

# 内源性空间注意对声音诱发闪光错觉的影响\*

鲁柯<sup>1</sup> 王爱君<sup>1</sup> 罗琴<sup>1</sup> 韩胜杰<sup>1</sup> 唐晓雨<sup>2</sup> 张明<sup>\*\*1</sup>

(<sup>1</sup> 苏州大学心理学系心理与行为科学研究中心, 苏州, 215123)

(<sup>2</sup> 辽宁师范大学心理学院儿童青少年健康人格评定与培养协同创新中心, 大连, 116029)

**摘要** 采用经典的声音诱发闪光错觉范式, 通过操纵集中和分散的空间注意的方式, 考察内源性空间注意和刺激出现视野位置的交互作用对多感觉整合中听觉主导效应的影响。结果发现: (1) 当空间注意处于分散状态时, 下视野的裂变错觉量显著大于上视野, 而集中条件下则没有差异; (2) 闪光出现的位置是否随机不会影响裂变错觉。研究说明了内源性空间注意和目标的视野位置的交互作用会影响裂变错觉, 即听觉主导效应会受内源性空间注意的影响。

**关键词** 内源性空间注意 听觉主导效应 声音诱发闪光错觉 视野

## 1 引言

多感觉整合是指注意能够帮助大脑将来自不同感觉通道的有价值的信息整合为一个整体进行加工 (Chen & Spence, 2017; Sarmiento, Matusz, Sanabria, & Murray, 2016)。在这个过程中, 人脑并不是给予每个感觉通道信息相等的权重, 这就导致在某些情况下, 一个感觉通道中的信息得到优先加工而处于主导性的地位 (Chen & Zhou, 2013; Spence, 2011; Wang, Lu, Ming, & Chen, 2015)。声音诱发闪光错觉 (sound-induced flash illusion) 就是听觉主导的多感觉整合现象, 它主要指当一个视觉闪光伴随两个声音, 或两个闪光伴随一个声音在 100ms 内同时或相继呈现时, 个体知觉到闪光的个数与声音的数量相等的错觉现象 (Shams, Kamitani, & Shimojo, 2000, 2002)。前者被称为裂变错觉, 后者被称为融合错觉。已有研究表明, 与融合错觉相比, 裂变错觉的效应量更大且更稳定 (于薇, 王爱君, 张明, 2017; Shams et al., 2000, 2002; Wozny, Beierholm, & Shams, 2008)。

越来越多的证据表明, 多感觉整合与注意有着密切的关系 (Blurton, Greenlee, & Gondon, 2015; Tang, Wu, & Shen, 2016)。与不被注意的条件相

比, 只有当双通道刺激被注意时才会产生多感觉整合 (Talsma & Woldorff, 2005)。Wilschut, Theeuwes 和 Olivers (2011) 认为, 注意系统包括定向 (空间转移) 和选择 (通道选择是其中一种) 等成分。因此, 一些研究考察了基于通道的内源性注意对多感觉整合中声音诱发闪光错觉的影响。结果发现, 主动注意听觉通道 (分散注意条件) 时的裂变错觉的量会比被动注意听觉通道 (集中注意条件) 时的量更小 (于薇等, 2017)。Talsma (2015) 认为, 内源性注意不仅可以指向通道, 还能指向空间。例如, 与非线索化位置相比, 内源性注意可以促进线索化空间位置上的单一通道信号 (视觉或听觉) 的反应 (Li, Chen, Han, Chui, & Wu, 2012; Tang et al., 2013)。当内源性空间注意指向指定位置时, 被称为集中的内源性空间注意; 反之, 当指向多个位置时, 则被称为分散的内源性空间注意。有研究发现, 当来自不同通道的空间一致的刺激同时呈现时, 多感觉整合效应无论是在集中的空间注意条件下 (Li, Wu, & Touge, 2010; Wu, Li, Bai, & Touge, 2009) 还是在分散的空间注意条件下 (Li, Yang, Sun, & Wu, 2015) 都显著增强。

在视觉空间注意的加工中, 存在视野的不对称性, 即对出现在不同视野的视觉刺激的加工可能是有差异的。例如, 在词汇辨认和图片命名的

\*本研究得到国家自然科学基金(31371025, 31600882, 31700939)、江苏省基础研究计划(BK20170333)、教育部人文社科基金(17YJC190024)、江苏省高校哲社科基金(2017SJB1344)和中国博士后基金(2017M611888)的资助。

