

The VBM and Functional Connectivity Basis of Individual Differences in Muller-Lyer Illusion

Yiming Zhu¹, Xinyu Chen¹, Lei Hao², Taiyong Bi³, Jiang Qiu³

¹Hanhong College, Southwest University, Chongqing

²National Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, IDG/McGovern Institute for Brain Research, Beijing Normal University, Beijing

³Key Laboratory of Cognition and Personality, School of Psychology, Southwest University, Chongqing
Email: zympsy@foxmail.com

Received: Jan. 24th, 2018; accepted: Feb. 15th, 2018; published: Feb. 22nd, 2018

Abstract

The Muller-Lyer illusion is a well-known illusion of size. This study investigated the neural mechanisms underlying this difference from the VBM and resting state of the brain. The results showed that there is a significant negative correlation between Muller-Lyer effect and the gray matter volume of the inferior occipital lobe and superior parietal lobe; the functional connectivity of inferior occipital lobe and superior parietal lobe has a significantly positive correlation with Muller-Lyer effect; the longer the distance between the figures and the center of the field is, the stronger the illusion is. These results suggested that the individual differences of Muller-Lyer illusion may be related to the structure and function of the cortex which is related to the level of the resolution of visual spatial attention and visual representation.

Keywords

Muller-Lyer Illusion, Magnetic Resonance Imaging, Gray Matter, Functional Connectivity

Muller-Lyer错觉个体差异的脑形态学和功能连接基础

朱一鸣¹, 陈心语¹, 郝磊², 毕泰勇³, 邱江³

¹西南大学含弘学院, 重庆

²北京师范大学IDG/麦哲文脑科学研究院, 认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京

³西南大学心理学部, 认知与人格教育部重点实验室, 重庆

Email: zympsy@foxmail.com

收稿日期: 2018年1月24日; 录用日期: 2018年2月15日; 发布日期: 2018年2月22日

摘要

Muller-Lyer错觉是一种著名的大小错觉, 已有一些行为和神经科学的研究显示Muller-Lyer错觉在个体之间存在差异, 但是这些个体差异的脑基础还不清楚。本研究从脑形态学特征和静息态出发探究和Muller-Lyer错觉个体差异相关的神经机制。结果发现, Muller-Lyer错觉效应与枕下回及上顶叶的灰质体积有显著的负相关; Muller-Lyer错觉效应和上顶叶与枕下回之间的功能连接有显著的正相关; 错觉图形距视野中心的距离越远, 则错觉效应量越大。这些结果表明, Muller-Lyer错觉的个体差异与视觉表征和注意相关的皮层的结构和功能有关, 提示视空间注意的分辨能力和皮层表征的精细程度是产生错觉的基础。

关键词

Muller-Lyer错觉, 磁共振成像, 灰质体积, 功能连接

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

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



Open Access

1. 引言

视错觉是人们基于经验或不当的参照而出现的与所观察物体的物理实际不符合的视觉判断和感知, 诸如方向错觉、颜色错觉、大小错觉等。视错觉是人类知觉加工的一种特殊表现形式, 对其形成机制的深入理解, 有助于更好的认识知觉加工能力。因而视错觉相关的研究受到了视知觉领域研究者们的大量关注 (Bechtel, 2013; Crick, 1995; Zeki, 2004)。Muller-Lyer 错觉是一种经典的大小错觉, 指两条原本等长的线条, 因两端箭头的朝向不同, 而看起来箭头朝内的线条比箭头朝外的线条要短些的现象。这种视错觉最早是由 Franz Carl Müller-Lyer 于 1889 年提出的, 并由此得名。Muller-Lyer 错觉实际上是个体在接受和处理视觉信息时, 在对比中出现的与刺激实际的物理指标大小不符的感知。目前其产生机制尚不明确。

