

Audiovisual Illusion Effects in Multisensory Integration in Elderly Adults

Li Shuyi Wang Aijun*

Department of Psychology, Soochow University, Suzhou

Abstract: Multisensory illusion effect is a manifestation of multisensory integration. Studies of multisensory illusion effect in old adults provide evidence for the changes of multisensory integration during the aging process. This article provided a brief review of the existing research results of multisensory illusion effect in old adults, including three parts: (1) The visual illusion effect, referring to the McGurk effect, is influenced by visual information in the multisensory integration process. Old adults have a larger amount of visual illusion effect, which may reflect a greater multisensory integration. (2) The auditory illusion effect, referring to the sound-induced flash illusion, is an auditory dominance effect. Old adults are more susceptible to the sound-induced flash illusion than young adults, which is associated with an increase in the width of multisensory temporal binding window. (3) Audiovisual bounce effect is an audiovisual illusion effect in the two dimensional space, and it reflects the interaction between attentional and multisensory integration in old adults. Future research should take top-down cognitive factors (e.g. attention, expectation and emotional state) into consideration, and take better control of the experimental stimulus as well as realize further standardization, so as to draw a generalization conclusion of multisensory illusion effect in old adults.

Key words: Multisensory integration; Multisensory illusion effect; Old adults

Received: 2020-10-05; Accepted: 2020-10-25; Published: 2020-11-16

老年人多感觉整合中的视听错觉效应

李姝祎 王爱君*

苏州大学教育学院, 苏州

邮箱: ajwang@suda.edu.cn

摘要: 多感觉错觉效应是多感觉整合的一种表现形式。对老年人多感觉错觉效应的研究将为老龄化过程中多感觉整合的变化提供依据。基于已有研究成果对老年人的多感觉错觉效应进行综述: (1) 视觉错觉效应, 指 McGurk 效应, 由视觉信息对多感觉整合的影响导致。老年人视觉错觉效应量更大, 可能体现了老年人的多感觉整合更强。(2) 听觉错觉效应, 指声音诱发闪光错觉, 是多感觉整合过程中的听觉主导效应。老年人对声音诱发闪光错觉的敏感性更高, 与老年人多感觉整合时间绑定窗口宽度的增加有关。(3) 视听反弹效应, 是一种视听错觉效应, 可以反映老年人注意与多感觉整合的交互作用。未来研究应考虑注意、预期、情绪状态等自上而下的认知因素对老年人多感觉错觉效应的影响, 同时对实验刺激进行进一步控制与标准化, 以得出对于老年人多感觉错觉效应的推广性结论。

关键词: 多感觉整合; 多感觉错觉效应; 老年人

收稿日期: 2020-10-05; 录用日期: 2020-10-25; 发表日期: 2020-11-16

Copyright © 2020 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1 引言

我们对自然环境中信息的感知是通过多个感觉通道进行的。处理来自不同感觉通道信息的过程中, 存在多感觉整合 (Multisensory Integration) 现象, 即将不同感觉通道输入的信息有效合并为统一、连贯、稳定的知觉的过程 [1] [2]。例如, 在日常的面对面交谈中, 我们要同时处理交往对象发出的声音 (听觉信息) 与其嘴唇的张合 (视觉信息), 将二者整合而进行言语理解的过程就是一种多感觉整合。

通常来说, 当所呈现的视觉与听觉刺激在时间与空间上一致时, 多感觉整合可通过增强知觉的连贯性与稳定性, 提高个体对外界感觉信息的整合效率 [3] [4] [5], 包括反应时的减少与正确率的提

升 [6] [7] [8]。然而,当视觉与听觉刺激在时间或空间上不一致时,来自视觉、听觉通道的感觉信息产生不一致冲突,便可能出现多感觉错觉效应 (Multisensory Illusion) [9]。在多数视听双通道交互作用的情况下,视觉信息占据主导地位。尤其是,由于视觉通道擅长加工运动和空间信息,因此在信息的空间维度上,个体更加依赖视觉信息进行知觉 [10] [11] [12]。多感觉整合中的视觉错觉效应体现了处理视听双通道信息的过程中,视觉信息对多感觉整合的影响作用,包括 McGurk 效应、腹语术效应 (Ventriloquism Effect)、Colavita 效应等。在涉及时间维度的情况中,听觉信息则更可能占据多感觉整合的主导地位 [13] [14] [15] [16]。其中,声音诱发闪光错觉是多感觉整合过程中典型的听觉主导效应 [17] [18],它表现为当视觉闪光刺激与间隔 100 ms 内的听觉声音刺激不等数量呈现时,被试知觉视觉闪光的数量与听觉声音的数量相等。声音诱发闪光错觉体现了视听整合过程中,听觉信息处理对视觉信息处理的影响。

