

## 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：视觉时距知觉序列依赖效应的空间迁移性

作者：王碧瑶 陈晨（共一） 胡晓斐 王迪 李宝林

---

### 第一轮

#### 审稿人 1 意见：

本文通过两个实验考察了时距知觉的序列依赖效应及其空间迁移性，选题具有一定的科学理论意义，实验设计合理，数据处理方法严谨恰当，结论与结果基本一致。我在这里只有一个建议供作者参考。作者在实验一中发现被试对呈现在外周视野的刺激の時距知觉精确度要更低，并将之归因于外周视野刺激表征精确度较差，但这里作者可能忽略了注意这个重要因素在其中的作用。由于注视点位置和外周位置上的可得注意资源不同，同时时距知觉的大量文献表明注意会影响时距知觉，因此，中央视野和外周视野の時距知觉差异可能是由于注意差异引起的。建议作者补充一些有关注意在时距知觉中的作用的讨论。

回应：感谢审稿人的建议。的确，外周视野和中央视野的可得注意资源可能是不同的。相比之下，中央视野的可得注意资源要大于外周视野(Shapiro & Johnson, 1987)。同时，注意资源是影响时距知觉的重要因素(Gorea, 2011; Matthews & Meck, 2016)。研究已发现，在预期式时距知觉中，相比不被注意的刺激，个体会高估被注意刺激的呈现时间(Mattes & Ulrich, 1998; Tse et al., 2004; Yeshurun & Marom, 2008)。根据起搏器-累加器模型 (pacemaker-accumulator model)，这是由于注意能够通过“开关”(switch) 调节起搏器发放的脉冲进入累加器的数量(注意资源更多的投入, 进入的数量越多), 进而影响个体的时距知觉(Gibbon, 1977; Gibbon et al., 1984)。

据此，我们预测如果中央和外周视野时距知觉的差异主要源于不同视野注意资源可得性的不同，那么我们将观测到个体低估外周视野 (vs. 中央视野) 刺激的呈现时间。的确，实验 1 的结果显示，外周视野条件下个体时距估计的主观相等点(PSE)显著大于中央条件(PSE: 647.27 ms vs. 556.02 ms,  $p < 0.001$ )，说明个体倾向于低估外周视野条件下刺激的呈现时间。这也符合注意假设。我们已在讨论中补充了有关注意在时距知觉中的作用的讨论，详见讨论部分第四段 (1~5 行)。

参考文献:

- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, 84(3), 279–325.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423(1), 52–77.
- Gorea, A. (2011). Ticks per thought or thoughts per tick? A selective review of time perception with hints on future research. *Journal of Physiology-Paris*, 105(4-6), 153–163.
- Mattes, S., & Ulrich, R. (1998). Directed attention prolongs the perceived duration of a brief stimulus. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 60(8), 1305–1317.
- Matthews, W. J., & Meck, W. H. (2016). Temporal cognition: Connecting subjective time to perception, attention, and memory. *Psychological Bulletin*, 142(8), 856–907.
- Shapiro, K. L., & Johnson, T. L. (1987). Effects of arousal on attention to central and peripheral visual-stimuli. *Acta Psychologica*, 66(2), 157–172.
- Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception, & Psychophysics*, 66(7), 1171–1189.
- Yeshurun, Y., & Marom, G. (2008). Transient spatial attention and the perceived duration of brief visual events. *Visual Cognition*, 16(6), 826–848.
- .....

审稿人 2 意见:

该研究通过两个实验探讨了视觉时距知觉的刺激和决策序列依赖效应及其空间迁移性。结果发现在视觉通道中先前试次的刺激时距和先前试次的决策反应对当前的时距知觉决策产生影响。研究总体上问题明确，方法合理，但存在如下问题需要思考:

**意见 1:** 研究需要明确一个很重要的问题是作者主要考察的是什么问题，这个问题为什么要通过实验 1 和中央和外周视野条件比较来考察，结果能说明什么问题，其次，为什么实验 1 发现的不完全迁移后要考察跨左右视野。也就是说需要具体阐述其中关联。

**回应:** 感谢审稿人的建议。为了明确研究中每个实验的目的和动机，我们在每个实验的“方法”部分之前增加了相应内容，进一步说明了每个实验的目的以及实验之间的关联。详见实验 1, 2 和 3 的“方法”部分之前的内容。

**意见 2:** 引言部分第二和第三段有内容的阐述存在重复，即都是再说先前刺激时距信息引起排斥，决策信息引起吸引。

**回应:** 感谢审稿人的提醒。我们对第二段和第三段做了相应修改，避免相应内容之间的重复。

具体来说，我们删除了引言部分第二段中有关“先前刺激时距信息引起排斥，决策信息引起吸引”的内容，而在引言部分第三段中详细阐述了这一内容（详见 8~11 行）。

**意见 3:** 作者引言部分第三段阐述以往对序列依赖效应空间特性的研究主要集中在对事物空间属性的知觉方面。考虑到时间信息加工的特殊性，有必要对时距知觉序列依赖效应的空间特征进行进一步的研究。这个没说清楚为什么。

**回应:** 感谢审稿人的建议。我们对相应内容做了修改，进一步说明了为什么有必要对时距知觉序列依赖效应的空间特征进行进一步的研究。具体来说，时距信息不同于空间信息，对时距信息的加工存在独特的认知神经机制(Ivry & Schlerf, 2008; Merchant et al., 2013), 且以往对空间属性知觉的序列依赖效应空间迁移的探讨并没有严格区分刺激和决策的影响(Fischer & Whitney, 2014; Manassi et al., 2019)。因此，一个值得思考的问题是时距知觉的刺激和决策序列依赖效应是否也受到刺激空间位置的制约？详见引言部分第五段（11~17 行）。

