

# 教育神经科学与信息技术的跨学科整合研究

——访英国著名教育神经科学家保罗·霍华德·琼斯教授

周加仙

(华东师范大学 心理与认知科学学院/教育神经科学研究中心, 上海 200062)

**[编者按]** 将教育神经科学与计算机信息技术进行整合,尤其是根据教育神经科学所揭示的规律探讨教育游戏的设计,研究用户中心原则在教育游戏设计中的应用,以及教育游戏对人脑基本认知过程产生的影响,是目前教育技术学的前沿研究课题。教育游戏兼具教育性和娱乐性的特征,其设计需要以科学的教育理论为支撑,通过游戏的方式完成教育过程,实现教育目标。玩游戏的过程会使大脑的奖励系统产生信号。不确定性的奖励会使人脑中的神经递质多巴胺的释放达到峰值。因此,在结合了不确定性游戏的学习任务中,学习者的情绪反应增加,情绪反应的增强又可以支持记忆的编码,使学内容更加难忘,学习效果更好。



琼斯教授是英国布里斯托尔大学神经科学与教育专业负责人,是当今世界最重要的教育神经科学专家之一,曾受邀到联合国教科文组织参加为期三个月的教育神经科学研究。2011年,他成为英国皇家学会神经科学与教育工作组成员。琼斯教授在国际上率先将教育神经科学研究和教育信息技术结合起来,探索动机、奖励和学习之间的关系。他以神经科学研究为基础,以互联网和应用软件为窗口,创造性地开发了适合提升学习水平的应用软件和教学方法,并将其应用于教育游戏中,其目的是提高教与学的效果。琼斯教授出版了《神经教育学研究导论》一书,并由笔者翻译为中文。他两次应邀访问华东师范大学。笔者借机与他就教育神经科学与教育信息技术的整合问题进行了深入的对话。

**[关键词]** 教育神经科学;教育信息技术;用户中心设计;多巴胺;奖励系统

**[中图分类号]** G40-057

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1007-2179(2016)06-0004-07

**记者:**近年来,教育神经科学发展迅猛,国际上已经建立了70多个研究机构。发达国家投入巨额资金,推动该学科研究,如美国自然科学基金委员会专门设立了教育神经科学项目,支持教育神经科学发展。哈佛、斯坦福、剑桥等著名大学创立了教育神经科学研究机构。您从事该学科研究已多年,能否谈谈神经科学与教育结合主要面临哪些挑战?

**琼斯教授:**近20年来,认知神经科学与教育学相结合的探索基于这样一种观点:大量涌现的神经科学研究成果对教育具有独特的价值。事实上,越

来越多的神经科学家开始思考和探索他们的工作对“真实世界”的学习可能产生的影响,尽管这种影响还处于教育学的边缘位置。这些探索常以“教育神经科学”为主题,其研究带有认知神经科学的认识论、方法论以及目的性特征。然而,从理论推测到实际应用并非简单易行,神经科学领域的见解要真正实现其教育价值,还有赖于与教育学的完美结合,并渗透到教学经验和生活常识中。寻找神经加工过程和学生在课堂中表现出来的、可观察到的复杂日常学习行为规律之间的关系,成为教育神经科学研究面临的新挑战。