大脑为了有效整合来自不同感觉通道的信息使用了时间绑定窗口。以往研究发现时间绑定窗口的宽度随着年龄的增长而增加,以便在感觉转换下降时最大限度地利用多感觉通道输入的信息 [19]。对于老年人来说,伴随着单一感觉机能的退化,其中最为明显的是视觉和听觉机能的退化 [20] [21] [22] [23]。目前研究发现老年人整合多个感觉通道信息的能力相较年轻人更强 [24] [25] [26]。Peiffer 等人 (2007) 通过简单反应时实验发现,年轻人与老年人在视听双通道条件下的反应时比视觉、听觉单通道条件下的短。此外,老年人视听双通道条件下的反应时与视觉、听觉单通道条件下反应时的差异大于年轻人。这反映在视听双通道交互作用的情况下,老年人受多感觉整合的影响更大,多感觉整合更强。McGovern 等人 (2014) 在声音诱发闪光错觉实验中发现,老年人相比年轻人在更长刺激时间间隔的条件下受裂变错觉 (一个视觉闪光伴随着两个听觉声音呈现,一个视觉闪光被错误知觉为两个) 影响,这体现了老年人多感觉整合的增强。另有研究发现,虽然老年人与年轻人对颜色相关的双通道视听刺激的反应时都比颜色相关的单通道视觉刺激的反应时短,但老年人的反应时缩短的程度大于年轻人 [27]。

Freiher 等人 (2013) 提出,老年人多感觉整合的增强可能是大脑的补偿机制导致的。补偿机制指的是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 [24] [28]。由于衰老导致了单通道感觉机能下降,因此老年人要高效地感知环境中信息,就要通过增强多种感觉通道的信息整合。先前研究表明,当认知负担加重时,个体更容易感受到非语义的视听错觉,体现了多感觉整合的增强 [29]。老年人单一感觉通道信息加工可靠性的下降增加了其认知负担,因此需要增强多感觉通道信息的整合作为补偿。

因此,了解多感觉整合中的视听错觉效应,对于认识老年人衰老过程中的多感觉整合具有重要意义。本文综述了目前对老年人多感觉整合中错觉效应的研究,包括视觉错觉效应 (McGurk 效应)、听觉错觉效应 (声音诱发闪光错觉) 以及视听反弹效应。

2 多感觉错觉效应

2.1 视觉错觉效应

McGurk 效应是一种视听言语感知过程中的多感觉错觉效应,它指的是当特定发音的视觉刺激 (人

的口唇发音动作等)与特定发音的听觉刺激(人的语音信息)同时呈现时,个体可能感知到新发音[1][30]。研究中最常用的 McGurk 刺激是视觉“ga”加听觉“ba”的视听组合,发生 McGurk 效应时可能感知到“da”[1][31][32][33]。在言语感知中,听觉信息占主导作用,视觉信息只有辅助作用。即使如此,视觉信息对言语感知的影响依然存在, McGurk 效应体现了言语感知中视觉信息对听觉信息的影响作用。目前,研究者们采用 fMRI、经颅磁刺激技术(Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)以及脑磁图技术(Magnetoencephalography, MEG)对 McGurk 效应的相关脑区进行探究,结果表明, McGurk 效应加工早期的视听整合过程与颞上皮质(Superior Temporal Cortex)相关[34]; McGurk 效应加工晚期的视听不一致冲突与额下皮质(Inferior Frontal Cortex)相关[31]。

Tye-Murray 等人(2011)分别向年轻人和老年人呈现三种视觉信息(正常发音面孔、低对比度发音面孔、类似口型的无意义图)和听觉信息配对的条件下,结果发现,年轻人在三种条件下均表现出多感觉整合,且在正常发音面孔与听觉信息配对的条件下整合效应最大;而老年人仅在正常发音面孔与听觉信息配对的条件下表现出多感觉整合[35]。该研究表明,老年人对于低对比度的 McGurk 视觉刺激的处理效率低于年轻人。然而,有后续研究得出了不同的结论。Sekiyama 等人(2014)对 McGurk 刺激的信噪比进行了校正,并采用校正后的刺激对老年人和年轻人群体进行了 McGurk 实验[36]。结果表明,对老年人听觉单通道机能的减退进行了控制后,老年人的 McGurk 效应量依然比年轻人的更大。这可能是由于老年人的听觉机能相较视觉机能下降更快,对视觉信息的依赖性更强,因此更容易受到视觉信息的影响。然而,该研究难以证明老年人视听整合能力的变化是否为 McGurk 效应个体间差异的来源。