参考文献:

- Fischer, J., & Whitney, D. (2014). Serial dependence in visual perception. *Nature Neuroscience*, 17(5), 738–743.
- Ivry, R. B., & Schlerf, J. E. (2008). Dedicated and intrinsic models of time perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(7), 273–280.
- Manassi, M., Kristjansson, A., & Whitney, D. (2019). Serial dependence in a simulated clinical visual search task. *Scientific Reports*, 9(1), 19937.
- Merchant, H., Harrington, D. L., & Meck, W. H. (2013). Neural basis of the perception and estimation of time. *Annual Review of Neuroscience*, 36, 313–336.

**意见 4:** 引言部分的四段，为什么插入了认知神经科学层面的研究，这段结尾一句这样说会让我们觉得你到底要考察你研究的题目的主题还是要验证长时运动适应可能源自早期的视觉皮层加工；而短时运动适应则可能源自较晚的运动皮层。

**回应:** 感谢审稿人的评论。之所以在引言的相应段落（见第六段）插入认知神经科学层面的研究，是因为结合已有认知神经科学的相关研究，对时距知觉序列依赖效应空间迁移性的探讨能够在一定程度上推断该效应产生的内在机制。这也是本研究的研究动机之一。我们对第六段的相应内容进行了修改，进一步明确了插入认知神经科学层面研究的目的。详见引言部分第六段（1~2 行）。

此外，该段结尾一句的主要目的是用以举例说明不同时程的感知历史（如，感知适应）

对后续认知加工的影响不同，可能表现出不同的空间迁移性。据此说明，虽然已有的研究已经探讨了（长时程）的时距知觉适应后效的空间迁移性，但仍有有必要继续探讨（较短时程的）序列依赖效应的空间迁移性。为了避免读者对该句的误解，我们重新修改了相应内容。详见引言部分第六段（7~14行）。

**意见 5:** 样本量计算部分过于模糊，需要再具体；被试部分性别差异这么大，是否能有文献支撑，这种效应不存在性别差异？

**回应:** 本研究中我们样本量的选择主要依据前人相关研究(Li et al., 2023; Wehrman et al., 2020)。在 Wehrman 等人(2020)的研究中每个实验采用的样本量为 20 (人); 在 Li 等人(2023)的研究中每个实验采用的样本量为 24 (人)。因此，本研究每个实验采用的样本量为 24 人。这一样本量也符合我们采用 G\*power 事先计算的样本量(Faul et al., 2007): 采用 2×2 的重复测量方差分析，在显著性水平  $\alpha = 0.05$  且中等效应量 ( $f=0.25$ )，达到 80%的统计检验力所需样本量为 24 人。此外，使用 G\*Power3.1 进行 Post hoc 统计功效检验也发现，对于本研究适用的 2×2 的重复测量方差分析，在显著性水平  $\alpha = 0.05$  且中等效应 ( $f = 0.25$ )，样本量为 24 时，计算得到 power 值为 0.82，超过基线水平 0.80。因此，本研究样本量符合要求。为进一步说明本研究样本量的选择符合要求，我们在修改稿中报告了通过 G\*power 事先计算的样本量，并说明该样本量与前人相关研究的样本量相当。详见实验 1 “2.1.1 被试” 部分（1~3行）。

对于该效应是否存在性别差异的问题，我们综合文献发现，目前已有的对时间知觉以及对低水平的朝向、运动和数量信息知觉的序列依赖效应的研究并未报告或探讨序列依赖效应的性别差异。而对较高水平的面孔知觉的序列依赖效应的研究发现面孔知觉的序列依赖效应不受性别差异的影响，但受到个体的面孔识别能力的影响（即更好的面孔识别能力预示着更强的面孔知觉序列依赖效应；Turbett et al., 2022; Turbett et al., 2019）。据此，可以假设时距知觉序列依赖效应与个体的时距知觉能力可能存在相关。然而，一项时距知觉的元分析发现，对于预期式时距知觉不存在性别差异(Block et al., 2000)。因此，我们预测时距知觉的序列依赖效应不存在性别差异。

