

实验方案对系列反应时任务操作的影响

任杰, 李平

摘要: 运动技能的内隐学习是运动心理领域的一个研究热点。在实验室, 其主要的研究范式是系列反应时任务操作。但不同实验方案会影响系列反应时任务中的内隐序列学习效应, 比如实验材料的序列长度、序列结构、反应—刺激间隔时间、刺激出现的概率和学习进程、刺激或反应的空间分布特点、刺激呈现的方式等。在实验过程中应如何控制这些因素以达到较好的内隐序列学习效果还有待更系统的实验研究。

关键词: 内隐学习; 系列反应时; 实验材料

中图分类号: G804.8 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2012)01-0072-04

Effects of Experimental Program on Operation of Serial Reaction Time Task

REN Jie, LI Ping

(Shanghai Institute of P.E., Shanghai 200437, China)

Abstract: Implicit learning is a hot research point of sports psychology. In laboratory, the main research model is the operation of serial reaction time task. But different experimental programs will affect the implicit learning effects in serial reaction time task, such as the sequence length and structure of experiment material, interval of reaction-stimulus, probability of stimulus occurrence and learning process, spatial distribution characteristics of stimulus or reaction, ways of presentation of stimulus, etc. More systematic experimental study is expected in experiment so as to learn how to control these elements in order to achieve better implicit serial learning effects.

Key words: implicit learning; serial reaction time; experiment material

运动技能的内隐学习研究显示以内隐学习方式获得的运动技能在保持时间和抗应激方面比外显学习有优势 (Masters, 1992)。不同于外显学习, 内隐学习被认为是一种不需要意识参与的学习, 是有机体通过与环境接触, 无目的、自动地获得事件或客体间结构关系的过程 (Frensch, 1998)。运动技能的内隐学习研究的主要范式是内隐序列学习 (Implicit Sequence Learning)。这一范式大多采用 Nissen 和 Bullemer (1987) 创立的序列反应时 (Serial Reaction Time, SRT) 任务。在该研究范式下, 要求被试对依次出现在不同空间位置的视觉刺激尽可能快而准地按相应键做出反应, 并记录被试的反应时。但被试并不知道这些刺激是按某个固定但不明显的顺序依次呈现的。随着练习的增多, 被试的反应时会逐渐下降, 这时插入一个与前面练习不同的位置序列 (偏差序列), 被试的反应时就会突然增加, 再恢复到原来的固定序列时, 被试的反应时就会降低。假如被试对偏差序列的反应时显著长于对固定序列的反应时, 就说明被试获得了关于固定序列潜在结构的知识。在此基础上, 再用特定的方法测试被试所掌握的刺激序列知识的外显程度以确定其内隐性。

基于 SRT 任务的内隐学习研究从创立到现在 20 多年来, 随着研究手段的日益完善, 研究者们对它进行了多方面多层次的研究, 取得了大量的研究成果。但是, 研究者们所使用的实验方案却不尽相同, 那么, 不同的实验方案是否会对内隐序列学习产生影响呢? 实验材料又如何影响内隐序列学

习? 研究者们对此也进行了大量的研究, 笔者将对此进行回顾与总结。

1 序列长度和序列结构

SRT 任务中序列的长度决定着学习材料的容量, 而序列结构 (Statistical Structure, 指组成位置序列的内在统计规则) 则决定着学习材料的复杂程度。Howard 和 Howard (1989) 首次研究了序列长度对序列学习影响。他们对 10 个元素和 16 个元素构成的序列做了比较研究, 结果发现较短的序列具有更显著的学习效应。但在上述的实验中, 序列的统计结构问题没有得到很好的控制, 有研究证明序列结构对内隐序列学习的影响更大 (Cohen, Ivry, & Keele, 1990; Stadler, 1992)。

Cohen 等 (1990) 用 3 种具有不同统计结构的序列 (歧义列、混合列和独特列) 对内隐序列学习进行了研究。其中歧义列是指在刺激序列中前一刺激位置对其后出现的刺激不能提供任何信息, 独特列是指序列中每个刺激都能由前一刺激确定, 混合列则是由独特列与歧义列混杂组成的序列。结果发现, 只有歧义列的内隐学习成绩受到第二任务 (Secondary Task) 影响, 说明被试对歧义列的学习需要较多的注意能量或者它是通过一个不同的学习机制进行的。据此, Cohen 等认为, 个体对不同结构序列的学习有两种学习机制, 独特列是通过一个对式联系 (Pairwise Association) 机制而形成对材料的学习, 不需要注意参与,

收稿日期: 2011-11-24

基金项目: 2009 年上海市浦江人才计划 (09PJ078)