总体而言,目前对于老年人的 McGurk 效应的实验结果是不一致的。未来研究应采用更加标准化的 McGurk 实验范式,以得出可推广的实验结论。此外,后续研究应采用更多指标(视听整合时间窗大小、对视听刺激的反应时,以及其他视听整合相关任务等)评价视听整合能力,进一步明确老年人视听整合能力与 McGurk 效应的关系[1]。

2.2 听觉错觉效应

声音诱发闪光错觉(Sound Induced Flash Illusion)是一种听觉主导的多感觉错觉效应。当一个视觉闪光伴随着两个听觉声音呈现时,一个视觉闪光会被错误知觉为两个,被称为裂变错觉;当两个视觉闪光伴随着一个听觉声音同时呈现时,两个视觉闪光会被错误知觉为一个,也被称为融合错觉[37][38][39]。

对声音诱发闪光错觉的现有研究表明,多感觉整合与年龄存在分离效应,老年人的多感觉整合能力更强,因此更容易受到声音诱发闪光错觉影响。DeLoss 等人(2013)的研究发现,老年人抑制无关跨通道信息的能力降低,整合多感觉通道信息的能力增强,因而更容易受到声音诱发闪光错觉影响[40]。McGovern 等人(2014)研究发现,相比年轻人,老年人在更大的 SOA 下也会产生裂变错觉。但在产生融合错觉的实验条件下,老年人与年轻人的错觉量不存在显著差异。

另有研究表明,老年人多感觉整合能力的增强可能与其时间绑定窗口宽度的增大有关。Stevenson 等人(2012)的研究证明,个体的多感觉整合过程与时间绑定窗口的宽度具有高相关性[41]。因此老年人多感觉整合能力的增强可能是由于其多感觉整合的时间绑定窗口宽度相比年轻人更大。Setti 等

人(2011)的研究表明,老年人比年轻人在更大的SOA下受声音诱发闪光错觉影响,且在SOA小于270ms的条件下,易跌倒老年人声音诱发闪光错觉的错觉量不受SOA的增大所影响[42]。Hernández等人(2019)选取了3955名50岁以上的被试进行了大数据研究,结果与先前研究一致,即老年人声音诱发闪光错觉的错觉量比年轻人更大,且这种差异与老年人多感觉整合的时间绑定窗口宽度的增加有关[43][44]。此外,认知功能受损[45]以及平衡功能受损[40][46]的老年人对声音诱发闪光错觉的敏感性更强。

综上所述,老年人声音诱发闪光错觉的错觉量比年轻人更大[47][48],且在刺激表现出大范围的不同步性时依然产生声音诱发闪光错觉[48],这可能是由于老年人多感觉整合的时间绑定窗口宽度(Temporal Binding Window)的增加[41]。对于老年人而言,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,表明多感觉整合能力越强[48]。此外,由于老年人的平衡功能和多感觉整合之间存在联系,即平衡功能受损[40][46]的老年人比健康的老年人处理多感觉通道信息的能力更弱,更容易受声音诱发闪光错觉影响[46],因此声音诱发闪光错觉作为衡量多感觉整合的指标,可能被用于对老年人跌倒风险的早期预测中。

2.3 视听反弹效应

二维空间中,两个相同的圆从异侧开始相向运动、重叠,直至分离的过程,既可被看作是“流经”(Streaming Through)彼此,也可被看作是“反弹”(Bouncing Off)。视听反弹效应(Audiovisual Bounce Effect)指的是在两个圆重合时呈现一个短暂的声音刺激或视觉闪光,可增加个体感知到两个圆反弹的可能性[49][50][51]。

