

# 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：老年人声音诱发闪光错觉的大脑静息态低频振幅研究

作者：周衡，何华，于薇，王爱君，张明

## 第一轮

### 审稿人 1 意见：

本研究采用静息态功能性磁共振成像技术来考察声音诱发闪光错觉这种听觉主导效应的认知神经机制，发现静息状态下额上回和额中回的低频振幅与老年人声音诱发闪光错觉这种现象有着密切的关系。研究具有一定的创新性和实际意义，但目前本文还存在以下问题：

**意见 1：**语句不通顺。引言第一段：根据统计最优理论，大脑在多个感觉通道信息的加工过程中，能够根据感觉通道信息的可靠程度，决定各感觉通道信息在多感觉整合中的所占比例，因此在某些情况下，一个感觉通道的信息会被优先加工而产生主导性地位，即出现感觉主导效应。产生感觉主导性地位，不是很恰当。引言第二段：Cecere, Rees 和 Romei(2015)的研究发现，个体  $\alpha$  频率(individual alpha frequency, IAF)峰值和错觉时间窗的大小之间的正相关关系。

**回应：**根据审稿专家的意见，我们对引言第一段的这两部分内容进行了修改，见正文 p1\_L20-23 和 p2\_L9-10（红色字体标注）。

**意见 2：**引言第二段提到“一些研究考察了刺激的大小、形状、对比度以及闪光与声音的相对位置等自下而上的因素”。这些研究得出的结论是什么，结论是否一致？并没有在下文中做出任何阐述，建议进行补充。

**回应：**首先，根据审稿专家的意见，我们对引言第二段的这两部分内容进行了补充（见正文 p1\_L29-33，红色字体标注）。其次，这些研究的结果之间较为一致，这点也在该现象的提出者 Shams 等人的研究中提及到，也就是说这些自下而上的因素虽然能够影响闪光错觉效应的错觉量大小，但是这种声音诱发闪光错觉的效应依然稳定存在(Shams et al., 2000; Shams, Ma, & Beierholm, 2005)。

**意见 3：**引言第四段提到“裂变错觉发生在初级视觉皮层区域，并且激活效应量的大小与视觉闪光和听觉声音刺激间的时间间隔存在显著相关”。这里的相关是正相关还是负相关呢，请在文章中说明清楚。同样的问题在文章其他段落也存在，请作者进行核对并补充。

**回应：**感谢审稿专家指出的问题，针对这句话的表述确实存在问题导致对这句话的理解出现偏差。我们想要表达的意思是通过 retinotopic mapping 的方法记录 V1 区域的活动发现声音诱发裂变错觉可以发生在早期的视觉皮层区域。而不是我们原本表达的裂变错觉与初级视觉皮层的活动进行相关分析而得到的正相关或者负相关。对此，我们在正文中进行了修改（见正文 p3\_L1-5）：“Watkins 等人(2006)通过视网膜皮层映射图(retinotopic mapping)的方法考察了声音诱发裂变错觉是否可以发生在早期的视觉皮层区域。结果表明，声音改变了被试知觉，反映的是被试的主观知觉而不是物理刺激，并发现视觉双闪光错觉在 V1 皮层有着更高的激活水平(Watkins, et al., 2006)。相反，他们关于融合错觉的研究发现，错觉性视觉闪光在 V1 皮层有着更低的激活水平(Watkins, Shams, Josephs, & Rees, 2007)”。

**意见 4:** 被试部分提到“基于系列相关研究中报告的效应量及期望的功效值(0.8)所计算的样本量(计算软件采用 Gpower\_3.1.7), 研究计划样本量为 16”。这里请详细报告下效应量的值和参考文献。

**回应:** 基于系列相关研究中一般采用的中等效应量  $d = 0.5$ (温忠麟, 范息涛, 叶宝娟, 陈宇帅, 2016)及期望的功效值(0.8)对样本量进行计算(计算软件采用 Gpower\_3.1.7), 研究计划样本量为 10 人, 而本研究老年被试群体和年轻被试群体各选用 50 名被试, 能够保证研究中的效应量大小。行为数据分析进行的  $F$  检验和  $t$  检验显著时都有列出效应量大小, 即  $t$  检验的 Cohens'  $d$  值和  $F$  检验的  $\eta_p^2$  值 (见正文 p)。

**【参考文献】:**

郑昊敏, 温忠麟, 吴艳. (2011). 心理学常用效应量的选用与分析. 心理科学进展, 19(12), 1868-1878.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Dunlop, W. P., Cortina, J. M., Vaslow, J. B., & Burke, M. J. (1996). Meta-analysis of experiments with matched groups or repeated measure designs. *Psychological Methods*, 1, 170-177.

Rosenthal, R. & Rosnow, R. L. (1991). *Essentials of behavioral research: Methods and data analysis* (2nd ed.). New York: McGraw Hill.

**意见 5:** 实验设计和流程部分, 作者描述实验共分为 6 种条件, 但图 1 行为实验刺激示意图中却是 8 种条件。此外, 作者只提到共 480 个试次, 具体每种条件多少试次? 不同条件的呈现顺序是怎么样的, 是随机呈现吗? 这些作者都没有说明。作者在实验描述时, 提到“实验程序如图 1 所示, 每个试次中, 第一个视觉闪光刺激与第一个听觉声音刺激同时呈现”, 这句话描述不准确, 有两种条件 (F1, F2) 是没有声音刺激的。总之, 实验设计和流程部分描述的比较混乱, 不够清晰。

**回应:** 非常抱歉给审稿专家造成的困扰, 由于我们工作的失误导致在流程图解中条件多画了两种条件(B1 和 B2), 对此, 我们进行了修改, 详见正文方法部分。关于实验设计和流程部分也进行了重新梳理: 实验一共涉及 6 种实验条件, 2 (视觉闪光刺激: 1 vs.2)  $\times$  3 (听觉声音刺激: 0 vs.1 vs.2), 即 F1、F2、F1B1、F1B2、F2B1 和 F2B2。每种实验条件下 80 个试次, 一共 480 个试次(每个 block 有 120 个试次, 共 4 个 block, 每个 block 间被试可进行休息)。6 种实验条件下的刺激在实验中随机呈现, 试次间的时间间隔以 100ms 为步长从 400ms 到 700ms 随机。在 F1B1、F1B2、F2B1 和 F2B2 条件下, 第一个听觉声音刺激与第一个视觉闪光刺激的开始时间相同, 听觉声音刺激呈现 7 ms, 视觉闪光刺激呈现 17 ms。F2、F2B1 和 F2B2 条件下, 两个视觉闪光刺激的时间间隔为 66 ms; F1B2 和 F2B2 条件下, 两个听觉声音刺激的时间间隔为 76 ms。实验要求被试判断视觉闪光刺激的个数, 而忽略听觉声音刺激。详见文中方法部分 (p4-p5, 红色字体标注)。

**意见 6:** 数据采集部分, 静息态的数据采集了多长时间?

**回应:** 静息态数据采集的 TR 为 2 s, 一共采集了 200 张图像, 因此用时为 2 s  $\times$  200 = 400 s。

**意见 7:** ALFF 与错觉量的相关分析部分提到, 以年龄作为协变量, 对平均 ALFF 值与行为实验错觉量结果进行相关分析, 这里的相关应该是偏相关。同时, 本研究中的偏相关该怎么解释? 是年龄会对脑区自发激活和错觉量有影响所以做了控制吗? 如果是, 请列举一下参考文献, 并做一定的说明。

**回应:** (1) 偏相关分析是指当两个变量同时与第三个变量相关时, 将第三个变量的影响剔除, 只分析另外两个变量之间相关程度的过程。在本研究中, 以年龄作为协变量, 对平均

ALFF 值与行为实验错觉量结果进行相关分析考虑到的是年龄可能会影响大脑自发低频波动振幅（ALFF）和声音诱发闪光错觉的错觉量，所以将年龄进行了控制来看 ALFF 与声音诱发闪光错觉的相关程度（参考文献如下所示）。在静息态功能磁共振成像研究中，常常将年龄作协变量进行相应分析，如罗扬眉等人(2015)对幸福感的静息态功能磁共振成像低频振幅的研究，以中国人幸福感量表的得分为自变量，以 ALFF 值为因变量，采用全脑的 mask，进行多重回归分析。同时，将性别、年龄和头动平均 FD 值纳入协变量，以剔除这些因素对结果的影响(罗扬眉, 李宝林, 刘杰, 毕重增, 黄希庭, 2015)。

【参考文献】：

Pan, Liu, Yang, Gu, Yin, Chen. (2016). The neural basis of trait self-esteem revealed by the amplitude of low-frequency fluctuations and resting state functional connectivity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(3), 367–376.

