

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：初级视觉皮层在注意振荡中的作用
作者：陈艾睿 王爱君 王天琪 唐晓雨 张明

第一轮

审稿人 1 意见：该研究采用经典的线索靶子范式并结合双眼分视技术探讨了注意振荡发生的神经节点。作者的核心假设基于视觉通路的解剖特性，认为如果刺激呈现于双眼时注意振荡才会发生，那么注意振荡早于 V1 即可发生；反之，异眼条件下和同眼条件下若出现同样的注意振荡模式，那么说明注意振荡在 V1 或者 V1 之后才能发生。该研究问题是注意领域的热点话题，该研究紧扣当前注意研究前沿，实验设计得当，实验结果可靠，数据分析合理，结论得当。该研究体现了作者扎实的研究素养。建议发表。作者可将最新的关于注意振荡的研究加入该研究中进行相应的讨论，参考文献如下：Jia J, Liu L, Fang F, Luo H (2017) Sequential sampling of visual objects during sustained attention. PLoS Biol 15(6): e2001903.

回应：根据审稿专家的意见，我们深入阅读了 Jia 等(2017)的研究并在正文中进行了讨论。这篇新近文章关注的问题是，大脑如何在时间和空间上分配注意资源来加工多个物体。针对这一问题，Jia 等(2017)使用高时间分辨率的脑电技术，在各种不同的任务中考察了注意的时空动态特征。他们发现 1) 刺激出现后，头皮表面记录到的抑制性 alpha 波标识了注意指向的空间位置或者客体，约 200ms 注意会在物体间切换一次；2) 注意时空动态特征会受到任务调控，且观察到脑电的趋势与行为表现相关，结果说明注意不仅会对焦点处物体进行加工，在焦点外还会监控其他物体，这一过程是以动态系列采样的模式工作的。这篇研究及本研究都支持了注意的离散性，提示注意以系列的方式进行工作，且其动态的工作模式会受到任务类型及刺激呈现眼间条件的影响而灵活调控。

.....

审稿人 2 意见：本研究通过两个行为实验探究了双眼非分视和双眼分视（同眼、异眼）条件下的注意振荡现象，并认为 V1 区双眼视觉通路或者更高级的视觉区可能参与注意振荡，而 V1 区单眼视觉通路可能没有参与注意振荡。本研究逻辑清晰，实验设计合理，数据处理方法得当，实验结果表述明确。但是仍有以下审稿意见供参考：

意见 1：引言部分，对“神经振荡”和“注意振荡”的各自含义和它们之间的关系论述过于简单。

回应：根据专家意见，我们在正文中补充了注意振荡的定义，神经振荡和注意振荡的关系。对于注意是离散的还是连续的，很早以前有很多研究者关注这一问题，但由于缺少实验范式及考察指标，并未得到解决(VanRullen & Koch, 2003)。而后很长一段时间，注意领域的研究者都认为注意是连续的，比如注意聚光灯理论认为注意稳定地在焦点处进行加工。近几年一些研究者采用高时间分辨率的行为学技术，改进经典注意研究范式，如线索靶子范式，客体

注意范式，视觉搜索范式，在行为表现（正确率、反应时）中观测到注意系统并不是连续的进行工作，而是在多个位置或者客体间有规律的进行动态切换，是有节律的。这一发现挑战了注意聚光灯理论，由此开辟了一个新的研究领域，VanRullen 是该领域的领军人物，于 2015 年在 *trends in cognitive sciences* 发表文章，才明确提出知觉和注意离散性的定义。这种注意系统在多个（单个）位置（客体）之间有规律的进行动态切换的行为模式的被成为注意振荡。

神经振荡(neural oscillation)是大脑内神经元的放电形成的，人脑内存在不同频段的神经振荡，包括 delta、theta、alpha、beta 以及 gamma。这些神经振荡与注意、感知觉、记忆加工的各个方面有关(张雪, 袁佩君, 王莹, & 蒋毅, 2016; Cohen, 2017)。研究者发现刺激出现前、刺激出现后 alpha 频段神经振荡的能量、相位与注意有关。研究者认为神经振荡是注意振荡的神经机制和生理基础。