\*\*通讯作者: 张明。E-mail: psyzm@suda.edu.cn

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20180503

研究中发现,个体对出现在右侧的刺激反应更为准确(Hunter & Brysbaert, 2008; Jończyk, 2015; Luo, Dell'Acqua, Proctor, & Li, 2015)。这种视野单侧优势或视野加工的不对称性,主要分为左右视野单侧优势和上下视野单侧优势。在对上下视野单侧优势的已有研究中,发现在主观轮廓知觉、颜色、对比度和运动上,存在下视野优势(Kraft, Sommer, Schmidt, & Brandt, 2011; Rubin, Nakayama, & Shapley, 1996; Zito, Dario, Müri, Mosimann, & Nef, 2016)。但是在面孔性别的判断,以及视觉搜索过程中,则存在上视野优势(Carlei, Framorando, Burra, & Kerzel, 2017; Feng & Spence, 2014; Fortenbaugh, Silver, & Robertson, 2015; Quek & Finkbeiner, 2014a, 2014b)。

综上所述,前期研究发现,基于通道的内源性注意可以影响多感觉整合中的声音诱发闪光错觉,即主动注意听觉通道下的裂变错觉的量会比被动注意听觉通道条件下的裂变错觉的量更小(于薇等, 2017)。鉴于基于通道的内源性注意可以影响多感觉整合,而刺激呈现的视野位置也可以影响认知加工。因此,本研究在以往的声音诱发闪光错觉研究的基础上,考察基于空间的内源性注意和刺激呈现的视野对声音诱发闪光错觉的影响。具体来说,实验1中被试需要报告出现在指定一侧(上或下)闪光的个数或出现在任意一侧(上和下)闪光的个数。由于在实验1中目标出现在任何一侧的概率为50%,所以目标出现的位置对于被试来说具有不确定性。因此,为了排除目标出现位置的不确定性对实验结果造成的影响,实验2在实验1的基础上,每个试次都加入具有指向性的线索箭头,线索的有效性分别为50%和100%。如果线索有效性的主效应显著,则说明目标的不确定性存在影响,那么实验1需要考虑目标不确定性的问题;反之,则说明目标出现的位置是否确定,都不会对实验结果产生影响。

## 2 实验1集中和分散的空间注意对声音诱发闪光错觉的影响

### 2.1 方法

#### 2.1.1 被试

被试为苏州大学23名学生(男生4人,女生19人),年龄介于18~24岁,所有被试视力或者矫正视力正常,之前均未参加过类似实验,实验后被试获得一定的报酬。

#### 2.1.2 实验仪器与材料

所有刺激呈现在Sun Microsystems Inc GDM-5510型号的显示器上,屏幕分辨率为1024×768像素,刷新率为100 Hz。实验中所有视觉刺激呈现在黑色的背景上由Presentation软件编程(Neurobehavioral Systems Inc),其中视觉闪光刺激为呈现在中央注视点下方或者上方5°视角处的白色圆盘(直径为4°)。实验中的听觉声音刺激通过audio-technica ATH-WS99耳机双耳同时呈现,听觉声音刺激的响度为75 dB,频率为3.5 kHz。

#### 2.1.3 实验设计与任务

本研究采用2(注意条件:集中vs.分散)×2(视野:上方vs.下方)被试内设计。集中注意是指注意单一位置,分散注意是指注意多个位置。为了便于论述,以F代表闪光,B代表声音的方式来表示试次类型。如,F1B2是指一个闪光伴随两个声音的试次,而F1则是指仅有一个闪光的试次。在集中注意条件下,被试要判断指定位置的闪光个数,但闪光出现的位置随机,比如要求被试对出现在上方的闪光进行判断时,闪光也可能出现在下方,但此时被试并不需要做判断;在分散注意条件下,被试要判断出现在任何位置的闪光个数。一共构成了24种实验条件(注意集中上方的F1、F1B1、F1B2、F2、F2B1和F2B2;注意集中下方的F1、F1B1、F1B2、F2、F2B1和F2B2;注意分散上方的F1、F1B1、F1B2、F2、F2B1和F2B2;注意分散下方的F1、F1B1、F1B2、F2、F2B1和F2B2)。其中可以产生错觉的条件是F1B2和F2B1。实验在每个block开始前会在屏幕上呈现指导语,第一个block为“请对出现在上方的闪光个数进行判断!”,第二个block为“请对出现在任意位置的闪光个数进行判断!”,第三个block为“请对出现在下方的闪光个数进行判断!”,第四个block为“请对出现在任意位置的闪光个数进行判断!”。每4个block为一组,每组休息一次,休息时长由被试决定,实验总共8组;每个block中其他子条件以伪随机的方式呈现4次,即F1、F1B1、F1B2、F2、F2B1和F2B2中的视觉刺激都随机出现在上方(2次)或下方(2次)。

实验流程如图1所示,声音与闪光同时呈现时,声音呈现7 ms,闪光呈现17 ms。两个闪光间隔为66 ms,两个声音间隔为76 ms。每个被试需要完成768个试次,每种实验条件下32个试次。由于在集中条件下,只有一半试次进入到最终统计,导致集