Wang, Chen, Yang, Liu, Deng, Chen. (2016). Individual differences in the attentional blink: Evidence from the Amplitude of low-frequency fluctuations in non-blinkers and blinkers. *Biological Psychology*, 114, 33–38.

Lei et al., (2017). A resting-state fMRI study in borderline personality disorder combining amplitude of low frequency fluctuation, regional homogeneity and seed based functional connectivity. *Journal of Affective Disorders*, 218(15), 299–230.

Li, Liu, Yin, Yang, Gui, Wei, Wang. (2014). Frequency-dependent changes in the amplitude of low-frequency fluctuations in subcortical ischemic vascular disease (SIVD): A resting-state fMRI study. *Behavioural Brain Research*, 274, 205–210.

Luo, Li, , Liu, Bi, Huang. (2015). Amplitude of low-frequency fluctuations in happiness: A resting-state fMRI study. *Chinese Science Bulletin*, 60(02), 170–178.

(2) 为了确定年龄是否会对 ALFF 与声音诱发闪光错觉的相关有影响，我们进行了不将年龄作为协变量进行 ALFF 与声音诱发闪光错觉的相关分析，结果对比如下。可以发现，对于 F1B2 和 F2B1 条件下有无年龄作协变量相关分析的脑区结果相似，但在 F2B1 条件下是有差异的（表中标蓝），因此年龄可能在一定程度上影响了相关结果，因此本研究将年龄作为协变量进行了偏相关分析。

表 S1 老年人 F1B2 和 F2B1 条件下有无年龄作协变量相关分析的脑区结果

F1B2				F2B1			
年龄作为协变量		年龄不作协变量		年龄作为协变量		年龄不作协变量	
Peak MNI coordinate	structure	Peak MNI coordinate	structure	Peak MNI coordinate	structure	Peak MNI coordinate	structure
-27 51 0	Frontal_Sup_L (aal)	-27 51 0	Frontal_Sup_L (aal)	42 -66 -42	Cerebelum_Crus2_R (aal)	42 -66 -42	Cerebelum_Crus2_R (aal)
				-54 -36 -21	Temporal_Inf_L (aal)	-54 -36 -21	Temporal_Inf_L (aal)
				-18 -66 -3	Lingual_L (aal)	0 -60 -6	Vermis_4_5 (aal)
				-54 24 33	Frontal_Inf_Oper_L (aal)	54 6 12	Rolandic_Oper_R (aal)
				-18 -66 21	Occipital_Sup_L (aal)	-54 24 33	Frontal_Inf_Oper_L (aal)
				42 30 18	Frontal_Mid_R (aal)		

意见 8：核磁数据 ALFF 指标计算部分，存在描述不专业和不够严谨的问题，如下：voxel-voxel 建议改为 voxel-wise。ALFF 与错觉量的相关分析部分提到，F2B1 条件下，做

alphasim 矫正, Cluster size > 126mm<sup>3</sup>, 126mm<sup>3</sup> 大约只有 5 个 voxel, 这里应该是 126voxels 吧? 请作者核对清楚。图 4 的文字描述部分, F2B1 条件下, cluster 的大小是 129voxels, 跟前面的 126 也不一致。文中还有其他类似问题, 请作者自己仔细核对检查。

回应: 感谢审稿专家指正的问题, F2B1 条件下, 做 alphasim 矫正, Cluster size > 126mm<sup>3</sup>, 126mm<sup>3</sup> 大约只有 5 个 voxel, 这样描述是我们的失误, 是大于 126mm<sup>3</sup> 的有 5 个 cluster, 对此我们深表歉意。

我们对数据进行了重新的分析和整理, 结果发现, F1B2 条件下, 当 cluster size > 127 voxels, 个体 voxel cluster  $p < 0.05$  时, 校正后的显著性水平为  $p < 0.05$ , 发现了显著性的脑区; F2B1 条件下, 当 cluster size > 132 voxels, 个体 voxel cluster  $p < 0.05$  时, 校正后的显著性水平为  $p < 0.05$ , 发现了显著性的脑区。最后将与 F1B2 和 F2B1 错觉量相关的脑区分别在 DPABI-VIEW (Yan et al., 2016) ch2bet 提供的模板上进行显示, 所有显著相关均以 MNI 坐标表示。正文中图 3(A)结果显示, F1B2 错觉量和左侧额上回(Frontal\_Sup\_L)区域呈显著正相关( $R=0.55$ ,  $p < 0.001$ ) 图 3(B)。图 4(a)结果显示, F2B1 错觉量和左岛盖部额下回(Frontal\_Inf\_Oper\_L), 以该区域为例相关性水平( $R=0.40$ ,  $p < 0.004$ )见图 4(B)、右侧额中回(Frontal\_Mid\_R)、左侧颞下回(Temporal\_Inf\_L)呈显著正相关, 与左侧枕上回(Occipital\_Sup\_L)、左侧舌回(Lingual\_L)、右侧小脑区(Cerebellum\_Crus2\_R)呈显著负相关。

意见 9: 讨论部分第三段提到“脑成像的结果表明, 额上回、额中回以及颞中回在声音诱发闪光错觉效应中存在不同程度的激活, 这与前人的研究结果一致”。本文 fMRI 扫描的是静息态, 此时被试并没有做任何任务, 这里描述却说额叶在声音诱发闪光错觉效应中存在激活, 略有不妥。讨论部分第六段“本研究发现在产生听觉主导效应时会伴随中央后回(Postcentral)的激活”这句话也存在同样的问题。

回应: 感谢审稿专家指出的问题, 我们对此的表达确实存在不严谨。根据审稿专家的意见, 我们将此改为**声音诱发闪光错觉与这些脑区存在显著相关**。此外, 我们对全文中同样问题的地方均进行了修改。

意见 10: 讨论部分最后一段“静息态 fMRI 研究不会受实验任务的制约和影响, 能够有效地测量到大脑的自发神经元活动, 而 ALFF 作为静息态研究常用的可靠指标, 通过计算整个大脑各体素低频振幅的大小, 表示各体素的 BOLD 信号的强度, 从能量代谢的角度反映静息状态下神经元自发活动水平的高低, 在老年人认知功能的神经机制研究中具有一定的优越性”。这段话放在这里很奇怪, 这一段一直在讲中央后回的功能, 突然转到静息态 fMRI 和 ALFF 指标, 跟前面的内容完全没有关联, 很突兀。建议放到前面引言部分去, 通过论述静息态 fMRI 以及 ALFF 指标, 来证明本研究作者选用该技术和指标是合理可靠的。

回应: 根据审稿专家的建议, 我们将对此问题进行了修改, 见正文引言部分最后一段 p3\_L9-30。

意见 11: 本研究的被试群体是女性被试, 但结论却是“大脑静息状态下额上回和额中回的 ALFF 与老年人声音诱发闪光错觉这种听觉主导效应有着密切的关系”。把结论拓展到整个老年人群体, 不太准确。作者是否查阅过相关文献, 老年人在听觉主导效应上是否存在性别差异, 以及神经机制是否有所不同?

回应: 目前关于声音诱发闪光错觉这类听觉主导效应没有做性别差异的, 因此我们无法得知是否存在差异, 但是针对我们对于年轻群体的声音诱发闪光错觉效应的研究并未发现性别差异。鉴于研究的严谨性, 我们将论文的结论重新进行了修改, 即“声音诱发闪光错觉这种听觉主导效应的大脑静息态低频振幅存在年龄效应的个体差异, 即老年被试群体和年轻被试群

体的错觉量与不同脑区的大脑静息态低频振幅存在相关。”（见正文结论部分 p13\_L7-8）。

.....

**审稿人 2 意见：**

研究首次采用静息态功能性磁共振成像技术的低频振幅(ALFF)考察老年人声音诱发闪光错觉这种听觉主导效应的神经机制，为声音诱发闪光错觉效应的神经机制提供了来自静息态功能磁共振的证据。研究问题具有意义，研究方法合理，研究结果可靠。问题：

**意见 1：**行为结果的最后一句话，依据 Cohen 提出对 d 值效果量大小的判断标准， $d=0.2$ 、 $d=0.5$  和  $d=0.8$  分别对应于小、中、大的效应量。因此，简单效应分析结果表明，在各听觉声音刺激个数条件下，知觉到的闪光个数的正确率都有显著差异，并且效应量较大。这句话要说明什么问题？

**回应：**根据审稿专家的意见，我们对此部分内容进行了修改：依据 Cohen 提出对 d 值效果量大小的判断标准， $d=0.2$ 、 $d=0.5$  和  $d=0.8$  分别对应于小、中、大的效应量。本研究的简单效应分析的结果显示，在各条件下得出的 Cohen d 值均大于 0.8，因此本研究存在显著的裂变错觉和融合错觉效应，且结果可靠(见正文 p6\_L18-20)。

**意见 2：**图 4(a)F2B1 条件下 ALFF 与错觉量有显著相关的脑区中既有正相关又有负相关，但在结果描述中并没有说明正负相关，以及不同的相关表明了什么问题？

**回应：**根据审稿专家的建议，我们将图 4(a)F2B1 条件下 ALFF 与错觉量有显著相关的脑区的结果标注了相关的正负：图 4(a)结果显示，F2B1 错觉量和左岛盖部额下回(Frontal\_Inf\_Oper\_L)、右侧额中回(Frontal\_Mid\_R)、左侧颞下回(Temporal\_Inf\_L)呈显著正相关，与左侧枕上回(Occipital\_Sup\_L)、左侧舌回(Lingual\_L)、右侧小脑区(Cerebellum\_Crus2\_R)呈显著负相关。正相关表明，该区域的低频振幅越强，错觉量越大；负相关表明该区域的低频振幅越强，错觉量越小。

.....

