设计)。^[46]TechCheck-K 计算思维测试包含 15 个项目,分为六个维度,包括算法设计、模块化/分解、控制结构/模式识别、表示/抽象、硬件/软件和调试。^[47]例题可在 Relkin 和 Bers 发表的报告中找到。^[48]TechCheck-K 的标准效度良好($r=0.76$),^[49]并已在中国的文化背景下得到了验证。^[50]

虽然 TechCheck-K 在评估幼儿计算思维发展水平方面得到了较为广泛的应用,但它并不支持对不同维度进行单独评分,更不能针对单一维度进行前后测的比较(如部分维度只有 2~3 个题目,满分是 2~3 分,在统计学层面上无法比较分数之间的显著性差异),只支持总分的比较。^[51]更重要的是,计算思维是一个综合体,它并不能直接用这六个维度中的任何一项单独进行解释(如认识“硬件/软件”并不等于计算思维)。因此,本研究只从幼儿计算思维的总体表现进行结果汇报。

(五)数据分析

本研究对 108 名幼儿进行了前测和后测,其中有 91 名幼儿参加了后测计算思维评估。17 名幼儿由于缺席或不愿意参加后测而未完成评估。本研究使用不同的统计方法来分析机器人编程组、平板电脑编程组和对照组之间计算思维前后测试成绩的组别差异。首先,研究采用单因素方差分析(ANOVA)来确定三个组之间的平均值是否存在显著差异。然后,采用单因素协方差分析(ANCOVA)来检查三个组在计算思维后测得分方面的平均差异,以控制前测得分的影响。组内前后效应大小使用 Cohen's d 来计算,组间效应则比较组内 d 之间的差异。最后,研究采用双因素方差分析模型来评估干预的个体差异,以基线和组别交互作为预测变量,并分别考虑了幼儿的性别和家庭社会经济地位作为预测变量。家庭社会经济地位被转换为低和高两类。所有统计分析均使用 SPSS 27 软件进行。

三、研究结果与分析

(一)不同编程课程对儿童计算思维的影响

单因素方差分析的结果显示,基于被试年龄、性别、家庭社会经济地位和基线的幼儿计算思维评

估,三组之间不存在统计学显著差异($p>0.05$)。表 1 显示了三种不同实验条件下所有组的均值(M)、标准差(SD)和效应量(Cohen's d)。

表 1 干预实验前后幼儿计算思维测验得分比较

组别	N	前测		后测		组内效应量	组间效应量
		M	SD	M	SD		
机器人编程	31	8.03	1.78	12.19	2.23	2.06	2.02
平板电脑编程	27	9.04	2.74	11.04	2.93	0.71	0.67
对照组(不插电计算思维教育)	33	7.85	2.33	7.76	2.54	0.04	—

随后进行的单因素协方差分析的结果显示,在控制被试计算思维基线水平的情况下,干预类型对儿童计算思维后测得分具有显著影响, $F(2,90)=29.78(p<0.001)$ 。图 1 直观显示了三组幼儿在干预前后计算思维测验得分的变化情况。

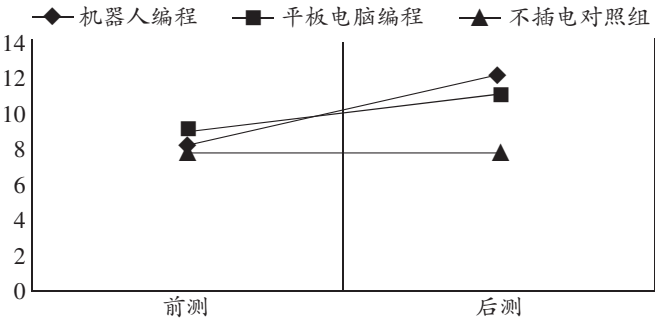


图 1 幼儿计算思维在干预前后的变化图

进一步的成对比较显示,机器人编程组、平板电脑编程组两者与对照组之间平均数的差(Mean Difference)均具有统计学上意义的显著差异($p<0.001$),其中机器人编程组和对照组之间的平均数的差为 4.34,平板电脑编程组和对照组之间的平均数的差为 2.65。(见表 2)