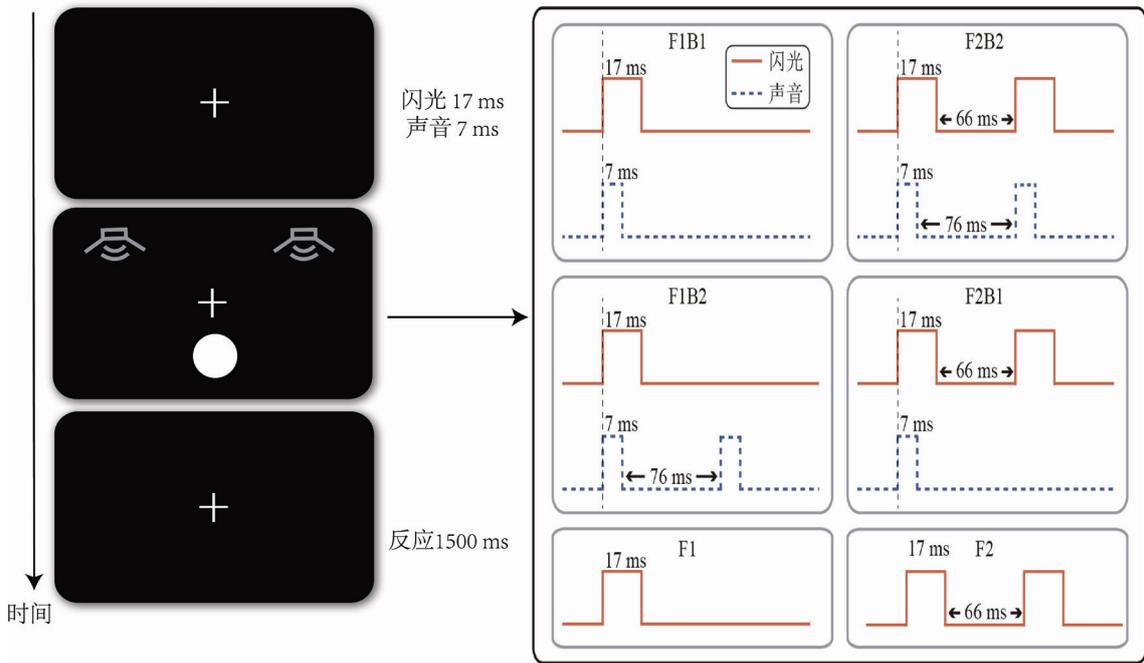


图 1 实验刺激示例图

中和分散的试次数不对等。因此统计时，随机选取分散 block 中一半的试次。

### 2.2 结果与分析

首先剔除 F1 和 F2 的正确率低于 65% 的被试。然后对实验结果进行 2(注意条件：集中 vs. 分散) × 2(视野：上方 vs. 下方) 的重复测量方差分析。通过表 1 可以看出，无论哪种条件下的 F1、F1B1、F2、F2B2 的正确率都显著高于 F1B2 和 F2B1 ( $p < .01$ )，说明当只有闪光或声音与闪光个数一致时，被试能做出正确的判断，而当声音与闪光数量不一致时，出现了裂变错觉和融合错觉，即闪光受到了声音的影响，出现了听觉主导效应。

对 F1B2 和 F2B1 条件分别进行 2(注意条件：集中 vs. 分散) × 2(视野：上方 vs. 下方) 的重复测量方差分析，考察注意条件和视野是否会对裂变错觉和融合错觉产生影响。结果发现，在 F1B2 条件下，注意条件和视野的主效应不显著， $p > .05$ ；注意条件和视野的交互作用显著， $F(1, 22) = 10.15$ ，

$p < .01$ ,  $\eta^2 = .31$ 。对 F1B2 进行配对样本  $t$  检验，发现只有在分散条件下，上下视野间才存在显著差异， $t(22) = 3.59$ ,  $p < .01$ , Cohen's  $d = .39$ 。具体表现为，当注意下视野时，正确率更低，错觉量更大；而在集中条件下，则不存在显著差异， $t < 1$ 。此外，分别对上、下视野的集中与分散条件进行配对样本  $t$  检验，结果发现，只有在上视野中，集中和分散之间存在差异， $t(22) = 3.05$ ,  $p < .01$ , Cohen's  $d = .41$ 。在 F2B1 条件下，注意条件的主效应不显著，注意位置的主效应不显著，二者的交互作用不显著。

Andersen, Tiippana 和 Sams (2004) 采用比值比率来表示裂变错觉和融合错觉效应量的大小。首先求出所有被试在双通道条件下能产生裂变错觉的试次总数，再求出其中产生裂变的试次数，二者的差值即没有产生裂变错觉的试次数，用产生裂变错觉的试次数与没有产生裂变错觉的试次数进行比较，可以得到一个比值。同理，求出单通道条件下相应的比值。将这两个比值再进行比较，得到的比