**审稿人 3 意见：**

本文探讨了老年人与声音诱发的闪光错觉与全脑的静息态低频振幅的相关，发现两种不同类型的错觉分别与左侧额上回激活和右侧额中回激活呈显著正相关，表明大脑静息状态下额上回和额中回的 ALFF 与老年人声音诱发闪光错觉这种听觉主导效应有着密切的关系。但是我认为文章存在着一些重要的问题妨碍了对结果的解读。主要问题：

**意见 1：**研究设计上，没有设置年轻人的对照组，只有老年人的静息态结果，使得得到的结果无法直接与年轻人进行对比。而且在静息态分析时，不知出于何种考虑，作者将年龄作为协变量控制，似乎也无法揭示随着年龄增长带来的神经活动的变化。

**回应：**（1）为了更好地说明老年被试群体静息态低频振幅与声音诱发闪光错觉的关系，我们增加了一组 50 人的年轻被试群体（17-27 岁）。将两组被试群体的差异在行为层面和静息态低频振幅层面均进行了比较。行为结果发现，两组被试在裂变错觉(F1B2)和融合错觉(F2B1)效应（见下图 S1）上均存在显著差异，表现为相对于比年轻被试群体，老年被试群体的错觉量更大。

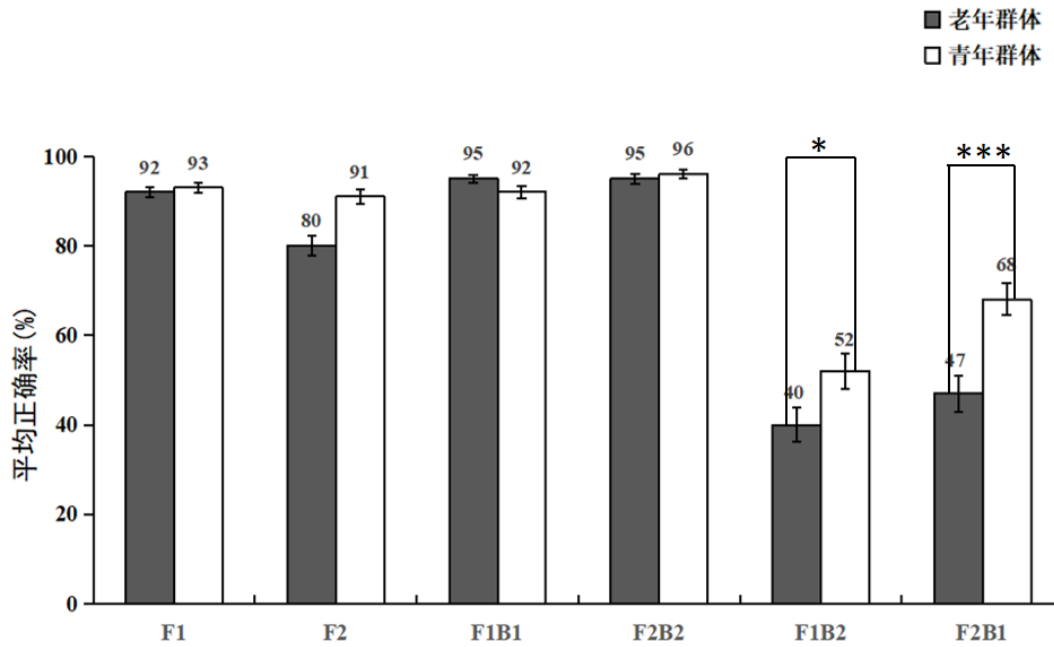
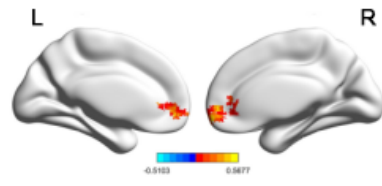


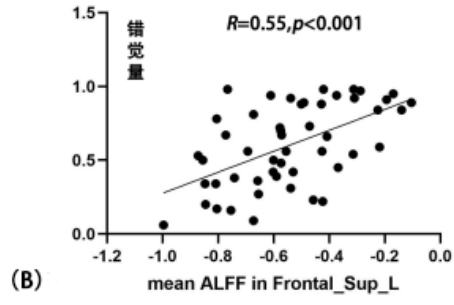
图 S1 两组被试群体行为结果

静息态功能磁共振成像结果发现，对于裂变错觉，老年被试和年轻被试的错觉量与不同的脑区存在显著的相关。老年人之所以存在较大裂变错觉的错觉量主要体现在默认网络的内侧前额叶皮层，表现为内侧前额叶皮层活动越强烈，裂变错觉的错觉量越大。结果表明了，一方面老年人在低注意需求的情况下裂变错觉效应更大(李雨, 舒华, 2014; Raichle, MacLeod, Snyder, Powers, Gusnard, & Shulman, 2001)，另一方面也表明了老年人存在跨通道的促进效应，因此内侧前额叶区域的活动增强可能起到补偿作用(Diaconescu, Hasher, & McIntosh, 2013; Freiherr, Lundstrom, Habel, & Reetz, 2013)。而年轻被试的错觉效应则集中在枕叶相关的脑区，这也与以往的研究较为一致，即裂变错觉是与大脑枕叶的视觉加工区域有关 (de Haas et al., 2012; Mishra et al., 2007; Shams et al., 2001, 2005; Watkins et al., 2006, 2007) (见下图 S2)。对于融合错觉，老年被试和年轻被试的错觉量与不同的脑区存在显著的相关。老年被试之所以存在较大裂变错觉的错觉量主要表现为左外侧额下回、右侧额中回和颞下回的活动越强烈，融合错觉的错觉量越大，这以往的研究结果发现颞中回和额叶区域自上而下的影响反映了被试个体倾向于融合错觉较为一致(Keil, Nadia, Hartmann, & Weisz, 2013)。左侧枕上回和舌回的活动越弱，错觉量越大，这与以往的研究发现初级视觉皮层的活动越弱，融合错觉效应越强相一致(Watkins, Shams, Josephs, & Rees, 2007)。而年轻人则表现在外侧额上回区域活动越强烈，错觉效应越大。融合错觉在不同被试群体间的差异一方面体现在自上而下的认知加工过程中老年被试群体与年轻被试群体的差异导致出现了不同脑区的差异，另一方面也是因为相对于裂变错觉，融合错觉效应更为不稳定(Andersen et al., 2004; Innes-Brown & Crewther, 2009; Shams et al., 2000)，且更为容易受到被试在视觉加工层面上的个体差异影响(Mishra et al., 2008; Shams & Kim, 2010)，因此在不同的脑区呈现除了相关(见下图 S3)。详见文中方法与结果部分。

老年被试

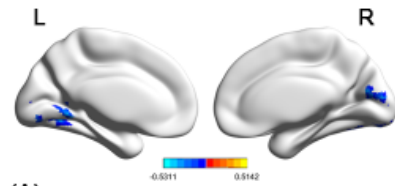


(A)

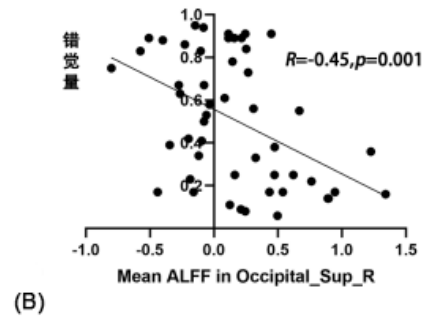


(B)

青年被试



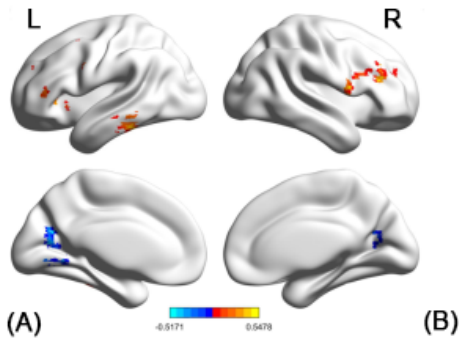
(A)



