

# 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：内隐序列学习表征机制探究：眼动证据

作者：卢张龙 刘梦娜 刘玉洁 马盼盼 张瑞平

## 第一轮

### 审稿人 1 意见：

《内隐序列学习表征机制探究：眼动证据》一文开创性地将眼动研究中的眼跳方式与内隐序列学习的研究范式相结合，通过朝向眼跳、反向眼跳任务将知觉学习、反应学习和知觉-反应联结序列学习进行分离，对内隐序列学习的三种表征方式进行探讨，在方法上有一定的创新性，该研究在内隐学习领域具有一定理论创新和应用价值。论文写作思路清晰，结构完整，格式规范。但论文有几个问题需商榷：

**意见 1：**在内隐学习领域，存在着序列学习习得的是知觉学习，还是反应学习，亦或是知觉-反应联结学习之争？作者的研究目的应该是在分析这种争论的基础上，解决这个争论，提出自己最终的结论。但该研究似乎没有实现这一目的，而是得出了三种表征都存在的结论。

**回应：**感谢您的宝贵意见。序列学习的表征方式有三种不同观点：知觉表征、反应表征和知觉-反应联结表征，目前还没有统一结论。本研究得出三种表征，对之前理论进行整合，和内隐学习研究的发展趋势（理论整合）相一致（郭秀艳，2003；杨海波等 2019）。以往序列学习表征研究使用按键反应时作为指标，按键反应本身存在一定问题（详见引言）。本研究采用眼动记录法，眼跳反应时作为指标，可以解决按键反应存在的问题。通过 3 个眼动实验，发现序列学习表征具有序列依赖性：当内隐序列学习存在知觉序列时发生知觉表征；当内隐序列学习存在反应序列时发生反应表征；当内隐序列学习存在知觉-反应联结序列时发生知觉-反应联结表征。

郭秀艳. (2003). *内隐学习*. 上海: 华东师范大学出版社.

杨海波, 郭成, 刘电芝. (2019). 内隐序列学习中的渐进意识: 来自习得知识的发展与遗忘的证据. *心理科学*, 42(2), 287-292.

**意见 2：**作者在综合讨论的第一部分提出了序列学习的三元表征理论，将具体表征和抽象表征与知觉表征和反应表征两个维度结合起来，但从本研究中并不能得出这样的理论，也不能验证该理论构想。

**回应：**感谢您的宝贵意见。已有研究证实序列学习知识具有抽象规则性，序列学习存在规则表征（戴惠等，2018；姜珊等，2014；Fu et al., 2018）。本研究 3 个眼动实验考察的是序列学习的知觉表征、反应表征和知觉-反应联结表征，结果表明序列学习存在知觉表征、反应表征和知觉-反应联结表征。结合已有研究结果和本研究结果，一定程度上验证了三元表征理论。当然，序列学习三元表征理论是根据已有研究成果提出的理论构想，该理论构想的科学性还有待于后续研究进一步考察。研究团队将进一步深入探究序列学习的表征机制，以全面验证序列学习三元表征理论。

戴惠, 朱传林, 刘电芝. (2018). 内隐知识具有抽象性吗? -来自内隐序列学习迁移的证据. *心理学报*, 50(9), 965-974.

姜珊, 郭秀艳, 杨靖, 马闻笛. (2014). 汉语声调远距离规则的内隐学习及其迁移效应. *心理学探新*, 34(5), 416-422.