表 1 各个条件下的正确率 (%) ( $M \pm SD$ )

	集中		分散	
	上视野	下视野	上视野	下视野
F1	93±9.62	90±11.05	93±6.09	86±8.24
F1B1	94±8.78	94±7.20	96±5.71	89±7.93
F1B2	29±29.51	33±32.06	42±32.83	30±29.36
F2	94±6.41	90±9.64	85±10.98	90±11.47
F2B1	48±33.23	45±32.70	40±29.24	45±33.26
F2B2	95±8.85	93±10.49	92±9.54	91±10.75

表2 四种条件下错觉量的的比值比率

刺激类型	集中上						集中下						分散上						分散下					
	裂变错觉	无裂变	总数	融合错觉	无融合	总数	裂变错觉	无裂变	总数	融合错觉	无融合	总数	裂变错觉	无裂变	总数	融合错觉	无融合	总数	裂变错觉	无裂变	总数	融合错觉	无融合	总数
视听刺激	261	107	368	191	177	368	248	120	368	203	165	368	213	155	368	221	147	368	258	110	368	204	164	368
视觉刺激	26	342	368	22	346	368	36	332	368	38	330	368	26	342	368	55	313	368	50	318	368	38	330	368
比值比率	32.09		16.86				19.14			10.70			18.08			8.54			14.94			10.82		

表3 实验1中视听刺激和视觉刺激下的比值及比值比率

	裂变错觉			融合错觉		
	视听刺激	视觉刺激	比值比率	视听刺激	视觉刺激	比值比率
集中上	2.44	0.08	30.50	1.08	0.06	18.00
集中下	2.07	0.11	18.82	1.23	0.12	10.25
分散上	1.37	0.08	17.13	1.50	0.18	8.33
分散下	2.35	0.16	14.69	1.24	0.12	10.33

值比率能更清晰地反映出裂变错觉的效应量大小。当比值比率大于1的时候,说明在双通道条件下产生的裂变错觉比单通道条件下更大,即听觉声音影响了对视觉闪光的判断。融合错觉的计算与此一致(Andersen et al., 2004)。实验1中的比值比率如表2所示。

从表2和表3可以看出,不论哪种条件,裂变错觉的效应量都比融合错觉的效应量大。并且如果单独考察每种条件中的裂变错觉在视听刺激双通道上的比值,可以发现,是与方差分析中的结果相吻合的。但是方差分析只是考察视听刺激的正确率,而比值比率还考察了单通道的视觉刺激的正确率,同时单通道的视觉刺激在正确率上也出现了上视野优势,即在上视野中正确率更高,错觉量更小。从而导致比值比率的结果可能并不能和方差分析的结果吻合。

本实验的结果说明裂变错觉的量大于融合错觉。此外还表明,在注意分散条件下,闪光出现在下方时会产生更大的裂变错觉,这说明可能在分散注意条件下,注意在上下视野的视觉刺激间发生了转换,而上视野在注意转换上效率更高(宛小昂,韩世辉,2003; Kraft et al., 2011),从而导致对上方刺激的加工更有效。集中条件下并未出现差异,说明注意没有发生转换,被试的空间注意很好地集中在了上方或下方。而无论哪种条件,对于融合错觉都没有影响。

在这个实验中,由于刺激在上下方随机出现,那么在集中注意条件下,目标出现位置的不确定性是否会对闪光的判断产生影响呢?为了排除目标位

置不确定性对闪光判断的影响,在实验2中,我们加入了箭头线索,线索有效性为50%和100%。当箭头是单向箭头时,其有效性为100%,即闪光一定会出现在箭头指向的视野;当箭头是双向箭头时,有效性为50%,即闪光会随机出现在上方或下方,以排除目标位置不确定性对裂变错觉的影响。

### 3 实验2 目标位置不确定性对裂变错觉的影响

#### 3.1 方法

##### 3.1.1 被试

被试为苏州大学15名学生(男生1人,女生14人),年龄介于18~24岁,所有被试视力正常或者矫正视力正常,之前均未参加过类似实验,实验后被试获得一定的报酬。

##### 3.1.2 实验仪器与材料

实验仪器和材料与实验1相同。不同的是在每个试次中加入了一个内源性的提示线索。线索的视角为 $2^\circ$ ,呈现时间为300ms。

##### 3.1.3 实验设计与任务

实验中的线索分为2种,当只出现指向一侧的箭头时,闪光出现在箭头指向的一侧,即箭头指向有效性为100%;当出现指向两侧的箭头时,闪光随机出现在上方或下方,即箭头指向有效性为50%。实验中要求被试判断闪光个数。为排除反应定势,实验中所有条件随机呈现。每96个试次为1个block,每个block结束后休息一次。刺激材料与形式和实验1相同。实验设计为2(线索有效性:50%