表 2 组间成对比较

(I) 组别	(J) 组别	平均数的差 (I-J)	标准误	显著性
机器人编程	平板电脑编程	1.69*	0.61	0.02
	对照组(不插电计算思维教育)	4.34*	0.57	0.00
平板电脑编程	对照组(不插电计算思维教育)	2.65*	0.60	0.00

注:* 代表均值差异在 0.05 水平上显著。

(二)性别和家庭社会经济地位的调节作用

为了解性别和家庭社会经济地位在干预措施与幼儿计算思维发展之间的调节作用,本研究进一步采用双因素方差分析模型来评估干预的个体差异。结果显示,针对不同性别和家庭社会经济地位的幼儿,其计算思维在前后测中未发现统计学意义上的显著交互作用。(见表 3、表 4)

表 3 性别与计算思维前后测差异值的主体间效应检验

源	Ⅲ类平方和		自由度		均方		F		显著性		偏 Eta 平方	
	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2
修正模型	308.282	87.356	3	3	102.761	29.119	17.533	5.155	0.000	0.003	0.467	0.216
截距	266.147	59.924	1	1	266.147	59.924	45.410	10.610	0.000	0.002	0.431	0.159
计算思维前后测差异值	12.564	62.591	1	1	12.564	62.591	2.144	11.082	0.148	0.002	0.034	0.165
性别	271.924	2.128	1	1	271.924	2.128	46.396	0.377	0.000	0.542	0.436	0.007

续表

源	Ⅲ类平方和		自由度		均方		F		显著性		偏 Eta 平方	
	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2
计算思维前后测差异值 * 性别	5.972	18.781	1	1	5.972	18.781	1.019	3.325	0.317	0.074	0.017	0.056
误差	351.656	316.294	60	56	5.861	5.648	—	—	—	—	—	—
总计	908.000	447.000	64	60	—	—	—	—	—	—	—	—
修正后总计	659.938	403.650	63	59	—	—	—	—	—	—	—	—

注:组间 1=机器人编程组和不插电对照组,组间 2=平板电脑编程组和不插电对照组。下同。

表 4 家庭社会经济地位与计算思维前后测差异值的主体间效应检验

源	Ⅲ类平方和		自由度		均方		F		显著性		偏 Eta 平方	
	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2	组间 1	组间 2
修正模型	228.279	53.684	3	3	76.093	17.895	13.715	3.010	0.000	0.039	0.424	0.150
截距	214.463	59.624	1	1	214.463	59.624	38.654	10.031	0.000	0.003	0.408	0.164
计算思维前后测差异值	201.397	52.742	1	1	201.397	52.742	36.299	8.873	0.000	0.004	0.393	0.148
性别	0.021	0.928	1	1	0.021	0.928	0.004	0.156	0.951	0.694	0.000	0.003
计算思维前后测差异值 * 社经地位	0.095	2.024	1	1	0.095	2.024	0.017	0.340	0.896	0.562	0.000	0.007
误差	310.705	303.153	56	51	5.548	5.944	—	—	—	—	—	—
总计	783.000	406.000	60	55	—	—	—	—	—	—	—	—
修正后总计	538.983	356.836	59	54	—	—	—	—	—	—	—	—