第一作者简介: 任杰, 副教授, 主要研究方向: 运动心理。

作者单位: 上海体育学院 运动科学学院 上海 200438



而对歧义列则需要一个能进行层级编码的机制,并且层级机制的运行需要注意能量的参与和支持。

继Cohen等的研究之后,Stadler(1992)也考察了序列的统计结构对序列学习的影响。他按统计结构的复杂程度创造了高、中、低3种序列。结果发现,高结构化序列反应时下降最为显著,其次是中结构化序列,最后是低结构化序列。也就是说,序列的统计结构越复杂,序列反应时任务中的内隐学习效果就越好。

上述研究将序列长度与序列结构分割开来单独研究,这种做法是有一定缺陷的,因为序列长度和序列结构会共同对内隐序列学习造成影响,如序列长度的变化会引起序列结构的变化。因此,有必要将序列的长度和统计结构结合起来同时进行研究,这样才能更准确揭示序列长度和统计结构对内隐序列学习的影响关系。Stadler和Neely(1997)将序列长度与序列结构的水平进行各种不同的组合,实验结果发现,较长的具有较高结构的序列比较短的具有较低结构性的序列能被更好地学习。张卫(2002)的研究验证了Stadler和Neely的研究结果:序列的统计结构是内隐学习的重要影响因素,统计结构越复杂,内隐学习效果便越好。但其研究结果也发现,内隐学习不受序列长度的影响,这与前人的研究结果不一致。张卫认为中等长度的序列更适合内隐序列学习,当序列长度差别过大时,很难保持不同序列之间统计结构的平衡以及同等学习程度时的同等内隐性。刘希平和刘湍丽(2010)的研究也验证了高统计结构下的内隐序列学习好于低统计结构。

简而言之,研究者们一致认为统计结构较复杂的序列更有利于内隐序列学习,但目前关于序列长度的研究还缺乏系统性,所以序列长度对内隐序列学习的影响还有待进一步的研究。

2 反应-刺激间隔(RSI)时间

所有内隐学习研究范式的实验逻辑都是将内隐和外显、意识与无意识分离,从而使内隐学习有别于外显过程。序列学习和其他研究范式一样也面临着对内隐学习和外显学习进行分离的问题,许多学者对序列学习是否完全内隐提出质疑(e.g. Destrebecqz & Cleeremans, 2001, 2003; Norman, Price, & Duff, 2006; Wilkinson & Shanks, 2004)。有研究表明,在影响序列学习内隐性的因素中,反应-刺激间隔(Response-Stimulus Interval, RSI, 指被试做出按键反应到下一个刺激出现的间隔时间)是一个相当重要的因素(Destrebecqz & Cleeremans, 2001, 2003)。

Destrebecqz和Cleeremans(2001)对序列学习中“反应时的改善就是内隐学习”的观点提出质疑。他们采用加工分离程序的分离方法,首次研究了RSI时间对序列学习内隐性的影响。他们的实验包括两个阶段:练习和测试阶段。练习阶段要求被试在两种RSI条件下完成SRT任务:(1)RSI=0 ms,下一刺激马上出现;(2)RSI=250 ms,被试做出反应后下一刺激间隔250 ms出现。测试阶段包括产生任务和再认任务,告诉被试在刚才的任务中刺激出现的序列是有规律的,并要求他们在包含和排除两种条件下完成产生任务,其中包含条件要求被试根据在练习阶段中学到的规律做出反应,排除条件要求被试尽量避免根据所学规律来反

应,之后再完成再认任务。

练习阶段的结果表明,两种RSI条件下的被试都表现出序列学习效应。但在不同的RSI条件下,被试反应时的改善并非都是内隐。Destrebecqz和Cleeremans对两种产生任务的结果统计后发现:RSI=0 ms时,被试在包含条件和排除条件下产生正确组块数的差异不显著;RSI=250 ms时,从包含条件到排除条件,被试产生的正确组块数显著减少。说明在RSI=0 ms条件下,被试习得的知识较少受到意识控制,而在RSI=250 ms条件下,被试有意识地抑制产生正确组块。对被试的再认成绩进行分析后发现,在RSI=250 ms时,被试能够区分所学序列与异常序列,而在RSI=0 ms时,被试对所学序列与异常序列的再认成绩差异不显著。再认任务的结果与产生任务的结果一致。从以上结果可以得出这样的结论:在RSI=0 ms时,被试对所学知识的运用缺乏意识的控制,说明被试习得的是无意识知识。Destrebecqz和Cleeremans(2003)又做了后续研究,增设RSI=1000 ms的条件,结果发现RSI的增加能促进序列外显学习能力(Explicit Sequence Learning)的提高。Destrebecqz和Cleeremans认为,RSI的延长,可能增强了序列结构的表征,从而促进了序列的外显学习。也就是说,短的RSI导致了序列内隐无意识学习,而长的RSI导致了序列外显意识学习。