上述挑战中,核心任务是将三个不同层面的证

**[收稿日期]** 2016-07-09

**[修回日期]** 2016-10-14

**[DOI编码]** 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2016.06.001

**[作者简介]** 周加仙,副教授,华东师范大学心理与认知科学学院教育神经科学研究中心副主任(jxzhou@psy.ecnu.edu.cn)。

**[致谢]** 感谢课题组成员杨恺、谢依恬对本文部分原始资料的整理。

据结合起来:生理层面、社会层面和经验层面。需要指出的是,在教育工作者的实践以及教育信息技术研发人员设计产品的过程中,简单地向他们传递神经科学的知识是无效的。因为神经科学家研究时几乎不考虑课堂的实践应用,因此神经科学的研究成果无法直接为教师提供即时的解决方法。我们迫切需要教育神经科学的实验研究与课堂教学实践之间搭建沟通联结的桥梁,开展实践转化工作,以填补两者之间的鸿沟。无论对科学研究者还是教育工作者而言,不同学科概念的共建均要求扩大个体认识论的范围,理解原有领域常见术语(例如,学习、意义、注意、奖励等)在其他学科的意义,并尊重彼此的价值观和职业目标。不同领域的研究者通过对话和讨论发现并理解不同的学科观点和证据是如何以不同但又相互补充的方式破解“学习究竟是什么”这一命题的。与这种真正的跨学科工作相比,教育学与神经科学之间简单的知识联结,势必无法取得理想的效果。由于对心理学、神经科学概念缺乏深刻了解,这种草率的行为常常引发神经神话(neuromyth)。典型例子是,用“突触联结”解释人脑如何在多个想法之间建立有意义的联结。这类例子通常包含脑与思维的结合,使得对教育实践活动的解释明显带有神经科学的味道。然而,事实却是,尽管思维联结在心理学领域得到充分的讨论,但就目前而言,我们仍然没有在突触水平上对其展开研究。而且研究表明,如果用神经科学解释人们的行为,即便这些解释与行为本身没有多少关系,但是该解释仍然会给读者带来更高的满意度。总之,脑科学数据在解读人类行为(如学习)方面具有重要意义,但是要深入理解这一行为,还必须有思维的心理学理论作为重要补充(Howard-Jones, 2015)。

**记者:**随着人类迈入21世纪,计算机信息技术不仅运用于神经影像的实验研究,如呈现刺激、反馈记录和数据的挖掘与分析。更重要的是,计算机信息技术作为学习资源开发的重要工具,可以缩短从脑部扫描到课程设计之间的距离,这对神经科学研究者和教育信息技术开发者都提出了新的挑战,即必须将神经科学的实验研究成果、教育学理论与实践智慧以及计算机信息技术进行整合。那么,哪些研究方法可以有效地将这三者结合起来,设计科学有效的教育环境?

**琼斯教授:**从不同的角度探讨学习这一重要问题,是神经科学、教育学和计算机信息技术这一交叉领域研究构建理论框架的第一步。这能帮助我们合理地结合这三个不同领域的研究成果,更好地理解“学习”这一行为。当然,这将涉及方法论问题。如果这些领域的研究成果确有关联,那么就有必要设计相应的研究方法,以更好地支持这一交互关系。例如,可以有效地利用认知神经科学的概念对课堂话语进行质性分析与解释。神经影像研究包含对参与者开展半结构化访谈,展示他们在构念、策略和态度上的经验性看法,这些研究能够对教育神经科学的概念建构做出有价值的贡献。在一些跨学科的实验研究中,适当地运用折中和创新的方法,在控制外部变量的基础上,提高实验的生态效度是目前心理学与教育神经科学领域的热点。值得注意的是,跨学科研究者在尝试既适用于解决社会科学研究问题的方法,又能解决自然科学问题的方法的过程中,即便同一小组的研究者也会发现,不同学科的研究者在搜集各类证据(生理、社会、经验)时所使用的方法大相径庭。

将上述结果应用于教育技术设计,还需要进一步的整合研究。就现阶段而言,研究者还无法确保任何产生于实验室并可以有效应用于课堂的学习理论能否通过软件的设计与运用加以提升和完善。可惜的是,现在最基本的软件都还没有。因此,教育神经科学与计算机信息技术的结合是一块尚未开发的空白领域。为了获得好的成效,需要包括软件的使用者,如教师和学习者,以及掌握相关原理的技术设计专家,以及神经科学研究者加入。我们不仅要设计有效的流程,还需要了解技术设计的局限性,这样才能将教育神经科学的研究方法延伸到教育信息技术领域,并体现以用户为中心的设计流程。我们团队已经开始这方面的研究。我们用特定的研究方法,即运用设计实验法,经历了包括设计、干预、分析和思考在内的五次循环,研发了一款网络应用程序 zondle Team Play (zTP)。我们组建了多学科团队,综合应用教育神经科学理论、教师基于课堂教学经验的观点和完备的技术设计专业知识。这款应用程序使教师可以通过游戏教学法完成课堂授课。我们将这一原则称为“以用户为中心”。这一原则已广泛应用于教育信息技术的设计、用户观察(从“局外