四、讨论

(一)插电编程比不插电活动更能促进幼儿计算思维的发展

本研究结果表明,插电编程干预在促进幼儿计算思维技能方面优于不插电的计算思维教育。对比不插电组前测($M=7.85, SD=2.33$)和后测($M=7.76, SD=2.54$)分数,在统计学意义上无显著差异。这一发现在一定程度上颠覆了之前的一些研究结果,而这些研究结果表明不插电活动同样可以有效地提高学生的计算思维技能。例如,Kırçali 和Özdenler 在对中学生群体中进行的研究发现,接受不插电教学的中学生计算思维技能显著提高,与接受编程教学的学生之间并无显著差异。^[52]此外,一些幼儿教育学者也指出,在幼儿园开展不插电计算思维教育对幼儿有益处。^{[53][54]}她们认为这是因为不插电活动为幼儿提供了解决日常问题的场景和经验,使他们能够探索和学习一些基础性的计算思维能力,如排序、抽象、分解和识别规律等。然而,这些研究都是基于观察和活动分析得出的结论,并未严格评估不插电计算思维教育对幼儿计算思维发展的影响。在本研究中,机器人编程和平板电脑编程活动均涉及数字技术的运用,它们能够使幼儿在编程过程中获得即时反馈,这种即时反馈缩小了问题范围并帮助幼儿找出错误发生的位置。调试(debugging),即识别和删除错误的过程,^[55]加速了幼儿其他计算思维能力的获得,如算法设计、抽象、分解和模式识别等。也正因如此,本研究不把“不插电计算思维活动”称之为“编程”活动,以此与过往研究中使用的“不插电编程”一词进行区别。

在机器人编程和平板电脑编程中,调试是非常重要的一个环节。调试是指在编写程序时,不断对程序中的错误和问题进行检查和修复。^[56]幼儿计算思维中的调试是指幼儿发现所制订的解决方案并未达成预期效果时对错误的识别与修复。^[57]在机器人编程中,调试可以确保机器人按照预期的方式移动和执行任务。在平板电脑编程中,调试可以确保虚拟的角色以正确的方式运行,并且没有错误或

逻辑问题。通过调试程序,幼儿可以学会分析问题、寻找错误并进行修复。这种能力在计算思维的学习当中非常重要。在调试过程中,操作者需要了解程序的逻辑和结构,以便找到错误并进行修复,以确保程序按照预期的方式运行。^[58]程序中的错误和问题可能会导致程序无法正常运行或产生不正确的结果。通过调试程序,幼儿可以学会分析问题、确定失误的原因、尝试不同的解决方案并最终修复错误。

本研究表明,不插电计算思维活动并不能促进幼儿计算思维的发展,那么何为计算思维?Nardelli认为,计算思维需要对情境进行建模并对“信息处理代理”(information-processing agent,如机器人、计算机或人类等)能达成目标的方式进行具体说明。^[59]换句话说,分解、抽象、排序或模式识别等单一的思维活动并不等于计算思维。只有涉及对信息处理代理的指示并使其达成某一目标或系列目标,从而自动化完成任务,才是真正的计算思维反应。这也是计算思维区别于数学思维或逻辑抽象思维的关键所在,这在调试这一关键过程中得到了充分的体现。本研究结果显示,只有插电的机器人编程和平板电脑编程才能更有效地训练幼儿的调试能力,并促进他们计算思维水平的提升。相比而言,不插电的计算思维活动并不能让幼儿获得对情境进行建模或给信息处理代理发出明确指令的机会,较难进行调试活动,因此无法有效培养幼儿的计算思维。

(二) 幼儿的性别和家庭社会经济地位对计算思维学习效果无显著调节作用

Kırçali 和 Özdener 的研究表明,计算思维教育的积极成果偏向男学生而不是女学生。^[60]但是,这一研究是针对六年级学生进行的,学生的个人偏好和特点可能受到他们之前学习经验的影响。而本研究发现,5岁的男孩和女孩在编程活动中的计算思维发展表现相近,性别并未成为阻碍女孩学习编程和提升计算思维发展的因素。这与过往相关研究中并未发现幼儿在科技类学习活动中存在显著的性别差异的结论一致。^{[61][62]}本研究也未发现幼儿的家庭社会经济地位对其计算思维发展具有显著影响,而这一发现与过往在欧美地区开展的调查研究结果不一致。在美国、德国、丹麦和瑞典等国家开展的调查研究发现,来自较高社会经济地位家庭背景的幼儿对编程与科技的理解更佳。^[63]另一项在荷兰开展的调查研究也发现,有移民背景的、社会经济地位较低的幼儿在与机器人的学习互动中的获益要低于其他同龄人。^[64]

