

动作序列学习的内在机制研究综述

前言

本文对运动领域中的动作序列学习进行研究，深入了解背后的神经机制，从而促进动作技能学习的发展。利用文献资料法，探讨动作序列学习的内在机制。为理解运动能力如何在大脑中表征、更轻松有效地学习更复杂的动作、改善体育教育教学和运动训练提供借鉴。

关键词

动作序列；运动技能；学习

动作序列学习在人类的日常生活中发挥着广泛而重要的作用。骑车、打球、跳舞，甚至是每天起床这样的小事，都是由无数个动作序列组合而成，并通过练习习得的。从理论角度来看，运动技能学习可以通过动作序列来研究，从而更好地理解人们是如何运用他们的认知能力和运动能力，以及这些能力的运用是如何在大脑中表现的；从实践角度来讲，运动技能构成了人们每天所做的动作和很大一部分行为，如果能更好地理解动作序列的表现形式，就能帮助人们更轻松高效地学习更复杂的动作。不仅如此，动作序列学习也在体育教育领域发挥着重要作用，对运动领域的体育教育教学改革有重要的启发作用，对运动训练有重要的指导意义。

1 动作序列学习的概述

1.1 动作序列学习

动作序列学习是指一个由简单、模式化的动作元素组成单一序列通过反复练习轻松完成的过程^[1]。通过练习，将独立的动作整合成一个统一、协调的动作序列。例如排球初学者通过对持球、抛球、挥臂击球、随前等一系列动作序列进行学习来掌握正确的发球姿势。如何有效地将这一系列动作整合成一个完整且规范的发球动作，是每一位初学者都要掌握的技能。

动作序列的学习必然离不开大脑参与，已有研究采用神经成像技术来探究动作序列学习和执行过程中人脑的变化。前额叶和运动前区以及包括基底神经节和小脑在内的皮层下区域的活动变化已经被注意到^[2]。小脑活动既能随着学习的进行而增加，也能随着学习的进行而减少^[3]。此外，采用功能性磁共振成像技术发现：随着序列学习的进行，

基底神经节感觉运动区的活动趋于增加。所以，基底神经节的感觉运动区可能与良好的习得序列表现有关。

动作序列学习中受广泛关注的另一个区域是额叶的辅助运动区。辅助运动区在序列执行之前的计划阶段就很活跃，并且它的活跃度会随着序列学习的进行而发生变化^[4]。因此，它被认为在动作序列的规划和控制中起着重要的作用。

1.2 内隐学习

“内隐学习”被认为是动作序列学习中一种有效的学习模式。内隐学习是一种对外界条件下复杂知识的潜意识获取，而受试者对此知之甚少，而任务表现提示其已经习得了相应的规则知识。近年来，内隐学习被广泛地运用于体育教学，创新的训练方式、游戏化的训练方式、启发式的解题方式等都是提高内隐学习效果的有效途径。

国内外学者既从理论上对内隐学习做了实证研究，又从实际操作上归纳了内隐学习的特点。郭秀艳将其特点归纳为：自动性、抽象性、理解性和抗干扰性^[5]。此外，采用功能性磁共振成像技术^[6]和脑成像技术^[7]的研究发现，内隐学习可以促进纹状体的激活和增强。同时，动作序列学习也会激活与运动有关的前额叶皮层、基底神经节等脑区。

1.3 外显学习

外显学习是指主体具有一定的意识，在学习中需要付出努力，并采用一定的策略完成学习任务，并与内侧额叶紧密联系的过程。传统的外显性学习是指教师或教练进行示范、讲解、指导，而学生则是在不断的模仿和反复的训练中逐渐掌握技能的一种学习方法。

外显的动作序列学习可以激活前额叶已被证明^[8]。郭秀艳等学者利用功能性磁共振成像技术对此展开进一步的研究，结果发现不仅额叶得到了激活，枕叶也得到了显著

的激活^[9]。在外显动作序列学习的早期,背外侧前额叶皮层(DLPFC)和运动前区,以及基底神经节和小脑等额叶联合区被激活^[10]。在外显动作序列学习的后期,基底神经节的感觉运动区的激活程度增强^[11]。

