

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：内源性空间线索有效性对老年人视听觉整合的影响

作者：高玉林，唐晓雨，刘思宇，王爱君，张明

第一轮

审稿人 1 意见：

作者采用内源性线索-靶子范式，通过三个实验探讨不同线索有效性条件下内源性空间注意对老年人(和青年人)视听觉整合的影响，结果发现内源性空间注意对老年人视听觉整合的影响会受到线索有效性高低的调节与青年人有所不同，老年人视听整合的线索效应仅出现在高线索有效性条件下。总体来说，研究有一定创新性，研究设计合理，数据分析方法正确，结果可靠。但也存在一些问题请作者考虑修改或者给予解释。

意见 1：用词方面，建议作者用青年人，而不是年轻人。作者可以去查一下这两个词语的含义。

回应：已按照审稿专家的意见将文章中的“年轻人”改为“青年人”。

意见 2：在利用 G*power 估计样本量时，作者并没有提供相关研究效果量的值，也没有结合研究的设计，仅给出了期望的功效值，不清楚作者是如何计算出最低样本量为 24 人的？请作者给出进一步的解释。

回应：根据审稿专家意见我们在文章里对 G*power 计算进行了进一步的说明，具体内容如下：根据 Ren 等(2018)研究中老年人和青年人视听觉整合效应差异的效果量($\eta_p^2=0.307$)，以及 Ren 等(2018)和唐晓雨等(2020)研究中的期望功效值(0.8)，本研究采用 G-power3.1.9 软件设置 Effect size f 为 0.307，Power(1- β)为 80%， α 水平为 0.05，计算出每组样本量为 24 人【见正文 p3, L27-L29】。

实际样本量为实验 1 老年人 24 人，青年人 24 人，实验 2 老年人 24 人，青年人 25 人，实验 3 老年人 28 人，青年人 27 人。通过软件 G*Power3.1.9 对双侧独立样本 t 检验进行了敏感性分析(sensitivity analysis)，设置 $\alpha=0.05$ ，power=0.80，计算出实验 1 的 effect size $d_z=0.83$ 【见正文 p4, L5-7】，实验 2 的 effect size $d_z=0.82$ 【见正文 p9, L14-17】，实验 3 的 effect size $d_z=0.77$ 【见正文 p13, L6-8】。本研究的效应量达到了高等效应量，因此研究的统计检验力较好。

【参考文献】

- Ren, Y., Yang, W., Tang, X., Wu, F., & Wu, Q., & Wu, J. (2018). Comparison for younger and older adults: stimulus temporal asynchrony modulates audiovisual integration. *International Journal of Psychophysiology*, 124, 1-11.
- 唐晓雨，吴英楠，彭姓，王爱君，李奇. (2020). 内源性空间线索有效性对视听觉整合的影响. *心理学报*, 52(7), 835-846.

意见 3：在数据处理时作者报告了剔除的试次数所占的比例，建议作者提供实验条件间最小的有效试次数。

回应：根据审稿专家意见，我们提供实验条件间最小的有效试次数，见表 1【见正文 p6, 表

1】。表中各数值已在相应位置进行了修改【见正文 p6, L7-9; p10, L10-12; p13, L19-21】。

表 1 各实验条件间最小的有效试次数

实验	老年人		青年人	
	有效线索	无效线索	有效线索	无效线索
实验 1	59(80)	60(80)	51(80)	58(80)
实验 2	174(210)	72(90)	128(210)	64(90)
实验 3	295(360)	30(40)	308(360)	33(40)

备注：括号内为每一条件总试次数

意见 4：在每个实验的反应时结果中，作者仅报告了老年人和青年人均表现出线索化效应，两组被试线索化效应的大小是否有差异呢？这也能够说明在作者的实验中老年人是否对线索的利用率低，而作者的实验假设依赖于这一点。三个实验结果的差异是否是由于三种线索有效性条件下老年人对线索的利用率不同所致呢？

回应：根据审稿专家意见，我们的修改和解释如下：

(1)本研究发现两组被试在各条件下均表现出线索化效应，表明了线索设置起到了诱发两组被试的内源性空间注意的作用。但两组被试的线索化效应大小在各条件下均无显著差异。具体如下：使用独立样本 t 检验分别对的视觉刺激、听觉刺激和视听觉刺激条件下老年人和青年人线索化效应进行分析，结果均无显著差异， $ts(46)<1.83$ ， $ps>0.05$ (实验 1)【见正文 p7, L7-8】；使用独立样本 t 检验分别对的视觉刺激、听觉刺激和视听觉刺激条件下老年人和青年人线索化效应进行分析，结果均无显著差异， $ts(47)<1.83$ ， $ps>0.05$ (实验 2)【见正文 p11, L7-8】；使用独立样本 t 检验分别对的视觉刺激、听觉刺激和视听觉刺激条件下老年人和青年人线索化效应进行分析，结果均无显著差异， $ts(53)<1.30$ ， $ps>0.05$ (实验 3)【见正文 p15, L13-14】。

(2)我们对线索化效应大小和线索利用率的解释如下：

①文中的“线索利用率”在前人研究中是指 $RT_{\text{中性线索}} - RT_{\text{有效线索}}$ ，即内源性空间注意的定向收益(Orienting benefits) (Folk et al., 1992; Posner, 1980; Zivony et al., 2019)。我们前期将其翻译成了线索利用率并不准确。修改稿中我们已将“线索利用率”修改成“注意定向收益”【见正文 p3, L18; p18, L1/L20/L26】。定向收益的原文表述内容为：However, validity effects can be decomposed into two components: orienting benefits and re-orienting costs (Zivony et al., 2019)。

②本中的线索化效应是指 $RT_{\text{无效线索}} - RT_{\text{有效线索}}$ ，本研究仅报告了两组被试在各条件下均表现出线索化效应是为了证明实验中的线索设置起到了诱发了两组被试的内源性空间注意的作用(唐晓雨 等, 2020)。

因此，两组被试线索化效应的大小是否有差异并不能说明注意定向收益的高低。

(3)本研究认为三个实验老年人视听觉整合的差异与老年人的注意定向收益有关。以往研究发现，老年人在中比例线索有效性条件下对线索化位置的内源性注意定向收益低于青年人，而高比例线索有效性条件下对线索化位置的内源性注意定向收益与青年人没有差异(Folk et al., 1992; Zivony et al., 2019)。因此我们认为，低、中和高比例线索有效性三个实验间结果的差异是由于两种线索有效性条件下老年人对线索化位置的内源性注意定向收益与青年人的不同造成的。

【参考文献】

Folk, C. L., & Hoyer, W. J. (1992). Aging and shifts of visual-spatial attention. *Psychology and Aging*, 7(3), 453–465.