(B)

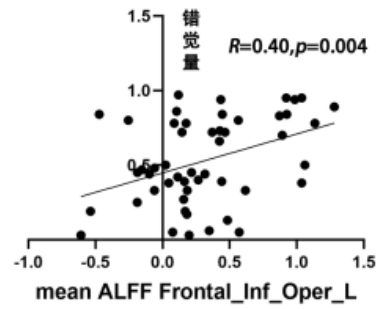
图 S2 ALFF 值与裂变错觉(F1B2)的相关分析

老年被试

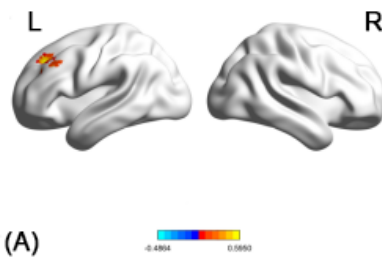


(A)

(B)



青年被试



(A)

(B)

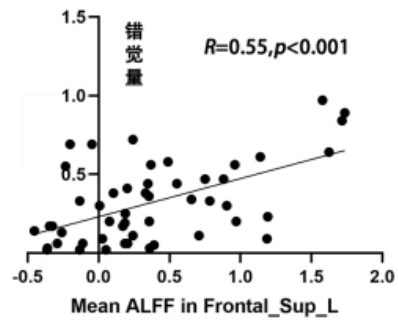


图 S3 ALFF 值与裂变错觉(F2B1)的相关分析

(2) 在本研究中老年被试群体年龄是 50-69 岁，以年龄作为协变量，对平均 ALFF 值与行为实验错觉量结果进行相关分析考虑到的是年龄可能会影响大脑自发低频波动振幅(ALFF)和声音诱发闪光错觉的错觉量，所以将年龄进行了控制来看 ALFF 与声音诱发闪光错觉的相关程度(参考文献如下所示)。在静息态功能磁共振成像研究中，常常将年龄作协变量进行相应分析，如罗扬眉等人(2015)对幸福感的静息态功能磁共振成像低频振幅的研究，以中国人幸福感量表的得分为自变量，以 ALFF 值为因变量，采用全脑的 mask，进行多重回归分析。同时，将性别、年龄和头动平均 FD 值纳入协变量，以排除这些因素对结果的影响(罗扬眉, 李宝林, 刘杰, 毕重增, 黄希庭, 2015)。本研究结果对比如表 S1。可以发现，对于 F1B2 和 F2B1 条件下有无年龄作协变量相关分析的脑区结果相似，但在 F2B1 条件下是有差异的(表中标蓝)，因此年龄可能在一定程度上影响了相关结果，因此本研究将年龄作为协变量进行了偏相关分析。

表 S1 老年人 F1B2 和 F2B1 条件下有无年龄作协变量相关分析的脑区结果

F1B2				F2B1			
年龄作为协变量		年龄不作协变量		年龄作为协变量		年龄不作协变量	
Peak MNI coordinate	structure	Peak MNI coordinate	structure	Peak MNI coordinate	structure	Peak MNI coordinate	structure
-27 51 0	Frontal_Sup_L (aal)	-27 51 0	Frontal_Sup_L (aal)	42 -66 -42	Cerebelum_Crus2_R (aal)	42 -66 -42	Cerebelum_Crus2_R (aal)
				-54 -36 -21	Temporal_Inf_L (aal)	-54 -36 -21	Temporal_Inf_L (aal)
				-18 -66 -3	Lingual_L (aal)	0 -60 -6	Vermis_4_5 (aal)
				-54 24 33	Frontal_Inf_Oper_L (aal)	54 6 12	Rolandic_Oper_R (aal)
				-18 -66 21	Occipital_Sup_L (aal)	-54 24 33	Frontal_Inf_Oper_L (aal)
				42 30 18	Frontal_Mid_R (aal)		

【参考文献】：

- Pan, Liu, Yang, Gu, Yin, Chen. (2016). The neural basis of trait self-esteem revealed by the amplitude of low-frequency fluctuations and resting state functional connectivity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(3), 367–376.
- Wang, Chen, Yang, Liu, Deng, Chen. (2016). Individual differences in the attentional blink: Evidence from the Amplitude of low-frequency fluctuations in non-blinkers and blinkers. *Biological Psychology*, 114, 33–38.
- Lei et al., (2017). A resting-state fMRI study in borderline personality disorder combining amplitude of low frequency fluctuation, regional homogeneity and seed based functional connectivity. *Journal of Affective Disorders*, 218(15), 299–230.
- Li, Liu, Yin, Yang, Gui, Wei, Wang. (2014). Frequency-dependent changes in the amplitude of low-frequency fluctuations in subcortical ischemic vascular disease (SIVD): A resting-state fMRI study. *Behavioural Brain Research*, 274, 205–210.
- Luo, Li, , Liu, Bi, Huang. (2015). Amplitude of low-frequency fluctuations in happiness: A resting-state fMRI study. *Chinese Science Bulletin*, 60(02), 170–178.



**意见 2:** 研究结果主要是声音诱发的闪光融合及分裂错觉与 ALFF 的相关。但是，这个相关分析经过全脑检验并校正后，在许多独立的脑区都有显著的相关，如图 3a 和 4a 所示。但是作者又“分别将相关分析显著的左侧额上回激活(Frontal\_Sup\_L)团块和右侧额中回激活(Frontal\_Mid\_R)团块的信号值提取出来，分别与 F1B2 错觉量和 F2B1 错觉量进行相关分析，如图 3(b)和图 4(b)。”。作者从一个相关分析结果中，再继续进行相关分析是什么意思？如果只是着重强调了这两个区域，又是如何从这些脑区中挑选出这两个的？另外相关显著的脑区为什么没有得到重视？

**回应:** (1) 首先，将预处理的图像时间序列经由快速傅里叶变换到频域，得到其功率谱。然后计算功率谱上每个频率的平方根，最后对每个体素在频率为 0.01Hz-0.08Hz 频段的范围内计算均值就得到每个体素在 0.01Hz-0.08Hz 频段的全脑 ALFF 值。然后将全脑 ALFF 值与行为实验错觉量结果进行偏相关分析。最后将与 F1B2 和 F2B1 错觉量相关的脑区分别在 DPABI-VIEW (Yan et al., 2016) ch2bet 提供的模板上进行显示。因此，将值提出来是为了做出相关图。

(2) 之所以选择这两个区域的原因在于，裂变错觉 (F1B2) 来说，进行相关分析的结果发现只有左侧额上回(supper frontal gyrus, SFG)与 F1B2 存在显著相关；对于裂变错觉 (F2B1)来说，显著相关的脑区有 6 个，我们只选择了 cluster 最大的脑区作为了代表与 F2B1 进行了相关分析。

**意见 3:** 文章的主标题“老年人听觉主导效应的认知神经机制”，一方面，听觉主导效应的叙述偏离了声音诱发的闪光错觉的本质，准确的说法应当是“听觉主导的感觉整合”，另一方面，将静息态的研究概括为认知神经机制也显得有些扩大化，同时当前研究的结果只有 ALFF 与行为的相关显得非常单薄（而且存在一定的问题），即使是静息态研究也可以考虑计算诸如 ReHo，脑网络等其它指标。若是从认知神经机制的角度出发，作者是否有收集老年人任务态的数据，或许能提供更多的信息。

**回应:** 根据审稿专家的意见，我们对文章的题目改为“声音诱发闪光错觉效应的个体差异：来自老年人和年轻人静息态低频振幅的研究”，(1) 直接表述“声音诱发闪光错觉效应”而不是“听觉主导效应”；(2) 直接表述为“静息态低频振幅研究”；(3) 我们增加了年轻被试群体的数据。

**意见 4:** 写作格式上，1 引言，2 方法，3 讨论，没有单独成节的结果部分，不太符合一般论文写作规范。引言虽然非常好的综述了关于声音诱发的闪光错觉的现有研究，但是并未能指出本研究的创新性，至少无法看出研究着力于解决什么问题。具体说，现在的版本看不出提供一个老年人静息态的结果对于揭示老年人感觉整合的老化及其机制有何帮助。

**回应:** (1) 针对写作格式上没有单独成节的结果部分是我们的疏忽，对此我们进行了修改。(2) 针对创新性的问题，为了更好地说明老年被试群体静息态低频振幅与声音诱发闪光错觉的关系，我们增加了一组 50 人的年轻被试群体 (17-27 岁)。将两组被试群体的差异在行为层面和静息态低频振幅层面均进行了比较，结果见第一个问题的回复，也详见文中。