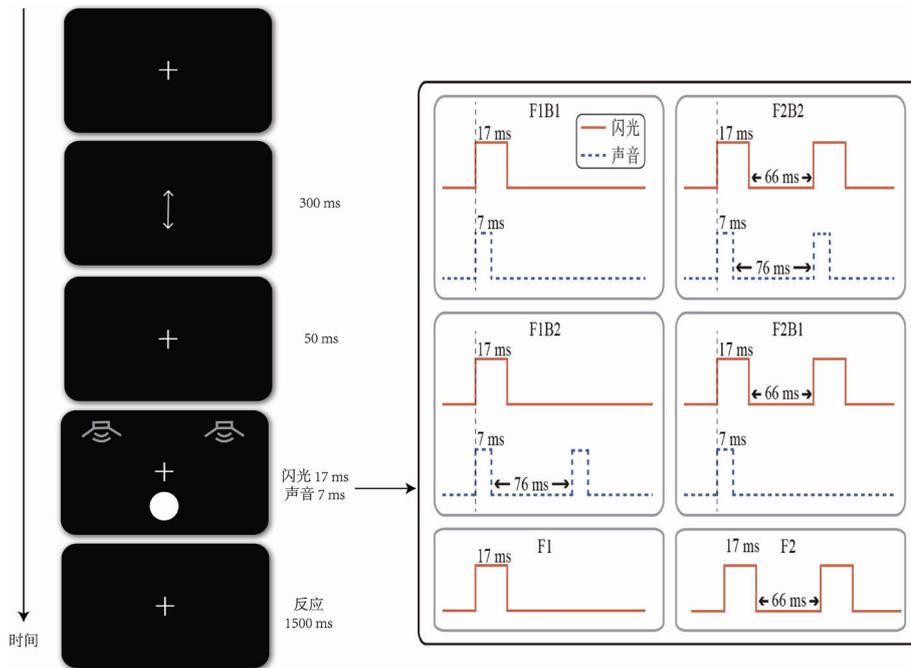


图 2 实验刺激示例图。以双向箭头 (有效性为 50%) 的条件为例

vs. 100%) × 2(视野: 上方 vs. 下方)的被试内设计。一共构成了 24 种实验条件 (有效性 50% 条件下上方的 F1、F1B1、F1B2、F2、F2B1 和 F2B2; 有效性 50% 条件下下方的 F1、F1B1、F1B2、F2、F2B1 和 F2B2; 有效性 100% 条件下上方的 F1、F1B1、F1B2、F2、F2B1 和 F2B2; 有效性 100% 条件下下方的 F1、F1B1、F1B2、F2、F2B1 和 F2B2)。每种实验条件 64 个试次, 总共 1536 个试次。实验流程与实验 1 相同, 目的是考察目标位置不确定性对裂变错觉的影响。

### 3.2 结果与分析

无论哪种条件, F1、F1B1、F2 和 F2B2 的正确率都显著高于 F1B2 和 F2B1( $p < .05$ ), 即当只有闪光或声音与闪光个数一致时, 被试能做出正确的判断, 而当声音与闪光数量不一致时, 出现了裂变错觉和融合错觉, 即对闪光的判断受到了声音的影响, 出现了听觉主导效应 (见表 4)。

对 F1B2 试次进行 2(线索有效性: 50% vs.

100%) × 2(视野: 上方 vs. 下方)的重复测量方差分析, 考察目标出现位置不确定性和视野是否会对裂变错觉产生影响。结果发现, 在 F1B2 条件下, 线索有效性的主效应不显著,  $F(1, 14) = 2.37, p > .05$ ; 位置的主效应显著,  $F(1, 14) = 11.89, p < .05$ ; 线索有效性和位置的交互作用不显著,  $F < 1$ 。这个结果表明目标位置的不确定性对裂变错觉并没有影响。即实验 1 中对集中条件地操控是有效的。

## 4 讨论

本研究采用声音诱发闪光错觉范式, 考察内源性空间注意和视野对听觉主导的多感觉整合现象的影响。实验 1 通过指导语来操纵被试的注意状态, 同时视觉刺激随机出现在上视野或下视野。结果发现, 内源性空间注意与视野的交互作用会对裂变错觉造成影响。由于实验 1 中视觉刺激随机出现在上下视野, 造成了目标出现的位置具有不确定性。因此在实验 2 中, 加入了线索箭头, 以箭头的有效性

表 4 各个条件下的正确率 (%) ( $M \pm SD$ )

	有效性 50%		有效性 100%	
	上视野	下视野	上视野	下视野
F1	91±8.40	89±7.93	94±6.10	93±6.62
F1B1	95±7.76	94±8.48	95±8.13	96±4.65
F1B2	57±33.23	48±33.17	60±31.12	52±30.69
F2	90±10.10	89±9.69	86±9.73	84±15.51
F2B1	66±27.89	66±27.24	57±30.46	59±57.84
F2B2	94±5.47	94±7.28	93±7.76	94±7.75