为了进一步说明这一问题，我们将本研究中男性和女性的数据分开呈现。如下图（图 R1），我们发现男性被试的效应量和女性被试的效应量并未明显分离。这也在一定程度上表

明这种效应可能不存在性别差异。

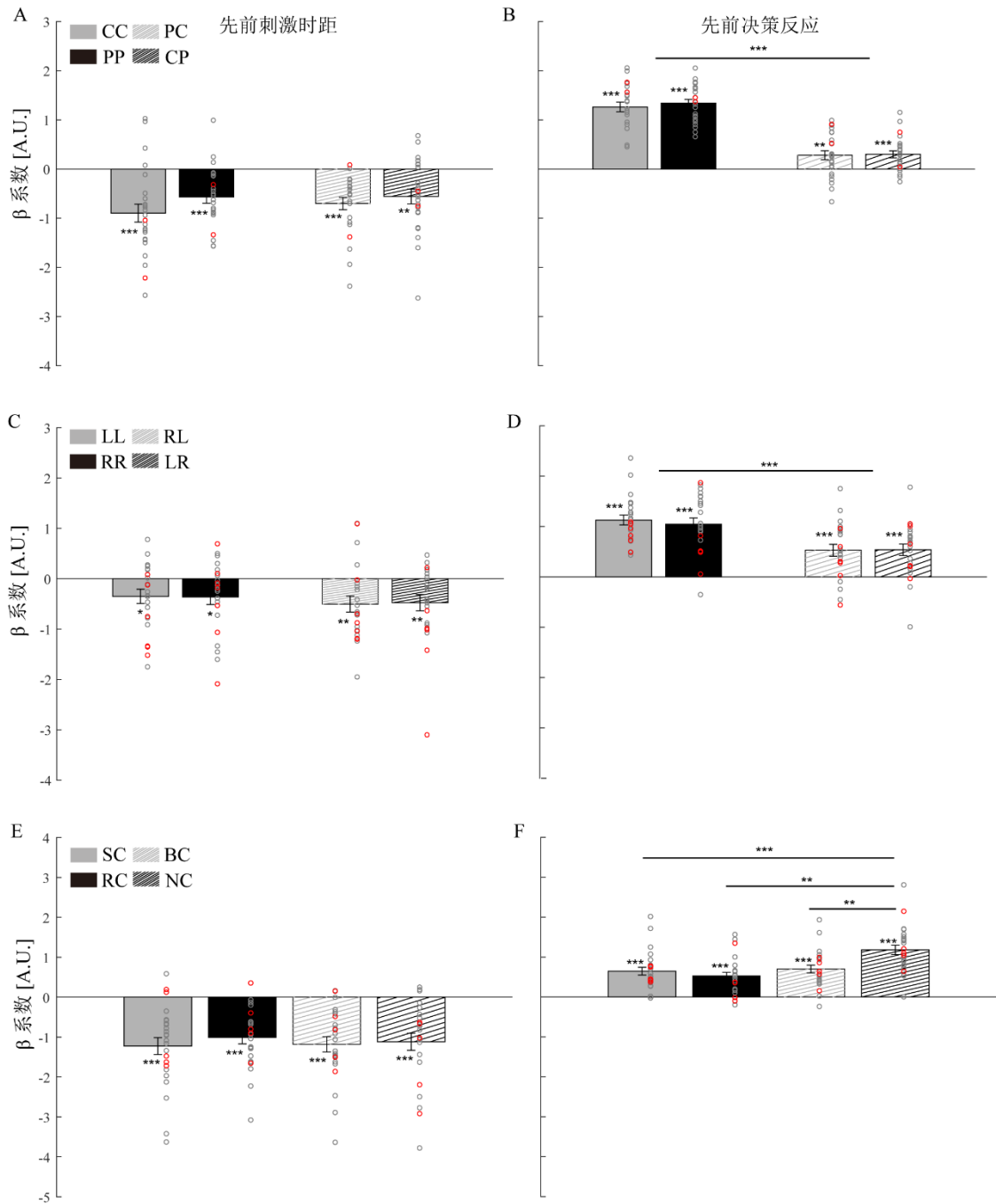


图 R1 不同实验中的刺激和决策序列依赖效应 (A、B 为实验 1 结果, C、D 为实验 2 结果, E、F 为实验 3 结果)。CC 代表前一试次呈现在中央视野, 当前试次也呈现在中央视野; PP 代表前一试次呈现在外周视野, 当前试次也呈现在外周视野; PC 代表前一试次呈现在外周视野, 当前试次呈现在中央视野; CP 代表前一试次呈现在中央视野, 当前试次呈现在外周视野; LL 代表前一试次呈现在左侧视野, 当前试次也呈现在左侧视野; RR 代表前一试次呈现在右侧视野, 当前试次也呈现在右侧视野; RL 代表前一试次呈现在右侧视野, 当前试次呈现在左侧视野; LR 代表前一试次呈现在左侧视野, 当前试次呈现在右侧视野; SC 代表当前试次与前一试次的注视点、光斑刺激位置都不同, 但两者的相对位置一致; RC 代表当前试次与前一试次的注视点不同, 但光斑刺激位置不变; BC 代表当前试次的注视点、光斑刺激的呈现位置以及它们之间的相对位置都不同; NC 代表当前试次与前一试次的注视点、光斑刺激的呈现位置相同。图中灰色空心圆代表每种条件下每名被试的数据点, 红色空心圆代表每种条件下男性被试的数据点, 误差线代表标准误差; \*\*\* $p < 0.001$ , \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ 。

参考文献:

- Block, R. A., Hancock, P. A., & Zakay, D. (2000). Sex differences in duration judgments: A meta-analytic review. *Memory & Cognition*, 28(8), 1333–1346.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191.
- Li, B., Wang, B., & Zaidel, A. (2023). Modality-specific sensory and decisional carryover effects in duration perception. *BMC Biology*, 21(1), 48.
- Turbett, K., Jeffery, L., Bell, J., Burton, J., & Palermo, R. (2022). Autistic traits are associated with less precise perceptual integration of face identity. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 52(5), 2168–2179.
- Turbett, K., Palermo, R., Bell, J., Burton, J., & Jeffery, L. (2019). Individual differences in serial dependence of facial identity are associated with face recognition abilities. *Scientific Reports*, 9, 18020.
- Wehrman, J. J., Wearden, J., Sowman, P., & Psychophysics. (2020). Decisional carryover effects in interval timing: Evidence of a generalized response bias. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 82(4), 2147–2164.