Fu, Q. F., Sun, H. M., Dienes, Z., & Fu, X. L. (2018). Implicit sequence learning of chunking and abstract

**意见 3:** 文献综述部分对前人研究的引用偏少, 更大篇幅是对自己研究设想的介绍, 尤其前人是如何将眼动作为反应指标的, 它与按键反应有何差异应该有所叙述。

**回应:** 感谢您的宝贵意见。文献综述部分增加了前人研究, 特别是序列学习的眼动研究。

Kinder 等人 (2008) 将眼动记录法首次应用于序列学习研究, 本人关于序列学习的眼动指标做了总结 (卢张龙, 2021)。Marcus 等人 (2006) 和 Vakil 等人 (2017) 对传统按键反应和眼动反应进行了比较。“Marcus 等人 (2006) 发现无论眼动反应还是按键反应, 刺激出现前, 被试内隐或外显地将注意转移到刺激将要出现的位置, 表现出预期眼跳。Vakil 等人 (2017) 发现眼动反应和按键反应的主要区别在于: 随机组段是否回到基线水平。随机组段下眼跳反应时和预期眼跳率回到基线水平, 但按键反应的反应时成绩都好于基线水平。这可能是由于按键反应条件下序列学习包含了其他认知加工。Vakil 等人 (2017) 认为, 眼动指标比按键反应时更纯净, 并且可以直接考察被试的预期反应”。

卢张龙. (2021). 眼动记录法在序列学习研究中的应用. *心理研究*, 14(6), 512-517.

Kinder, A., Rolfs, M., & Kliegl, R. (2008). Sequence learning at optimal stimulus-response mapping: Evidence from a serial reaction time task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(2), 203-209.

Marcus, D. J., Karatekin, C., & Markiewicz, S. (2006). Oculomotor evidence of sequence learning on the serial reaction time task. *Memory & Cognition*, 34, 420-432.

Vakil, E., Bloch, A., & Cohen, H. (2017). Anticipation measures of sequence learning: manual versus oculomotor versions of the serial reaction time task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70(3), 579-589.

**意见 4:** 请按照 APA 出版手册最新版 (七版) 格式录入参考文献。

**回应:** 感谢您的宝贵意见。按照 APA 出版手册最新版 (七版) 格式录入参考文献。

**审稿人 2 意见:**

“内隐序列学习表征机制探究: 眼动证据”一文通过采用朝向眼跳和反向眼跳任务将知觉学习、反应学习和知觉-反应联结学习进行分离得出探讨了内隐序列学习的表征机制, 并根据结果提出了内隐序列学习的三元表征理论。该研究具有理论意义, 并且将眼跳条件与序列学习研究范式进行了结合为以后的序列学习研究提供了很好的指标。但文章中仍有许多问题需要解决。

**意见 1:** 文中摘要部分有如下文字“知觉序列混合眼跳和反应序列混合眼跳条件下发生序列学习, 朝向眼跳和反向眼跳条件下发生序列学习, 朝向眼跳和反向眼跳条件下的序列学习量显著大于混合眼跳条件下的; 有、无分心反向眼跳下发生序列学习, 两者序列学习量差异不显著。”各类眼跳是不是各实验条件 (自变量的类型或水平) 引发的眼动特征, 是本研究考察的因变量的指标, 所以是不是不能把各类眼跳描述为“条件”。

**回应:** 感谢您的宝贵意见。我们在文中没有表述清楚, 实验设计部分重新进行了描述。本研究因变量指标为眼跳反应时, 眼跳方式为自变量。朝向眼跳、反向眼跳和混合眼跳通过指导语进行操纵, 要求被试根据刺激颜色做出相应眼跳。朝向眼跳下目标刺激只有红色; 反向眼跳下目标刺激只有绿色; 混合眼跳下目标刺激既包括红色也包括绿色, 目标刺激红色时做出朝向眼跳, 目标刺激绿色时做出反向眼跳。

**意见 2:** 摘要部分写本研究结果时写到“内隐序列学习存在知觉序列时发生知觉表征; 存在

反应序列时发生反应表征；存在知觉-反应联结序列时发生知觉-反应联结表征”按照这个结果，似乎可以得出一个结论：内隐序列学习的表征机制受到学习时呈现的序列的影响，学习时是什么序列就会发生什么表征。并没有深入探讨各类表征的机制，建议补充。或者能不能进一步将研究结果概括为更一般性的结果：内隐序列学习的表征具有序列依赖性。