基于此，引言第一段正文中增加了注意振荡的定义，神经振荡和注意振荡的关系，并在脚注部分增加了神经振荡的定义。

意见 2: 文中被试信息需提供被试的平均年龄及标准差。

回应: 根据专家意见，我们在修改稿中添加了被试的平均年龄及标准差。

意见 3: 实验一未报告相位差；实验二未报告被试正确率；

回应: 根据审稿专家意见，我们补充了实验二被试的正确率。但相位差的统计需要在“注意振荡发生在同一或相近的频率”的前提下，由于实验一中线索化条件和非线索化条件注意振荡发生的频段并不在同一频段，因此未分析某一频段两种条件的相位差异。

意见 4: 根据图 1C，可以发现在非线索化条件下，行为振荡频率不仅在 1.56Hz ~ 2.34Hz，在 11Hz，25Hz 附近也出现了较大的振幅，而线索化条件下则没有这样的现象，需要在文中加以说明。

回应: 根据审稿专家指出的问题，我们对数据重新进行统计。

首先，如审稿专家所言，在图 1C 中，行为振荡频率不仅在 1.56Hz ~ 2.34Hz，在 11Hz，25Hz 附近也出现了较大的振幅，我们参照了注意振荡领域经典研究中的频域统计分析方法 (Fiebelkorn, Saalman, & Kastner, 2013; Huang, Chen, & Luo, 2015; Landau & Fries, 2012; Song et al., 2014)，在每个频率上得到 1000 个替代信号对应的振幅，这些振幅组成了频域信息的置换分布 (Permutation distribution)。采用置换检验 (Permutation test) 对置换分布和原始行为振荡中的振荡信息进行分析，得到每个频率 (0~25Hz) 振荡的显著性。由于该置换检验中涉及了多重比较，采用较为严格的 Bonferroni 法对结果进行矫正，以此防止假阳性结果的出现。11Hz 及 25Hz 频段的振幅并未达到显著水平；其次，在此次修改文章中，为更客观的揭示数据中的信息，我们将实验一中置换次数提高至 10 000、100 000 次，置换检验结果显示 11Hz 及 25Hz 仍未达到显著水平。

基于以上两个方面,虽然在图 1C 中,11Hz 及 25Hz 频段振幅较高但未达到显著性水平,我们不对该阴性结果进行解释。但是,会在以后的研究中使用高时间分辨率的脑电技术进行深入考察。

意见 5: 双眼非分视和双眼分视两个条件下的注意振荡频段发生了变化,需要对此进行解释。

回应: 针对审稿专家指出的问题,我们进行了深入思考。

正如专家所言,在文章中,对于该结果的论述,我们停留在现象的描述阶段。有以下两个原因:第一,本研究首次设置“同眼、异眼”研究注意振荡。实验一是预实验,它主要用来验证 4AFC 的可行性;实验二中同眼、异眼的对比是本文的关键设置,二者的异同直接说明了 V1 在注意振荡中的作用。两个实验结果的差异(双眼分视与否)乃偶然发现,并非本文主要结果,故没有必要对该差异的原因进行详细说明。第二,虽然该结果是偶然发现,我们并不清楚其背后的原因,但我们选择将这个结果呈现给同行读者,供大家讨论分析。基于上述两个原因,我们采用“清晰表达结果,不推测背后原因”的处理方式。

同时,在讨论的第三段,我们推测该结果不可能源于意识上得认知因素。具体如下:“值得注意的是,如果仅在一只眼中呈现刺激,人类被试不能够区分该刺激源自于哪只眼睛,个体意识到的是两只眼睛内图像的叠加状态(Wolfe & Franzel, 1988)。V1 被认为是脑皮层中最不可能与意识相关的脑区(Crick & Koch, 1995; He, Cavanagh, & Intriligator, 1996; He & MacLeod, 2001)。所以,双眼分视和非双眼分视条件产生的意识状态相同,两种条件的差异不可能源于各种意识上的认知因素。”