目前对视听反弹效应的产生机制仍存在争议。一种代表性假设为,视听反弹效应出现在知觉处理阶段,即由于两个圆重合时短暂声音刺激或视觉闪光的呈现,个体真正地知觉到了两个圆相互反弹的过程[52][53][54][55];另一种代表性假设为,视听反弹效应出现在决策后期,受到认知偏差的影响,即个体将两个圆重合时呈现的声音刺激或视觉闪光看作了自然环境中物体碰撞时产生的声音或画面,因而倾向于判断两个圆重合时经历了反弹[56][57][58][59][60]。

Roudaia等人(2013)针对老年人与年轻人的视听反弹效应差异进行了研究,结果发现,在控制了刺激明度和刺激声音的实验条件下,老年人比年轻人更倾向于认为两个球是流经了彼此,而非相互反弹。对这一结果的可能解释是,老年人的注意过程与多感觉整合过程产生交互作用,老年人的多感觉整合相较年轻人更弱。然而,当前针对老年人多感觉整合的大部分研究表明,老年人的整合多通道感觉信息的能力相较年轻人更强。该研究得出不同结论的原因可能在于其实验刺激与实验任务与其余研究不同[50]。

综上所述,目前对于老年人视听反弹效应的研究不足,且缺少标准化的实验刺激与实验任务。后续研究应推出标准化的视听反弹效应实验范式,并探究视听反弹效应过程中的认知机制,以进一步阐明老龄化过程中个体认知能力的变化。

3 讨论

人口老龄化是人类面临的一个重大社会问题,关系到社会稳定和可持续发展[51]。对老年人多感

觉错觉的研究有利于阐明老年人多感觉整合能力的变化,进一步对老龄化过程中认知能力的变化做出解释。本文综述了目前对老年人多感觉整合中错觉效应的研究,概括如下:(1)老年人的视觉错觉效应:对于McGurk效应诱发的视听觉整合效应,老年人与年轻人存在显著的差异,但目前研究的结果存在差异;(2)老年人的听觉错觉效应:老年人更容易受声音诱发闪光错觉的影响,这可能是因为其多感觉整合的时间绑定窗口宽度相比年轻人更大;(3)老年人的视听反弹效应:目前研究结果可能反映了老年人多感觉整合的减弱,但对视听反弹效应的认知机制的了解并不充足。

虽然前人研究对老年人多感觉错觉效应进行了探讨,但仍存在一些问题和不足。本文结合已有研究的不足,提出对未来研究的展望。

首先,目前对老年人多感觉整合能力的研究依然存在一定的争议。部分研究发现老年人整合多个感觉通道信息的能力相较年轻人更强[23][24][25],例如Peiffer等人(2007)通过简单反应时实验发现,相比视觉、听觉单通道条件下,老年人在视听双通道条件下反应时减少得比年轻人更多[25]。另一些研究发现老年人整合多个感觉通道信息的能力相较年轻人更弱。如Mahoney等人(2011)的研究结果体现,老年人对视觉—躯体感觉信息的整合比年轻人更强,但对视觉—听觉、听觉—躯体感觉信息的整合比年轻人更弱[61]。实验得出不同的结果,可能和实验范式与实验刺激有效性的不同有关。未来研究可以对实验刺激进行进一步控制,一方面使用标准化、具有推广性的实验刺激,另一方面控制实验刺激能否激活多感觉整合的补偿作用。

其次,老年人多感觉错觉效应还受到老年人自上而下认知因素变化的影响。以往研究发现,老年人难以抑制与任务无关的信息[50],体现了其选择性注意的下降。由于选择性注意下降,老年人对听觉信息的注意可能与年轻人不同,造成声音诱发闪光错觉上的差异。目前,在老年人自上而下认知因素对多感觉错觉效应影响这一方向上,仍有较大的探索空间。未来研究可以针对个体预期、情绪状态等因素对老年人多感觉整合的影响进行探究[51]。

综上所述,虽然目前已有对老年人多感觉错觉效应的研究,但仍存在争议与不足。未来研究可对实验刺激进行进一步控制,以排除刺激特性等无关因素的影响。此外,研究者还可拓展对老年人多感觉错觉效应的研究广度,针对更多自上而下的认知因素进行深入研究。

基金项目

江苏省大学生创新创业训练计划项目(202010285072Y)。

参考文献

- [1] 罗霄骁,康冠兰. McGurk 效应的影响因素与神经基础 [J], 心理科学进展, 2018, 26(11): 39-55.
- [2] Stein B E, Stanford T R. Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron [J]. Nature Reviews Neuroscience, 2008, 9(5): 406-406. <https://doi.org/10.1038/nrn2377>
- [3] Calvert G A, Spence C, Stein B E. The Handbook of Multisensory Processing [M]. MIT Press, 2004.
- [4] Ernst M O, Bühlhoff H H. Merging the senses into a robust percept [J]. Trends in cognitive sciences, 2004, 8(4): 162-169. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.02.002>