Posner, M. I. (1980). "Orienting of attention." *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(1), 3–25.

Zivony, A., Erel, H., & Levy, D. A. (2019). Multifactorial effects of aging on the orienting of visual attention. *Experimental Gerontology*, 128, 1–10.

唐晓雨, 吴英楠, 彭姓, 王爱君, 李奇. (2020). 内源性空间线索有效性对视听觉整合的影响. *心理学报*, 52(7), 835–846.

意见 5: 实验一中的 2.2.2 标题下“其次, ……”一段的统计结果有错误, 要么 t 值错了, 要么 p 值错了, 也可能都错了, 请作者核对数据。

回应: 根据审稿专家意见, 我们对数据进行了核对, 已对相关内容进行修改。【具体详见正文 p7, L16/18】

意见 6: 在三个实验的竞争模型分析中, 作者是如何基于实验结果, 如何得出老年人(和青年人)在有效线索条件和无效线索条件的视听整合效应有没有差异的结论的, 依据是什么, 时间窗、峰值? 作者可能更希望竞争模型分析的结果与相对多感觉反应增强的结果一致。但是在审稿人看来, 在实验 1 中, 青年人在有效线索和无效线索条件下已经出现差异了, 无效线索条件下的时间窗仅为有效条件下时间窗的一半。在实验 2 中, 老年人在有效线索和无效线索之间也出现了差异, 时间窗和峰值均差别较大。而在青年人上似乎差异并不大, 仅有效线索有较短的时间窗。在实验 3 中, 老年人和年青人在有效线索和无效线索之间都出现了明显的差异。作者应该正视上面的差异, 去分析可能的原因, 而不是忽略其中的差异。

回应: 根据审稿专家意见, 说明如下:

(1)本研究得出老年人(和青年人)在有效线索条件和无效线索条件下的视听整合效应是否存在差异的依据是: 通过比较不同条件下视听觉整合时间窗是否出现, 以及在时间窗出现情况下峰值百分比大小是否有差异, 判断不同条件间的视听觉整合大小是否有差异 (Hugenschmidt et al., 2009; Yang et al., 2018) 【见正文 p6, L3-5】。

(2)根据 Nardini 等(2015)的数据分析方法, 我们对 Race model 数据的发生时间、时间窗口和峰值进行进一步分析, 并对两种线索条件下时间窗是否出现, 以及在时间窗出现情况下峰值百分比大小进行了比较。结果发现, 在实验 1 中, 青年人在有效线索(130ms)和无效线索(120ms)条件下时间窗表现出一定的差异, 但是二者在该时间窗口下的峰值(有效 4.47%和无效 5.43%)并没有显著性差异。因此, 并不能表明青年人在有效线索和无效线索条件下视听觉整合出现差异 【具体结果分析详见正文 p8, L16-22】。

在实验 2 中, 老年人在有效线索条件下时间窗为 30ms, 峰值为 1.95%, 无效线索条件的时间窗为 70ms, 峰值为 3.26%, 但是二者在该时间窗口下的峰值并没有显著性差异。因此, 并不能表明老年人在有效线索和无效线索条件下视听觉整合出现差异 【具体结果分析详见正文 p11, L29-p12, L6】。青年人在有效线索条件下时间窗为 90ms, 峰值为 4.03%, 表现出了较长的时间窗口和较大的峰值, 而无效线索条件没有违反竞争模型的时间窗, 表明青年人在有效线索条件下的视听觉整合效应大于无效线索条件 【具体结果分析详见正文 p12, L7-9】。

在实验 3 中, 老年人在有效线索条件下时间窗为 90ms, 峰值为 2.07%, 表现出了较长的时间窗口和较大的峰值, 无效线索条件没有违反竞争模型的时间窗, 表明老年人在有效线索条件下的视听觉整合效应大于无效线索条件 【具体结果分析详见正文 p16, L6-9】。青年人在有效线索条件下时间窗为 150ms, 峰值为 7.14%, 无效线索条件时间窗为 130ms, 峰值为 4.87%, 虽然青年人有效线索条件下和无效线索条件下违反竞争模型时间窗接近, 但是有效线索和无效线索条件下违反竞争模型的峰值出现了边缘显著的差异, 有效线索条件下违反竞争模型的峰值更高, 表明青年人在有效线索条件下的视听觉整合效应大于无效线索条件 【具体结果分析详见正文 p16, L10-17】。

(3)老年人和青年人在各线索有效性条件下 Race model 的差异解释如下：针对 50%线索有效性条件下青年人和老年人在有效线索条件下视听觉整合与无效线索条件均没有显著差异，我们采用空间不确定性假说对其进行解释，即有效线索条件下线索和目标刺激提供的空间定向信息是冗余的，并且当线索有效性越低，目标空间位置越不确定时，被试反而越会依赖线索提供的信息进行空间定向，因此导致视听觉目标刺激重要性的降低(van der Stoep et al., 2015)，得到的注意资源减少(唐晓雨 等, 2020)。针对 70%线索有效性条件下内源性空间注意对青年人的视听觉整合产生了显著促进作用，而对老年人视听觉整合没有促进作用，我们通过青年人和老年人注意定向收益的差异对其进行解释，即 70%线索有效性条件下，老年人的注意定向收益比青年人低(Zivony et al., 2019)，不能像青年人一样将更多注意资源分配到有效线索位置上，所以内源性空间注意未能促进老年人视听觉整合却促进了青年人视听觉整合。针对 90%线索有效性条件下内源性空间注意对老年人和青年人的视听觉整合均产生了显著的促进作用，我们通过老年人注意定向收益对其进行解释，即 90%线索有效性条件下，老年人注意定向收益与青年人一致(Folk et al., 1992)，可将更多注意资源分配到有效线索位置上，因此内源性空间注意也促进了老年人的视听觉整合。