关于 Muller-Lyer 错觉的研究已经有很长一段时间的历史。回顾前人的研究, 大体可以分为三类。第一类关注的主要是 Muller-Lyer 错觉的图形要素与认知的关系, 如箭尾的长短、图像的对比度及颜色、箭尾与中轴的夹角、箭尾的形状等对错觉效应量大小的影响。比如, 有人(张铁忠, 1986)考察错觉大小的图形结构因素, 发现夹角角度与错觉量成反比, 和诱导线段长度成正比; 此外, 随着图像对比度增大, 对错觉的感受也更敏感, 这可能是视皮层细胞的定位功能存在差异(Dragoi & Lockhead, 1999); 通过眼动技术发现, 较长箭杆促进长度的准确判断, 较长箭翼干扰准确判断, 箭杆和箭翼的交互作用对注视时间产生显著影响, 作者将其解释为构成图形总长度的矛盾线索的此消彼长(任桂琴, 2005)。此外, 还有研究通过操纵错觉图形的结构成分, 发现诸如猕猴和鹦鹉等动物同样会产生视错觉(Tudusciuc & Nieder, 2010; Pepperberg, Vicinay, & Cavanagh, 2008)。这一类的研究确定了缪勒错觉产生的图形基础, 并为探索背后的认知因素提供了启示。不过它们大多将缪勒错觉图形割裂开来进行分析, 各种发现也较为分散, 尽管业已提出诸如眼球运动说、常识误用说、视野理论等等学说(刘颂, 1990), 但鉴于方法上的局限, 尚不能达

成一致,也未在神经层面上探索错觉形成的内在机制。

第二类研究则从认知主体的文化所属与人格特质出发。业有发现如新加坡人比英国人对 Muller-Lyer 错觉更敏感(Richardson, Chan, Lee, & Teo, 1972)。有人关注个体认知方式对错觉效应的影响,一项以藏、回、汉三族的自小学三年级至高二的共 1032 名儿童所做的测验法研究,发现场独立性者错觉量小,场依存性者错觉量大,且错觉的文化差异也很明显,居住环境和年龄对错觉效应有重要影响(陈姝娟&周爱保, 2006)。也有研究以人格特质的差异为着眼,发现高风险与冒险寻求倾向的个体具有更好的抗错觉能力,同时男性的抗错觉能力也优于女性。这可能是高感觉寻求者在判断 Muller-Lyer 错觉时,能更好的集中注意力,抗错觉能力也更强,而男性的视空间辨别能力和注意力都更好,因而也较不容易受到错觉影响(王咏丽, 2009)。这些研究从文化和人格的角度,反映出 Muller-Lyer 错觉具有较大的个体差异性。但是,这些研究并没有表明这些差异的神经基础是什么。

第三类研究则是利用脑成像技术探索错觉形成的认知神经机制,及大脑皮层信息加工的过程,这也是当前研究 Muller-Lyer 错觉的趋势。通过磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)技术,对 Muller-Lyer 错觉神经基础的探索已经取得一些成果。研究发现 Muller-Lyer 错觉的形成过程中腹侧通路和背侧通路之间的交互发挥了重要作用(Plewan, Weidner, Eickhoff, & Fink, 2012)。也有发现指出, Muller-Lyer 错觉的形成与大脑左右半球的侧枕叶和右半球的上顶叶相关,右半球顶内沟参与了错觉图形信息的认知加工,其负责的自上而下的视空间有关功能和视错觉存在交互作用,错觉效应量的大小有赖于高级脑区的认知功能(Weidner & Fink, 2007)。这些研究大多使用任务态功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)方法,关注加工视觉刺激的脑区激活情况。也有一些研究采用 ERP 和 TMS 技术,探讨了额上回、前扣带回和顶叶区域在 Muller-Lyer 错觉形成中所扮演的角色(Zhang, Du, Wu, Wei, Zhang, & Qiu, 2013; Qiu, Wei, Li, Yu, Wang, & Zhang, 2009; Ho, Fieser, & Fieser, 2011)。这些结果表明,错觉的形成依赖于视觉皮层和额顶皮层之间的相互作用,进一步加深了人们对 Muller-Lyer 错觉形成机制的认识。

目前为止,直接探讨 Muller-Lyer 错觉的个体差异与脑形态学、静息态关系的研究尚不多见。基于体素的全脑形态测量学(voxel based morphometry, VBM)技术在近些年为更好地研究大脑结构起到了重要的推动作用。该方法通过对脑结构图像进行全面、自动化分析,从而定量检测全脑组织成分的体积,其客观性和可重复性良好(Ashburner & Friston, 2000)。静息态磁共振(resting-state fMRI)研究的是大脑在静息状态时的自发活动,可用于探索各个脑区之间的功能连接状况。因此,基于已有的成果,本研究首次尝试从大脑结构和功能连接的个体差异出发,探究造成 Muller-Lyer 错觉个体差异的脑机制。