回应：感谢您的指导性意见。按照您的精辟概括，将研究结果进一步概括为更一般性的结果：内隐序列学习的表征具有序列依赖性。

**意见 3：**本文研究内隐序列学习的表征机制，应该首先介绍什么是内隐序列学习，再接着分析内隐序列学习的表征方式研究目前的进展和分歧，导出本文的研究问题。但是现在文中开始部分未见内隐序列学习的概念。而且对内隐序列学习的表征机制已有研究的分析中，也把“学习”和“表征”的概念混用，读者很难从本文的前言部分获得关于“表征”的先前研究进展。建议修改前言。

回应：感谢您的宝贵意见。对前言进行了整体修改，详见引言。首先介绍了内隐序列学习概念（郭秀艳，2003；郭秀艳等人，2008），然后分析了内隐序列学习的表征方式的研究进展、理论和存在分歧，然后针对存在的问题提出了本论文的解决方案。

郭秀艳.(2003). *内隐学习*. 上海: 华东师范大学出版社.

郭秀艳, 姜珊, 龚嵘.(2008). 序列学习的 ERP 研究综述. *心理科学*, 31(2), 404-407.

**意见 4：**文中“2.6”结果与分析采用眼动数据分析软件“Data Viewer 1.1”和 SPSS 21.0 进行数据分析，由于 3 人未完成实验，数据被剔除。删除 3 个标准差以外的数据。”要具体说明没有完成实验的原因、3 个标准差以外的数据数量。方便读者判断本研究数据收集的合理性。

回应：感谢您的宝贵意见。3 名被试由于眼动校准存在问题，没有完成实验。3 个标准差以外极端数据占总数据量的 0.27%。

**意见 5：**文中“2.6.1”意识性水平测验根据被试在意识性水平测验的成绩，包含条件的得分小于 3 分，或者包含条件得分小于或等于排除条件得分的被试为内隐被试，不满足以上条件的被试为外显被试（吕勇等，2008）。”这一段论述是为了区分内隐和外显被试。但是前文中未见对什么是“包含条件”介绍，因此在此处用包含条件得分界定被试为内隐或者外显被试，很难被读者理解。建议前言中增加相关介绍。

回应：感谢您的宝贵意见。在引言部分增加了相关内容“意识性测验一般采用 Jacoby（1991）的加工分离程序（Process Dissociation Procedure, PDP），包括包含任务（inclusion test）和排除任务（exclusion test）。包含任务要求被试用先前学过的知识完成任务，也可以用其他信息，即可以利用有意识提取和无意识熟悉性两种加工完成任务；排除任务要求被试不能用先前学过的知识完成任务，如果被试错误地选择了学过的知识，这些知识就是无意识知识。通过加工分离程序可以分离出序列学习的内隐知识和外显知识（关守义，郭秀艳，2016；张剑心等 2016）”。

关守义, 郭秀艳.(2016). 内隐学习中的知识习得及其无意识性测量. *心理与行为研究*, 14(2), 191-201.

张剑心, 汤旦, 李莹丽, 刘电芝.(2016). 反向对抗逻辑范式的创立与证实-人工语法 PDP 对抗逻辑的改进. *心理学报*, 48(9), 1130-1142.

**意见 6：**标题采用前言还是引言？第一段描述主要有以下几种观点：知觉学习（perceptual learning, Haider et al., 2014）；反应学习（motor learning, Haider et al., 2013）知觉-反应联结学习（perceptual-motor learning, Schwarb & Schumacher, 2010）？反应学习和知觉-反应

联结学习为何有间隔，是分两段吗？文中描述第四种改进方法是刺激包含几种不同维度（例如颜色、形...后为何空白了一页。另外，全文为何没有页码，请作者注意文章排版和格式问题。