【参考文献】

- Folk, C. L., & Hoyer, W. J. (1992). Aging and shifts of visual-spatial attention. *Psychology and Aging*, 7(3), 453–465.
- Hugenschmidt, C. E., Mozolic, J. L., & Laurienti, P. J. (2009). Suppression of multisensory integration by modality-specific attention in aging. *Neuroreport*, 20(4), 349–353.
- Nardini, M., Bales, J., & D Mareschal. (2015). Integration of audio-visual information for spatial decisions in children and adults. *Developmental Science*, 803–816.
- van der Stoep, N., van der Stigchel, S., & Nijboer, T. C. W. (2015). Exogenous spatial attention decreases audiovisual integration. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(2), 464–482.
- Yang, W., & Ren, Y. (2018). Attenuated audiovisual integration in middle-aged adults in a discrimination task. *Cognitive processing*, 19(1), 41–45.
- Zivony, A., Erel, H., & Levy, D. A. (2019). Multifactorial effects of aging on the orienting of visual attention. *Experimental Gerontology*, 128, 1–10.
- 唐晓雨, 吴英楠, 彭姓, 王爱君, 李奇. (2020). 内源性空间线索有效性对视听觉整合的影响. *心理学报*, 52(7), 835–846.

意见 7：一些细节问题：例如，在 2.1.2 中“……，每个灰色方框的大小为 $4.4^{\circ} \times 4.4^{\circ}$ ，……”应该是灰白色方框，前后要一致。三个表格中，反应时单位为毫秒，保留至整数位即可。每个实验中单一样本 t 检验，结果没有给出 d 值。也有一些文献格式不符合 APA 的要求。基于上述意见，修后再审，再审时请作者提供原始数据。

回应：根据审稿专家意见已做如下修改：

(1)灰色方框改为灰白色方框【见正文 p4, L12】。

(2)表格反应时改为整数【见正文 p6 表 2, p10 表 3, p14 表 4】。

(3)对每个实验中的线索化效应、rMRE 以及 racemodel 的单样本 t 检验中给出了 d 值【见正文 p7, L6/L12/L13; p8, L11/L12/L18/L19; p11, L6/L12/L13; p12, L1/L2/L8; p15, L12/L18/L19; p16, L8/L11/L13】。

(4)参考文献格式已修改【见正文参考文献高亮部分】。

(5)我们将原始数据上传到了百度网盘

链接：https://pan.baidu.com/s/1jDmXP6tNmO_tPgQRQJewNA?pwd=ulat

提取码：ulat

审稿人 2 意见：

本研究通过 2(被试类型：老年人 vs. 年轻人)×2(线索类型：有效线索 vs. 无效线索)×3(目标刺激类型：视觉刺激 vs. 听觉刺激 vs. 视听觉刺激)的混合实验设计，探讨了老年人和年轻人在视听整合功能方面的异同。结果发现在高中低三种线索有效性条件下，内源性空间注意对老年人和年轻人视听觉整合调节趋势的差异。结果发现仅在高线索有效性条件下，内源性空间注意才可以促进老年人视听觉整合。具有一定的创新意义。但仍有一些问题，具体意见如下：

意见 1：摘要整体需要调整一下，第一句最好写一下背景或者研究问题是什么？而不是直接写做了什么。最后一句最好有一个理论贡献，研究意义是什么。背后的机制是什么？对揭示其背后的机制有什么意义？

回应：根据审稿专家意见，修改如下：

(1)摘要的第一句修改如下：视听觉整合是将视觉和听觉信息整合成为统一、连贯且稳定的知觉过程。研究采用内源性线索-靶子范式，通过三个实验，操纵了被试类型、线索有效性和目标类型探讨不同内源性空间线索有效性对老年人视听觉整合的影响，以及不同线索有效性条件下老年人和青年人视听觉整合的差异【见正文 p1，摘要 L4-7】。

(2)摘要的最后一句修改如下：研究结果进一步支持了空间不确定性假说，并且深化了内源性注意与视听觉整合的交互作用，明确了不同线索有效性条件下内源性空间注意定向收益的不同是导致老年人与青年人视听觉整合差异的原因之一【见正文 p1，摘要 L14-16】。

意见 2：摘要中是否简单说明一下视听整合效应是什么？比较突兀。

回应：根据审稿专家意见，已在摘要中进行了修改【见正文 p1，摘要 L4】。

意见 3：前言中，关于年轻人和老年人的视听整合孰强孰弱，仅仅只是现象描述，其背后的机制问题是否可以做进一步的描述？

回应：根据审稿专家意见，我们将讨论部分关于老年人不同视听整合的观点加入到前言中，以充实对青年人和老年人视听觉整合孰强孰弱机制的解释，具体做出如下修改：

一些研究发现老年人视听觉整合效应强于青年人(Laurienti et al., 2006; Peiffer et al., 2007)，例如 Laurienti 等(2006)发现当刺激位于中心时，老年人表现出了更强的视听觉整合效应，并且认为造成这一结果的可能原因是单感觉刺激强度越弱越有利于视听觉整合，即视听觉整合中的逆效应(inverse effectiveness)，而老年人对视觉和听觉敏感性较弱，所以视听觉整合会增强(Laurienti et al., 2006)。但另外一些研究发现，老年人的视听觉整合弱于青年人(Ren et al., 2021; Stephen et al., 2010; Wu et al., 2012; Yang et al., 2021)。研究者们认为造成这种差异的原因与刺激位置有关，当刺激位于外周时，由于老年人对外周刺激的加工减慢，造成了老年人产生视听觉整合概率变小(Diederich et al., 2008; Wu et al., 2012)【见正文 p2, L25-p3, L3】。

【参考文献】

- Diederich, A., Colonius, H., & Schomburg, A. (2008). Assessing age-related multisensory enhancement with the time window-of-integration model. *Neuropsychologia*, 46(10), 2556–2562.
- Laurienti, P. J., Burdette, J. H., Maldjian, J. A., & Wallace, M. T. (2006). Enhanced multisensory integration in older adults. *Neurobiology of Aging*, 27(8), 1155–1163.
- Peiffer, A. M., Mozolic, J. L., Hugenschmidt, C. E., & Laurienti, P. J. (2007). Age-related multisensory enhancement in a simple audiovisual detection task. *Neuroreport*, 18(10), 1077–1081.