意见 6: 对具体术语前后表述需一致,在引言部分最后一段第六行出现“辨别任务”,而 2.1.2 实验设计部分第三段中出现的是“分辨任务”。

回应: 根据审稿专家的意见,我们将任务统一改为“辨别任务”。

意见 7: 讨论部分第四段“.....; 而通过电生理的方法证明神经振荡可能是注意离散性的神经机制(Busch & VanRullen, 2010; Landau et al., 2015)。.....”句子意思不太通顺。

回应: 根据审稿专家的意见,我们对全文进行了挑剔性阅读,请专家指正。

意见 8: 文中部分专有名词使用不当,如外膝状体应当为外侧膝状体等,请认真核对。

回应: 根据审稿专家的意见,我们统一改为“外侧膝状体”。

意见 9: 文中提到“四择一的迫选任务”时后面直接附上了它的简写“(4AFC)”,应给出英文全称。有的关键术语可以写出英文名称,如“注意振荡(attention oscillation)”。

回应: 根据审稿专家的意见,我们在正文中补充了术语的英文全称。

.....

审稿人 3 意见：作者采用高时间分辨率的线索靶子范式和双眼分视技术，比较了线索靶子出现在双眼（实验 1）、同眼和异眼（实验 2）条件下的注意振荡之间的差异。结果发现分视与否对注意振荡的频率有影响，而同眼与否没有影响。具体问题如下：

意见 1：引言部分第二段提出的两个存在问题，在这个文章中并没有打算解决，建议不要强调。

回应：根据审稿专家的意见，我们进行了深入的思考。本研究关注的问题是：单双眼视觉通路在注意振荡中的作用，以初步探测注意振荡发生的神经节点。而对于注意振荡发生的脑区这一问题以往研究主要依靠的是 EEG、MEG 的技术，这些技术在空间分辨率上信号存在不足，更重要的是，从以往研究结果方面来看，不能明确总结出究竟哪些脑区参与了注意振荡。基于此，本研究试图从行为学的方法上，基于视觉解剖通路的基本特征，考察注意振荡发生的神经节点。我们认为本研究一定程度上解决了这两个问题，但不知保留在这里是否合适，请专家指教。

意见 2：题目：本研究只是提示 V1 或更高脑区可能在注意振荡中起作用，并没有真正探明初级视觉区域在注意振荡中的作用，因此标题并不合适，建议修改。摘要部分，注意振荡的含义没有解释，注意离散和注意振荡的关系也没有给出来，对理解不方便。

回应：针对审稿专家的意见，我们重新思考了题目。本研究的结果是 V1 或更高脑区可能在注意振荡中起作用。实验通过同眼、异眼的操纵改变了单眼视觉通路在注意振荡中的作用。如前言中“视觉通路的解剖特性”所述，双眼信息汇聚正是发生在 V1 区域。所以，同眼、异眼的操纵的确是在探讨 V1 在注意振荡中的作用。与本文的逻辑相似，前人含同眼、异眼设置的研究也同样将标题定位“初级视觉皮层在注意捕获中的作用”(Zhaoping, 2008)。基于此，我们采用了这个题目，请审稿专家指正。

意见 3：讨论部分，注意振荡是否基本能等同于行为上的正确率振荡？如果不是的话，对于本研究的结果，虽然在实验 2 中，同眼和异眼条件下的行为振荡模式在正确率这个维度是一样的，但是因为研究中因为没有测量反应时指标，并不能认为在这个情况下，两个条件下的振荡模式完全一样。所以逻辑上讲，有可能在反应时维度上，振荡模式不一样。所以并不能严谨地排除注意振荡发生在 V1 双眼整合前的可能性。而且并不能说明这个整合就在 V1，有可能是 V1 后面的任何区域。

回应：1) 根据审稿专家指出的问题，我们在正文中补充了注意振荡的含义。本研究采用的范式、正确率分析指标、频域分析方法参照了注意离散性领域的经典研究(Landau & Fries, 2012; Fiebelkorn, Saalmann, & Kastner, 2013; Dugué Marque, & VanRullen, 2015; Dugué Roberts, & Carrasco, 2016)。实验中，靶刺激很微弱，被试在 3s 内完成一个 4AFC 任务：判断靶刺激的位置（即，靶刺激出现在光栅的哪个方位）。若 3s 内被试仍不按键报告，则呈现红色提示语“左下、右下、左上、右上”，让被试猜测刚才靶刺激出现在光栅上的哪个方位，