**回应：**感谢您的宝贵意见。标题采用引言，对全文重新进行了排版和统一格式，全文加了页码。

**意见 7：**前言中论述第二种改进方法是刺激遵循序列规则，存在知觉序列。但反应随机变化，不存在反应序列，刺激和反应不是一一对应关系，（Deroost et al., 2012），此处参考文献引用不规范，请参考 APA 格式。

**回应：**感谢您的宝贵意见。按照 APA 格式引用参考文献。

**意见 8：**前言中第四种改进方法是刺激包含几种不同维度（例如颜色、形状），存在知觉序列的刺激维度不需要做出反应，对刺激的其他维度做出反应（Coomans et al., 2012）。请重新表述这段话。

**回应：**感谢您的宝贵意见。重新表述这段话，“第四种改进方法是刺激某一维度存在知觉序列（例如颜色序列），但不需要对刺激的颜色做出反应，而对刺激的另一维度（例如形状）做出反应（Coomans et al., 2012）”。

Coomans, D., Deroost, N., Vandenbossche, J., Van den Bussche, E., & Soetens, E. (2012). Visuospatial perceptual sequence learning and eye movements. *Experimental Psychology*, 59 (5), 279-285.

**意见 9：**前言部分写到虽然上述改进方法在一定程度上对不同类型序列进行了区分，但存在两点问题。第一个问题是，眼动是一种反应。在序列学习观察范式下，没有将眼动作为一种反应（Coomans et al., 2012）。语句不通顺，请重新表述。另外，但反应包括对位置的注意转移或刺激的语义分类。当我们探讨独立于反应的知觉序列学习时，我们的假设是这些序列可以独立于按键反应序列而发生，并不是说这些序列可以在没有任何反应条件下发生。Goschke 和 Bolte（2012）明确将反应定义为外显的手或眼睛等的反应。此处请重新表述，反应包括什么请注明参考文献，反应定义为外显的手或眼睛的什么行为？

**回应：**感谢您的宝贵意见。对此部分重新进行表述。“内隐序列学习的表征方式存在争议，与按键反应本身存在缺陷有关。按键反应是个复杂的认知加工过程，将不同类型序列学习混淆在一起。在完成按键反应过程中，手指的运动是一类事件；反应键被摁是另一类事件，这是手指运动的一个结果；还有可作为动作反馈或效果的事件，称为效果事件（例如在按键上受到压力）。传统的序列学习按键反应，包含了效应器序列（手指运动序列）、反应空间位置序列（反应按键序列）和反应效果序列（Haider et al., 2014; Jablonowski et al., 2018）。被试对序列的学习，可能是基于手指运动的序列发生序列学习；也可能是基于反应键依次被按的序列发生序列学习，也可能是将反应所得到的效果依次联结起来发生序列学习。而且将按键反应进行随机化处理（Deroost & Coomans, 2018; Deroost et al., 2012; Taesler et al., 2019），被试每次反应前都需要重新寻找当前刺激对应的按键，增大了被试反应时的离散程度。按键反应的随机化对序列学习产生干扰，降低了序列学习效应（Taesler et al., 2019）”。

Goschke 和 Bolte（2012）认为反应包括手按键反应和眼动。反应包括对位置的注意转移或刺激的语义分类（Goschke & Bolte, 2012, p291），对位置的注意转移适用于序列反应时任务，刺激的语义分类适用于人工语法任务。

Deroost, N., & Coomans, D. (2018). Is sequence awareness mandatory for perceptual sequence learning: an assessment using a pure perceptual sequence learning design. *Acta Psychologica*, 183, 58-65.

Deroost, N., Vandenbossche, J., Zeischka, P., Coomans, D., & Soetens, E. (2012). Cognitive control: a role for

implicit learning? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38(5), 1243-1258.

Goschke, T., & Bolte, A. (2012). On the modularity of implicit sequence learning: independent acquisition of spatial, symbolic, and manual sequences. *Cognitive Psychology*, 65, 284-320.

Haider, H., Eberhardt, K., Esser, S. & Rose, M. (2014). Implicit visual learning: How the task set modulates learning by determining the stimulus-response binding. *Consciousness and Cognition*, 26, 145-161.