**意见 6:** 方法部分缺少实验设计的阐述，需要补充；实验流程图有待加强。

**回应:** 感谢审稿人的建议。我们已分别对两个实验中缺少的实验设计部分进行了补充，并优化了实验流程图。详见实验 1 “2.1.3 设计” 部分和实验 2 “3.1.3 设计” 部分。改进后的流程图详见图 1。

**意见 7:** 实验 1 和实验 2 的比较分析部分，为什么只进行了  $t$  检验？应该按照实验设计，连同实验 1 和实验 2 作为一个被试间变量，先进行  $F$  检验？

**回应:** 感谢审稿人的建议。实验 1 和实验 2 的跨实验结果分析部分，我们进行了  $t$  检验而非  $F$  检验。采用这种分析方法的原因如下：

(1) 虽然，实验 1 和实验 2 的设计类似，都为 2（当前刺激位置） $\times$ 2（位置一致性）的被试内设计，但是，它们在具体的自变量水平上并不完全同质。例如，实验 1 中当前刺激位置分为中央视野和外周视野，而实验 2 中当前刺激位置分为左侧视野和右侧视野。此外，我们在实验 1 和实验 2 中已分别采用 2（当前刺激位置） $\times$ 2（位置一致性）的重复测量方差分析进行检验。鉴于此，在做跨实验的分析时我们没有直接将实验作为被试间变量，进行 2（当前刺激位置） $\times$ 2（位置一致性） $\times$ 2（实验）的  $F$  检验。

(2) 根据我们事先的研究假设或问题（源于先前两个实验的独立研究结果），在跨实验

结果的分析中我们主要关注两个问题[a. 相比中央视, 外周视野的刺激序列依赖效应是否更弱; b. 非同质视野(中央 vs. 外周视野)与同质视野(左 vs. 右外周视野)间决策序列依赖效应迁移量是否有差异]。要揭示这两个问题, 无法通过简单地对现有条件进行直接比较。例如, 要解决第一个问题(a), 就需要实验2中的四种条件的 $\beta_{prev\_stimulus}$ 系数进行平均(因为这四种条件都属于外周视野条件); 要解决第二个问题(b)最直接的方法即先分别将实验1和实验2位置一致条件和位置不一致条件下的 $\beta_{prev\_choice}$ 均值相减, 求得非同质视野(实验1: 中央 vs. 外周视野)与同质视野条件下的迁移量。

的确, 对于第二个问题(b)的分析, 我们可以先计算出实验1和实验2位置一致条件(实验1: CC和PP; 实验2: LL和RR)和位置不一致条件(实验1: PC和CP; 实验2: RL和LR)下的 $\beta_{prev\_choice}$ 均值, 然后采用2(位置一致性: 一致 vs. 不一致) × 2(实验: 实验1 vs. 实验2)的F检验。我们尝试了这一分析, 结果发现位置一致性的主效应显著( $F(1, 45) = 253.85, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.85$ ), 实验的主效应不显著( $F(1, 45) = 0.01, p = 0.906, \eta_p^2 < 0.001$ ), 它们的交互作用显著( $F(1, 45) = 21.62, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.33$ )。简单效应分析发现, 对于位置一致条件, 实验1的效应量要边缘显著大于实验2( $p = 0.09$ ); 对于位置不一致条件, 实验1的效应量要边缘显著小于实验2( $p = 0.07$ )。该分析仅能间接说明非同质视野(中央 vs. 外周视野)与同质视野(左 vs. 右外周视野)间决策序列依赖效应迁移量存在差异。

综上, 为了更加直接的分析我们关注的研究问题, 在跨实验结果分析部分我们在进行条件之间的合并和转换后, 直接采用了t检验。

**意见 8:** 实验1的结尾说了这种效应在不同位置间的迁移是一种不完全的迁移, 实验2开始就直接说存在相互迁移, 这样说是否合适?

**回应:** 感谢审稿人的提醒。的确, 实验1发现刺激序列依赖效应能够在中央视野和外周视野间进行完全迁移, 而决策刺激序列依赖效应在中央视野和外周视野间的迁移是部分的。因此, 实验2中直接说“存在相互迁移”并不准确, 容易引起读者的误解。鉴于此, 我们对相应的表述进行了修改, 以确保表述的准确性。详见实验2“方法”部分上一段的第1~2行。

.....

## 编委意见：

理论意义相对薄弱，这个文章没有说明为什么要研究时距知觉序列依赖效应的空间迁移规律？空间变化的情况下是如何影响这种时距知觉序列依赖效应？就是空间影响时距知觉序列依赖效应机制的问题在本文中没有得到实验研究，我的建议是需要有额外的实验来检验可能影响空间迁移的机制。另外两位审稿人提出的问题也需要解决。也希望作者能够更清楚地解释对于时距知觉的理论有什么贡献

**回应：**感谢编委的建议。为进一步说明本文为什么要研究时距知觉序列依赖效应的空间迁移规律（即本研究的研究动机和目的），我们对引言部分第五段和第六段进行了改写，分别从现实（生态效度）和理论（揭示时距加工的内在机制）意义方面对研究的目的进行了阐述。具体内容见文中前言部分的第五和第六段。