但是,Wilkinson和Shanks(2004),还有Norman等(2006)的研究结果并没有验证Destrebecqz和Cleeremans的结论。他们的研究发现,在RSI=0 ms条件下,被试在包含条件下产生的正确组块数比排除条件下产生的正确组块数多,并且差异显著。这就说明在RSI=0 ms条件下,被试对所学的知识仍能进行有意识地控制。

为了进一步研究RSI对序列学习内隐性的影响,陈寒(2005)从意识与无意识动态变化的角度对此进行了实验研究。其实验设定了10个RSI条件(RSI=0 ms到1500 ms),运用加工分离程序公式,分别计算出各RSI条件下被试产生任务的意识贡献率和无意识贡献率。结果发现:随着RSI的延长,内隐学习量逐渐增加,大约以RSI=250 ms为分界点,呈降低趋势;并且随着RSI时间的延长,意识加工贡献率的比重逐渐增加,而无意识加工贡献率的比重却逐渐降低。以上结果表明,RSI的连续变化引起了内隐学习量的动态变化,并且在内隐序列学习过程中,意识加工和无意识加工并非是全或无的关系,而是共存,受RSI的影响而动态变化的关系。并且在张卫(2000)的研究中也发现,随着RSI时间的延长,序列位置内隐学习的学习量逐渐减少。

随着科学研究手段的不断发展,神经电生理学的发展为研究者研究大脑的认知活动提供了新的方法和途径。由于ERP可以在被试执行实验任务的同时记录其生理变化,这对行为实验的间接观察是一个很好的补充。于是研究者结合序列学习与时间密切相关的特点,将ERP应用到了序列学习的研究中,取得了许多可喜的成果。在序列学习的研究中,越来越多的研究认为P300与突然出现的新异刺激有关,研究者发现在规则序列刺激中插入偏差序列刺激时,这种偏差序列刺激常常会引发P300波幅的变化(郭秀艳,2008)。并且有研究表明,P300对外显知识敏感,对内隐知识不敏感(姜姗,2008)。褚勇杰(2009)以RSI时间为自变量,对序列学习意识性动态发展的ERP特征进行了实验研究。实验结



果发现, P300 波幅的 RSI 主效应显著, 即随着 RSI 时间的增加, P300 波幅增大, 并且发现随着 RSI 时间的增加, P300 在脑区的激活范围增大, 激活程度也增大, 而且被试的激活脑区有由小到大、由后向前连续变化的趋势。据此认为序列学习的意识性随 RSI 时间的增加而增加。

上述研究结果表明, RSI 时间是内隐序列学习的一个重要影响因素。RSI 时间的延长对序列学习内隐性的消减存在两种解释: 一是 RSI 时间的延长破坏了对序列元素一致性的组织, 即序列事件间的联结结构(张卫, 2000); 二是 RSI 时间的延长促进了序列刺激的外显学习(Destrebecqz & Cleeremans, 2001, 2003)。

3 刺激出现的概率

回顾前人的研究, 大部分研究者采用的实验材料都是确定性序列, 如 Destrebecqz 和 Cleeremans (2001, 2003) 的研究, 每个学习组段(block)是由一个子序列重复几次构成。但也有研究发现刺激或反应出现的概率也会影响被试的内隐序列学习, 概率性序列学习材料, 被试的序列学习更具有内隐性(Cleeremans & Jimenez, 1998; Jimenez, 2003)。

为了验证不同概率的概率性序列是否会影序列学习的内隐性, Fu、Fu 和 Dienes (2008) 对此进行了实验研究。他们采用了两种概率的概率性序列, 符合规则序列的刺激出现的概率分别为 87.5% 和 75%。在他们的实验中, 两个子序列为: SOC1=342312143241, SOC2=341243142132 (1、2、3、4 分别代表刺激出现的 4 个位置)。在确定性序列中, 子序列可以被分为 12 个由 3 个元素组成的组块(如 SOC1 就可以被分为 342, 423, 231 等组块, SOC2 可以被分为 341, 412, 124 等组块), 每个组块的第三个刺激完全由前两个刺激决定, 也就是说确定性序列就是概率为 1 的概率性序列。概率为 87.5% 和 75% 的序列, 即每个三元素组块的第三个刺激出现的位置符合规则序列的概率分别为 87.5% 和 75%, 那么符合偏差序列的概率则分别为 12.5% 和 25%。实验结果发现, 被试对概率较小的概率性序列的学习更具有内隐性。对于这个结果有两种观点: 一种解释是, 内隐学习和外显学习是两个相互独立的系统, 概率较小的概率性序列使得外显学习系统产生可靠知识变得困难, 结果只有较少的意识知识去掩盖由内隐学习系统产生的无意识知识; 第二种解释是, 只存在一种学习系统, 所学到的知识能够影响行为, 但由于这些知识的表征较弱或质量较低而不能通达意识层面。