**其他问题:**

**意见 1:** 方法部分，作者 100HZ 的屏幕刷新率，如何能够使刺激呈现 17ms? 刺激呈现时间显示屏幕刷新似乎是 60Hz?

**回应:** 非常抱歉，由于我们的失误，显示器屏幕的刷新率我们写错了，现调整为 60Hz。

**意见 2:** 方法部分,“被试被要求在忽略听觉声音刺激的情况下判断视觉闪光刺激的个数并进行按键操作”,此处判断为 1 或 2 迫选,还是自由选择;若为自由选择,是否有其它选项,是如何进行统计的。

**回应:** 实验要求被试判断视觉闪光刺激的个数为 1 或者 2 迫选。

**意见 3:**“结果显示,视觉闪光刺激主效应不显著,  $F(1,49) = 0.41, p = 0.52 > 0.50$ , 听觉声音刺激主效应显著,  $F(2,48) = 64.93, p < 0.001, \eta^2 = 0.95$ , 两者交互作用显著,  $F(2,48) = 126.20, p < 0.001, \eta^2 = 0.68$ 。”“ $> 0.50$ ”是否有误? 第二个  $\eta^2$  比第一个  $\eta^2$  小有一点令人怀疑,请作者再检查一下。

**回应:** 非常抱歉由于我们的失误,  $\eta^2$  在文中的表述存在问题,对此我们在原文进行了修改。

**意见 4:**“说明了对于老年人来说,视觉闪光一下的正确率比视觉闪光两下的正确率高,而 F1B1 与 F2B1 之间存在显著差异”。闪光一下或两下的表述不太像正规论文的表述,建议修改。

**回应:** 根据审稿专家的意见,我们对闪光一下或两下的表述修改为“视觉闪光刺激呈现一次或两次”。

**意见 5:** 图 3a 中显示的脑区与文中描述的“F1B2 错觉量和左侧额上回激活(Frontal\_Sup\_L)团块(还包括右侧额上回、双侧额中回、双侧颞中回、双侧中央后回以及右侧颞下回)呈显著相关”不符。除了图中所示的内侧前额叶的脑区,其它脑区均未有显示。

**回应:** 非常抱歉我们的失误造成了审稿人的费解。我们对所有的结果进行了重新梳理和分析。详见文章结果部分。例如,将全脑的 ALFF 值与 F1B2 错觉量进行相关分析,结果发现老年人的错觉量与内侧前额叶区域存在显著的正相关。

**意见 6:** 讨论部分,“本研究结果中老年被试的裂变错觉量和融合错觉量并没有显著差异。”无显著差异的结果仅仅是根据配对样本  $t$  检验的结果,既没有报告效应量,也没有更多的证据支持显著差异的程度(比如贝叶斯检验)。因此在没有这部分数据支持前,在讨论部分深入讨论这个不显著的结果不是很有必要,也不适宜得到两者没有显著差异的最终结论。

**回应:** (1)对 F1B2 和 F2B1 进行配对样本  $t$  检验之后,结果发现,  $t(49) = 1.36, p = 0.18 > 0.05$ , Cohen's  $d=0.19$ , 说明裂变错觉和融合错觉在错觉量上并没有显著差异。根据审稿专家的意见即使不显著我们也补充了效应量值,即 Cohen'd 值。

(2)此外我们对显著性差异的程度也进行了贝叶斯检验。使用统计软件 JASP 0.9.2 (<https://jasp-stats.org/>) 进行贝叶斯统计,计算零假设和备择假设之间的贝叶斯因子。依据贝叶斯因子 ( $BF_{10}$ ) 决策标准(Wetzels & Wagenmakers, 2012),进一步进行了数据分析(一般以  $BF_{10}>3$ , 或  $BF_{10}<1/3$  为标准)。结果发现,贝叶斯检验的结果与  $t$  检验的结果一致,见下表 S2 和 S3。

贝叶斯因子决策标准	
贝叶斯因子, $BF_{10}$	解释
> 100	极强的证据支持 $H_1$
30 ~ 100	非常强的证据支持 $H_1$
10 ~ 30	较强的证据支持 $H_1$
3 ~ 10	中等程度的证据支持 $H_1$
1 ~ 3	较弱的证据支持 $H_1$
1	没有证据
1/3 ~ 1	较弱的证据支持 $H_0$
1/10 ~ 1/3	中等程度的证据支持 $H_0$
1/30 ~ 1/10	较强的证据支持 $H_0$
1/100 ~ 1/30	非常强的证据支持 $H_0$
< 1/100	极强的证据支持 $H_0$

表 S2 裂变(F1B2)和融合(F2B1)的差异 ( $t$  检验)

Paired Samples T-Test					
		t	df	p	Cohen's d
O--F1B2	O--F2B1	1.36	49	0.18	0.19
Y--F1B2	Y--F2B1	3.44	49	0.001	0.49

Note. O→older, Y→young;

表 S3 裂变(F1B2)和融合(F2B1)的差异 (贝叶斯检验)

Bayesian Paired Samples T-Test				
		$BF_{10}$	error %	
O--F1B2	O--F2B1	0.363	3.116e -6	
Y--F1B2	Y--F2B1	24.504	1.807e -7	

Note. O→older, Y→young;

## 第二轮

### 审稿人 3 意见:

作者在修改稿中非常好地回应了之前提出的问题。特别是作者花费了时间精力补充了年轻人的对照组, 这揭示出更多有意义的结果。但是, 当前的文章中仍然存在一些写作和统计的问题, 具体如下:

**意见 1:** 作者在题目、摘要和引言中没有将自己的研究问题统一起来。修改稿的题目、摘要和结论对于不同年龄群体并无侧重, 只是一般性的强调个体差异, 但是引言的第 3 段重点强调了感觉整合的老化研究及相应的解释, 最后一段也强调了静息态核磁共振技术在认知老化研究中的应用, 讨论也是重点放在老年人群体感觉整合能力变化上。因此, 建议作者修改题目、摘要、结论等相关部分, 使整篇文章的研究问题统一起来。

**回应:** 非常感谢审稿专家的建议, 我们对论文的题目、摘要、结论部分进行了修改, 使其更加侧重于老年人群体感觉整合能力变化。修改稿突出了文章的目的是考察相对于年轻人而

言，老年人声音诱发闪光错觉效应增大，以及裂变错觉和融合错觉增大与大脑静息态自发活动区域的相关，以此从功能性磁共振成像的静息态低频振幅角度出发，揭示老化对声音诱发闪光错觉效应的影响。因此，文章的题目、摘要、引言、结论等相应的内容均进行了修改，详见文中蓝色字体标注。

**意见 2：**引言第 3 段综述了年龄层面的个体差异即感觉整合的老化，在段末指出了研究存在争议，紧接着第 4 段又综述了声音诱发闪光错觉的机制，在第 5 段介绍静息态，并提出了当前的研究问题。但是整体读下来，3、4、5 段之间的逻辑性较弱。首先，第 3 段段末指出的争议，让人误以为作者要解决这个争议，但是实际上这和作者要解决的问题并无直接关联，在引言中是否有必要指出这个争议有待考虑；其次，4 段独立性较强，与前后段缺少必要的逻辑联系，也没有与当前的研究问题结合起来。

**回应：**非常感谢审稿专家的意见。经过认真思考，我们对引言的第 2、3、4 和 5 段的内容进行了调整，形成了第 2、3 和 4 段（文中蓝色字体标注）。具体如下：

**第 2 段：**简要概述了声音诱发闪光错觉效应、影响因素（自下而上和自上而下两类：说明声音诱发闪光错觉效应的稳定性）以及神经机制（全脑多个脑区参与：为文章的问题提出和讨论部分进行铺垫）；

**第 3 段：**主要论述了声音诱发闪光错觉效应的个体差异，特别是从年龄效应的角度，老年人群体与年轻人群体视听觉信息整合乃至声音诱发闪光错觉效应之间的差异（说明了老年人的声音诱发闪光错觉效应增大）；

**第 4 段：**在第 2 和 3 段的基础上提出本研究，并论述了静息态功能性磁共振成像在研究老年人认知加工中的优势。最后提出本研究的目的，采用静息态功能磁共振成像的 ALFF 指标考察老年人声音诱发闪光错觉与大脑静息态自发活动区域的关系，通过与年轻人对比揭示从发展的角度看，老化对于声音诱发闪光错觉的影响及机制。

**意见 3：**方法部分：4 页 4 行“研究计划样本量为 10”？从作者给出的参数，不应该得到 10 的样本量，7 行“年龄介于 17-27 岁(18 男，32 女； $M=2.86, SD=2.17$ )”。另外，从心理学报的格式，结果部分的 3.2 和 3.3，应当放到方法部分静息态的分析中，结果部分只呈现结果。