此外，为了进一步揭示时距知觉序列依赖效应空间迁移机制的问题。我们补充了一个新实验（实验3）。考虑到实验1和2已发现空间信息对决策序列依赖效应有制约作用（即该效应具有一定的空间特异性），但是实验1和2中空间信息并没有区分外部空间和视网膜空间位置信息，因此实验3的目的是在区分这两种空间信息的基础上进一步探讨时距知觉序列依赖效应的空间迁移性。我们的基本假设为：如果决策序列依赖效应的空间制约作用源于低水平的早期视觉加工机制，那么决策序列依赖效应在视网膜空间位置发生变化的条件下将会显著降低（或者降低的程度显著大于其他条件）；如果决策序列依赖效应的空间制约作用源于较高水平的视觉加工机制（如顶叶；研究表明顶叶的一些区域对空间信息的编码是基于外部空间的；Burr et al., 2007; Duhamel et al., 1997），那么决策序列依赖效应在外部空间位置发生变化的条件下将会显著降低（或者降低的程度要显著大于其他条件）；此外，如果决策序列依赖效应的空间制约作用源于高水平的类别组织机制(Petzold & Haubensak, 2004)，那么任何类型空间信息的变化都将有助于个体形成类别，因此无论是视网膜空间还是外部空间位置发生变化都将导致决策序列依赖效应降低。

为验证以上假设，实验3采用单因素的被试内设计。自变量为（前一试次和当前试次的）位置关系，分为四种水平：外部空间变化、视网膜空间变化、外部和视网膜空间都变化（一致变化条件）、外部和视网膜空间都不变（一致不变条件）。结果发现，对于刺激序列依赖效应，这四种条件没有显著差异，与实验1和2的结果一致，再次说明刺激序列依赖效应不受空间位置信息的制约。重要的是，对于决策序列依赖效应，结果发现相比一致不变条件，另



外三种条件下的效应量要显著减小（且这三种条件间的效应量没有显著差异）。这一方面再次验证了决策序列依赖效应在一定程度上受到空间信息的制约，另一方面说明这种制约作用源于高水平的类别组织机制。即任何类型的空间变化都将有助于个体形成类别，进而促使空间变化条件下决策序列依赖效应的减小。（详见实验 3 部分）

为进一步明确本研究对时距知觉理论的贡献，我们在“5 讨论”部分的第六段具体阐述了时距知觉刺激序列依赖效应（即快速适应效应）的空间迁移性对时距知觉通道模型的贡献，即揭示了时距“通道”（即对时距信息具有选择性加工的神经元）位于脑中的可能神经位置。此外，我们在“5 讨论”部分的第八段也进一步阐述了空间信息对时距知觉决策序列依赖效应制约的内在机制（即基于空间位置线索的类别组织机制）。最后，我们在“6 结论”部分（5~10 行）进一步明确本研究的理论贡献。

参考文献：

- Burr, D., Tozzi, A. & Morrone, M. (2007). Neural mechanisms for timing visual events are spatially selective in real-world coordinates. *Nature Neuroscience*, 10, 423–425.
- Duhamel, J.-R., Bremmer, F., Ben Hamed, S., & Graf, W. (1997). Spatial invariance of visual receptive fields in parietal cortex neurons. *Nature*, 389(6653), 845–848.
- Petzold, P., & Haubensak, G. (2004). The influence of category membership of stimuli on sequential effects in magnitude judgment. *Perception & Psychophysics*, 66(4), 665–678.
- 

## 第二轮

审稿人 2 意见：

作者虽然对审稿意见有了认真思考和修改，但如下问题还有待思考：

**意见 1：**无论是研究主要目的，即探究时距知觉序列依赖效应的空间迁移规律，还是实验 1 目的在中央基础上迁移到外周，实验 2 的跨视野的迁移，均没能较好地形成 top-down 的问题提出，而主要是基于探索性的出发点，这就在一定程度上限制了研究的创新性和科学性。

**回应：**感谢审稿人的评论。该研究的主要出发点是拟通过对时距知觉序列依赖效应空间迁移性的探讨，同时结合已有认知神经科学的研究结果，推断时距知觉序列依赖效应产生的内在机制，即其源于哪一认知加工阶段或水平。为了更好地体现 top-down 的问题提出，我们对“引言”和实验 1、2 的研究目的部分进行了相应的调整和改写，以进一步明确研究的主要目的，从而提高研究的创新性和科学性。

具体来说，首先我们在“引言”中增加了一段（第五段），强调目前对时距知觉序列依赖效应产生的内在机制仍不明确，有必要进一步探讨这一问题。同时，我们将原“引言”的第五段和六段的位置交换，以强调对时距知觉序列依赖效应空间迁移性的探讨对揭示其产生机制方面的作用。详见“引言”部分 5~7 段。

其次，对于实验 1 和 2 的研究目的部分，我们进行了改写。在这些部分我们强调了考察中央和外周视野的迁移与左右视野半球迁移在揭示时距知觉序列依赖效应产生机制方面的贡献。详见实验 1 和 2 “方法”部分之前的内容。

**意见 2：**补充的实验 3 提到“虽然决策过程是一种高水平的认知过程，但是这一过程可能会通过反馈的方式影响低水平的视觉加工(Angelucci et al., 2002; Cicchini et al., 2021)。这似乎说明时距知觉的决策序列依赖效应受到低水平加工因素的制约。”这个问题阐述不清楚，无法很好地理解；此外，作者阐述，鉴于对于时距知觉的决策序列依赖效应受空间信息制约的内在机制仍不清楚，实验 3 要探究其内在机制。作者需要阐述清楚探讨不同类型空间位置变化条件下时距知觉序列依赖效应的迁移性，这一问题如何有助于进一步揭示时距知觉决策序列依赖效应受空间信息制约的内在机制。

**回应：**感谢审稿人的问题。为了便于理解并更好地形成 top-down 的问题提出，我们将“虽然决策过程是一种高水平的认知过程，但是这一过程可能会通过反馈的方式影响低水平的视觉加工(Angelucci et al., 2002; Cicchini et al., 2021)。这似乎说明时距知觉的决策序列依赖效应受到低水平加工因素的制约。”相应的内容移到了“引言”部分，并进行了改写和进一步阐述。详见“引言”第五段，9~14 行。