来探讨目标位置的不确定性是否会对裂变错觉产生影响。结果发现, 裂变错觉在线索箭头有效性间没有差异。由于线索箭头的有效性只有两种, 50% 和 100%, 而 50% 有效性的条件与实验 1 中集中条件对应。结合实验 1 和实验 2 的结果来看, 裂变错觉会受内源性空间注意和视野的交互作用的影响。

实验 1 中, F1B2 的正确率在注意集中和分散条件下没有差异。这可能是由于闪光错觉是听觉主导现象, 而听觉对空间信息不如视觉敏感 (Talsma, Senkowski, Soto-Faraco, & Woldorff, 2010)。除此之外, 我们也没有发现视野的主效应。从实验 1 的结果来看, 内源性空间注意和视野共同作用于裂变错觉, 即在注意分散时, 出现了上视野优势。这可能是由于在注意分散条件下, 注意资源需要分配在上下视野中, 当视觉刺激出现时, 注意从注视点转向上视野会比转向下视野有优势 (宛小昂, 韩世辉, 2003; Kraft et al., 2011), 注意资源消耗较少, 用于闪光数量加工的注意资源更多, 因而当视觉刺激出现在上视野时, 对闪光判断的正确率更高。而在注意集中条件下, 注意资源完全集中于中央注视点的一侧, 不存在注意的转移, 所以上下视野间并不存在显著差异。并且结果表明, 只有在上视野中, 才会出现集中和分散条件下的差异, 具体表现为集中条件下的错觉量大于分散条件下的错觉量。这可能是由于, 当注意集中于某个空间位置时, 不同通道的刺激会产生更大的干扰 (Santangelo, Fagioli, & Macaluso, 2010)。而注意在多个位置上分散时, 更多的注意资源用于加工空间位置, 用于加工不同通道刺激的注意资源相对较少, 因此受到听觉刺激的干扰较小, 反而促进了分散条件下正确率的提高。而在下视野中, 不存在集中和分散条件下的差异。而 F2B1 的结果也与前人研究的结果符合 (Innes-Brown et al., 2011; Innes-Brown & Crewther, 2009), 即融合错觉效应量比裂变错觉小。并且没有受到视野和注意条件的影响。

根据注意指向理论 (Posner, Nissen, & Klein, 1976), 在对裂变错觉进行加工时, 由于听觉刺激可以自动捕获注意, 导致听觉刺激比视觉刺激先加工, 在本研究中表现为出现了听觉主导视觉的现象, 即在声音诱发闪光错觉范式中出现错觉现象。但是由于每个通道中的刺激只有在通道适宜的维度上才会得到最优加工, 例如视觉在空间维度上有优势, 听觉在时间维度上有优势 (Welch & Warren,

1980), 因此导致裂变错觉在空间注意集中和分散间没有差异。但是随后, 个体主动将注意指向视觉刺激 (Posner et al., 1976), 只是在集中状态下, 个体只需注意一侧, 消耗的注意资源在上下视野间不存在显著差异。而分散状态下, 个体需同时注意两侧, 注意资源需要在上下视野间转换, 此时出现上视野的加工优势, 导致注意向上视野转换时消耗的资源少, 用于加工闪光数量的资源较多, 造成了在分散状态下上视野的正确率高于下视野。由此可见, 通道适宜理论和注意指向理论都参与了裂变错觉的加工。