人”的角度,通过视频、观察和现场记录研究用户的交互)和合作设计方法(用户与设计及研发团队处于平等位置)之中。我们在设计过程中遵守将用户的需求愿景最大化的原则,同时也注意到,这种合作性的设计可能会引发的诸多问题。在该方法中,教师以专家身份向设计者阐述教学经验的关键点,协助其确定初期设计思路和测试原型的研发。在这一过程中,教师提供的专业理念对设计的形塑与完善起着至关重要的作用,同时神经科学和设计方面的专业知识亦发挥了重要作用(Howard-Jones, 2015)。

**记者:**用户中心原则是教育信息产品设计应遵循的重要原则,它将用户的需要与感受置于产品设计的中心,而不是让用户去适应产品。用户中心设计关注用户使用这些产品所需要的时间成本、学习成本和情绪感受。美好的情绪感受可以让用户愿意花费更多的时间学习这个产品。在教育电子游戏的设计中,如何体现用户中心原则,又符合教育神经科学研究成果方面的研究很少有人关注,你们团队的研究已经走在了世界前沿。您能否以教育电子游戏的设计为例,说明如何将教育神经科学的研究成果与计算机信息技术整合起来,在教育电子游戏的设计中体现用户中心原则?如何根据游戏者大脑的加工规律,实现教育电子游戏的效益最大化?

**琼斯教授:**随着智能手机和平板电脑等移动设备游戏的逐渐盛行,通过数字化游戏进行学习成为新的研究焦点。大多数研究将兴趣集中于游戏对学生动机和参与感的积极影响,并提出了多种理论。系列证据显示,有效的游戏式教学的开发可能来自不同理论观点的交互作用而形成的正确观点,这些理论观点来自游戏学习、教学论、课堂实践和神经科学研究等。关于大脑奖励系统的新见解为理解游戏带来的高度参与感提供了科学依据。游戏中赢得分数的动机会使大脑的奖励系统产生信号,这种信号与食物所引起的愉悦感相似。中脑区域的神经递质多巴胺与奖励系统的活动有关。研究显示,如果灵长目动物意识到一定会有奖励,或者获得预期之外的奖励,其脑中多巴胺能的释放会达到峰值。如果他意识到奖励的出现是不确定的,那么其脑中的多巴胺能的释放还是会达到峰值,但是这个峰值会一

直持续到奖励的出现为止,并伴有多巴胺能的递增。因此,不确定的奖励会导致大脑释放出更多的神经递质多巴胺。当受到奖励的可能性为50%时,多巴胺的释放达到峰值。这从神经生理学的角度较好地解释了为什么人们常常被机遇性游戏吸引的原因(Howard-Jones, 2011)。

**记者:**奖励与动机是传统教育学的常见概念,但是人们对奖励与动机发挥作用的机制并不清楚。作为教育人员,了解人脑加工的神经机制对于教学设计有重要的价值与意义。这也是为什么经济合作与发展组织等机构鼓励教育人员学习教育神经科学与医学知识的重要原因。奖励与动机是学生持续投入学习、克服学习困难的重要因素。它们在神经科学中的意义不同,您能否从神经科学的角度阐述奖励与动机概念,并从神经影像学研究与分子化学机制研究阐述奖励与动机对教育游戏设计的重要性?