此外，我们在实验 3 的研究目的部分，进一步详细论述了探讨不同类型空间位置变化条件下，时距知觉决策序列依赖效应的迁移性对揭示该效应受空间信息制约的内在机制的作用。具体来说，我们提出了三种假设，并对三种假设的结果进行了预测。最终的结果发现，无论基于视网膜空间位置的变化还是基于外部空间位置的变化，都导致了序列依赖效应的减小。这说明一旦个体意识到前后试次刺激空间位置的变化(无论这种变化是基于视网膜空间还是外部空间)，高水平的类别组织机制就会发挥作用，相应地先前试次的决策信息对后续知觉决策的影响就可能降低，即支持了第三种假设：空间位置对决策序列依赖效应的制约源于高水平的类别组织机制。详见实验 3 “方法”部分之前的内容。

参考文献:

- Angelucci, A., Levitt, J. B., Walton, E. J. S., Hupe, J.-M., Bullier, J., & Lund, J. S. (2002). Circuits for local and global signal integration in primary visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 22(19), 8633–8646.
- Cicchini, G. M., Benedetto, A., & Burr, D. C. (2021). Perceptual history propagates down to early levels of sensory analysis. *Current Biology*, 31(6), 1245–1250.

**意见 3:** 小问题, 参考文献按照最新版 APA 格式 (编辑注: 参考文献格式具体要求可参见本刊官网主页下载中心的“文献著录要求”);

**回应:** 感谢审稿人的提醒, 我们根据《心理学报》的“文献著录要求”对正文以及第一轮回复中参考文献的格式进行了检查, 的确发现了一些问题, 具体更正如下:

#### 1. 正文部分

(1) 更正了参考文献列表中文章名称大小写的问题 (第 19 篇文献); (2) 更正了参考文献列表中 (第 49 篇参考文献) 的中文文题标点符号不规范问题; (3) 统一倾斜了参考文献列表中期刊名称后的标点, 并删除了参考文献末尾的多余空格。

#### 2. 第一轮回复部分

(1) 更正了参考文献列表中的字体大小问题 (字号更正为小五号); (2) 调换了四篇参考文献 (审稿人 1 意见中第 4、5 篇和 6、7 篇文献) 的位置; (3) 更正了参考文献列表中期刊名称的大小写问题 (审稿人 2 意见 3 中的第 4 篇); (4) 补充了编委意见回复中涉及到的相关参考文献列表。

---

### 第三轮

**审稿人 2 意见:**

我的问题还是在于我第二轮意见的“意见 2”关于实验 3 的目的, 作者的回答并未让我完全满意。编委专家提出建议需要有额外的实验来检验可能影响空间迁移的机制, 因此作者考虑到实验 1 和 2 已发现空间信息对决策序列依赖效应有制约作用 (即该效应具有一定的空间特异性), 但是实验 1 和 2 中空间信息并没有区分外部空间和视网膜空间位置信息, 因此进行了实验 3, 其目的是在区分这两种空间信息的基础上进一步探讨时距知觉序列依赖效应

的空间迁移性。我的理解是作者又引入了视网膜空间位置的变化还是基于外部空间位置的变化这个变量，这个变量的探讨是否能有效地解决实验 1 和实验 2 结果机制问题值得探讨。

综上，请编委专家再次决定。

**回应：**感谢审稿专家的评论。本研究的主要目的是根据时距知觉序列依赖效应空间迁移的特点，同时结合认知神经科学领域对视觉感受野或空间表征已有的研究成果，推断视觉时距知觉的刺激和决策序列依赖效应产生的潜在神经位置。实验 1（相同视野半球的不同视野：中央视野和外周视野），2（跨视野半球：左、右视野）和 3（不同类型视野：视网膜空间和外部空间）通过逐步约束和细化效应的发生源进而推断效应发生的神经位置。

对于编委专家提出的“需要有额外的实验来检验可能影响空间迁移的机制”的建议，我们的理解是要补充实验进一步说明这两种序列依赖效应产生的机制问题；在明确这两种效应产生的机制之后，自然能够理解迁移的机制。因此，本研究的实验 3 并不仅仅是为了直接解释实验 1 和 2 的结果，而是为了进一步细化时距知觉序列依赖效应的空间迁移特性，从而推断其产生的潜在神经位置，这符合本研究的总体目的。实验 3 进一步将实验 1 和 2 没有分离的不同类型的空间位置进行分离，这对进一步解释效应产生的神经位置是必要的。这是因为，根据认知神经科学的研究发现，在视觉系统中不同的视皮层表现出不同类型的空间位置拓扑关系。具体来说，早期视皮层表现出视网膜位置的拓扑映射关系(Wandell et al., 2007)，而一些较高级的视觉区域则表现出外部空间位置的拓扑映射关系(Duhamel et al., 1997)。通过将视网膜空间位置和外部空间位置进行分离，并结合这些皮层的拓扑映射特点，能够进一步推断视觉效应产生的潜在神经位置。