- Ren, Y., Hou, Y., Huang, J., Li, F., & Yang, W. (2021). Sustained auditory attentional load decreases audiovisual integration in older and younger adults. *Neural Plasticity*, 2021(8), 1–10.
- Stephen, J. M., Knoefel, J. E., Adair, J., Hart, B., & Aine, C. J. (2010). Aging-related changes in auditory and visual integration measured with MEG. *Neuroscience Letters*, 484(1), 76–80.
- Wu, J. L., Yang, W. P., Gao, Y. L., & Kimura, T. (2012). Age-related multisensory integration elicited by peripherally presented audiovisual stimuli: *NeuroReport*, 23(10), 616–620.
- Yang, W. P., Li, Z., Guo, A., Li, S. N., Yang, X. F., & Ren, Y. N. (2021). Effects of stimulus intensity on audiovisual integration in aging across the temporal dynamics of processing. *International Journal of Psychophysiology*, 162, 95–103.

意见 4：前言中提到已有研究说明了这个存在差异了，即老年人的内源性空间注意与视听觉整合均不同于年轻人，本研究的意义又在哪里？或者相比于以往研究，更进一步的改进或创新在哪里呢？

回应：根据审稿专家意见，就本研究的意义和更进一步的改进或创新问题做如下修改：

本文的研究意义在于：前人关于老年人视听觉整合的研究中虽然涉及到了如知觉敏感性和刺激位置等因素，但并未涉及到内源性空间注意因素的影响，同时虽然已知内源性空间注意可以促进青年人视听觉整合，但研究发现老年人与青年人内源性空间注意存在差异，目前尚不清楚内源性空间注意对老年人视听觉整合的影响，以及内源性空间注意条件下，老年人与青年人视听觉整合的差异【见正文 p3, L5-9】。

因此，本文的创新之处是在老年人和青年人的视听觉整合差异研究中着重考察了内源性注意的作用，并且根据不同内源性线索比例条件下，内源性空间注意的分配机制的不同，进一步考察了线索化效应的高低在其中的作用。

意见 5：数据结果部分，表格中的变量水平是否可以按照文中表述的顺序，视觉、听觉、视听觉呈现？

回应：已按照审稿专家意见进行修改【见正文 p6 表 2, p10 表 3, p14 表 4】。

意见 6：实验一反应时存在被试类型和目标刺激类型的交互作用，这个具体交互作用是什么模式呢？不重要吗？为什么没有做进一步的简单效应分析呢？同理，实验二，实验三中也有交互作用，为什么不做进一步的简单效应分析？

回应：数据分析中，我们先进行了三因素的混合方差分析，我们更为关注的是三因素的交互显著水平，因此如果三因素的交互显著后，我们才考虑将结果进行进一步地分析。虽然正文的结果中我们并未对三因素方差分析中的两因素交互进行简单效应分析，但我们在此呈现两因素交互的简单效应分析，如审稿专家认为需要放在正文中我们再将其补充到正文。

(1)实验 1：被试类型和目标刺激类型的交互作用的简单效应分析结果显示，老年人在各目标刺激类型下的反应时差异显著， $F(2, 45)=57.72$, $p<0.001$, $\eta_p^2=0.72$ ，多重比较分析表明，老年人视听觉刺激的反应时(384ms)显著快于视觉刺激反应时(448ms), $t(23)=6.04$, $p<0.001$, $d=0.48$, 95%CI=[31.80, 95.17]和听觉刺激反应时(441ms), $t(23)=5.41$, $p<0.001$, $d=0.43$, 95%CI=[25.23,88.60]；青年人在各目标刺激类型下的反应时差异显著， $F(2, 45)=83.91$, $p<0.001$, $\eta_p^2=0.79$ ，青年人视听觉刺激的反应时(383ms)显著快于视觉刺激反应时(450ms), $t(23)=5.83$, $p<0.001$, $d=0.47$, 95%CI=[29.68, 93.05]和听觉刺激反应时(443ms), $t(23)=8.94$, $p<0.001$, $d=0.72$, 95%CI=[62.32, 125.68]，并且视觉刺激反应时显著快于听觉刺激反应时， $t(23)=3.10$, $p=0.038$, $d=0.47$, 95%CI=[0.95, 64.31]。其余交互作用均无显著差异，($ps>0.05$)【此部分说明老年人和青年人均产生视听觉整合效应，结果已经体现在 p7, 2.2.2 相对多感觉

反应增强 rMRE 部分中】。

(2)实验 2: 被试类型和目标刺激类型的交互作用的简单效应分析表明,老年人在各目标刺激类型下的反应时差异显著, $F(2, 46)=16.68, p<0.001, \eta_p^2=0.42$, 多重比较分析表明,老年人视听觉刺激的反应时(433ms)显著快于视觉刺激反应时(511ms), $t(23)=6.04, p<0.001, d=0.53$, 95%CI=[39.17, 117.15]和听觉刺激反应时(482ms), $t(23)=3.82, p<0.001, d=0.34$, 95%CI=[10.42, 88.40]; 青年人在各目标刺激类型下的反应时差异显著, $F(2, 46)=27.35, p<0.001, \eta_p^2=0.54$, 青年人视听觉刺激的反应时(310ms)显著快于视觉刺激反应时(374ms), $t(24)=5.02, p<0.001, d=0.43$, 95%CI=[25.44, 101.85]和听觉刺激反应时(407ms), $t(24)=7.66, p<0.001, d=0.66$, 95%CI=[58.91, 135.31]【此部分说明老年人和青年人均产生视听觉整合效应, 结果已经体现在 p11, 3.2.2 相对多感觉反应增强 rMRE 部分中】。线索类型和目标刺激类型的交互作用的简单效应分析表明,有效线索条件下各目标刺激类型反应时差异显著, $F(2, 46)=36.83, p<0.001, \eta_p^2=0.62$, 多重比较分析表明, 视听觉刺激的反应时(348ms)显著快于视觉刺激(426ms), $t(48)=8.31, p<0.001, d=0.53$, 95%CI=[50.01, 105.78]和听觉刺激的反应时(418ms), $t(48)=7.52, p<0.001, d=0.47$, 95%CI=[41.92, 97.71]; 无效线索条件下各目标刺激类型反应时差异显著, $F(2, 46)=35.56, p<0.001, \eta_p^2=0.61$, 多重比较分析表明, 视听觉刺激的反应时(395ms)显著快于视觉刺激(459ms), $t(48)=6.89, p<0.001, d=0.43$, 95%CI=[36.01, 91.80]和听觉刺激的反应时(472ms), $t(48)=8.26, p<0.001, d=0.52$, 95%CI=[48.80, 104.54]【此部分说明有效线索条件下和无效线索条件均产生视听觉整合效应, 结果已经体现在 p11, 3.2.2 相对多感觉反应增强 rMRE 部分中】。

