

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：神经振荡影响快速言语识别的时间瓶颈

作者：高雅玥（通讯作者）；范家宁；王茜；邓丽芳

第一轮

审稿人意见：

意见 1：本论文主要提出“alpha 振荡速率影响快速言语识别的行为表现”的研究构想。论文从现有关于顶枕叶的 alpha 频段神经振荡频率影响视觉上的时间分辨率引入研究问题，根据现有研究中神经振荡对言语刺激的节律相应的相关证据作为此理论的相关背景，提出了三个的研究构想来证明 alpha 神经振荡的频率对快速言语识别的行为表现的影响。该研究构想具备较为清晰的科学问题，研究方案具备可操作性，若实验顺利确实可以一定程度上证明科研问题。然而关于本研究构想的背景，以及根据其背景所提出的科学假设和实验设计，评阅人存在一些异议，希望作者可以在参考评阅人意见后对论文进行修改。

回应：感谢审稿人对文章的积极评价，感谢审稿人提出了很多建设性意见。我们对这些意见逐一进行了修改。文章中修改部分已标蓝。

意见 2：为何是 Alpha 神经振荡？现有关于 alpha 影响视知觉时间分辨率的理论，其基于的一个假设是 alpha 频段神经振荡是视觉加工区域最主要的神经振荡形态。然而对于听觉区域和语言加工区域来说，alpha 频段神经振荡的并非是特别突出的神经振荡。现有证据也表明，在听觉加工过程中，alpha 神经振荡并不能如在视觉。

回应：感谢审稿人指出的问题。我们首先增加了详细描述来说明 alpha 振荡频率的影响不仅限于视觉加工过程，也影响了如视听整合等多感觉通道过程，说明 alpha 振荡对时间分辨率的影响应该是各感觉通道共有的机制。此外，我们还总结了一些 alpha 振荡对听觉调控的相关研究。这些内容插入在在国内外研究现状部分 2.1 的最后段落：

“特别要说明的是，alpha 振荡速率对时间分辨率的影响不仅限于视觉过程。如上所述，视听整合的阈限时间也与 alpha 振荡的周期时间有关(Cecere et al., 2015)。这意味着，alpha 振荡的影响可能不仅限于知觉过程，而是涉及到更高级的识别整合过程。那么，各感觉通道，包括听觉通道，其时间分辨率都会受到 alpha 振荡的调控。此外，已有研究也表明，听觉通道的识别过程也会受到 alpha 振荡的影响。比如，alpha 振荡的相位会影响听者在噪音下的声音识别(Neuling et al., 2012)，或影响听者对不同声音信号的差异辨别(Hansen et al., 2019)。又比如，alpha 振荡会帮助连续言语信号的分割过程(Shahin & Pitt, 2012)，从而为言语识别打好基础。因此，言语识别的时间瓶颈很可能也取决于 alpha 振荡的速率。”

意见 3：现有研究不能为 alpha 神经振荡参与快速语言加工提供证据。作者提到“已有研究表明，大脑快速言语识别的时间瓶颈约为每秒 8-12 个音节（字）(Dupoux & Green, 1997; Vagharchakian et al., 2012; Borges et al., 2018)”，然而通过查阅作者引述的文献，并未有明确的结论说明时间瓶颈确实是在每秒 8-12 个音节。另外，作者提到“现有的研究证据大多支持 alpha 振荡的调控并不基于初级感觉过程的“并给出的理由之一是“研究者发现当言语刺激的音节速率维持在 4.5Hz 的水平上时，初级听皮层反应会同步提升；但当音节速率提

升到 6.5Hz 的水平上时，并未观测到听皮层反应在对应频率的同步提升 (Teng et al., 2017; Assaneo & Poeppel, 2018; Teng & Poeppel, 2020)”，然而这样的证据所提出的可能性并不是“alpha 振荡的调控是在高级感觉过程”，而更有可能是的语言加工使用的是 theta 频段 (3-8Hz) 的神经振荡，而不是 alpha 频段 (8-13Hz)。

回应：感谢审稿人指出的问题。我们对这两部分进行了分别修改。

首先，我们将这“8-12 字/秒的时间瓶颈”表达地更严谨，并增加了新的关于快速言语音节频率的参考文献(Ghitza & Greenberg, 2008)。具体改为：“自然语速约 2-5 字/秒，而大脑最快可以识别约 3 倍语速的快速言语(Dupoux & Green, 1997; Ghitza & Greenberg, 2009; Vagharchakian et al., 2012; Borges et al., 2018)。即是说，言语识别的时间瓶颈约为每秒 8-12 个音节 (字)，恰好与 alpha 振荡的频率区间相重合。”。

然后，对于“研究者发现当言语刺激的音节速率维持在 4.5Hz 的水平上时，初级听皮层反应会同步提升；但当音节速率提升到 6.5Hz 的水平上时，并未观测到听皮层反应在对应频率的同步提升 (Teng et al., 2017; Assaneo & Poeppel, 2018; Teng & Poeppel, 2020)”这个描述，的确不能很好地支持“alpha 振荡的调控并不基于初级感觉过程的”。我们已将其删除。