值得说明的是，通过分离不同类型的空间信息来推断相关视觉现象产生的神经位置，是视觉研究领域一种常见的手段(Ayhan et al., 2009; Bruno et al., 2010; Burr et al., 2007; Burr et al., 2011; Knapen et al., 2010; Latimer & Curran, 2016; Zhou et al., 2014)。例如，Knapen 等人(2010)发现，视网膜空间位置对倾斜后效（tilt aftereffect）具有重要的制约作用，进而推断出倾斜后效源于对视网膜位置敏感的早期视皮层（如 V1）；Burr 等人(2007)发现，由视觉运动适应导致的时距压缩效应取决于适应刺激与测试刺激外部空间（而非视网膜空间）位置的一致性，说明该效应产生于较高级的脑区（如顶叶），而非早期视皮层。本研究发现，视觉时距知觉的刺激序列依赖效应不受视网膜和外部空间位置的制约，这说明该效应可能源于对空间信息不敏感或者具有较大感受野的较高级视觉加工脑区（需要说明的是，之所认为其源于视觉加工脑区而非源于与高级认知，如记忆或决策，相关脑区是因为刺激序列依赖效应其

实质是一种感知适应效应，其更可能发生于感知编码阶段；最新稿中，在“引言”的第五段和“讨论”的第三段我们对这一效应的性质进行了说明)；此外，本研究也发现了视觉时距知觉的决策序列依赖效应同时受到视网膜和外部空间位置的部分制约，这也不符合具有严格视网膜位置拓扑映射关系的早期视皮层的信息加工特点，因此在一定程度上排除了早期视皮层的假设。对于这种制约关系发生的原因我们在讨论部分提出了几种可能，并认为高级认知脑区的类别组织机制能够更好地解释本研究的相关结果（详见“讨论”部分6~7段）。在这一解释框架下，时距知觉的决策序列依赖效应可能源于与记忆或决策相关的脑区。因此，对时距知觉序列依赖效应空间迁移特点的探讨确实有利于我们理解这些效应发生的潜在神经位置。

#### 参考文献：

- Ayhan, I., Bruno, A., Nishida, S., & Johnston, A. (2009). The spatial tuning of adaptation-based time compression. *Journal of Vision*, 9(11), 1-12.
- Bruno, A., Ayhan, I., & Johnston, A. (2010). Retinotopic adaptation-based visual duration compression. *Journal of Vision*, 10(10), 1-18.
- Burr, D., Tozzi, A., & Morrone, M. C. (2007). Neural mechanisms for timing visual events are spatially selective in real-world coordinates. *Nature Neuroscience*, 10(4), 423-425.
- Burr, D. C., Cicchini, G. M., Arrighi, R., & Morrone, M. C. (2011). Spatiotopic selectivity of adaptation-based compression of event duration. *Journal of Vision*, 11(2), 1-9.
- Duhamel, J.-R., Bremmer, F., Ben Hamed, S., & Graf, W. (1997). Spatial invariance of visual receptive fields in parietal cortex neurons. *Nature*, 389(6653), 845-848.
- Knapen, T., Rolfs, M., Wexler, M., & Cavanagh, P. (2010). The reference frame of the tilt aftereffect. *Journal of Vision*, 10(1).
- Latimer, K., & Curran, W. (2016). The duration compression effect is mediated by adaptation of both retinotopic and spatiotopic mechanisms. *Vision Research*, 122, 60-65.
- Wandell, B. A., Dumoulin, S. O., & Brewer, A. A. (2007). Visual field maps in human cortex. *Neuron*, 56(2), 366-383.
- Zhou, B., Yang, S., Mao, L., & Han, S. (2014). Visual feature processing in the early visual cortex affects duration perception. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(5), 1893-1902.
- .....

#### 编委意见：

同意审稿专家的意见，新增加的实验并不能很好的说明时距知觉序列依赖效应的机制，或者说作者有什么理由相信时距知觉序列依赖效应是有可能在，如果时距知觉序列依赖效应产生于低水平的早期视觉加工阶段，那么其将表现出基于视网膜空间的空间特异性，这个假设在我看来基本不可能成立，为什么还需要检验是需要作者解释的。

回应：感谢编委专家的问题，并给予我们再次解释和修改的机会。之所以提出“时距知觉的序列依赖效应产生于低水平的早期视觉加工阶段，那么其将表现出基于视网膜空间的空间特异性”，是因为有研究已证实早期视皮层（如 V1）的空间表征遵循严格的视网膜位置的拓扑映射关系(Wandell et al., 2007)；且相比较高级视皮层，早期视皮层的感受野较小。例如，对于 5.5° 的离心率，V1 的感受野通常小于 2°，V2 的感受野通常在 2° 至 4° 之间，V4 的感受野则通常在 4° 至 6° 之间，而较高级的视皮层(如后下颞区, TEO)的感受野则通常大于 6° (Kastner et al., 2001)。换言之，早期视皮层对空间信息更加敏感。因此，我们之前提出了上述假设。然而，经过再次思考之后，我们发现这一假设的表述可能存在过度推论的嫌疑：早期视皮层是否与早期视觉加工阶段存在严格的对应关系呢？虽然，早期的研究的确发现早期视皮层通常负责对简单的低水平的刺激特征（如朝向等）进行编码或表征，而更高级的视皮层接受来自早期视皮层的输入，可以整合简单的低水平刺激特征，形成复杂刺激的表征（如复杂形状等；Hochstein & Ahissar, 2002）。从这一角度来讲，早期视皮层确实对应着早期的视觉加工。然而，目前越来越多的研究表明早期视皮层可能也参与了高级的视觉认知过程（如，工作记忆、决策等；Bergmann et al., 2016; Hayden & Gallant, 2013）。鉴于此，通过空间迁移性仅能推断相关效应发生的潜在神经位置。因此，在最新的修改稿中，我们去掉了相关加工阶段的推论，直接表述为相关潜在脑区的推论。例如，我们将该假设改为“如果时距知觉序列依赖效应产生于具有严格视网膜位置拓扑映射关系的早期视皮层（如 V1），那么其将表现出基于视网膜位置的空间特异性。”（见文中“引言”部分第七段）。文中其他地方的相关表述也都进行了修改。当然，需要说明的是本研究为行为研究，仅能根据行为实验结果的模式推断时距知觉序列依赖效应产生的潜在神经机制；相关假设仍需后续研究结合认知神经科学的技术（如 fMRI 和 TMS 等）进一步检验。我们在文中也明确提出了这一研究的不足之处（见文中“讨论”部分第七段，第 20~22 行）。