2 动作序列学习的过程

2.1 动作序列的习得

动作序列的习得是指在没有关于动作序列要素公开信息的情况下,通过学习偶然提高了动作序列的性能。动作序列习得的这一过程主要依赖小脑、运动皮层区域和纹状体^[10]。其中,初级运动皮层(M1)被认为是动作序列习得和固化的关键部位^[12]。有学者对动作序列习得与脑电的相关性展开研究,结果发现习得性与非习得性动作序列诱发的ERP幅度存在显著差异,表明动作序列的习得需要神经系统对序列知识进行一定的特异性加工。此外,与学习前期相比,学习后期的动作序列诱发了一个更显著的N200波幅。

2.2 动作序列的固化

固化主要表现为对新获取的信息与经验的整合、记忆表征的解剖学重组、回忆后记忆表征的再固化、甚至是记忆表征的消除,所有的这一切都发生在学习者的意识之外,且没有额外的练习。固化的过程可以具有时间依赖性,也可以具有睡眠依赖性。时间依赖性的固化在一段离线期后不管这段时间有无睡眠,都会影响记忆痕迹的稳定和强化。因此,睡眠并不是一个必要的组成部分。然而人们一直致力于研究睡眠对固化的作用。研究发现,与在离线期间未睡眠的对照组相比,离线期间睡眠的实验组在绩效方面有显著提高^[13],证明睡眠在运动技能学习固化中的关键作用。

2.3 动作序列的迁移

动作序列学习的迁移是指个体将在一个情境中所学到的知识应用到具有相似特征的另一个情境中。在体育学习过程中,可以将乒乓球技能学习中获得的目标定位、手眼协调和击球动作的时间控制等技术应用于网球技能学习中,以促进网球技术。通过迁移对动作技能绩效的影响将其分为两种情况:一种是正迁移,即已习得的动作技能可以促进新的动作技能学习。已经掌握的投篮技巧可以促进对排球发球技巧的学习,这就是动作序列的正迁移。另一种是负迁移,即旧技能对新技能的学习造成干扰,从而降低新技能的学习速度。体育教学中就存在着避免负迁移发生的情况,网球和羽毛球技能的学习一般是分开进行,时

间跨度较大。因为这两种运动的刺激类似,都用球拍打球;而所要求的发力点不同,羽毛球要求手腕发力,而网球要求整个手臂发力。在动作序列学习过程中,学习者更愿意看到正迁移,需要避免负迁移的发生。

3 动作序列学习的表征方式

随着序列学习内在机制问题的深入发展,运动领域关于动作序列学习的表征研究也被提上日程。表征是指信息或知识在心理活动中的表达和编码方式,以及外部刺激在认知过程中的内部再现。在当前的动作序列学习研究中,我们确定了以下三种不同的表征形式。

3.1 刺激—刺激表征

刺激—刺激表征是指在序列学习过程中,参与者获取序列知识主要是通过刺激特征,而非反应特征。在这种模式中,动作序列学习发生在早期的加工阶段。Cohen的研究首次为这一表征提供了数据支持。在动作序列的习得阶段,参与者使用三根手指进行练习;在随后的迁移阶段中,效应器变为了一根手指和手臂,其他条件保持不变。结果表明,参与者习得的动作序列可以在不同的效应器之间迁移^[14]。此外,将仅观察序列和既观察刺激序列作出按键反应相比,动作序列的习得并没有受到削弱。这些研究都支持了刺激—刺激学习在动作序列学习中的作用。

3.2 刺激—反应表征

刺激—反应表征是一种不依赖刺激自身所处位置而依赖刺激—反应关系的认知过程。在动作序列的习得阶段,参与者只需要对屏幕中呈现的有颜色的刺激进行反应,而忽略其他干扰刺激。结果发现,只有对刺激作出反应时才会发生动作序列学习。因此,学者们认为对刺激序列的学习本质上是对刺激所对应反应的学习^[15]。此外,Schwarb等学者采用功能性磁共振成像技术对序列学习和反应选择的神经机制进行研究,结果发现只有当序列在反应选择阶段呈现时,序列学习才会发生^[16]。这些研究都进一步地证明了反应选择在序列学习中的重要性。

3.3 反应—反应表征

反应—反应表征是一种基于两种或两种以上反应间的序列学习方法,它强调“反应”在序列学习中的重要作用^[17]。反应—反应表征不受单个反应的限制,不仅在动作控制中发挥重要作用,而且更适用于普遍的人类动作研究中。