**回应：**非常抱歉，由于我们的失误，给审稿专家造成的困扰。我们在修改稿中针对这三部分内容进行了补充和更正，具体如下（详见文中，蓝色字体标注）：

① 采用 G\*Power 3.1.9.2 对实验中的样本量进行了计算。采用 2（被试群体：老年人 vs. 年轻人） $\times$ 2（错觉类型：F1B2 vs. F2B1）的重复测量方差分析作为统计检验，设置参数 effect size  $f$  为 0.25，I 类错误的概率  $\alpha$  err prob 为 0.05，检验效能 Power( $1-\beta$  err prob) 为 0.80，计算得到样本量为 34（老年人和年轻人各 17 名）。

② 本研究招募了 51 名老年女性被试，但数据处理过程中将频动超过了 2 mm 或者转动超过了 2° 的被试排除，因此剩余 50 名被试纳入统计分析，年龄介于 50-69 岁( $M=61.78, SD=4.17$ )。为了与老年人的结果进行对比，本研究招募了一批年轻被试群体，年龄介于 17-27 岁(18 男，32 女； $M=20.86, SD=2.17$ )。

③ 根据审稿专家的意见，我们将结果部分的 3.2 和 3.3 调整了顺序，详见正文方法部分。

**意见 4：**结果部分：ANOVA 的自由度，增加了 50 的样本量的话， $F$  的自由度应当有误。6 页 31 行“视觉闪光刺激主效应不显著， $F(1,49)=6.42, p=0.02$ ”，作者说主效应不显著，但是  $p<0.05$ ，不知道是作者写错了还是数据算错了。请作者仔细检查所有数据和分析。

**回应：**感谢审稿专家指出的问题，我们对此进行了检查和修改，详见文中（蓝色字体标注）：

① 增加的 50 样本的年轻人，作为一个被试组出现，所以，实验设计为 2(被试群体：老年人 vs. 年轻人)×2 (视觉闪光刺激：1 vs. 2)×3 (听觉声音刺激：0 vs. 1 vs. 2) 的混合设计。对数据进行重复测量方差分析，被试群体为被试间变量，其它两因素为被试内变量。修改稿中的自由度我们进行了修改。

② 统计分析中，“视觉闪光刺激主效应不显著， $F(1,49) = 6.42, p = 0.02, \eta^2 = 0.12$ ”在修改稿中改为“视觉闪光刺激主效应显著， $F(1,49) = 6.42, p = 0.02, \eta^2 = 0.12$ ”。非常抱歉由于我们的失误给审稿专家造成了困扰。

**意见 5：** 讨论部分：第 2 段 15-16 行，“Setti 等人(2011)的研究发现年龄增长与对声音诱发闪光错觉产生的敏感性增加有关(Setti & Chan, 2011)”setti 的这个研究只与物体的熟悉性有关，并未揭示年龄增长的问题，作者是否引用有误？16-17 行“研究进一步认为，”指的是哪篇文献？此处未见引用。18-19 行，“有研究进一步通过信号检测论分析发现，随着年龄的增长，被试对错觉的敏感性增加，即相较于年轻人，老年人的知觉敏感性增强(McGovern, Eugenie, John, Martin, & Newell, 2014)。综上，老年人的多感觉整合弥补了老年人视觉敏感性和听觉敏感性的降低。”McGovern et al 发现老年人在更长的 SOA 时，fission 多于年轻人，这表明老年人即使增大声音刺激的间隔也仍然会影响视觉，其知觉敏感性变差而非增强。

**回应：** 感谢审稿专家指出的问题，非常抱歉给审稿专家造成的困扰，我们对此进行了修改（讨论部分第二段，蓝色字体标注）：

① 原文中 Setti 等人(2011)的文章引用有误，应是 Setti 等人(2011)的另一篇文献：Setti, A., Burke, K. E., Kenny, R. A., & Newell, F. N. (2011). Is inefficient multisensory processing associated with falls in older people?. *Experimental Brain Research*, 209(3), 375–384. 因此，我们已经在修改稿进行了修改。

② McGovern 等人(2014)的文章正如审稿专家所述“老年人在更长的 SOA 时，fission 多于年轻人，这表明老年人即使增大声音刺激的间隔也仍然会影响视觉，其知觉敏感性变差”。因此，我们在修改稿中进行了调整。

鉴于此，我们对讨论中这部分内容进行了重新的梳理和修改：以往声音诱发闪光错觉的研究也发现，相对于年轻人，老年人更容易产生错觉效应(McGovern et al., 2014; Setti et al., 2011)。此外，对具有一定认知功能受损(Chan et al., 2015)或者特殊认知功能(Merriman, Whyatt, Setti, Craig, & Newell, 2015; Stapleton et al., 2014)的老年人来说，对错觉的敏感性更强，即更容易产生声音诱发闪光错觉。因此，对声音诱发闪光错觉的敏感性可能是衡量多感觉通道信息加工能力的指标，即对错觉越敏感，表明多感觉整合的能力越低。特别是对于老年人来说，对错觉量的增加可能是由于其对于单一视觉通道信息的加工能力受损，而更加依赖于听觉通道的信息导致(Chan et al., 2018)。

**意见 6：** 讨论部分第 3 段 25 行，Stapleton 等人(2014)的研究其实也可以作为例子解释了注意资源与感觉整合的问题，因此上一句“除此之外，老年人的认知老化也有可能对结果产生的影响。”反而将像是将讨论的方向带偏了。29 行处，从作者的论述中，未能明显感觉到“知觉负载理论”对解释“老年人感觉整合增强是因为选择性注意下降”所提供的帮助，而且缺少必要的证据支持。这个结论完成可以只依赖前述证据和解释得到。

**回应：** 感谢审稿专家的建议。我们根据审稿专家的建议对此进行了修改（文中讨论部分第 3 段，蓝色字体标注）。

① 将“除此之外，老年人的认知老化也有可能对结果产生的影响。”这句话删除，用 Stapleton 等人(2014)的研究作为例子解释了注意资源与感觉整合的问题。

② 用于薇等人(2017)的研究作为例子解释任务知觉负载的影响选择性注意过程中的

资源分配，进而影响声音诱发闪光错觉效应。因此，老年人的声音诱发闪光错觉量较大可能的原因是，相对于年轻人，声音诱发闪光错觉的任务占用了老年人较多的注意资源。

**意见 7:** 讨论部分第 4 段单独将功能像方面的证据单独成段，并没有与当前结果很好的结合起来，前后逻辑性不强。可以考虑放到静息态相应地方互相印证一起说明讨论。

**回应:** 根据按照审稿专家的建议将其整合到静息态结果讨论部分（详见修改稿的第 4 和 5 段，蓝色字体标注）。

**意见 8:** 12 页 24-33 行大部分内容与第 2 段高度重复，请作者适当的精减修改。13 页 21-22 行，对于(Meredith & Stein, 1996)这篇文章的解读无法得出后半句“即当出现两个视觉闪光时，神经元的激活程度更大”。

**回应:** 感谢审稿专家的宝贵意见，已经对这部分内容进行了修改。（1）原稿 12 页 24-33 行大部分内容与第 2 段的重复，我们已经进行了精减修改。（2）原稿 13 页 21-22 行，我们已对这部分内容进行了修改。

**意见 9:** 写作问题，如 3 页 29 行“低频震荡的幅度大小”应为“振荡”。9 页 20 行“团块区域呈显著正相关”可去掉团块。10 页 14 行“对弈老年被试”应为“对于”。13 页 5 行“裂变错觉的错觉量”应为 融合错觉。请作者仔细检查文中用词用句，减少各类低级错误。

**回应:** 非常抱歉由于我们工作的失误，给审稿专家带去了不便，感谢审稿专家的指正，我们已对文章这些内容进行了修改。此外，我们认真校对了修改稿的文字表述。

.....