仍需说明的是，决策序列依赖效应反映了先前的决策信息对后续时距知觉的影响，而决策作为一种相对高级或高水平的认知过程，其是否有可能影响早期视皮层的信息加工？首先，从时距知觉领域的研究来看，的确有证明表明早期视皮层（如 V1）在视觉时距加工中具有重要作用(Shuler, 2016)；其次，从序列依赖效应领域的研究来看，有证据表明先前信息能够通过反馈机制影响早期视皮层的信息加工，导致吸引性的序列依赖效应。例如，Cicchini 等人(2021)对朝向知觉序列依赖效应的研究发现，当先前为错觉试次而当前为中性试次时，吸引性的序列依赖效应主要取决于先前知觉的（而非物理）朝向，即先前信息对当前知觉的影

响包含了先前视觉错觉的影响；当先前为中性试次而当前为错觉试次时，该序列依赖效应主要取决于当前试次的物理（而非知觉）朝向，即先前信息与当前信息的交互发生于视觉错觉之前。这一结果模式表明先前信息能够直接作用于早期视皮层低水平的信息加工。此外，fMRI 研究也发现，在朝向知觉中吸引性的序列依赖效应能够被初级视觉皮层（V1）的神经活动所表征，且无论是行为还是神经上的序列依赖效应都具有一定的空间特异性(St John-Saaltink et al., 2016)。这再次说明吸引性的序列依赖效应的产生可能涉及早期视皮层。结合上述研究结果，时距知觉的决策序列依赖效应是有可能源于早期视皮层，或早期视皮层是参与了该效应的产生的。据此，我们认为有必要提出这一假设并进行验证。

在最新的修改稿中，我们在“引言”部分分别从刺激和决策序列依赖效应的角度论述了该研究的目的和意义（详见“引言”第 5~7 段），重新描述了实验 3 设计的出发点（详见实验 3 部分第一段），并在“讨论”部分讨论了实验 3 结果的可能解释（详见“讨论”部分 6~7 段）。

#### 参考文献：

- Bergmann, J., Genç E., Kohler, A., Singer, W., & Pearson, J. (2016). Neural anatomy of primary visual cortex limits visual working Memory. *Cerebral Cortex* (New York, N.Y. : 1991), 26(1), 43–50.
- Cicchini, G. M., Benedetto, A., & Burr, D. C. (2021). Perceptual history propagates down to early levels of sensory analysis. *Current Biology*, 31(6), 1245–1250.
- Hayden, B. Y., & Gallant, J. L. (2013). Working memory and decision processes in visual area V4. *Frontiers in Neuroscience*, 7, 18.
- Hochstein, S., & Ahissar, M. (2002). View from the top: hierarchies and reverse hierarchies in the visual system. *Neuron*, 36(5), 791–804.
- Kastner, S., De Weerd, P., Pinsk, M. A., Elizondo, M. I., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (2001). Modulation of sensory suppression: Implications for receptive field sizes in the human visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, 86(3), 1398–1411.
- St John-Saaltink, E., Kok, P., Lau, H. C., & de Lange, F. P. (2016). Serial dependence in perceptual decisions is reflected in activity patterns in primary visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 36(23), 6186–6192.
- Shuler M. G. (2016). Timing in the visual cortex and its investigation. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 8, 73–77.
- Wandell, B. A., Dumoulin, S. O., & Brewer, A. A. (2007). Visual field maps in human cortex. *Neuron*, 56(2), 366–383.

---

## 第四轮

### 审稿人 2 意见：

作者对所提出的问题进行了充分地解释，针对此问题没有意见了。

但作者还是要再仔细 proofread 一遍文章，口语化的地方需要调整，图表需要提高清晰

度和美观性。

**回应：**感谢审稿专家的提醒，我们对文章进行了仔细通读，并对口语化的言语及图表进行了修改（删除或更改了口语化的语言，如“值得思考的是”、“换言之”等；图中将每名被试的数据点错开显示、加粗了坐标轴等；对于图 5，为了避免图中数据点错开显示之后导致的拥挤效果，我们仍保留了先前的数据点排列方式）。具体见文中蓝色标识的文字和所有图形。

---

## 第五轮

**编委意见：**

同意发表,请在图 8 的图注里做一些说明,现在的图需要到文中找解释才能看明白。

**回应：**感谢编委专家的建议，我们将图 8 中具体的位置关系在图注中做了补充说明，具体见图 8 中图注标注的蓝色文字部分。

---

## 第六轮

**主编终审意见：**

本研究通过改变先前试次和当前试次中刺激的位置关系,对了时距知觉的序列依赖效应的空间迁移性进行了考察。本论文的研究框架清晰,数据处理过程科学规范且具有一定新颖性,最终获得的研究结论可信。