**琼斯教授:**认知神经科学的奖励和动机概念与日常生活所使用的概念意义确实不同。比如,奖励在神经科学中被定义为可以强化行为的短期刺激。在强化学习理论的背景下,研究者首先对动机和学习的关系进行了认知神经科学的研究,强化学习可以支持动物在自然环境中的觅食行为,这是动物和人类与生俱来的一种能力,与生存有关。这里,趋利动机被理解为趋近的激励,或者是我们“想要”某物的程度。神经科学研究显示,趋利动机与中脑区域的多巴胺有关。新近的研究发现,其与上述区域神经元密集分布的伏隔核关系密切。当一系列愉悦性刺激(如食物、金钱、电脑游戏等)呈现在我们面前时,我们中脑的多巴胺活动会显著增强。然而,这些出于本能的动机形式可能与人们的高级思维过程关系甚微,而只有这些高级思维过程才会促使我们致力于短期内不能获益的活动,如为了追求专业发展而修读艰涩难懂的课程。但是,短期的激励可能会对长期的结果产生很大影响。

预期奖励的价值或者大小会影响纹状体中动机信号的强弱。值得注意的是,这一影响很容易受环境的影响。有研究比较了预期报酬的大小与被试脑中奖励反应机制之间的关系。研究表明,最大的反应信号出现于可以提供最大奖励的背景下。但

是,如果人们在游戏中对最高奖励的预期是 10 美元,而另一个游戏对最高奖励的预期是 100 美元,大脑对这两种预期所释放的多巴胺信号不存在显著差异。

在强化学习理论中,学习可能被定义为对不同行为期望值的改变。但是,这个定义与教育者想让我们理解的学习概念迥然不同。事实上,在神经科学和教育科学领域,学习的内涵并不相同。然而,由于强化学习与描述的那种出于本能的动力系统存在密切关系,因此理解这类学习可以让我们更深刻地理解学生是如何参与特定类型的学习任务的。当我们搜寻资源时,大多数人喜欢选择高预期回报的资源,当我们确定了选择结果后,通过判断资源信息的预测误差(PE),或者判断实际结果有多少超出预期,从而调整信息资源。预测误差指结果在何种程度上让人感到“惊喜”。这个误差由中脑多巴胺活动编码。作为可预期的结果,它由个体近期的历史背景决定。一个事件的结果和它在脑区所产生的信号之间的关系(与预测误差相关)是我们一定情境中对奖励做出反应的一种表现。例如,近期某一行为产生了不良后果,那么这个不良的行为后果会导致预测误差信号的升高。同样,如果这个行为产生了积极后果,那么这个积极的行为后果会使预测误差减小。这样通过统计与计算表明,强化学习与中脑里的多巴胺活动紧密联系,因此,它也与基本的动机过程紧密相关(Howard-Jones, 2011)。

**记者:**您提到的游戏中的不确定性与大脑多巴胺之间的关系,解释了不确定性在游戏教学设计中的重要作用,这是设计学生持续性投入游戏的重要因素。那么,不确定性是如何在游戏教学中发挥作用的?

**琼斯教授:**对于教育者而言,更感兴趣的可能是结果的不确定性也会影响大脑对奖励的反应。不确定性的奖励是游戏包括电子游戏的显著特征。人们把它看作是游戏之所以具有挑战性且令人愉悦的因素。对灵长类动物大脑的研究中,研究者将一组刺激的呈现和 100% 的后续奖励相匹配,以创造一个“确定”的奖励。其他刺激则与不确定的奖励匹配。他们发现,由确定性的奖励引发的多巴胺能峰电位与完全不出现奖励(奖励率为 0)引发的峰电位相

似。确定性奖励的呈现对峰电位的改变影响不大,因为先前的刺激已经表明,这是完全可以预期的。实验表明,50% 上下的成功率会增强动机。当奖励以 50% 的概率呈现,即呈现不确定性的奖励时,与其联结的刺激会引发类似形状的电波,接着多巴胺会以波浪式上升的方式释放,并在奖励可能出现(也有可能不出现)的时刻达到峰值。由不确定奖励所引发的多巴胺释放量的总和,要多于由确定性奖励或者完全没有奖励诱发的多巴胺释放量。换句话说,不确定的奖励似乎增加了与动机有关的多巴胺能反应的类型。这种奖励的不确定效应可以帮助我们解释,为什么人类会痴迷于赌博和机遇型游戏。因此,不确定性为 50% 的风险游戏会对参与者产生最大程度的吸引力。但是,当游戏结果完全取决于个人能力时,其吸引力会相对下降。研究显示,学习者在纯学术任务中最佳的不确定性水平为 88%。这一较高的不确定性水平可能源于对失败的自我评估和社会评估。在这种环境中,“舒适空间”的不确定性减小,这可能会影响学习。在高度确定性的舒适空间工作,无法全面观察到在游戏中出现的、与多巴胺活动有关的、较强的刺激信号。