## 5 结论

内源性空间注意和目标的视野位置的交互作用可以影响声音诱发闪光错觉中的裂变错觉, 说明这种听觉主导效应也会受到内源性的空间注意影响。

## 参考文献

- 宛小昂, 韩世辉. (2003). 空间选择性注意在上下视野间的转移. *心理与行为研究*, 1(3), 171-176.
- 于薇, 王爱君, 张明. (2017). 集中和分散注意对多感觉整合中听觉主导效应的影响. *心理学报*, 49(2), 164-173.
- Andersen, T. S., Tiiippana, K., & Sams, M. (2004). Factors influencing audiovisual fission and fusion illusions. *Cognitive Brain Research*, 21(3), 301-308.
- Blurton, S. P., Greenlee, M. W., & Gondan, M. (2015). Cross-modal cueing in audiovisual spatial attention. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 77(7), 2356-2376.
- Carlei, C., Framorando, D., Burra, N., & Kerzel, D. (2017). Face processing is enhanced in the left and upper visual hemi-fields. *Visual Cognition*, 25(7-8), 749-761.
- Chen, Q., & Zhou, X. (2013). Vision dominates at the prereponse level and audition dominates at the response level in cross-modal interaction: Behavioral and neural evidence. *Journal of Neuroscience*, 33(17), 7109-7121.
- Chen, Y. C., & Spence, C. (2017). Hemispheric asymmetry: Looking for a novel signature of the modulation of spatial attention in multisensory processing. *Psychonomic Bulletin and Review*, 24(3), 690-707.
- Feng, J., & Spence, I. (2014). Upper visual field advantage in localizing a target among distractors. *I-Perception*, 5(2), 97-100.
- Fortenbaugh, F. C., Silver, M. A., & Robertson, L. C. (2015). Individual differences in visual field shape modulate the effects of attention on the lower visual field advantage in crowding. *Journal of Vision*, 15(2), 19.
- Hunter, Z. R., & Brysbaert, M. (2008). Visual half-field experiments are a good measure of cerebral language dominance if used properly: Evidence from fMRI. *Neuropsychologia*, 46(1), 316-325.
- Innes-Brown, H., Barutcu, A., Shivdasani, M. N., Crewther, D. P., Grayden, D. B., & Paolini, A. G. (2011). Susceptibility to the flash-beep illusion is increased in children compared to adults. *Developmental Science*, 14(5), 1089-1099.
- Innes-Brown, H., & Crewther, D. (2009). The impact of spatial incongruence on an auditory-visual illusion. *PLoS ONE*, 4(7), e6450.

- Jończyk, R. (2015). Hemispheric asymmetry of emotion words in a non-native mind: A divided visual field study. *Laterality, 20*(3), 326–347.
- Kraft, A., Sommer, W. H., Schmidt, S., & Brandt, S. A. (2011). Dynamic upper and lower visual field preferences within the human dorsal frontoparietal attention network. *Human Brain Mapping, 32*(7), 1036–1049.
- Li, C., Chen, K., Han, H., Chui, D., & Wu, J. (2012). An fMRI study of the neural systems involved in visually cued auditory top-down spatial and temporal attention. *PLoS ONE, 7*(11), e49948.
- Li, Q., Wu, J., & Touge, T. (2010). Audiovisual interaction enhances auditory detection in late stage: An event-related potential study. *Neuroreport, 21*(3), 173–178.
- Li, Q., Yang, H., Sun, F., & Wu, J. (2015). Spatiotemporal relationships among audiovisual stimuli modulate auditory facilitation of visual target discrimination. *Perception, 44*(3), 232–242.
- Luo, C., Dell'Acqua, R., Proctor, R. W., & Li, X. (2015). Lack of visual field asymmetries for spatial cueing in reading parafoveal Chinese characters. *Psychonomic Bulletin and Review, 22*(6), 1764–1769.
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Klein, R. M. (1976). Visual dominance: An information-processing account of its origins and significance. *Psychological Review, 83*(2), 157–171.
- Quek, G. L., & Finkbeiner, M. (2014a). Face-sex categorization is better above fixation than below: Evidence from the reach-to-touch paradigm. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience, 14*(4), 1407–1419.
- Quek, G. L., & Finkbeiner, M. (2014b). Gaining the upper hand: Evidence of vertical asymmetry in sex-categorisation of human hands. *Advances in Cognitive Psychology, 10*(4), 131–143.
- Rubin, N., Nakayama, K., & Shapley, R. (1996). Enhanced perception of illusory contours in the lower versus upper visual hemifields. *Science, 271*(5249), 651–653.
- Samiento, B. R., Matusz, P. J., Sanabria, D., & Murray, M. M. (2016). Contextual factors multiplex to control multisensory processes. *Human Brain Mapping, 37*(1), 273–288.
- Santangelo, V., Fagioli, S., & Macaluso, E. (2010). The costs of monitoring simultaneously two sensory modalities decrease when dividing attention in space. *NeuroImage, 49*(3), 2717–2727.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2000). Illusions: What you see is what you hear. *Nature, 408*(6814), 788.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound. *Cognitive Brain Research, 14*(1), 147–152.
- Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, and Psychophysics, 73*(4), 971–995.
- Talsma, D. (2015). Predictive coding and multisensory integration: An attentional account of the multisensory mind. *Frontiers in Integrative Neuroscience, 9*(19), 1–13.
- Talsma, D., Senkowski, D., Soto-Faraco, S., & Woldorff, M. G. (2010). The multifaceted interplay between attention and multisensory integration. *Trends in Cognitive Sciences, 14*(9), 400–410.
- Talsma, D., & Woldorff, M. G. (2005). Selective attention and multisensory integration: Multiple phases of effects on the evoked brain activity. *Journal of Cognitive Neuroscience, 17*(7), 1098–1114.
- Tang, X., Li, C., Li, Q., Gao, Y., Yang, W., Yang, J., et al. (2013). Modulation of auditory stimulus processing by visual spatial or temporal cue: An event-related potentials study. *Neuroscience Letters, 553*, 40–45.
- Tang, X., Wu, J., & Shen, Y. (2016). The interactions of multisensory integration with endogenous and exogenous attention. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 61*, 208–224.
- Wang, Q., Lu, G., Ming, B., & Chen, L. (2015). Perception of visual apparent motion is modulated by a gap within concurrent auditory glides, even when it is illusory. *Frontiers in Psychology, 6*, 564.
- Welch, R. B., & Warren, D. H. (1980). Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. *Psychological Bulletin, 88*(3), 638–667.
- Wilschut, A., Theeuwes, J., & Olivers, C. N. (2011). The time course of attention: Selection is transient. *PLoS ONE, 6*(11), e27661.
- Wozny, D. R., Beierholm, U. R., & Shams, L. (2008). Human trimodal perception follows optimal statistical inference. *Journal of Vision, 8*(3), 24.
- Wu, J., Li, Q., Bai, O., & Touge, T. (2009). Multisensory interactions elicited by audiovisual stimuli presented peripherally in a visual attention task: A behavioral and event-related potential study in humans. *Journal of Clinical Neurophysiology, 26*(6), 407–413.
- Zito, G. A., Dario, C., Müri, R. M., Mosimann, U. P., & Nef, T. (2016). Behavioral differences in the upper and lower visual hemifields in shape and motion perception. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 10*, 128.