Jablonowski, J., Taesler, P., Fu, Q., & Rose, M. (2018). Implicit acoustic sequence learning recruits the hippocampus. *Plos One*, 13, e0209590.

Taesler, P., Jablonowski, J., Fu, Q. F., & Rose, M. (2019). Modeling implicit learning in a cross-modal audio-visual serial reaction time task. *Cognitive systems research*, 54, 154-164.

**意见 10:** 前言部分写到,为了解决上述问题,本研究采用序列学习的眼动范式(Kinder et al., 2008),将眼动作为反应,不需要被试做出按键反应。首次将眼动研究中经典的朝向眼跳范式、反向眼跳范式和序列学习范式相结合。什么首次将三种范式结合,另外相结合是为了做什么?是否应该先阐述两种眼跳范式,再说三者结合的操作,这样读者才能更清楚。

**回应:** 谢谢您的宝贵意见。此部分调整了顺序,详见引言 P2 和 P3。首先阐述了朝向眼跳范式和反向眼跳范式,再说朝向眼跳、反向眼跳和序列学习范式相结合。朝向眼跳、反向眼跳和序列学习范式相结合,目的是为了分离知觉序列、反应序列和知觉-反应联结序列。

**意见 11:** 前言部分需要更加明确的问题提出,文中只写到,第一个问题是,眼动是一种反应;第二个问题是,按键反应是个复杂的认知加工过程,将不同类型序列学习混淆在一起。请作者总结并重新表述自己的问题提出,然后请说明实验 1, 2 和 3 分别要解决什么问题。而不是直接讲实验 1 将朝向眼跳任务和反向眼跳任务进行混合,被试根据刺激颜色做出朝向眼跳或反向眼跳。实验 1 要考察什么?

**回应:** 谢谢您的宝贵意见。总结并重新表述了问题提出,详见引言 P2。实验 1 目的是考察存在知觉序列或反应序列时,是否发生序列学习;实验 2 目的是考察存在知觉-反应联结序列时,是否发生序列学习。由于实验 2 结果可能受知觉序列、反应序列的影响;实验 3 在实验 2 基础上,进一步通过增加分心刺激,排除知觉序列、反应序列对结果的影响(Schumacher & Schwarb, 2009),考察存在知觉-反应联结序列时,是否发生序列学习。

Schumacher, E., H., & Schwarb, H. (2009). Parallel response selection disrupts sequence learning under dual task conditions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138, 270-290.

**意见 12:** 前言最后的部分请写出每个实验的具体明确的假设,请将假设、预期的贡献表述清楚,另外请更加清楚的陈述实验 1, 2 和 3 的内在逻辑。

**回应:** 谢谢您的宝贵意见。前言最后的部分写出了每个实验的实验假设,详见前言 P3。实验 1 假设为:知觉序列混合眼跳条件下存在知觉序列,发生序列学习;反应序列混合眼跳条件下存在反应序列,发生序列学习。实验 2 假设为:朝向眼跳条件下和反向眼跳条件下存在知觉-反应联结序列,发生序列学习。实验 3 假设为:有、无分心刺激条件下都存在知觉-反应联结序列,发生序列学习。前言最后部分陈述了 3 个实验的内在逻辑,详见前言 P3。实验 1 考察序列学习是否存在知觉表征和反应表征;实验 2 考察序列学习是否存在知觉-反应联结表征;由于实验 2 结果可能受到知觉序列、反应序列的影响,实验 3 在实验 2 基础上,进一步排除知觉序列、反应序列对结果影响,考察序列学习是否还存在知觉-反应联结表征。

**意见 13:** 实验流程不够清晰。如实验 1 方法部分,2.5 实验程序,请给出具体的实验流程图,方便读者更好的理解实验过程。只是简单的实验材料并不能清晰的描述实验过程。2.5.1 序

列反应时任务和 2.5.3 意识水平测试任务共花费了被试多少时间。每个试次呈现多长时间，注视点呈现多少 ms？什么是加工分离程序(Jacoby,1991)？加工分离程序如何实现，如果操作？