这还可以解释,为什么结合了运气的游戏学习任务,学习者的情绪反应会增强。情绪反应可以支持记忆编码,包含更多情绪反应体验的学习会更加让人难忘。

将学习与运气型游戏相结合,就是在学习过程中加入了奖励信号与情绪性体验,并且这类学习过程不会引发“可能威胁学习者自尊感”的问题。体育运动与日常生活有诸多类似的例子:能力和运气共同决定结果的情景会引发更多的成功;参赛双方竞争力相当时(如足球,输赢的可能性为 50%),参赛成员有更高的参与度,以应对挑战。儿童(尤其是男孩)表现出对运气不确定型学习任务的偏爱(Howard-Jones, 2011)。

**记者:**这些研究实例说明,机会的不确定因素可以增强动机,其机制可以通过神经科学的研究方法预测,同时不确定性的影响会随环境的变化而不同,那么如何在教育中引入机遇性游戏,运用不确定性增强学习动机?

**琼斯教授:**教育研究证明,大脑的奖励与记忆形

成之间呈正相关。在教育游戏中,每一轮游戏所激发的多巴胺活动,均被归因于游戏奖励的设定。这种能够预测成功记忆的信号比奖励本身更能得到有效的回忆。

课堂学习的研究也显示,通过运气为学习提供奖励,这样的设计能够以积极的方式影响学习。这种方式往往鼓励开放式谈话,并且允许学生将失败归因于运气,而将成功归因于能力。研究者最近扩展了不确定性奖励的相关研究,并证明在不确定性奖励的反应中,更强的动机和学习进步之间显著相关。教育神经科学关于学习型游戏的教育实践研究已经得出几点结论:

1) 学习类游戏通过运气增加学习时奖励出现的概率,从而提高学生的参与度;

2) 大脑对奖励的反应非常短暂。这表明学习和游戏的结合需要利用游戏的吸引力持续地支持学习;

3) 对不确定性奖励的预期可能会产生更长时间的“注意强化窗口”或“可教育时刻”;

4) 避免损失并不能产生同等的奖励收益信号,这表明一般性的积极评分系统能够更好地强化动机。

这种不确定性的魅力还在简单的传统游戏中体现出来。一些游戏(如蛇梯棋)几乎完全依靠这种不确定性让游戏者沉浸其中。而且,游戏者对自身或竞争对手能力的不了解,也会增强游戏的不确定性,这种不确定性的含义远比纯粹的机遇复杂。一个很好的例子是,在教育情境中,学生对他们能否取得好的成绩往往不确定,但是他们可以期待奖励,不管这个奖励是一颗星、高分数,还有一句表扬。从这种强化行为的即时性和潜在效力中,我们可以看到,这种形式的奖励与认知神经科学研究中的奖励有很多的相似性。而且,教育工作者积极而又明确地根据学习者的努力程度、能力大小以及奖励与美德之间的一致性提供奖励,对于保持学习者的动机和公平感至关重要。所以,学校任务的不确定性并不像实验中的那么单纯。在实验中,机遇起决定性作用,而学校任务可能并非如此,因为学校环境中的任务失败总会牵连到集体荣誉感以及个体的自尊心。这可以通过例子来说明,把学习任务作为游戏而不是学习任务呈现时,学生会追求更大的挑战。如前所述,对于教育性任务而言,学生对完成任务有 88%

以上的把握时,才会觉得这个任务是适当的。当然,这样的任务还是能够帮助学生提高技能,但是这种不确定性会导致舒适区缩小,并且降低“惊喜”出现的可能性。根据上文的研究,它还减弱了多巴胺能的活动强度。