本研究结果表明,幼儿的性别和家庭社会经济地位对其计算思维学习并没有显著的调节作用。导致这一结果的原因可能有以下几个方面。第一,幼儿时期的性别差异不明显。在幼儿阶段,个体的性别差异在认知和学习方面可能尚未充分发展,幼儿对计算思维的学习可能主要受到个体兴趣、学习环境和教育方法等因素的影响,而不是性别本身。第二,本研究给幼儿提供了平等的学习机会。在本研究中,教师给幼儿提供了相似的学习环境和同等的学习机会,使得男孩和女孩在计算思维学习方面能够表现出类似的水平。如果幼儿得到了公平的学习机会,性别对计算思维发展的影响可能并不起决定性的作用。第三,幼儿的学习经验和背景与中学生存在差异。相较于中学生,幼儿的学习经验和背景差异可能较小,这意味着幼儿的计算思维学习更容易受到教育和环境的塑造,而不太容易受到个人偏好和特点的影响。因此,性别和家庭社会经济地位对幼儿计算思维发展的调节作用较小。第四,不同的文化和社会因素可能对幼儿计算思维发展有不同影响。过去的研究主要集中在美国、欧洲和其他地区,而本研究在中国的文化和背景中开展,导致了不同的结果。

综上,幼儿的性别和家庭社会地位对其计算思维学习的影响可能在这个年龄段相对较小,而学习环境、教育机会和个人兴趣等因素可能更加重要,因此在获得平等的学习机会和学习支持的前提下,幼儿的计算思维学习可以取得同等的成果。

五、建议

基于以上发现,本研究提出以下关于开展幼儿计算思维教育的建议。第一,选择并加强插电编程教育。基于本研究的发现,插电编程教育在促进幼儿计算思维技能方面具有显著的优势。因此,我们建议教育实践者选择并加强插电编程教育。第二,强调计算思维教育中的调试成分。调试是计算思维

发展中的重要一环,有助于培养幼儿的问题解决能力。因此,我们建议教育实践者在开展插电编程教育的过程中强调调试成分的应用。第三,加强对计算思维概念的认识。教育实践者需要深入理解计算思维的概念,以便更好地进行计算思维教育。本研究所使用的幼儿计算思维测查工具并无针对计算思维各分维度的评估,未来关于幼儿计算思维不同维度发展的认识需要进行更多的理论研究、工具开发和证据检验。第四,探索更多类型的编程干预。不同类型的编程干预可能对幼儿计算思维技能的影响有不同,未来研究要探索和研究更多类型的编程干预方法。第五,将编程教育与其他领域教育活动相结合。未来的研究可以探讨如何将插电编程教育与其他教育领域(如语言、社会、艺术等)相结合,以促进幼儿在多个领域的学习。第六,尝试开发新的编程教育工具和方法。随着教育技术的快速发展,我们建议尝试开发更多新的编程工具和教育方法,以满足不同年龄段儿童的计算思维教育需求。

参考文献:

- [1][21]HSU T C, CHANG S C, HUNG Y T. How to learn and how to teach computational thinking: suggestions based on a review of the literature[J]. *Computers & Education*, 2018, 126(11): 296–310.
- [2][9]WING J M. Computational thinking[J]. *Communications of the ACM*, 2006, 49(3): 33–35.
- [3][11]BERS M U, GONZÁLEZ-GONZÁLEZ C, ARMAS-TORRES M B. Coding as a playground: promoting positive learning experiences in childhood classrooms[J]. *Computers & Education*, 2019, 138(9): 130–145.
- [4][40][41]YANG W, NG D T K, GAO H. Robot programming versus block play in early childhood education: effects on computational thinking, sequencing ability, and self-regulation[J]. *British Journal of Educational Technology*, 2022, 53(6): 1817–1841.
- [5][24]DI LIETO M C, INGUAGGIATO E, CASTRO E, et al. Educational robotics intervention on executive functions in preschool children: a pilot study[J]. *Computers in Human Behavior*, 2017, 71(6): 16–23.
- [6]BERSON I R, BERSON M J, MCKINNON C, et al. An exploration of robot programming as a foundation for spatial reasoning and computational thinking in preschoolers' guided play[J]. *Early Childhood Research Quarterly*, 2023, 65(4): 57–67.
- [7][36][62]SULLIVAN A, BERS M U. Gender differences in kindergarteners' robotics and programming achievement[J]. *International Journal of Technology and Design Education*, 2013, 23(8): 691–702.
- [8]GONZÁLEZ-SANCHO C. Can young children develop early computational thinking? [EB/OL]. (2022-07-20)[2023-06-20]. <https://oecdeditoday.com/computational-thinking-young-kids/>.
- [10]LAVIGNE H J, LEWIS-PRESSER A, ROSENFELD D. An exploratory approach for investigating the integration of computational thinking and mathematics for preschool children[J]. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 2020, 36(1): 63–77.
- [12][23]BERS M U, FLANNERY L, KAZAKOFF E R, et al. Computational thinking and tinkering: exploration of an early childhood robotics curriculum[J]. *Computers & Education*, 2014, 72(3): 145–157.
- [13][14]成有信.教育学原理[M].沈阳:辽宁大学出版社, 2007: 268–269.
- [15]张盖伦.数字化改变传统教育的“术”与“道”[EB/OL]. (2023-02-22)[2023-11-10]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/xw_zt/moe_357/2023/2023_zt01/pxlt/pxlt_gdjt/202302/t20230222_1046760.html.
- [16][20][54]LEE J, JUNOH J. Implementing unplugged coding activities in early childhood classrooms[J]. *Early Childhood Education Journal*, 2019(11), 47: 709–716.
- [17][32][65]YANG W, NG D T K, SU J. The impact of story-inspired programming on preschool children's computational thinking: a multi-group experiment[J]. *Thinking Skills and Creativity*, 2023, 47(3): 1–12.

[18][44]LI W, YANG W. Promoting children's computational thinking: a quasi-experimental study of web-mediated parent education[J]. Journal of Computer Assisted Learning, 2023, 39(5): 1564–1575.

[19][53]LEE J. Coding in early childhood[J]. Contemporary Issues in Early Childhood, 2020, 21(3): 266–269.

[21][22][33]SU J, YANG W, LI H. A scoping review of studies on coding curriculum in early childhood: investigating its design, implementation, and evaluation[J]. Journal of Research in Childhood Education, 2023, 37(2): 341–361.

[25][27]CHOU P N. Using ScratchJr to foster young children's computational thinking competence: a case study in a third-grade computer class[J]. Journal of Educational Computing Research, 2020, 58(3): 570–595.

[26][28][29]PILA S, ALADÉ F, SHEEHAN K J, et al. Learning to code via tablet applications: an evaluation of daisy the dinosaur and kodable as learning tools for young children[J]. Computers & Education, 2019, 128(1): 52–62.

[30][31]SAXENA A, LO C K, HEW K F, et al. Designing unplugged and plugged activities to cultivate computational thinking: an exploratory study in early childhood education[J]. The Asia-Pacific Education Researcher, 2020, 29(1): 55–66.

[34][37][61]SU J, YANG W, ZHONG Y. Influences of gender and socioeconomic status on children's use of robotics in early childhood education: a systematic review[J]. Early Education and Development, 2023, 34(4): 910–926.

[35]PAPADAKIS S, KALOGIANNAKIS M, ZARANIS N. Developing fundamental programming concepts and computational thinking with scratchJr in preschool education: a case study[J]. International Journal of Mobile Learning and Organisation, 2016, 10(3): 187–202.