2. 材料与方法

2.1. 被试

实验一随机招募 57 名健康在校大学生,均为右利手,其中男性 36 名,女性 21 名,年龄(20.98 ± 1.14)岁。所有被试视力或矫正视力正常,无色盲,无精神疾病史和手术外伤史。实验二随机招募 13 名健康在校大学生,其中男性 6 名,女性 7 名,年龄(19.77 ± 1.42)岁。所有被试视力或矫正视力正常,无色盲,无精神疾病史和手术外伤史。所有实验通过了西南大学脑成像中心伦理委员会批准,所有被试签订了知情同意书,实验结束后获得相应的报酬。

2.2. 刺激与程序

行为学数据采集在 Matlab2012a (Math Works Inc. <http://www.mathworks.com>) 软件环境下使用 Psychtoolbox (Brainard, 1997)工具包进行。实验一使用 Muller-Lyer 错觉图片,测量被试的错觉效应量大小。如图 1 所示,刺激呈现流程是每个试次开始时,屏幕中心出现注视点示符号“+”1000 ms,随即注

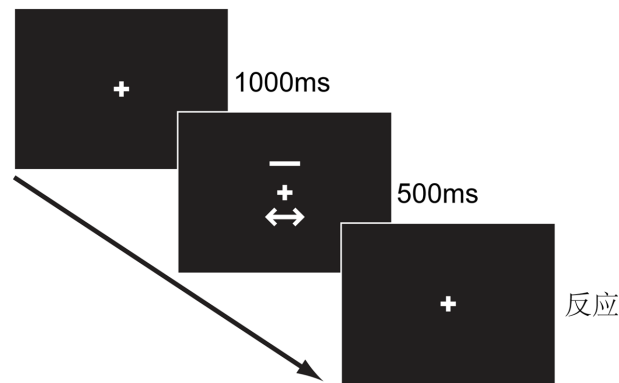


Figure 1. The process of a trial
图 1. 一个试次的刺激呈现流程

视点上下两侧出现 Muller-Lyer 错觉图形 500 ms, 刺激消失后要求被试根据第一感觉尽快地判断注视点上下哪条线段更长, 并作出相应的按键反应。整个过程中注视点一直呈现在屏幕中央, 并要求被试始终盯住注视点完成任务。两端带有箭翼的线段定义为错觉图形, 出现在错觉图形对侧用于与错觉图形比较长短的线段叫做标准图形。错觉图形与标准图形在注视点上下两侧同时出现, 错觉图形出现在上边或是下边的概率相等并且顺序随机。实验过程中被试需要始终盯住中心注视点, 刺激出现时, 比较错觉图形和标准图形中横向线段的长短, 上(下)侧的线段长就按下(上)键。实验刺激中, 两图形的几何中心与注视点距离始终为 100 像素(视角为 3.9°), 标准图形长度为 100 像素(视角为 3.9°), 错觉图形长度为 80, 90, 100, 110 或 120 像素(视角分别为 3.3°, 3.6°, 3.9°, 4.2°, 4.5°)。实验分为 10 个组块, 每个组块包含 40 个试次。实验的显示设备使用液晶(LED)显示器, 屏幕分辨率为 1024 × 768, 刷新率为 60 Hz, 被试眼睛距离屏幕约为 57 cm。

实验二同样使用 Psychtoolbox 进行呈现, 使用的 Muller-Lyer 错觉图片与实验一相同, 考查 Muller-Lyer 错觉图像的呈现位置(距注视点的距离近、中、远)是否对被试的错觉效应量大小产生影响。刺激呈现流程和被试的任务与实验一基本一致。唯一不同的是, 实验刺激中两线段的几何中心与中心注视点距离在 30, 65, 100 像素中随机呈现(视角分别为 1.3°, 2.6°, 3.9°)。实验分为 20 个组块, 每个组块包含 60 个试次。

2.3. MRI 图像获取及预处理

使用西门子 3.0T 磁共振扫描仪(Siemens Medical, 德国)采集被试的 MRI 结构像数据。实验开始前以兼容的泡沫垫固定被试的头部以减少头动对数据的干扰。使用磁化准备快速采集梯度回波序列(magnetization-prepared rapid acquisition gradient echo, MPRAGE)获取所有被试的高分辨率 T1 加权结构像, 之后对数据进行预处理。