有学者提出反应序列的重复会导致相关反应设置的自

动预期活跃, Nattkemper 等学者在其研究中论证了这种观点。在他们的研究中, 一个反应对应多个刺激, 并且刺激以不同的概率交替出现。在这种实验设计下, 只有知觉序列被破坏, 反应序列没有变化, 反应时也没有随着偏差而增加。然而, 当知觉序列和反应序列同时受到破坏时, 反应时就会出现显著增长。这些研究都体现了反应—反应表征在动作序列学习中的主体地位。

4 结语

本研究探讨了动作序列学习的内在机制, 主要是动作

序列学习的两种学习方式: 内隐学习和外显学习, 三个过程: 习得、固化和迁移, 以及三种表征方式进行综合分析。系统说明大脑在动作序列学习过程中发挥了极其重要的作用。辅助运动区、与运动相关的前运动皮层、基底节以及初级运动皮层是研究动作序列学习的关键部位, 这些区域的活跃度会随着序列学习的进行程度而不断变化。随着脑成像技术的发展和不断创新, 使用多维度、多层面的指标能更好地帮助我们理解动作序列学习的动态时间、空间过程和脑电反应, 为促进运动技能学习的发展提供更可靠的结论。

文 / 王露¹, 仲夏² (1. 扬州大学体育学院, 江苏扬州 225127; 2. 苏州工业园区星浦实验中学, 江苏苏州 215126)

作者简介: 王露, 女, 江苏南京人, 扬州大学体育学院在读硕士研究生, 研究方向: 运动人体科学; 仲夏, 女, 江苏宿迁人, 苏州工业园区星浦实验中学体育教师, 研究方向: 体育教学。

参考文献:

- [1] DOYON J, GABITOV E, VAHDAT S, et al. Current issues related to motor sequence learning in humans [J]. Current Opinion in Behavioral Sciences, 2018(20):89-97.
- [2] GRAFTON S T, HAZELTINE E, IVRY R B. Motor sequence learning with the nondominant left hand. A PET functional imaging study [J]. Exp Brain Res, 2002, 146(3):369-378.
- [3] DOYON J P V, UNGERLEIDER L G. Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning [J]. Neuropsychologia, 2003, 41(3):252-262.
- [4] BOECKER H, JANKOWSKI J, DITTER P, et al. A role of the basal ganglia and midbrain nuclei for initiation of motor sequences [J]. Neuroimage, 2008, 39(3):1356-1369.
- [5] 郭秀艳. 内隐学习研究综述 [J]. 华东师范大学学报: 教育科学版, 2004, 22(1):49-55.
- [6] BERNS G S C J D, MINTUN M A. Brain Regions Responsive to Novelty in the Absence of Awareness [J]. Science, 1997, 276(5316):1272-1275.
- [7] RAUCH S L S C R, BROWN H D, ET AL. A PET Investigation of Implicit and Explicit Sequence Learning [J]. Human Brain Mapping, 1995, 3(4):271-286.
- [8] SAKAI K H O, MIYAUCHI S, ET AL. Transition of Brain Activation from Frontal to Parietal Areas in Visuomotor Sequence Learning [J]. Journal of Neuroscience, 1998, 18(5):1827-1840.
- [9] 郭秀艳, 高妍, 沈捷, 等. 同步内隐/外显序列学习: 事件相关的 fMRI 的初步研究 [J]. 心理科学, 2008, 31(4):887-891.
- [10] DOYON J, BELLEC P, AMSEL R, et al. Contributions of the basal ganglia and functionally related brain structures to motor learning [J]. Behav Brain Res, 2009, 199(1):61-75.
- [11] LEHÉRICY S B H, VAN DE MOORTELE P F, ET AL. Distinct basal ganglia territories are engaged in early and advanced motor sequence learning [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2005, 102(35):12566-12571.
- [12] GALEA J M, VAZQUEZ A, PASRICHA N, et al. Dissociating the roles of the cerebellum and motor cortex during adaptive learning: the motor cortex retains what the cerebellum learns [J]. Cereb Cortex, 2011, 21(8):1761-1770.
- [13] WALKER M P, STICKGOLD R. Sleep-dependent learning and memory consolidation [J]. Neuron, 2004, 44(1):121-133. (下转128页)