- [5] Handel S. Perceptual coherence: Hearing and seeing [M] . Oxford: Oxford University Press, 2006.
- [6] Alais D, Burr D. The ventriloquist effect results from near-optimal bimodal integration [J] . *Current biology*, 2004, 14 (3) : 257–262. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.01.029>
- [7] Bernstein I H, Clark M H, Edelman B A. Effects of an auditory signal on visual reaction time [J] . *Journal of Experimental Psychology*, 1969, 80 (3p1) : 567–569. <https://doi.org/10.1037/h0027444>
- [8] Fiedler A, O'sullivan J L, Schröter H, et al. Illusory double flashes can speed up responses like physical ones: evidence from the sound-induced flash illusion [J] . *Experimental Brain Research*, 2011, 214 (1) : 113–119. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2811-z>
- [9] Abadi R V, Murphy J S. Phenomenology of the sound-induced flash illusion [J] . *Exp Brain Res*, 2014, 232 (7) : 2207–20. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3912-2>
- [10] Bertelson P, Gelder B D J C S, Attention C. The psychology of multimodal perception [J] . 2004: 141–177. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198524861.003.0007>
- [11] Schmid C, Büchel C, Rose M J N. The neural basis of visual dominance in the context of audio-visual object processing [J] . *Neuroimage*, 2011, 55 (1) : 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.051>
- [12] Yue Z, Jiang Y, Li Y, et al. Enhanced visual dominance in far space [J] . *Exp Brain Res*, 2015, 233 (10) : 2833–43. <https://doi.org/10.1007/s00221-015-4353-2>
- [13] Repp B H. Compensation for subliminal timing perturbations in perceptual-motor synchronization [J] . *Psychological Research Psychologische Forschung*, 2000, 63 (2) : 106–128. <https://doi.org/10.1007/PL00008170>
- [14] Repp B H. Perception of timing is more context sensitive than sensorimotor synchronization [J] . *Perception & Psychophysics*, 2002, 64 (5) : 703–716. <https://doi.org/10.3758/BF03194738>
- [15] Bresciani J-P, Dammeier F, Ernst M O. Tri-modal integration of visual, tactile and auditory signals for the perception of sequences of events [J] . *Brain Research Bulletin*, 2008, 75 (6) : 753–760. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2008.01.009>
- [16] Wang A, Sang H, He J, et al. Effects of Cognitive Expectation on Sound-Induced Flash Illusion [J] . *Perception*, 2019, 48: 1214–1234. <https://doi.org/10.1177/0301006619885796>
- [17] Shimojo S, Kamitani Y, Shams L. Illusions What you see is what you hear [J] . *Nature*, 2000, 408 (6814) : 788–788. <https://doi.org/10.1038/35048669>
- [18] Shams L, Kamitani Y, Shimojo S. Visual illusion induced by sound [J] . *Cognitive Brain Research*, 2002, 14 (1) : 147–152. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00069-1](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00069-1)
- [19] 王爱君, 黄杰, 陆菲菲, 等. 多感觉整合中的声音诱发闪光错觉效应 [JOL] . *心理科学进展*: 1–16 [2020–10–09] . <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4766.R.20200824.0959.022.html>.
- [20] Corso J F. Sensory processes and age effects in normal adults [J] . *J Gerontol*, 1971, 26 (1) : 90–105. <https://doi.org/10.1093/geronj/26.1.90>
- [21] Liu X, Yan D. Ageing and hearing loss [J] . *J Pathol*, 2007, 211 (2) : 188–197. <https://doi.org/10.1002/path.2102>
- [22] Martínez-Roda J A, Vilaseca M, Ondategui J C, et al. Effects of aging on optical quality and visual function [J] . *Clinical & Experimental Optometry*, 2016, 99 (6) : 518–525. <https://doi.org/10.1111/exo.12369>
- [23] Nusbaum N J. Aging and Sensory Senescence [J] . *Southern medical journal (Birmingham, Ala.)* ,