此外，我们也增加了关于 alpha 振荡参与听觉和言语知觉的相关研究，详见上一个回答。

意见 4: 研究一中为何不进行被试内“快速言语识别的时间瓶颈与 alpha 振荡频率的一致性”的研究？作者在前文引用的大量文献不仅进行了如作者在“研究一”中提出的被试间设计，也进行了被试内 alpha 振荡频率和行为表现的研究，如 Cecere et al., 2015; Samaha & Postle, 2015; Ronconi & Melcher, 2017; Shen et al., 2019。

回应：感谢审稿人的建设性建议。我们在研究一增加了子实验二来探讨被试内 alpha 振荡频率如何影响行为表现，具体如下：

“研究一的子实验二考察大脑 alpha 振荡的频率是否能时时预测言语识别的时间瓶颈。即是说，在每个被试内，试次前的 alpha 振荡频率应可以预测该试次的行为结果。对于每个被试，在其阈限语速进行多试次实验，检测其言语识别正确率。根据其行为结果将不同试次分为不同正确率的几组，分别计算并比较各组试次前的 alpha 振荡频率。子实验二想考察，是否行为成绩约好的试次，其 alpha 振荡的频率就越快。研究一的两个实验都希望证实 alpha 振荡的速率与被试快速言语识别的时间瓶颈一致。”

意见 5: 研究二的子实验二提出的“视觉通道诱发的 alpha 振荡是否也可以调控听觉通道的快速言语识别？”与本研究构想提出的科学问题是否有直接相关？

回应：感谢审稿人的意见。我们已经删除了“视觉通道诱发 alpha 振荡”相关部分。同时，为了实验间的递进性，我们将研究二的两个子实验顺序调整为“子实验一：听觉纯音诱发的 alpha 振荡频率对行为表现的调控”和“子实验二：经颅电刺激 alpha 振荡不同频率对行为表现的调控”。具体如下：

“研究二的子实验一想探究，操控被试的 alpha 振荡频率，是否可以调控快速言语识别的行为表现。具体来讲，子实验一在 10 Hz 的快速言语前，使用听觉纯音操控被试的 alpha 振荡频率，呈现更快 (12 Hz) 或更慢 (8 Hz) 频率的纯音，并测试被试对快速言语的识别成绩。子实验一想考察更快的 alpha 振荡 (12 Hz) 是否帮助言语识别，使其行为表现更好？子实验一希望证实，改变 alpha 振荡频率的确可以调控快速言语识别的行为表现。在子实验一的基础上，研究二的子实验二进一步考察 alpha 振荡频率如何从高层级调控快速言语识别的行为表现。子实验二使用经颅电刺激来诱发 alpha 振荡，……”

意见 6: 研究三的实验假设和实验设计不清晰，并未详细说明相关实验设计的具体内容，也

并未提出所期待的结果，以及结果是如何帮助我们解决科学问题的。另外，研究构想中提出的“用更快（12 Hz）或更慢（8 Hz）频率的纯音操控被试的 alpha 振荡频率”，与使用“时间响应函数解码对言语信号的神经表征”存在冲突：刺激前的纯音频率会影响刺激后的时间响应函数（TRF）。

回应：感谢审稿人的意见。我们补充了研究三的实验假设和实验设计。此外，我们也更改了用不同频率纯音诱发 alpha 振荡频率的实验设计，具体如下：

“研究三将在神经层面探讨 alpha 振荡如何影响大脑对快速言语的加工过程。同之前的研究，研究三同样使用 10 Hz 的快速言语刺激，记录被试对言语的识别成绩。同时，研究三使用脑磁图记录被试对言语信号的神经响应，并使用时间响应函数解码言语信号的神经表征。将所有试次随机分为两集合，作为训练集和测试集。对于训练集的各试次，根据试次前 alpha 振荡的快慢，分为高频组和低频组，并训练分类器对不同组别的神经表征进行分类。接下来，用训练好的分类器将测试集试次根据其神经表征进行再分组，考察两组的言语识别成绩是否有差异。研究三想探寻：1) 神经表征过程如何受 alpha 振荡调控，即 alpha 振荡频率分类的神经表征在波形、峰值、潜伏期等指标上有哪些差异。2) 这种调控是否与快速言语识别相关，即高频 alpha 组对应的神经表征特征，是否可以预测更好的识别成绩。3) 考察这种 alpha 振荡对言语神经表征的调控，在不同脑区是否有所差别。研究三希望说明，alpha 振荡如何影响言语信号的神经编码方式，从而帮助快速言语的识别。”

第二轮

审稿人意见：作者已经按照评阅人要求修改论文，评阅人支持本论文的发表。

编委意见：同意发表