(3)实验 3: 被试类型和目标刺激类型的交互作用的简单效应分析表明,老年人在各目标刺激类型下的反应时差异显著, $F(2, 52)=55.54, p<0.001, \eta_p^2=0.68$, 多重比较分析表明,老年人视听觉刺激的反应时(418ms)显著快于视觉刺激反应时(496ms), $t(27)=8.30, p<0.001, d=0.80$, 95%CI=[49.67, 105.97]和听觉刺激反应时(467ms), $t(27)=5.19, p<0.001, d=0.50$, 95%CI=[20.48, 76.78], 并且听觉刺激反应时显著快于视觉刺激反应时, $t(27)=2.96, p=0.036, d=0.30$, 95%CI=[1.04, 57.34]; 青年人在各目标刺激类型下的反应时差异显著, $F(2, 52)=96.18, p<0.001, \eta_p^2=0.79$, 青年人视听觉刺激的反应时(279ms)显著快于视觉刺激反应时(337ms), $t(26)=6.03, p<0.001, d=0.59$, 95%CI=[28.90, 86.23]和听觉刺激反应时(365ms), $t(26)=8.99, p<0.001, d=0.88$, 95%CI=[57.15, 114.49]【此部分说明老年人和青年人均产生视听觉整合效应, 结果已经体现在 p15, 4.2.2 相对多感觉反应增强 rMRE 部分中】。线索类型和目标刺激类型的交互作用的简单效应分析表明,有效线索条件下各目标刺激类型反应时差异显著, $F(2, 52)=175.22, p<0.001, \eta_p^2=0.87$, 多重比较分析表明, 视听觉刺激的反应时(297ms)显著快于视觉刺激(374ms), $t(54)=10.33, p<0.001, d=0.78$, 95%CI=[54.14, 98.11]和听觉刺激的反应时(351ms), $t(54)=7.28, p<0.001, d=0.55$, 95%CI=[31.68, 75.64], 听觉刺激反应时显著快于视觉刺激反应时, $t(54)=3.05, p<0.001, d=0.23$, 95%CI=[0.48, 44.45]; 无效线索条件下各目标刺激类型反应时差异显著, $F(2, 52)=85.30, p<0.001, \eta_p^2=0.77$, 多重比较分析表明, 视听觉刺激的反应时(399ms)显著快于视觉刺激(458ms), $t(54)=8.04, p<0.001, d=0.61$, 95%CI=[37.28, 81.24]和听觉刺激的反应时(480ms), $t(54)=10.96, p<0.001, d=0.83$, 95%CI=[58.81, 102.77]【此部分说明有效线索和无效线索条件下均产生视听觉整合效应, 结果已经体现在 p15, 4.2.2 相对多感觉反应增强 rMRE 部分中】。

意见 7: 讨论部分关于老年人不同视听整合的观点是否可以放到前言中以充实理论背景, 这些不同的结果假设可以放在前言中进行描述? 提出相应的预期假设。

回应: 根据审稿专家意见, (1)关于老年人不同视听整合的观点已放在前言部分充实理论背景【具体见正文 p2, L25-p3, L3】。(2)我们在前言部分完善了相应的预期假设: 并且由于老

年人对外周刺激的分辨力较弱(Anderson et al., 1997), 因此, 在各线索有效性条件下, 老年人的视听觉整合均弱于青年人【见正文 p3, L20-22】。

【参考文献】

Anderson, R. S., & McDowell, D. R. (1997). Peripheral resolution using stationary and flickering gratings: the effects of age. *Current Eye Research*, 16(12), 1209–1214.

第二轮

审稿人 1 意见:

作者对上一轮的评审意见进行了认真的修改, 但对部分问题的回答有待进一步商榷。

意见 1: 一个重要的问题就是作者对三个实验的竞争模型进行分析, 对违反竞争模型的时间窗和峰值进行了统计分析。但奇怪的是, 修改稿中各条件下的时间窗和峰值与原稿中的时间窗和峰值不一致, 有些相差甚远。根据作者描述的分析方法, 两次的分析方法应该是相同的。不知道为何两次分析的有些时间窗和峰值差别很大, 请作者给出合理的解释。

回应: 根据审稿人一审意见“在三个实验的竞争模型分析中, 作者是如何基于实验结果, 如何得出老年人(和青年人)在有效线索条件和无效线索条件的视听整合效应有没有差异的结论的, 依据是什么, 时间窗、峰值?”的回答“通过比较不同条件下视听觉整合时间窗是否出现, 以及在时间窗出现情况下峰值百分比大小是否有差异, 判断不同条件间的视听觉整合大小是否有差异”。我们在一稿修改时重新对 Race model 数据进行了梳理和分析, 导致两次结果有些差异, 主要有以下两点原因:

(1) 一稿时对 Race model 数据的分析采用的是人工手动分析方式, 对三个实验每个被试每种线索类型条件下的每 10ms 时间段上的三种目标刺激反应时的累计分布概率进行人工统计, 耗时耗力, 稍有不慎很容易出现统计失误。因此, 在修改稿时, 我们采用他人自编 VB 程序的自动分析方式对该部分数据重新进行了分析, 避免了因人工统计带来的错误, 该程序已经过我们的反复确认和比较, 并且已有相关研究采用该程序分析 Race model 数据并发表(Wu et al., 2012; Yang et al., 2017; 唐晓雨等, 2020), 保证不会存在程序错误, 具体程序见“链接: <https://pan.baidu.com/s/1ThmP7aEDgDVW7ISLUW9McQ>; 提取码: nqqk”(说明: 该程序供审稿人审核数据使用)。