使用统计参数图软件包 SPM8(statistical parametric-mapping software package8, <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>)特别是其中的 DARTEL(diffeomorphic anatomical registration through exponentiated liealgebra)软件包对结构 MRI 数据进行预处理。DARTEL 具有公认的性能优良的容积配准算法(Ashburner, 2007)。高分辨率 T1 结构加权像数据的预处理将分为结构分割(new segment)、创建模板(create template)以及空间标准化(normalize to MNI space)共三步进行。预处理完成后获得的图像代表了经过标准化、调制及平滑后的灰质体积, 之后使用 SPM8 内置的多元回归(multiple regression)模型对这些数据进行建模, 进行基于体素形态学的统计分析。

使用西门子 3.0T 磁共振扫描仪(Siemens Medical, 德国)采集被试的静息态 MRI 数据。实验开始前以兼容的泡沫垫固定被试的头部以减少头动对数据的干扰。实验过程中要求被试闭上眼睛但保持清醒, 也不

能思考特别的事。使用 T2*加权单次激发梯度回波的 EPI 序列获取所有被试的全脑功能像, 之后对数据进行预处理。

使用基于 Matlab2014a(Math Works Inc., <http://www.mathworks.com>)平台的统计参数图软件包 DPARSF (Data Processing Assistant for Resting-State fMRI, <http://rfmri.org/DPARSF>)对每例被试的静息态磁共振成像数据进行预处理, 可分为剔除不稳定的时间点、时间层配准、头动校正、空间标准化、高斯平滑、去线性漂移以及滤波共七个步骤。之后使用 REST(resting state fMRI data analysis toolkit, version1.8)软件包(Song, Dong, Long, Li, Zuo, Zhu, He, Yan, & Zang, 2011)对预处理后的数据进行结构像中发现的几个脑区之间的点对点功能连接(functional connectivity)分析。

2.4. 数据分析

实验一和实验二均采用 2AFC(two alternative forced choice)任务, 涉及到错觉图形与标准图形中横向线段长度的比较。计算被试的错觉效应量共分为三个步骤: 首先采用 Sigmoid 函数拟合出每个被试在错觉图形的不同长度(与标准图形长度的比值)条件下的心理测量曲线; 之后计算出心理测量曲线在 $y = 0.5$ 时, 错觉图形的长度, 即主观相等点; 最后计算出内向箭头图形和外向箭头图形主观相等点之间的差异, 将其除以 2, 即代表了该被试的平均错觉效应量。

使用 SPM8 的多元回归(multiple regression)分析方法计算 Muller-Lyer 错觉效应量与全脑各脑区灰质体积的相关性。协变量回归掉全脑体积, 在组块水平(cluster level)上统计显著的结果, 全脑分析显示 $p < 0.001$ 且组块尺寸大于 100 个体素(voxels)的区域, 即为与 Muller-Lyer 错觉有显著相关的脑区。

将上述脑区划定为感兴趣区(region of interest, ROI), 调用 REST(resting state fMRI data analysis toolkit, version1.8)程序中功能连接分析的 ROI-wise 功能, 每两个脑区之间进行功能连接分析。然后再计算这些功能连接强度和错觉效应量大小的相关性。

3. 结果

3.1. 行为实验结果

所有行为统计均使用 SPSS 22(SPSS Inc., 美国)作为统计工具。图 2(a)显示了实验一被试间平均的心理测量曲线, X 轴为错觉图形与标准图形的长度的比值, Y 轴为被试判断错觉图形长度比标准图形更长的百分比。两个主观相等点之间的距离除以 2 即为错觉量的大小。图 2(b)显示了实验一的 57 名被试错觉效应量的频次分布直方图, 被试错觉量的平均值为 7.49% (标准差 1.34%)。统计结果显示, 实验一中, 被试的错觉效应量显著大于 0($t(56) = 42.17, p < 0.001$)。图 3 显示了实验二的 13 名被试在错觉图形距中央注视点三种不同距离下的错觉效应量。实验二中, 对错觉图形距中央注视点三种不同距离下的错觉效应量进行单因素重复测量的方差分析发现, 距离的主效应显著($F(2,24) = 28.83, p < 0.001$), 表明三种距离下的错觉效应量差异显著。事后分析发现, 三种距离条件下错觉效应量之间的差异均显著(近和中: $t(12) = 4.99, p < 0.001$; 近和远: $t(12) = 6.85, p < 0.001$; 中和远: $t(12) = 2.69, p = 0.020$)。这一结果表明, 错觉效应量随图形距注视点距离的增大而增大。