- 1999, 92 (3): 267–275. <https://doi.org/10.1097/00007611-199903000-00002>
- [24] Laurienti P J, Burdette J H, Maldjian J A, et al. Enhanced multisensory integration in older adults [J]. *Neurobiology of aging*, 2006, 27 (8): 1155–1163. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2005.05.024>
- [25] Peiffer A M, Mozolic J L, Hugenschmidt C E, et al. Age-related multisensory enhancement in a simple audiovisual detection task [J]. *Neuroreport*, 2007, 18 (10): 1077–1081. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3281e72ae7>
- [26] Wang C, Verghese J, Holtzer R, et al. Multisensory cueing and the attention network test in aging [J]. *Sens & Perceiving*, 2012, 25: 20–20. <https://doi.org/10.1163/187847612X646424>
- [27] McGovern D P, Roudaia E, Stapleton J, et al. The sound-induced flash illusion reveals dissociable age-related effects in multisensory integration [J]. *Front Aging Neurosci*, 2014, 6: 250. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00250>
- [28] Freiherr J, Lundström J N, Habel U, et al. Multisensory integration mechanisms during aging [J]. *Frontiers in human neuroscience*, 2013, 7: 863. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00863>
- [29] Michail G, Keil J. High cognitive load enhances the susceptibility to non-speech audiovisual illusions [J]. *Sci Rep*, 2018, 8 (1): 11530. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30007-6>
- [30] McGurk H, Macdonald J. Hearing lips and seeing voices [J]. *Nature (London)*, 1976, 264 (5588): 746. <https://doi.org/10.1038/264746a0>
- [31] Morís Fernández L, Macaluso E, Soto-Faraco S. Audiovisual integration as conflict resolution: The conflict of the McGurk illusion [J]. *Human brain mapping*, 2017, 38 (11): 5691–5705. <https://doi.org/10.1002/hbm.23758>
- [32] Nath A R, Beauchamp M S. A neural basis for interindividual differences in the McGurk effect, a multisensory speech illusion [J]. *NeuroImage*, 2012, 59 (1): 781–787. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.07.024>
- [33] Beauchamp M S, Nath A R, Pasalar S. fMRI-Guided Transcranial Magnetic Stimulation Reveals That the Superior Temporal Sulcus Is a Cortical Locus of the McGurk Effect [J]. *Journal of Neuroscience*, 2010, 30 (7): 2414–2417. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4865-09.2010>
- [34] Keil J, Müller N, Ihssen N, et al. On the Variability of the McGurk Effect: Audiovisual Integration Depends on Prestimulus Brain States [J]. *Cerebral Cortex*, 2012, 22 (1): 221–231. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr125>
- [35] Tye-Murray N, Spehar B, Myerson J, et al. Cross-modal enhancement of speech detection in young and older adults: does signal content matter? [J]. *Ear Hear*, 2011, 32 (5): 650–655. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31821a4578>
- [36] Sekiyama K, Soshi T, Sakamoto S. Enhanced audiovisual integration with aging in speech perception: a heightened McGurk effect in older adults [J]. *Front Psychol*, 2014, 5: 323. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00323>
- [37] Andersen T S, Tiippana K, Sams M J C B R. Factors influencing audiovisual fission and fusion illusions [J], 2004, 21 (3): 301–308. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.06.004>
- [38] Shams L. Visual illusion induced by sound [J]. *Cognitive Brain Research*, 2002, 14 (1): 147–152. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00069-1](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00069-1)
- [39] Shams, YukyasuKaman, ShnsukShmojo. Illusions: What you see is what you hear [J]. *Nature*, 2000. <https://doi.org/10.1038/35048669>