(2) 重新梳理数据后我们对统计方法进行了变更, 本文中对 Race model 时间窗口的计算是通过在反应时 0~1200ms 区间, 计算出每 10ms 的时间段上, 老年人和青年人在各线索类型条件下的累积概率值: 视觉 $P(RT_V < t)$ 、听觉 $P(RT_A < t)$ 和视听觉 $P(RT_{AV} < t)$ 。然后通过公式计算出竞争模型累积分布概率值 $P(RT_{\text{Race model}} < t)$ 。最后计算出各线索类型的累积概率值 $P(RT_{AV} < t)$ 与竞争模型累积分布概率值 $P(RT_{\text{Race model}} < t)$ 的差是否显著大于 0, 若大于 0 则认为该时间窗内产生了视听觉整合。根据袁卫(2009)的《统计学》第三章内容, 在假设检验中, 若检验平均数是否显著大于或小于某一标准值用单尾检验(袁卫, 2009), 另结合 Nardini 等(2015)的 Race model 数据分析方法, 也是采用的单尾检验。最终我们将第一稿中的使用双尾 t 检验方法变更成单尾 t 检验, 对 Race model 数据的发生时间、时间窗口和峰值进行了重新分析, 所以造成第二稿时间窗和峰值与第一稿有一些差异。

Wu, J., Yang, J., Yu, Y., Li, Q., Nakamura, N., & Shen, Y., et al. (2012). Delayed audiovisual integration of patients with mild cognitive impairment and alzheimer's disease compared with normal aged controls. *Journal of Alzheimers Disease*, 32(2), 317-328.

Yang, W., & Ren, Y. (2017). Attenuated audiovisual integration in middle-aged adults in a discrimination task. *Cognitive Processing*.

唐晓雨, 吴英楠, 彭姓, 王爱君, 李奇. (2020). 内源性空间线索有效性对视听觉整合的影响. *心理学报*, 52(7), 835–846.

袁卫(2009). 统计学(第三版). 高等教育出版社.

Nardini, M., Bales, J., & D Mareschal. (2015). Integration of audio-visual information for spatial decisions in children and adults. *Developmental Science*, 803–816.

意见 2: 此外, 作者在修改稿中还存在如下问题: 摘要中的被试类型是不能被操纵的。P3L9(第 3 页, 第 9 行)也存在类似的问题。另外, 摘要中“.....并且深化了内源性注意与视听觉整合的交互作用.....”, 没有“深化了.....的交互作用”的说法, 这里存在表述不当的问题。

回应: 根据审稿专家意见, 修改如下:

(1) 已将文中“操纵了被试类型、线索有效性和目标类型”改为“采用了被试类型、线索有效性和目标类型”【见正文 p1, L5】; 将“操纵被试类型(青年人 vs.老年人)、线索类型(有效线索 vs.无效线索)和目标刺激类型(视觉刺激 vs.听觉刺激 vs.视听觉刺激)”改为“采用被试类型(青年人 vs.老年人)、线索类型(有效线索 vs.无效线索)和目标刺激类型(视觉刺激 vs.听觉刺激 vs.视听觉刺激)”【见正文 p3, L9-11】。

(2) 已将摘要中“并且深化了内源性注意与视听觉整合的交互作用”改成为“并且进一步揭示了内源性注意与视听觉整合的交互作用关系”【见正文 p1, L14-15】。

意见 3: 摘要中提及“研究结果进一步支持了空间不确定性假说”, 可是正文中并未对该假说进行介绍。请作者补充相关的内容。

回应: 根据审稿专家意见, 我们在讨论部分增加了对“空间不确定性假说”的介绍, 具体做出如下修改:

van der Stoep 等(2015)提出了“空间不确定假说”, 该假说的主要内容为由于有效线索和目标刺激提供的空间定向信息是冗余的, 当线索有效性越低, 目标空间位置越不确定时, 被试反而越会依赖线索提供的信息进行空间定向, 因此导致视听觉目标刺激重要性的降低(van der Stoep et al., 2015), 得到的注意资源减少(唐晓雨等, 2020)【见正文 p18, L19-22】。

van der Stoep, N., van der Stigchel, S., & Nijboer, T. C. W. (2015). Exogenous spatial attention decreases audiovisual integration. *Attention Perception & Psychophysics*, 77(2), 464–482.

唐晓雨, 吴英楠, 彭姓, 王爱君, 李奇. (2020). 内源性空间线索有效性对视听觉整合的影响. *心理学报*, 52(7), 835–846.

意见 4: 青年人实验 1 和实验 2 的有效线索条件下有效试次所占的比例都较低, 大约 60%多一点, 还有其他一些条件下有效试次的比例也比较低, 是不是剔除的数据过多, 剔除标准是如何确定的? 被试正确率(都约在 95%以上)的计算是在剔除异常数据之后进行的? 一般来说, 应该在剔除极端数据之前就进行正确率的分析, 然后再剔除极端数据和错误数据进行反应时的分析。

回应: 根据审稿专家意见, 我们的解释如下(说明: 表 a、表 b、表 c 仅供审稿专家审稿时参考, 并非论文正文中的原表):

(1) 根据审稿人一审意见“在数据处理时作者报告了剔除的试次数所占的比例, 建议作者提供实验条件间最小的有效试次数”。因此, 本次我们提供的是个人数据中实验条件间最小的有效试次数, 并不是平均有效试次数。为了更为清晰阐述各条件下有效试次数, 如表 a

所示，我们重新提供了老年人和青年人在各实验和线索类型条件下的平均有效试次数【见正文 p6 表 1】，并对文中的文字部分进行了修改【见正文 p6, L8-9; p10, L11-12; p13, L20-21】。

表 a 各实验条件间平均有效试次数

实验	老年人		青年人	
	有效线索	无效线索	有效线索	无效线索
实验 1	228(240)	228(240)	228(240)	227(240)
实验 2	596(630)	253(270)	585(630)	245(270)
实验 3	1015(1080)	109(120)	1059(1080)	118(120)