#### 审稿人 1 意见:

本研究采用静息态功能性磁共振成像技术来考察声音诱发闪光错觉效应的个体差异，发现老年被试群体和年轻被试群体的错觉量与不同脑区的大脑静息态低频振幅存在相关。研究具有一定的创新性和实际意义，但目前本文还存在以下问题:

**意见 1:** 存在多处语句不通顺的情况。例如，p2\_L20“老年人在多感觉通道刺激下条件下比单一感觉通道刺激条件下的反应时快”；p6\_L11“为了进一步了解视觉闪光刺激和听觉声音刺激是在不同被试群体的交互作用”；p11\_L24-25“Laurienti 等人(2006)老年人多感觉整合效应增强可能是补偿机制的结果”等等，请作者仔细通读全文之后修改。另外，p6\_L21-22“视觉闪光一下的正确率比视觉闪光两下的正确率高”的表述不太正规，建议修改。

**回应:** 非常感谢审稿专家指出的问题，我们对上述内容的表述进行了修改，详见文中（蓝色字体标注）。

① 原稿 p2\_L20 “老年人在多感觉通道刺激下条件下比单一感觉通道刺激条件下的反应时快”；修改稿对此部分进行了重新调整，这句话的表述在修改稿中已删除，详见文中引言部分第三段。

② 原稿 p6\_L11 “为了进一步了解视觉闪光刺激和听觉声音刺激是在不同被试群体的交互作用”的表述修改为“为了进一步了解视觉闪光刺激和听觉声音刺激在不同被试群体中的交互作用”。

③ 原稿 p11\_L24-25“Laurienti 等人(2006)老年人多感觉整合效应增强可能是补偿机制的结果”等等。**修改稿中我们对此部分的内容进行了重更新梳理:** 关于老年人多感觉整合效应增强的原因 Laurienti 等人(2006)认为可能是由于补偿机制。补偿机制是指多感觉通道信息的加工能力较强，以补偿单一感觉通道信息加工能力的不足(Laurienti et al., 2006)。以往研究

表明,当单一感觉通道信息不可靠时,人脑可以通过整合多感觉通道的信息来增强对外界的感知,即当知觉单一感觉通道信息的加工能力下降时,多感觉通道信息的加工对个体的知觉过程影响更大。对于老年人来说,当视觉通道信息减弱时,听觉通道信息可以作为补偿提供更多关于环境特性的信息(Klatzky, Marston, Giudice, Golledge, & Loomis, 2006)。详见文中讨论部分第二段。

④ 原稿 p6\_L21-22“视觉闪光一下的正确率比视觉闪光两下的正确率高”。修改稿为“一个视觉闪光条件的正确率比两个视觉闪光条件的正确率高”。

**意见 2:** P3\_L17“因为老年人认知能力和运动能力的下降,传统的磁共振技术可能存在一定的困难,所以 RS-fMRI 在研究老年人相关问题上具有巨大潜力。”此处的意思是让老年被试理解任务内容按要求做反应比较困难吗?如果是,建议改善一下说法,“传统磁共振技术”指代不明。

**回应:** 感谢审稿专家指出的问题。现已对此部分内容进行了修改,详见文中(蓝色字体标注)。

① 传统磁共振技术的表述存在疑义,我们原本的意思是指代“任务态的功能性磁共振成像技术”。目前我们在修改稿中对此进行了修改。

② 并不完全指让老年被试理解任务内容按要求做反应比较困难,还有包括本研究采用了听觉刺激,加之扫描过程中存在的噪音,会给老年被试的反应带来影响;此外,我们前期的一些研究也发现,被试在扫描仪内完成声音诱发闪光错觉任务与在扫描间外完成任务时的行为反应差异较大。因此任务态磁共振成像较为容易受到被试个人因素以及实验任务的影响。而 RS-fMRI 不受实验任务和实验范式的制约和影响,能够可靠地测量到大脑内在的自发活动(Zuo et al., 2010),而且有相关研究表明,RS-fMRI 比任务态磁共振技术的结果更为准确(Biswal, Yetkin, Haughton, & Hyde, 1995)。综上,这里说 RS-fMRI 在研究老年人相关问题上具有巨大潜力。

**【参考文献】:**

Zuo, X. N., Martino, A. D., Kelly, C., Shehzad, Z. E., Gee, D. G., Klein, D. F., & Milham, M. P. (2010). The oscillating brain: Complex and reliable. *NeuroImage*, 49(2), 1432–1445.

Biswal, B., Yetkin, F. Z., Haughton, V. M., & Hyde, J. S. (1995). Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. *Magnetic Resonance in Medicine*, 34(4), 537–541.

**意见 3:** P3\_L23-24“ALFF 与任务诱导的神经活动存在相关”此处的相关具体是什么关系,请在文章中说明清楚。

**回应:** 非常抱歉给审稿专家造成了困扰,P3\_L23-24 “ALFF 与任务诱导的神经活动存在相关”的表述我们在修改稿中进行了修改。详见文中引言部分,蓝色字体标注。

静息态功能磁共振成像中,自发低频波动振幅(ALFF)是反映自发神经元活动程度的一种广泛使用的指标(Zang et al., 2007),被广泛用作测量大脑活动的自发低频波动。而且有研究发现,ALFF 能够预测任务诱发神经活动的大小,即 ALFF 值越高,任务诱发的神经活动越强(Mennes et al., 2011)。

**【参考文献】:**

Mennes, M., Zuo, X. N., Kelly, C., Martino, A. D., Zang, Y. F., Biswal, B., ... Milham M. P. (2011). Linking inter-individual differences in neural activation and behavior to intrinsic brain dynamics. *NeuroImage*, 54(4), 2950–2959.

**意见 4:** 方法部分,P5\_L26-27 “头动矫正(将平动超过了 2 mm 或者转动超过了 2°的被试进行排除)”,此处提到因为头动剔除被试,请详细报告下最终进入统计分析的被试数。

回应：根据审稿专家的建议，我们在方法中的被试部分进行了报告：本研究招募了 51 名老年女性被试，但数据处理过程中将频动超过了 2 mm 或者转动超过了 2° 的被试排除，因此剩余 50 名被试纳入统计分析，年龄介于 50–69 岁( $M = 61.78, SD = 4.17$ )。

意见 5：结果部分，P6\_L7-8“被试群体和听觉声音刺激的交互效应显著， $F(2,48)=1.49, p=0.236>0.05$ ”此处的交互作用显著吗？从  $p$  值上看应该是不显著。P6\_L31“视觉闪光刺激主效应不显著， $F(1,49)=6.42, p=0.02, \eta^2=0.12$ ”从  $p$  值上看应该是显著？请作者核查。

回应：非常抱歉给审稿专家增添了麻烦，由于我们工作的失误，在结果部分存在一定的笔误，现已将这两部分的内容进行了更正。

意见 6：讨论部分，P11\_L15-16“另外，Setti 等人(2011)的研究发现年龄增长与对声音诱发闪光错觉产生的敏感性增加有关(Setti & Chan, 2011)”此处的表述应该是“声音诱发闪光错觉产生的敏感性增加与年龄的增长有关”。P11\_L24-25 “因此，老年人的错觉效应增大可能被年龄相关的抑制无关听觉刺激的缺陷所解释(McGovern et al., 2014)。”该处的表述定语太长。

回应：感谢审稿专家的建议，我们重新整理和表述了这两部分内容（文中蓝色字体标注）。

① 以往声音诱发闪光错觉的研究也发现，相对于年轻人，老年人更容易产生错觉效应(McGovern et al., 2014; Setti et al., 2011)。此外，对具有一定认知功能受损(Chan et al., 2015)或者特殊认知功能(Merriman, Whyatt, Setti, Craig, & Newell, 2015; Stapleton et al., 2014)的老年人来说，对错觉的敏感性更强，即更容易产生声音诱发闪光错觉。因此，对声音诱发闪光错觉的敏感性可能是衡量多感觉通道信息加工能力的指标，即对错觉越敏感，表明多感觉整合的能力越低。特别是对于老年人来说，对错觉量的增加可能是由于其对于单一视觉通道信息的加工能力受损，而更加依赖于听觉通道的信息导致(Chan et al., 2018)。

② 关于老年人多感觉整合效应增强的原因也有可能是由于选择性注意下降而导致多感觉整合能力的增强。以往的研究发现，老年人很难抑制与任务无关的信息(Schmitz, Cheng, & De Rosa, 2010)，由于无法抑制听觉信息，老年人在声音诱发闪光错觉上可能和年轻人有所差异(DeLoss et al., 2013)。因此，老年人抑制无关听觉刺激的缺陷可能是其错觉效应增大的原因(McGovern et al., 2014)。

意见 7：讨论部分缺乏对本研究所存在局限的探讨，建议作者补充。

回应：非常感谢审稿专家的建议，已在讨论部分增加了对本研究所存在局限性的探讨，详见讨论最后一段（蓝色字体标注）。

意见 8：老年被试群体样本为什么都选择是女性呢？建议在讨论本研究局限性对该问题进行阐述，例如，“由于样本只有单一性别，本研究结论有待将来在不同性别的样本中验证”。

回应：非常感谢审稿专家的意见，研究之所以均选择老年女性被试是以往的研究均未发现声音诱发闪光错觉存在性别差异。如 Setti 等人的研究(2011)发现不同性别的群体在声音诱发闪光错觉实验中表现相似(Setti, Burke, Kenny, & Newell, 2011)。因此，鉴于方便取样，本研究选用的被试均为老年女性被试。

根据审稿专家的建议，我们在讨论部分的最后一段对本研究的局限性进行了阐述（详见文中，蓝色字体标注），其中重要的一点是，虽然现有的研究尚未发现声音诱发闪光错觉现象存在性别差异，但并不一定适用于老年被试群体。因此，在未来的研究中可以考察声音诱发闪光错觉效应在老年人群中是否存在性别差异。

---



### 第三轮

审稿人 3 意见：作者修改稿较好的解决上次的问题，还有一些问题如下：

意见 1：讨论第 11 页 19 行，“对具有一定认知功能受损(Chan et al., 2015)或者特殊认知功能(Merriman, Whyatt, Setti, Craig, & Newell, 2015;”不是很明确作者指的特殊认知功能指的是什么？引文中只提了 fall-prone older adults.