针对你提出的问题,解决方案之一便是在教育任务中引入机遇性游戏元素。这可以在不威胁自尊的情况下增加不确定性,从而提高这些教学任务对学习者的吸引力。为了验证这一点,研究者要求一批 11-12 岁的学生通过心算参与一个为特定目的而开发的电脑游戏。这些学生要在 30 道数学题上选择对或错,目的是获得最高的分数。然而,在获得每个问题之前,他们必须选择从“确定先生”或者“不确定先生”那里抽题。如果学生从“确定先生”那里抽题且回答正确,那么他/她会获得一分;但是,如果从“不确定先生”那里抽题,正确回答后将通过掷卡通币决定获得 0 分还是 2 分。正如研究者所预测的那样,学生对于“不确定先生”有明显偏好,且随着游戏的进行,这种偏好呈增长趋势。我们的教育常识就是,如果学生有正确答案,他们会选择确定性的奖励。但是,在这个实验中,我们发现,学生对于赚取更多不确定性的奖励存在明显的偏好。

在教育任务中加入机遇性的不确定性因素本身可以增强学生的情绪反应。在一项关于成人电子游戏的研究中,投掷两个骰子,如果被试对后续问题的回答正确,由此产生的点数将被记录下来。参与者在两种情境下进行游戏:一种加入了游戏元素,而另一种没有,即骰子是固定的,结果完全确定。运用心理物理法进行测量后发现,加入游戏因素以及奖励是不确定的条件下,参与者回答问题的情绪反应更强烈。

这并不是说概率性的不确定性因素是增强电脑游戏趣味性的唯一因素。与教育性任务一样,流行的电脑游戏包含很多由概率性引发的不确定性,但是他们还包括其他一些更具有社会敏感性的因素,如参与者的能力。游戏者击中一个目标,通常需要有良好的视觉注意力、运动能力以及好运气。然而,在学校教育中,对学习任务中概率性的不确定性(即不确定性在 50%)的认同程度是影响学生投入学习的关键因素。由于教育者想努力消除任务中的概率性的不确定性,所以学习和游戏任务通常可以

通过是否有概率性的不确定因素清晰地加以分辨。这也可以解释,在学习任务中加入少量概率性不确定因素时,该学习方式会出现一定程度的逆转,这种活动类型更常见于足球比赛而非课堂中。

当概率性的不确定性与学习相结合并成为课堂学习的焦点时,就可能产生一种学习话语的逆转。相关研究让某个班级的学生(13-14岁)采用两两合作的方式完成一个自然科学学习游戏。游戏的不确定性颠覆了传统的学习进程,其任务结构和交流类型被设计得更像是在运动比赛。失败归因于运气不好,成功被认为是因为能力而获胜,因此得到了热烈的庆祝(通常是载歌载舞的)。游戏中的严重失误会引发明显的情绪冲击,但不会消减学生对游戏的兴趣或产生不公平感。进一步而言,游戏的不确定性可以增强对失败的心理适应力。实际上,对手能力再强也不得不经常向掷骰子时的坏运气低头,在这种情况下,对手的坏运气对自己而言便是机遇(Howard-Jones et al., 2011)。

**记者:**上述研究表明,人脑中的奖励机制与有教育目的的学习之间可以建立密切的联系。那么,奖励机制作用于哪一种认知功能,才可以提高学生的学业成绩?

**琼斯教授:**人脑的奖励机制与陈述性记忆有关。大多数正式学习都受益于陈述性记忆,即能够编码、存储并精确回忆信息的能力。陈述性记忆与奖励之间的关系具有重要的进化意义。例如,它有利于动物回忆起之前发现的有丰富食物资源的位置。然而,关于奖励对记忆编码和回忆的研究得到的结果却是喜忧参半。之前有研究报告了奖励作为动机对于记忆的促进作用,而其他研究还没有形成定论,有人甚至还质疑奖励对行为的激励作用。有研究表明,奖励在记忆编码时会发挥作用,这些作用源于强化注意,而不是奖励本身。换句话说,奖励可以使个体将注意资源更多地分配给相关刺激,使这些刺激更加显著,且变得更加容易提取。与奖励相关的物品不仅在后续测试中能够得到更好的辨认,而且在参与者的编码过程中,会更加频繁地得到注视。但是在统计中,如果把更长时间的注视考虑进来,就很