备注：括号内为每一条件总试次数

（2）本研究将小于 100ms 或大于 1200ms 的反应时数据剔除。剔除标准的确定过程为：①参考前人文献剔除数据的标准，如商应美等(2009)研究的剔除标准“剔除小于 100ms 或大于 1200ms 的反应时”；唐晓雨等(2020a)关于内源性空间线索有效性对视听觉整合影响研究的数据剔除标准“剔除小于 100ms 或大于 1000ms 的反应时”；以及 Mahoney 等(2011)关于老年人视听觉整合研究的数据剔除标准“剔除小于 100ms 或大于(M+2×SD)的反应时”。我们将剔除数据的反应时下限定为 100ms。②对本研究中各条件下的反应时数据进行平均数加两个标准差(M+2×SD)的计算(Mahoney et al., 2011)，得到的最大值为 1254ms(实验 1 老年人在视觉刺激条件的值)，结合本文样本情况和前人剔除数据的标准(Mahoney et al., 2011；商应美等, 2009)，将反应时上限确定为 1200ms。因此，本研究最终确定的剔除标准为：剔除小于 100ms 或大于 1200ms 的反应时数据。

（3）正确率的计算是根据唐晓雨等(2020b)的方法“先剔除了极端值数据，然后对正确率进行了分析”。根据审稿专家意见，我们对剔除极端数据之前的正确率进行了分析，结果见表 b，并对正文中相应表格处数值进行了修改【见正文 p6 表 2, p10 表 3, p14 表 4 的正确率数值部分】，同时在表 c 中附上剔除异常值后各实验中不同条件下的正确率，以便审稿人对比参照。

表 b 剔除异常值前各实验中不同条件下的正确率(ACC/%) ($M \pm SD$)

目标刺激	线索类型	实验 1		实验 2		实验 3	
		老年人	青年人	老年人	青年人	老年人	青年人
视觉刺激	有效线索	97.6±2.8	99.1±1.3	97.6±2.5	98.0±3.2	97.9±2.5	99.8±0.4
	无效线索	98.4±1.8	98.8±2.0	98.5±1.8	98.7±1.4	98.6±4.4	99.8±0.3
听觉刺激	有效线索	98.0±2.0	98.0±2.6	97.3±2.7	97.1±2.6	95.4±4.4	96.6±2.6
	无效线索	92.4±4.3	94.1±5.0	95.1±4.1	90.0±4.6	90.6±7.7	90.0±8.3
视听觉刺激	有效线索	97.7±2.5	96.2±3.8	96.1±3.1	96.1±3.2	97.9±2.1	99.4±0.6
	无效线索	97.6±2.5	98.0±2.4	96.6±3.7	96.6±4.2	96.1±4.4	99.2±1.4

注：ACC 代表正确率(Accuracy, %)

表 c 剔除异常值后各实验中不同条件下的正确率(ACC/%) ($M \pm SD$)

目标刺激	线索类型	实验 1		实验 2		实验 3	
		老年人	青年人	老年人	青年人	老年人	青年人
视觉刺激	有效线索	99.2±0.9	99.9±0.3	99.2±0.6	99.1±1.1	99.2±0.9	99.9±0.3
	无效线索	97.9±3.0	99.6±0.7	98.8±1.3	98.5±2.1	97.9±3.0	98.1±0.6
听觉刺激	有效线索	98.3±1.8	97.0±3.2	97.3±2.6	96.6±3.1	98.3±1.8	99.4±0.5
	无效线索	91.9±8.2	94.9±4.5	96.4±4.0	91.6±4.8	91.9±8.2	90.0±8.1
视听觉刺激	有效线索	98.9±1.3	98.9±2.4	98.7±1.6	98.7±1.5	98.9±1.3	99.8±0.3
	无效线索	95.9±4.3	98.3±2.3	97.6±2.3	97.8±2.2	95.9±4.3	97.2±2.2

注：ACC 代表正确率(Accuracy, %)

商应美 & 张明.(2009).中央重新定向对听觉返回抑制的影响. *心理学探新*(01),54-57+81.

唐晓雨, 吴英楠, 彭姓, 王爱君, 李奇. (2020a). 内源性空间线索有效性对视听觉整合的影响. *心理学报*, 52(7), 835– 846.

唐晓雨,孙佳影 & 彭姓.(2020b).双通道分配性注意对视听觉返回抑制的影响. *心理学报*(03),257-268.

Mahoney, J, Li, C., Oh-Park, M., Verghese, J. & Holtzer, R. (2011). Multisensory integration across the senses in young and old adults. *Brain research*. 1426. 43-53.

意见 5：P7L6-9，由于老年人和青年人的反应时基数本身就有差别，直接比较视觉、听觉、视听整合条件下两组被试的线索化效应(RT 无效-RT 有效)是否合理。可能做正态化处理之后再比较更合理一些。

回应：根据审稿专家意见，我们对数据进行了正态化处理之后再比较，具体修改如下：

考虑到老年人和青年人的反应时基数差别，我们首先使用公式
$$Z = \frac{X-M}{SD}$$
 (X 为原始数据，M 为平均数，SD 为标准差)对被试反应时数据做了正态化处理，然后使用独立样本 *t* 检验分别对正态化后的视觉刺激、听觉刺激和视听觉刺激条件下老年人和青年人线索化效应进行分析，结果均无显著差异， $ts(46)<1.72$ ， $ps>0.05$ (实验 1)【见正文 p7, L7-11】。使用独立样本 *t* 检验分别对正态化后的视觉刺激、听觉刺激和视听觉刺激条件下老年人和青年人线索化效应进行分析，结果均无显著差异 $ts(47)<1.30$ ， $ps>0.05$ (实验 2) 【见正文 p11, L7-8】。使用独立样本 *t* 检验分别对正态化后的视觉刺激、听觉刺激和视听觉刺激条件下老年人和青年人线索化效应进行分析，结果发现：在视觉刺激条件下，老年人线索化效应(0.05)显著高于青年人(0.02)， $t(53)=2.16$ ， $p=0.035$ ， $d=0.58$ ，95%CI=[0.002, 0.059]；在听觉刺激条件下，老年人线索化效应(0.06)显著高于青年人(0.004)， $t(53)=3.81$ ， $p<0.001$ ， $d=1.03$ ，95%CI=[0.025, 0.079]；在视听觉刺激条件下，老年人和青年人线索化效应无差异， $t(53)=0.76$ ， $p>0.05$ (实验 3) 【见正文 p15, L13-18】。