# Effect of Endogenous Spatial Attention on Sound-Induced Flash Illusion

Lu Ke<sup>1</sup>, Wang Aijun<sup>1</sup>, Luo Qin<sup>1</sup>, Han Shengjie<sup>1</sup>, Tang Xiaoyu<sup>2</sup>, Zhang Ming<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Psychology, Research Center for Psychology and Behavioral Sciences, Soochow University, Suzhou, 215000)

<sup>2</sup>School of Psychology, Liaoning Collaborative Innovation Center of Children and Adolescents Healthy Personality Assessment and Cultivation, Liaoning Normal University, Dalian, 116029)

**Abstract** Sound-induced flash illusion is a typical auditory dominance phenomenon. This illusion can be divided into the fission illusion (when a single brief visual flash is accompanied by two beeps and participants report they perceive two flashes) and the fusion illusion (where a double flash is accompanied by a beep and participants report they perceive a single flash). Prior studies have found that endogenous attention could interact with multisensory integration. Furthermore, a direct evidence support that modal-based endogenous attention (selective attention vs. divided attention) influences sound-induced flash illusion, spatially for fission illusion. However, the relationship between endogenous spatial attention and sound-induced flash illusion is still uncertain. In addition, visual field is an important factor in visual processing, because there is a significant difference between upper and lower visual field in some tasks. Therefore, in the present study, we focused on the effect of endogenous spatial attention and visual field on sound-induced flash illusion.

In experiment 1, we used a 2 (endogenous spatial attention: selective attention vs. divided attention)  $\times$  2 (visual field: upper vs. lower) factorial design, and the factor of endogenous spatial attention was manipulated between blocks. The task for participants was to judge the number of flash that occurred in a certain place or any place. However, in experiment 1, even if the attention was manipulated by instruction, the flash would occur in upper or lower visual field randomly, so whether the uncertainty of the place that the flash occurred was another influential factor in the paradigm? To exclude this possibility, we added an arrow, which could indicate the place that the flash would occur before the flash appeared in experiment 2. So experiment 2 was also a 2 (arrow validity: valid vs. invalid)  $\times$  2 (visual field: upper vs. lower) factorial design. The valid arrow directed upper or lower visual field in a trial, and invalid arrow directed upper and lower visual field at the same time. Moreover, all trials were presented randomly.

From the results of accuracy (ACC) in experiment 1, we found that fission illusion was more robust than fusion illusion, and endogenous spatial attention and visual field did not influence sound-induced flash illusion. However, they could contribute together to this illusion. Specifically, when attention divided, the illusion was larger in upper than in lower visual field. Nevertheless, under selective attention condition, there was no difference between upper and lower field. In addition, the ACC of experiment 2 indicated the illusion influenced by visual field rather than endogenous spatial attention. Moreover, there was no significant interaction between endogenous spatial attention and visual field. In other words, the addition of the informative arrow contributed to the upper-lower asymmetry effect, and weakened the interaction between endogenous spatial attention and visual field.

Taking the results of experiment 1 and 2 together, we suggest that the fission illusion is independent on endogenous spatial attention and visual field, but influenced by coefficient of the two factors when there is no arrow, which can indicate the place that flash occurs. However, the arrow can increase the upper visual field advantage in fission illusion, and decrease the interaction between endogenous spatial attention and visual field.

**Key words** endogenous spatial attention, auditory dominance, sound-induced flash illusion, visual field