以上研究表明, 刺激出现的概率确实对序列学习的内隐性有影响。但由于目前此类研究还比较少, 不同的研究者采用的概率性序列也不同(e.g. Cleeremans & Jimenez, 1998; Jimenez, 2003; Fu, Fu & Dienes, 2008), 究竟哪种概率更适合内隐序列学习, 还有待更系统的研究。

4 学习进程

内隐学习中意识与无意识关系的研究表明, 任何类型的操作任务, 无论是强调内隐还是外显加工, 都不同程度地同时包含意识加工和无意识加工(Destrebecqz & Cleeremans, 2001, 2003)。又由于内隐序列学习的意识性是动态变化的(陈寒, 2005; 褚勇杰, 2009), 所以学习进程自然会对序列学习的内隐性产生影响。序列学习的组段数(block)反应了

内隐序列学习的学习进程。

有研究者认为, 内隐学习具有长时功效特征: 随着学习时间增长, 学习成绩呈逐步上升的趋势(郭秀艳, 邹玉梅, 李强, 孙怡, 2003)。这种特征几乎在所有的内隐学习研究中都可以发现。一般认为, 这种进步应归因于内隐学习自身无意识加工的结果。但序列知识的表面特性不断增强, 个体对序列知识的意识性就可能会发生变化, 如 RSI 时间对序列学习的内隐性的影响, 随着 RSI 时间延长, 序列学习中的意识贡献率增大(陈寒, 2005; 褚勇杰, 2009)。所以内隐学习的长时功效, 如反应时的降低, 就不能只归因于内隐学习中的无意识加工不断进行的结果, 也可能有意识加工的影响。

为了探讨学习进程对内隐序列学习以及学习过程中意识一无意识加工的动态变化的影响, 陈寒(2005)采用 Destrebecqz 和 Cleeremans 的序列设计, 以组段数量为 9、15 和 21 来区分 3 种不同程度的学习进程, 分别在两种 RSI (RSI=0 ms 和 250 ms) 条件下进行了实验研究。结果发现, 随着学习进程的增进, 意识加工贡献率的比重在增大, 而无意识加工贡献率的比重却在降低。说明内隐序列学习过程中的意识加工和无意识加工并非是全或无的关系, 而是共存, 受学习进程影响而动态变化的关系。这与 RSI 时间对内隐序列学习的影响相似。Fu 等(2008)对不同组段数(6 组和 15 组)的内隐序列学习进行了实验研究, 结果发现, 学习进程较短较易获得更多的无意识知识。褚勇杰(2009)采用 ERP 技术, 以学习进程为自变量, 考察序列学习意识性动态变化的时空分布特征。结果也发现, 序列学习过程中意识性随学习序列规则遍数的增加而增加。

以上研究一致认为, 序列学习过程中意识性随着学习进程的增加而增加。那么是不是组段数越少越有利于内隐序列学习呢? 显然不是, 因为个体对一项学习任务要达到比较好的学习效果需要时间的积累。究竟多少个序列学习组段更适合内隐序列学习, 是我们在进行实验研究时必须思考的问题。

6 结语

以上所述回顾了各种实验方案对基于 SRT 任务的内隐序列学习产生重要影响的几个方面, 但这并不是已有研究的全部。除上述影响因素外, Mayr (1996) 发现刺激或反应的空间分布特点会影响被试的序列学习, Reber 和 Squire (1994) 发现, 刺激的呈现方式也是影响内隐序列学习的重要因素, 付秋芳、刘永芳和傅小兰(2004)的研究发现, 当内隐序列学习既包含运动知识又包含概念知识时, 知识类别和特点会影响被试对序列知识的获得, 被试较易获得运动知识。