直至被试按键，该试次结束。被试仅需要尽量准确的按键，不需要考虑反应速度。上述前人研究及本研究，均不要求被试快速按键，所以实验结果中反应时并不适合作为注意振荡的量化指标。另外，也有单独以反应时间作为注意振荡的研究(Song, Meng, Chen, Zhou, & Luo, 2014; Huang, Chen, & Luo, 2015)，但是此时他们的任务很简单，如判断图形是圆形还是方形，被试的正确率可以达到 98%，要求被试尽量快速准确判断，此时反应时更能反映被试的注意和知觉状态。基于此，本研究仅以正确率作为分析指标，考察各种条件下注意振荡的模式。

2) 本研究只是初步的探索，结果确实不能说明是 V1 区的双眼视觉通路还是更高级的脑区，对这一重要问题的解决可能需要单细胞记录、脑损伤等研究结果的支持，我们在未来研究中会进一步考察这一问题。

意见 4: 摘要部分，注意振荡的含义没有解释，注意离散和注意振荡的关系也没有给出来，对理解不方便。

回应: 针对审稿专家指出的问题，我们进行了补充注意振荡的含义及其与注意离散性的关系。

意见 5: 引言部分的同眼、异眼没有解释，稍微有点突兀。

回应: 引言部分第三段介绍了视觉解剖通路的基本特征、单眼视觉通路、双眼视觉通路，而后介绍了利用该特性，通过同眼、异眼操作以考察 V1 在各种认知过程中的作用的研究，引言最后一段中给出了本研究中同眼、异眼条件是如何操作的以及各自的预期，请审稿专家指正。

意见 6: 实验 1 和实验 2 的性别比例失衡，有没有可能对结果有影响？

回应: 实验 1 (男 3 名，女 13 名)和实验 2(男 5 名，女 11 名)确实存在被试性别比例失衡的情况，而目前，注意振荡领域还未有研究显示男性和女性的差异，但这确实是需要考虑的问题，我们在以后的研究中会注意被试男女数量平衡。

意见 7: 2.1.5 实验流程部分，阈值测量描述应该放在前面。并且在描述阈值测量时，同时该写上靶刺激在程序开始时的初始值。同时这里没有交代清楚为什么在 4 选 1 任务中选取 50% 作为阈值线（一般选 75%）。

回应: 根据审稿专家的意见，也为了便于读者理解，我们在实验流程介绍部分补充了参考的两篇重要文献。原因如下：landau & Fries(2012)、Fiebelkorn, Saalman, & Kastner(2013)的研究中均选择的 50%作为阈值线，他们都稳定的观测到注意振荡；其次，我们的另一项研究，比较了 50%、75%阈值时的注意振荡，发现 50%时可以更好地观测到注意振荡模式，因此我们采用了 50%的阈值线。

意见 8: 实验 1 中被试要完成的 1600 试次需要交代怎么计算出来的，以方便理解。

回应：根据审稿专家的意见，我们对试次数目进行了补充说明。

意见 9：结论部分，结论顺序应该调换一下，第三个结论 4 择 1 任务能探测注意振荡应该是结论一和二的前提。

回应：根据审稿专家的意见，我们调换了结论顺序。

意见 10：图示部分注解详细点更好，如图 1B 的纵坐标没有给出算法和解释。

回应：针对审稿专家的意见，我们补充了图 1B、图 3A 纵坐标的算法。

第二轮

审稿人 2 意见：文章修改基本满意，同意发表，谢谢！

审稿人 3 意见：作者已经回复了所有问题。建议发表。

编委意见：同意发表。

主编意见：本研究基于人类视觉通路的解剖特性，结合双眼分视技术，采用高时间分辨率的线索靶子范式，探讨了注意振荡发生的神经节点。实验设计得当，数据分析合理，结果恰当可靠。并且，作者根据三位专家的审稿意见，已经非常有效地修改了文章在逻辑和表述上存在的一些问题。经过修改，文章逻辑思路更加清晰，表述更加恰当。建议发表。