[38]SU J, YANG W. A systematic review of integrating computational thinking in early childhood education[J]. Computers and Education Open, 2023, 4(12): 1–12.

[39]BATI K. A systematic literature review regarding computational thinking and programming in early childhood education[J]. Education and Information Technologies, 2022, 27(2): 2059–2082.

[42][50]YANG W, LUO H, SU J. Towards inclusiveness and sustainability of robot programming in early childhood: child engagement, learning outcomes and teacher perception[J]. British Journal of Educational Technology, 2022, 53(6): 1486–1510.

[43]STRAWHACKER A, LEE M, BERS M U. Teaching tools, teachers' rules: exploring the impact of teaching styles on young children's programming knowledge in ScratchJr[J]. International Journal of Technology and Design Education, 2018, 28(6): 347–376.

[45]杨伟鹏, 罗丽, 洪秀敏. 国际早期教育研究伦理规范的发展与启示[J]. 学前教育研究, 2020(08): 31–41.

[46][47][48][51]RELKIN E, BERS M. Techcheck-K: a measure of computational thinking for kindergarten children[C]. Vienna: IEEE global engineering education conference (EDUCON), 2021: 1696–1702.

[49]YANG W, GAO H, JIANG Y, et al. Beyond computing: computational thinking is associated with sequencing ability and self-regulation among Chinese young children[J]. Early Childhood Research Quarterly, 2023, 64(3): 324–330.

[52][60]KIRÇALI A Ç, ÖZDENER N. A comparison of plugged and unplugged tools in teaching algorithms at the K-12 level for computational thinking skills[J]. Technology, Knowledge and Learning, 2023, 28(4): 1485–1513.

[55][56][57]ZENG Y, YANG W, BAUTISTA A. Computational thinking in early childhood education: reviewing the literature and redeveloping the three-dimensional framework[J]. Educational Research Review, 2023, 39(5): 1–16.

[58]BRENNAN K, RESNICK M. Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design[C]. Vancouver: Paper presented at annual American Educational Research Association meeting, 2012: 7.

[59]NARDELLI E. Do we really need computational thinking? [J]. Communications of the ACM, 2019, 62(2): 32–35.

[63]DRUGA S, VU S T, LIKHITH E, et al. Inclusive AI literacy for kids around the world[C]. New York: Proceedings of FabLearn 2019, 2019: 104–111.

[64]KONIJN E A, JANSEN B, MONDACA BUSTOS V, et al. Social robots for (Second) language learning in (Migrant) primary school children[J]. International Journal of Social Robotics, 2022, 14(3): 827–843.

An Experimental Study on the Promotion of Preschoolers' Computational Thinking Development through Plugged and Unplugged Curriculum Interventions

YANG Weipeng

(Faculty of Education and Human Development, The Education University of Hong Kong, Hong Kong 999077 China)

Abstract: Early computational thinking education can bring many benefits to children's development, and previous research has also confirmed that children have the ability to master different computational thinking concepts and basic programming skills. However, there has been no in-depth research on the differences between plugged and unplugged computational thinking education, and the learning effects that these differences bring. This study used a pretest-posttest, randomized controlled experimental design to compare the effects of robot programming curriculum, tablet programming curriculum, and unplugged computational thinking education activities on the computational thinking development of 91 five-year-old children. The results showed that compared to unplugged computational thinking education, robot programming and tablet programming interventions more effectively improved children's computational thinking skills. The debugging process in programming activities theoretically helps children develop other computational thinking skills, such as algorithm design and pattern recognition. In contrast, unplugged computational thinking activities cannot provide debugging opportunities, thus providing lower effects on promoting computational thinking development. The results of this study support this view, indicating that programming activities supported by digital technology can better promote preschoolers' computational thinking development. In addition, this study found that in the sociocultural background of China, both 5-year-old boys and girls can benefit from plugged programming activities, and the influence of family background on learning effects is relatively small.

Key words: computational thinking education; robot programming; tablet programming

(责任编辑:黎勇)