**回应：**感谢您的宝贵意见。2.5 实验程序已添加实验流程图。2.5.1 序列反应时任务和 2.5.3 意识水平测试任务共花费被试大约 1.5 小时。每个试次呈现时间最长 3000ms，3000ms 内没有眼跳反应，电脑自动翻页。注视点呈现时间 700ms。

加工分离程序 (Jacoby,1991) 是意识测验的一种方法 (关守义, 郭秀艳, 2016; 张剑心等 2016), 意识测验方法经历了从任务分离范式到加工分离范式的转变。任务分离范式通过直接测验任务测量意识, 间接测验任务证实无意识的存在。直接测验和间接测验的区别, 应该仅仅是指导语不同(Jiménez, Méndez & Cleeremans, 1996)。由于任务分离范式很难做到意识和无意识间的有效分离, Jacoby (1991) 提出了加工分离程序, 通过包含测验和排除测验来分离意识和无意识, 该范式被认为是“一种最直接和最客观的测量意识和无意识贡献的有效程序”(段海军, 连灵, 2012)。加工分离程序 (Jacoby, 1991) 包括包含任务和排除任务。包含任务中, 向被试呈现随机两个相邻出现红色圆点的方框, 让被试按照序列规则填写下一次可能出现红色圆点方框的位置; 在排除任务中, 仍给出序列规则中的两个相邻位置, 但是要求被试填写下一次不会出现红色圆点方框的位置, 且要求不能与前面出现的两个位置相同 (卢张龙等, 2011; Lu & Li, 2018)。

关守义, 郭秀艳. (2016). 内隐学习中的知识习得及其无意识性测量. *心理与行为研究*, 14(2), 191-201.

段海军, 连灵. (2012). 国内近十年来意识和无意识关系研究的新成就. *心理科学*, 35(3), 740-744.

卢张龙, 吕勇, 白学军. (2011). 内隐序列学习不受注意负荷的影响: 来自眼动的证据. *心理与行为研究*, 9(3), 214-218.

张剑心, 汤旦, 李莹丽, 刘电芝. (2016). 反向对抗逻辑范式的创立与证实-人工语法 PDP 对抗逻辑的改进. *心理学报*, 48(9), 1130-1142.

Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30, 513-541.

Lu, Z. L., & Li, X. Y. (2018). An Eye Movement Study on the Relationship Between Multiple Implicit Sequence Learning and Attention. *Psychology and Behavioral Sciences*, 7(1), 8-13.

**意见 14：**实验结果请不要只是呈现均值 M，请将标准差等各项指标附上。另外事后多重比较结果不要简单的呈现 p 值请给出其他相应的统计量。

**回应：**感谢您的宝贵意见。实验结果将标准差等指标附上；事后多重比较给出了相应统计量。

**意见 15：**部分图片的图例模糊不清，如图 2 朝向眼跳和反向眼跳条件下的眼跳反应时；图 4 有分心反向眼跳和无分心反向眼跳条件下的眼跳反应时等，请整体的提高图片质量。请整体修改。

**回应：**感谢您的宝贵意见。对图 2、3、4 进行了整体修改。

**意见 16：**4.6.3 内隐序列学习量部分写到，无分心反向眼跳组和有分心反向眼跳组的内隐序列学习量差异不显著， $p>0.05$ 。虽然  $p>0.05$  但不显著也应该报告具体的  $P$  值以及相应的  $F$  值等统计量。

**回应：**感谢您的宝贵意见。 $p>0.05$  时报告了  $F$  值、 $P$  值等统计量。无分心反向眼跳组和有分心反向眼跳组的内隐序列学习量差异不显著， $F(1,28)=0.45$ ,  $p=0.51$ ,  $\eta_p^2=0.02$ , 差值 95% CI=[-2.13,4.21]。