- [40] Deloss D J, Pierce R S, Andersen G J. Multisensory integration, aging, and the sound-induced flash illusion [J]. *Psychol Aging*, 2013, 28 (3): 802–12. <https://doi.org/10.1037/a0033289>
- [41] Stapleton J, Setti A, Doheny E P, et al. A standing posture is associated with increased susceptibility to the sound-induced flash illusion in fall-prone older adults [J]. *Exp Brain Res*, 2014, 232 (2): 423–34. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3750-7>
- [42] Setti A, Burke K E, Kenny R A, et al. Is inefficient multisensory processing associated with falls in older people? [J]. *Experimental brain research*, 2011, 209 (3): 375–384. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2560-z>
- [43] Diederich A, Colonius H, Schomburg A. Assessing age-related multisensory enhancement with the time-window-of-integration model [J]. *Neuropsychologia*, 2008, 46 (10): 2556–2562. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.03.026>
- [44] Stevenson R A, Zemtsov R K, Wallace M T. Individual differences in the multisensory temporal binding window predict susceptibility to audiovisual illusions [J]. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 2012, 38 (6): 1517–1529. <https://doi.org/10.1037/a0027339>
- [45] Hernández B, Setti A, Kenny R A, et al. Individual differences in ageing, cognitive status, and sex on susceptibility to the sound-induced flash illusion: A large-scale study [J]. *Psychology and aging*, 2019, 34 (7): 978–990. <https://doi.org/10.1037/pag0000396>
- [46] Chan J S, Kaiser J, Brandl M, et al. Expanded Temporal Binding Windows in People with Mild Cognitive Impairment [J]. *CURRENT ALZHEIMER RESEARCH*, 2015, 12 (1): 61–68. <https://doi.org/10.2174/1567205012666141218124744>
- [47] Merriman N A, Whyatt C, Setti A, et al. Successful balance training is associated with improved multisensory function in fall-prone older adults [J]. *Computers in Human Behavior*, 2015, 45: 192–203. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.017>
- [48] 周衡, 何华, 于薇, 等. 老年人声音诱发闪光错觉的大脑静息态低频振幅 [J]. *心理学报*, 2020, 52 (07): 823–834.
- [49] Grassi M, Casco C. Audiovisual bounce-inducing effect: attention alone does not explain why the discs are bouncing [J]. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2009, 35 (1): 235–43. <https://doi.org/10.1037/a0013031>
- [50] Roudaia E, Sekuler A B, Bennett P J, et al. Aging and audio-visual and multi-cue integration in motion [J]. *Front Psychol*, 2013, 4: 267. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00267>
- [51] Zhong H, Zhao S, Chen T, et al. Temporal dynamics of the flash-induced bouncing effect [J]. *Hum Brain Mapp*, 2020, 41 (11): 3009–3018. <https://doi.org/10.1002/hbm.24993>
- [52] Watanabe K, Shimojo S. Postcoincidence trajectory duration affects motion event perception [J]. *Perception & Psychophysics*, 2001, 63 (1): 16–28. <https://doi.org/10.3758/BF03200498>
- [53] Remijn G B, Ito H, Nakajima Y, et al. Audiovisual Integration: An Investigation of the “Streaming-bouncing” Phenomenon [J]. *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 2004, 23 (6): 243–247. <https://doi.org/10.2114/jpa.23.243>
- [54] Di Russo F, Aprile T, Spitoni G, et al. Impaired visual processing of contralesional stimuli in neglect patients: a visual-evoked potential study [J]. *Brain*, 2008, 131 (3): 842–854. <https://doi.org/10.1093/brain/awm281>

- [55] Berger C C, Ehrsson H H. The Content of Imagined Sounds Changes Visual Motion Perception in the Cross-Bounce Illusion [J] . SCIENTIFIC REPORTS, 2017, 7 (1) : 40123. <https://doi.org/10.1038/srep40123>
- [56] Grove P M, Sakurai K. Auditory induced bounce perception persists as the probability of a motion reversal is reduced [J] . PERCEPTION, 2009, 38 (7) : 951-965. <https://doi.org/10.1068/p5860>
- [57] Grove P M, Ashton J, Kawachi Y, et al. Auditory transients do not affect visual sensitivity in discriminating between objective streaming and bouncing events [J] . JOURNAL OF VISION, 2012, 12 (8) : 5-5. <https://doi.org/10.1167/12.8.5>
- [58] Grove P M, Robertson C, Harris L R. Disambiguating the Stream/Bounce Illusion With Inference [J] . Multisensory Research, 2016, 29 (4-5) : 453-464. <https://doi.org/10.1163/22134808-00002524>
- [59] Zeljko M, Grove P M. Sensitivity and Bias in the Resolution of Stream-Bounce Stimuli [J] . PERCEPTION, 2017, 46 (2) : 178-204. <https://doi.org/10.1177/0301006616672548>
- [60] Adams K L, Grove P M. The Effect of Transient Location on the Resolution of Bistable Visual and Audiovisual Motion Sequences [J] . PERCEPTION, 2018, 47 (9) : 927-942. <https://doi.org/10.1177/0301006618788796>
- [61] Mahoney J R, Li P C C, Oh-Park M, et al. Multisensory integration across the senses in young and old adults [J] . Brain Research, 2011, 1426: 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.09.017>