另外, 实验材料的性质也可能影响内隐序列学习的效果。现有关于内隐序列学习的研究中, 研究者采用的实验材料有文字的, 如英文字母(e.g. Cohen, Ivry, & Keele, 1990; Howard & Howard, 1989; Stadler, 1992); 有些是非文字, 如方块或圆形刺激(e.g. Destrebecqz & Cleeremans, 2001, 2003); 有些是彩色的(陈寒, 2005), 有些是黑白的(e.g. Destrebecqz & Cleeremans, 2001, 2003); 还有研究者采用符号, 如数学运算符号(褚勇杰, 2009)。在内隐学习人工语法范式的研究中, 郭秀艳、邹玉梅、李强和黄佳(2003)对颜色字和颜色块这一文字与非文字材料进行了研究, 考察了颜色材料与文字材料对内隐学习的影响。结果发现, 非文



字材料(色块)较文字材料(色词)更适合于内隐加工。但在内隐序列学习范式的研究中还缺乏此类研究。

总之,研究所采用的实验方案影响内隐序列学习的效果,也影响实验结果的推广,实验过程中应如何控制这些因素以达到较好的内隐序列学习效果,尚有待更深入更系统的实验研究。

参考文献:

- [1] 陈寒. 内隐学习意识性的实验研究[D]. 博士学位论文. 辽宁师范大学. 2005
- [2] 付秋芳, 刘永芳, 傅小兰. 知识类别和特点对内隐序列学习的影响[J]. 心理学报, 2004, 36, 525-533.
- [3] 郭秀艳. 序列学习的ERP研究综述[J]. 心理科学, 2008, 31, 404-407.
- [4] 郭秀艳, 邹玉梅, 李强, 等. 非文字内隐学习的优势效应[J]. 心理科学, 2003, 26, 292-296.
- [5] 郭秀艳, 邹玉梅, 李强, 等. 中学生颜色内隐学习特征的实验研究[J]. 心理与行为研究, 2003, 1, 116-121.
- [6] 姜姗. 序列学习的实验研究[D]. 硕士学位论文. 华东师范大学, 2008
- [7] 刘希平, 刘湍丽. 序列统计结构对内隐序列学习发展的影响[J]. 心理科学, 2010, 33, 134-137.
- [8] 张卫. 序列位置内隐学习产生机制的实验研究[J]. 心理学报, 2000, 32, 374-380.
- [9] 张卫. 序列长度和统计结构对序列位置内隐学习的影响[J]. 心理科学, 2002, 25, 485-487.
- [10] 褚勇杰. 序列学习意识性动态发展的ERP特征[D]. 硕士学位论文. 苏州大学, 2009
- [11] Cohen, A., Ivry, R. I., & Keele, S. W. (1990). Attention and structure in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 17-30.
- [12] Cleeremans, A., & Jimenez, L. (1998). Implicit sequence learning: the truth in the details. In M. A. Stadler & P. A. Frensch (Eds.), *Handbook of Implicit Learning* (pp. 323-364). Thousand Oaks, CA: Sage.
- [13] Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2001). Can Sequence Learning be implicit? New evidence with the process dissociation procedure. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 343-350
- [14] Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2003). Temporal effects in sequence learning. In L. Jimenez (Ed.), *Attention and Implicit Learning* (pp. 181-213). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- [15] Frensch, P. A. (1998). One concept, multiple meanings: On how to define the concept of implicit learning. *Handbook of Implicit Learning* (pp. 1-100). Sage Publications, Inc.
- [16] Fu, Q., Fu, X., & Dienes, Z. (2008). Implicit sequence learning and conscious awareness. *Consciousness and Cognition*, 17, 185-202.
- [17] Howard, D. V., & Howard, J. H. (1989). Age differences in learning serial patterns: direct and indirect measures. *Psychology and Aging*, 4, 357-364.
- [18] Jimenez, L. (2003). Intention, attention, and consciousness in probabilistic sequence learning. In L. Jimenez (Ed.), *Attention and Implicit Learning* (pp. 43-68). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- [19] Masters R. S. W.. (1992). Knowledge, knerves, and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure [J]. *British Journal of Psychology*, 83:343-358.
- [20] Mayr, U. (1996). Spatial attention and implicit sequence learning: evidence for independent learning of spatial and nonspatial sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 350-364.
- [21] Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- [22] Norman, E., & Price, M. C. (2006). Duff S C. Fringe consciousness in sequence learning: the evidence of individual differences. *Consciousness and Cognition*, 15, 723-760.
- [23] Reber, P. J., & Squire, L. R. (1994). Parallel brain systems for learning with and without awareness. *Learning and Memory*, 1, 21-229.
- [24] Stadler, M. A. (1992). Statistical structure and implicit serial learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 318-327.
- [25] Stadler, M. A., & Neely, C. B. (1997). Effects of sequence length and structure on implicit serial learning. *Psychological Research*, 60, 14-24.
- [26] Wilkinson, L., & Shanks, D. R. (2004). Intentional control and implicit sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 354-369.

(责任编辑: 何聪)