意见 17: 全文请注意错别字以及格式规范。

回应: 谢谢您的宝贵意见。全文错别字进行了修改, 按照格式规范修订了格式。

---

## 第二轮

审稿人 1 意见: 本人认为还有几个问题需要作者认真修改:

意见 1: 作者将原稿的结论“内隐序列学习存在知觉序列时发生知觉表征; 存在反应序列时发生反应表征; 存在知觉-反应联结序列时发生知觉-反应联结表征”改为概括性的“内隐序列学习的表征具有序列依赖性”, 虽然修改后比原先的概括性要好一些, 但“依赖性”一词在内隐学习研究中并没有出现过, 如果是创新, 应该与前人研究的逻辑关系, 或者改为其他语言词汇。

回应: 谢谢您的宝贵意见。“依赖性”一词是审稿专家给出的宝贵意见, 更精准概括了本研究结果。在李芳等(2021)、孟迎芳等(2021)论文中有类似表述。参考已有研究, 重新进行了表述, 修订为“内隐序列学习的表征依赖于序列信息”。

李芳, 李馨, 张慢慢, 白学军. (2021). 句子结构与控制动词类型对题元角色指派的影响. *心理学报*, 53(10), 1071-1081.

孟迎芳, 董月晴, 陈荃. (2021). 概念内隐记忆中的注意促进效应. *心理学报*, 53(5), 469-480.

意见 2: 序列学习的三元表征模型中三者关系到底是什么, 是上下层关系还是并列关系, 如果是上下层关系, 从本研究中如何得出这种上升途径, 因为本研究只是证明了存在知觉表征和反应表征。这一问题在修改稿中并没有给出明确答案?

回应: 谢谢您的宝贵意见。具体知识表征和抽象规则表征是上下层关系, 首先发生具体知识表征, 再发生抽象规则表征。具体知识表征包括知觉表征和反应表征, 两者是并列关系。如果知觉和反应存在匹配关系, 可形成知觉-反应联结; 如果知觉和反应不存在匹配关系, 无法形成知觉-反应联结。序列学习三元表征模型是根据已有研究成果提出的理论构想, 还需要进一步完善, 该模型的科学性还有待于后续研究进一步考察。研究团队将进一步通过序列学习的迁移等范式深入探究序列学习的表征机制(姜珊等, 2014; 戴惠等, 2018; Fu et al., 2018; Schumacher et al., 2018), 以全面验证和完善序列学习三元表征模型。

姜珊, 郭秀艳, 杨靖, 马闻笛. (2014). 汉语声调远距离规则的内隐学习及其迁移效应. *心理学探新*, 34(5), 416-422.

戴惠, 朱传林, 刘电芝. (2018). 内隐知识具有抽象性吗? -来自内隐序列学习迁移的证据. *心理学报*, 50(9), 965-974.

Fu, Q. F., Sun, H. M., Dienes, Z., & Fu, X. L. (2018). Implicit sequence learning of chunking and abstract structures. *Consciousness and Cognition*, 62, 42-56.

Schumacher, E. H., Cookson, S. L., Smith, D. M., Nguyen, T. V. N., Sultan, Z., Reuben, K. E., & Hazeltine, E. (2018). Dual-task processing with identical stimulus and response sets: Assessing the importance of task representation in dual-task interference. *Frontiers in Psychology*, 9, 1031.

意见 3: 文章 3.6.3 中将实验 1 和实验 2 的各自实验结果中内隐学习量直接进行了差异检验, 两个独立实验结果直接用来方差分析是否影响其内部效度?

回应: 谢谢您的宝贵意见。为了保证内部效度, 删除了该部分内容。

**意见 4:** 个别参考文献还存在一些错误，具体问题详见附件。

**回应:** 非常感谢您的宝贵意见和细心纠正。对个别参考文献进行了修订。

**审稿人 2 意见:** 对一审意见进行了较好修改，建议作者对引言部分的个别过长段落进行合理拆分。

**回应:** 谢谢您的宝贵意见。对引言部分的个别过长段落进行了拆分。