意见 6：P16L16-17，将 $p=0.089$ 作为边缘显著有些牵强，应该是不显著。95%CI=[-0.53, +∞)，95%的置信区间可能接近正无穷吗，请作者给予解释。

回应：根据审稿专家意见，我们的解释和修改如下：

(1) 我们在正文中已经将边缘显著改成不显著，并修改了相应文字部分【见正文 p16, L17-20】。

(2) 由于 P16L16-17 处的显著改为不显著，所以本稿中相应的 95%CI 数据已被删除，针对上一稿 95%CI 正无穷问题我们解释如下：P16,L16-17 处是使用单尾配对样本 t 检验对青年人在有效线索条件下与无效线索条件下的峰值进行分析，使用单尾检验的 95%CI 的计算公

式为 $(\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{n}}t(n-1), +\infty)$ ，是存在正无穷的(张晓琴等, 2020)。

张晓琴,王昭元 & 李宇.(2020).单侧假设检验中统计量值对检验结论的影响. *大学数学* (06),93-96.

第三轮

审稿人 1 意见：

作者对上一轮的评审意见进行了认真的修改，还有一些细节问题请作者修改。

意见 1：摘要中的一些表述需要完善。比如 P1L5，采用了被试类型、.....，很少有这种表述。

回应：根据审稿专家意见，修改如下：

(1) 已将摘要中“采用了被试类型、线索有效性和目标类型”这句话删除，并对摘要部分进行了适当的修改【见摘要 p1, L4-14】。

(2) 将“采用被试类型(青年人 vs.老年人)、线索类型(有效线索 vs.无效线索)和目标刺激类型(视觉刺激 vs.听觉刺激 vs.视听觉刺激)”改为“以被试类型(青年人 vs.老年人)、线索类型(有效线索 vs.无效线索)和目标刺激类型(视觉刺激 vs.听觉刺激 vs.视听觉刺激)为自变量”【见正文 p3, L7-9】。

意见 2：摘要中提及“研究结果进一步支持了空间不确定性假说”，可以说是论文的主要结论。那么作者在前言部分应该有针对这个假说的介绍及相应的研究假设。仅仅在讨论中提及这个假说不是特别合适。

回应：根据审稿专家意见，我们在前言部分增加了对“空间不确定性假说”的介绍及相应的研究假设，具体修改如下：

van der Stoep 等(2015)提出了“空间不确定假说”，该假说的主要内容为由于有效线索和目标刺激提供的空间定向信息是冗余的，当线索有效性越低，目标空间位置越不确定时，被试反而越会依赖线索提供的信息进行空间定向，因此导致视听觉目标刺激重要性的降低(van der Stoep et al., 2015)，得到的注意资源减少(唐晓雨等, 2020)。据此，本研究假设，50%线索有效性条件下，由于目标刺激得到的注意资源减少，导致内源性空间注意对老年人和青年人的视听觉整合没有促进作用【见正文 p3, L15-20】。

van der Stoep, N., van der Stigchel, S., & Nijboer, T. C. W. (2015). Exogenous spatial attention decreases audiovisual integration. *Attention Perception & Psychophysics*, 77(2), 464–482.

唐晓雨, 吴英楠, 彭姓, 王爱君, 李奇. (2020). 内源性空间线索有效性对视听觉整合的影响. *心理学报*, 52(7), 835–846.

意见 3: 关于有效试次数的问题, 有些条件下单个被试的有效试次比例比较低, 严格来说做数据预处理时应该剔除这些被试。建议修改后接收。

回应: 根据审稿专家意见, 我们在数据预处理时对有效试次比例比较低的被试进行了剔除, 具体修改内容如下:

(1) 一名青年人被试的数据由于单个实验条件下的最小有效试次数低于该条件下总试次数的 70% 被删除 (实验 1)【见正文 p4, L8-9】。一名青年人被试的数据由于单个实验条件下的最小有效试次数低于该条件下总试次数的 70% 被删除 (实验 2)【见正文 p9, L14-15】。

(2) 对实验 1 和实验 2 各剔除一名有效试次比例比较低的青年人被试后 (实验 1 的被试 25 和实验 2 的被试 13), 为了保持和之前版本被试人数一致我们为实验 1 和实验 2 各重新招募了一名青年人被试, 如表 a 所示, 提供了剔除和重新招募青年人被试后在各实验和线索类型条件下的平均有效试次数【见正文 p6 表 1】, 并对文中的文字部分进行了修改【见正文 p6, L13; p10, L14】; 另外, 我们在这里提供剔除和重新招募被试后的各实验条件间最小的有效试次数, 如表 b 所示, 所有被试的有效试次比例均大于 70%; 最后对剔除和重新招募青年人被试后的实验 1 和实验 2 数据进行了重新分析, 结果数值有变化, 但整体的结果趋势没有发生变化【具体详见正文 2.2 部分和 3.2 部分】。

(3) 我们将重新招募的两名青年人被试原始数据上传到了以下的百度网盘:

链接: <https://pan.baidu.com/s/1LdKPiyQrw6L3M9zafm1UNw?pwd=2i9t>; 提取码: 2i9t

表 a 各实验条件间平均有效试次数

实验	老年人		青年人	
	有效线索	无效线索	有效线索	无效线索
实验 1	228(240)	228(240)	230(240)	227(240)
实验 2	596(630)	253(270)	578(630)	253(270)
实验 3	1015(1080)	109(120)	1059(1080)	118(120)

注: 括号内为每一条件总试次数

表 b 各实验条件间最小的有效试次数

实验	老年人		青年人	
	有效线索	无效线索	有效线索	无效线索
实验 1	59(80)	60(80)	57(80)	60(80)
实验 2	174(210)	72(90)	152(210)	64(90)
实验 3	295(360)	30(40)	308(360)	33(40)

注: 括号内为每一条件总试次数

编委意见: 根据审稿专家的意见, 建议发表。

主编意见: 本论文借助内源性线索-靶子范式, 以青年人为对照组, 对不同线索有效性条件下内源性空间注意对老年人视听觉整合的影响以及老年人和青年人在视听整合功能方面的不同表现进行了考察。本论文研究框架清晰, 数据处理过程规范, 研究结论可信。