难发现奖励对于记忆表现的其他效应了。注意也与记忆的唤起有关,这已经得到神经科学的证明。近期的一项神经影像研究报告了奖励对于记忆编码的直接影响。陈述性记忆的形成与内侧颞叶中另一个脑系统紧密联系,尤其与其中的海马密切相关。在学习前,奖励物通过诱发海马中多巴胺的释放促进记忆的形成。有研究以金钱为奖励让一些成人被试识记前后有联系的信息,大脑中具有较高活跃度的伏隔核会优先接收被预测能够提高记忆成绩的信息。有奖励的回忆与记忆成绩与中脑的多巴胺能活动之间存在相关关系。这种多巴胺能活动和记忆的关系,能评估大脑对奖励反应的程度,并为更加精确地预测记忆的成绩提供依据。这也可以解释为什么只关注奖励绝对价值的行为研究得出前后不一致的结果。无论奖励-记忆效果是否作为其中的中介,或是涉及更直接的过程,对这两者关系的探讨都有巨大的教育价值。

上面的概念综合阐释了一些基本认识,即在学习游戏中,游戏经验如何影响教育信息的陈述性记忆。更具体地说,在游戏中,高水平的记忆成绩要以高水平的多巴胺能水平为先导(如高水平的预测偏差)。上述效应的阐述可以为电子学习游戏的设计提供思路,通过软件的神经计算算法,它可以告诉我们,哪个阶段学习是确定的。然而,这种关系最重要的教育意义是,在设计激励性学习或者开发学习游戏时,应该重视考虑大脑对于奖励的关联反应,而非仅仅考虑奖励本身的绝对价值。我们后续的研究通过与记忆有关的实验检验了上述假设,并以此证明以上所提及概念的潜在教育价值(Howard-Jones et al., 2011)。

#### [参考文献]

- [1] Howard-Jones, P., Holmes, W., Demetriou, S., et al (2015). Neuroeducational research in the design and use of a learning technology [J]. *Learning, Media and Technology*, 40(2): 227-246.
- [2] Howard-Jones P., Demetriou S., Bogacz R., et al (2011). Toward a science of learning games [J]. *Mind, Brain, and Education*, 5(1): 33-41.

(编辑:徐辉富)

# The Integration of Educational Neuroscience and Computer Information Technologies: A Dialogue with Famous Educational Neuroscientist Professor Paul Howard-Jones

ZHOU Jiaxian

(School of Psychology and Cognitive Science, Center for Educational Neuroscience,  
East China Normal University, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** *It is the frontier research topic which integrates the findings from educational neuroscience and computer information technologies, especially explore the design of educational game based on the scientific rules, examine the application of the users-centered principle in the design of the video games and the influence of playing the game on the human brain and cognition. Educational game has both the characteristic of education and entertainment, the design of it should be based on the scientific educational theory and implement it through video games in order to realize the educational goals. The playing of video games will trigger the signals in rewarding system. The reward of uncertainty lead to the dopamine release to the peak. Thus, the learning task with uncertainty will raise the emotion of learners and the emotion response supports memory encoding, which makes the learning content unforgettable.*

*Professor Paul Howard-Jones is one of the leading experts in educational neuroscience in the world. He was invited by UNESCO to do research in educational neuroscience for three months. He served as a member of the UK's Royal Society working group on Neuroscience and Education in 2011. He connects the findings from educational neuroscience with educational information technologies to explore the relationship among motivation, reward and learning. He created the applied software and instruction method based on the findings from neuroscience and applied the scientific principles into the design of educational games with the goal to improve teaching and learning. He is the author of *Introducing Neuroeducational Research: Neuroscience, Education and the Brain from Contexts to Practice*, which has been translated into Chinese by me. He was invited to East China Normal University twice and I take the opportunity to interview with him to discuss the issues deeply about the integrating the findings from educational neuroscience with educational information technologies.*

**Key words:** *educational neuroscience; computer information technologies; integration; users-centered design; dopamine; reward system*