回应：非常抱歉给审稿专家造成了困扰，这句话的表述确实存在问题，导致对这句话的理解出现偏差。所引用的两篇文献表明，在衰老过程中，平衡维持和多感觉整合之间存在联系。对于容易跌倒的老年人，他们的多感觉整合能力提高了。在这里我们将容易跌倒的老年人表述为“特殊认知功能”的老年人，但这样表述存在一定的问题，对此，我们将其改为，“对具有一定认知功能受损(Chan et al., 2015)以及平衡能力受损(Merriman, Whyatt, Setti, Craig, & Newell, 2015; Stapleton et al., 2014)的老年人来说，……”(见文中绿色字体标注)。

意见 2：11 页 22 行，“因此，对声音诱发闪光错觉的敏感性可能是衡量多感觉通道信息加工能力的指标，即对错觉越敏感，表明多感觉整合的能力越低。”应为“……，表明多感觉整合能力越高。”

回应：感谢审稿专家指正的问题，由于我们的笔误造成了理解上的困扰，对此我们进行了修改，见文中绿色字体标注：我们将“对声音诱发闪光错觉的敏感性可能是衡量多感觉通道信息加工能力的指标，即对错觉越敏感，表明多感觉整合的能力越低”修改为“对声音诱发闪光错觉的敏感性可能是衡量多感觉通道信息加工能力的指标，即对错觉越敏感，表明多感觉整合的能力越强。”

意见 3：12 页第 6 行，“因此，老年人的声音诱发闪光错觉量较大可能的原因是，相对于年轻人，声音诱发闪光错觉的任务占用了老年人较多的注意资源。”占用较多资源，那错觉量是应增大还是减小？作者此处的结论和本段中的一些结果似有冲突，如“Stapleton 等人(2014)通过对比易跌倒老年人和健康老年人的声音诱发闪光错觉发现，易跌倒老人的错觉量更大。研究表明，健康老年人可能不需要像易跌倒的老年人那样需要分配注意资源来保持身体平衡，因此他们可能有更多的注意资源来分配给当前的感知觉加工任务”。

回应：针对审稿专家提出的问题，我们进行了认真地思考，并且结合审稿专家上一轮的审稿意见中提到的“从作者的论述中，未能明显感觉到“知觉负载理论”对解释“老年人感觉整合增强是因为选择性注意下降”所提供的帮助，而且缺少必要的证据支持。这个结论完全可以只依赖前述证据和解释得到”。因此，我们根据审稿专家的建议将“知觉负载”部分的讨论进行了删除。详见文中讨论部分第三段。

意见 4：“3 结果与分析”部分，包括子标题，都可去掉“分析”二字，改为“3 结果”，“3.1 行为数据”等等。书写错误，第 5 页第 6 行，“中国科学院心理研究所严超赣研究院团队”，13 页 23 行，“但仍需在其他样本中群体进行进行验证，”

回应：感谢审稿专家指出的问题，我们对此进行了检查和修改，详见文中绿色字体标注：

①“3 结果与分析”、“3.1 行为数据分析”修改为“3 结果”、“3.1 行为数据”

②“中国科学院心理研究所严超赣研究院团队”修改为“中国科学院心理研究所严超赣研究员团队”

③“但仍需在其他样本中群体进行进行验证”修改为“但仍需在其他被试群体中进行验证”

---

## 第四轮

**审稿人 3 意见：**同意修后发表，但希望作者以后能更加仔细一些。上次已指出“但仍需在其他被试群体中进行验证”有多字，作者也回复说已修正，为何正文中仍未修正。

**回应：**感谢审稿专家指出的问题，我们认真地对稿件全文进行了校对。

**编委复审意见：**同意发表。

**回应：**感谢编委专家。

**主编终审意见：**

该文的问题提出部分，作者说“鉴于静息态功能磁共振成像技术在探讨老年人认知功能方面具有一定的优越性，加之目前声音诱发闪光错觉的机制研究均采用任务态功能像以及结构像，鲜有研究采用静息态功能磁共振成像技术。”。之前没有人这样做。我的疑问是：之前研究都是任务态下探讨的，如果用静息态，“声音诱发闪光错觉”是如何实现的？想不通？因为论文题目是“老年人声音诱发闪光错觉”既然是“诱发”，为什么还要测静息态的 fMRI？请作者解释一下，其中的道理是什么？

**回应：**感谢主编提出的问题。我们对此做出如下解释：

(1) 实验要求老年被试和年轻被试分别完成两部分任务，一部分为**磁共振扫描仪外**进行的声音诱发闪光错觉(见补充材料 1)**行为实验**，一部分为**磁共振扫描仪内**扫的静息态序列数据。研究采用相关分析，以行为实验的错觉量为自变量，大脑静息态低频振幅为因变量，考察老年人声音诱发闪光错觉的大脑静息态低频振幅。研究思路参照如下同类研究：如 Wang 等人(2016)采用注意瞬脱的 RSVP 范式，以注意瞬脱量为自变量，大脑静息态低频振幅为因变量进行相关分析，考察了有瞬脱者和无瞬脱者的个体差异(Wang, Chen, Yang, Liu, Deng, Chen, 2016)。Luo 等人(2015)以中国人幸福感量表的得分为自变量，以 ALFF 值为因变量，考察了幸福感的静息态功能磁共振成像低频振幅(Luo, Li, , Liu, Bi, Huang, 2015)。参考文献如下所示(见补充材料 2)。

(2) 老年人认知能力和运动能力的下降,任务态功能磁共振成像技术受实验时间和被试特点等因素的影响对于**老年人在磁共振扫描仪内有效地完成任务可能存在一定的困难**，因此 RS-fMRI 在研究老年人认知加工问题上具有优势。例如，ALFF 的研究也已经被应用于老年人和疾病患者的研究之中，包括老年人注意缺陷多动障碍(Zang et al., 2007)和早期阿尔茨海默病(He et al., 2007)。因此，本研究采用静息态功能磁共振成像技术的 ALFF 指标考察老年人声音诱发闪光错觉与大脑静息态自发活动区域的关系，并且通过与年轻人对比揭示从发展的角度看，老化对于声音诱发闪光错觉的影响及其机制。

**补充材料 1：**声音诱发闪光错觉(sound induced flash illusion)是一种多感觉整合的多感觉错觉现象(multisensory illusion effects)，即由一种通道主导诱发的其它感觉通道中的错觉效应都是在人脑面对多通道输入情境下，“自动”优先加工该通道的信息造成的(Bizley, Maddox, & Lee, 2016)。声音诱发闪光错觉现象是 Ladan Shams (UCLA)教授在 2000 年发表在 Nature 上的文章提出的，是一种听觉占主导性的多感觉整合现象，即当视觉闪光伴随不相等数量的听觉声音在 100 ms 内相继或同时呈现时，个体会错觉性地知觉到视觉闪光的个数与听觉声音的数量相等(Shams, Kamitani, & Shimojo, 2000)。

## 补充材料 2:

- Li, Liu, Yin, Yang, Gui, Wei, Wang. (2014). Frequency-dependent changes in the amplitude of low-frequency fluctuations in subcortical ischemic vascular disease (SIVD): A resting-state fMRI study. *Behavioural Brain Research*, 274, 205–210.
- Luo, Li, , Liu, Bi, Huang. (2015). Amplitude of low-frequency fluctuations in happiness: A resting-state fMRI study. *Chinese Science Bulletin*, 60(02), 170–178.
- Pan, Liu, Yang, Gu, Yin, Chen. (2016). The neural basis of trait self-esteem revealed by the amplitude of low-frequency fluctuations and resting state functional connectivity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(3), 367–376.
- Wang, Chen, Yang, Liu, Deng, Chen. (2016). Individual differences in the attentional blink: Evidence from the Amplitude of low-frequency fluctuations in non-blinkers and blinkers. *Biological Psychology*, 114, 33–38.
- 

主编终审意见：经审阅，XB19-120 稿件达到刊发的水平，同意刊发。