3.2. MRI 结果

采用多元回归方法创建统计模型, 计算全脑每个 voxel 的灰质体积与 Muller-Lyer 错觉量的相关性, 发现左侧上顶叶和右侧枕下回局部灰质体积与 Muller-Lyer 错觉效应量有显著的负相关, 如图 4(a)和表 1 所示。将枕下回和上顶叶这些与错觉量相关显著的脑区作为感兴趣区, 提取以上脑区的皮层灰质体积数据, 并将全脑灰质体积作为控制变量, 计算其与 Muller-Lyer 错觉量的偏相关, 结果发现上顶叶灰质体

积与错觉效应量负相关($r = -0.473, p < 0.001$), 枕下回灰质体积与错觉效应量负相关($r = -0.487, p < 0.001$) (图 4(b))。

接下来以枕下回和上顶叶脑区为感兴趣区, 计算两者在静息态下的功能连接, 然后再计算该功能连接和错觉效应量的相关。结果发现, 上顶叶和枕下回之间的功能连接与错觉效应量之间有显著正相关($r = 0.355, p = 0.007$)。图 5 显示每个被试的错觉效应量和功能连接的散点图。

4. 讨论

研究结果显示, 上顶叶、枕下回灰质体积与错觉量负相关, 上顶叶与枕下回的功能连接影响着错觉的形成; 错觉图形距视野中心的距离越远, 则错觉效应量越大。这些结果说明, 在错觉的形成过程中, 并不是单一的脑区主导了这一过程, 而是多脑区形成了一系列的功能及结构环路。在这些脑区中, 主要包括在错觉形成中起基础作用的视觉区以及主导高级认知功能的额顶区域。

行为实验的结果显示, 被试的 Muller-Lyer 错觉效应量表现出明显的个体差异, 且错觉图形与中央注视点距离的不同也会影响错觉效应量的大小, 越靠近视野中心表现出越小的错觉效应。作为一种同化错

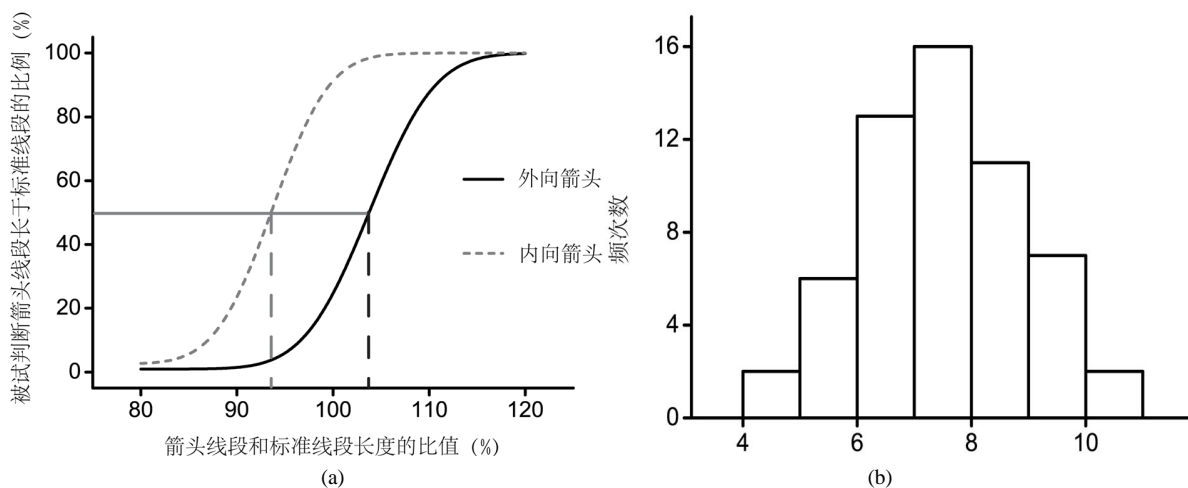


Figure 2. (a) Subjective effect size; (b) Frequency distribution histogram of all subjects
图 2. (a) 根据主观相等点计算错觉效应量的图示; (b) 被试错觉效应量的频次分布直方图

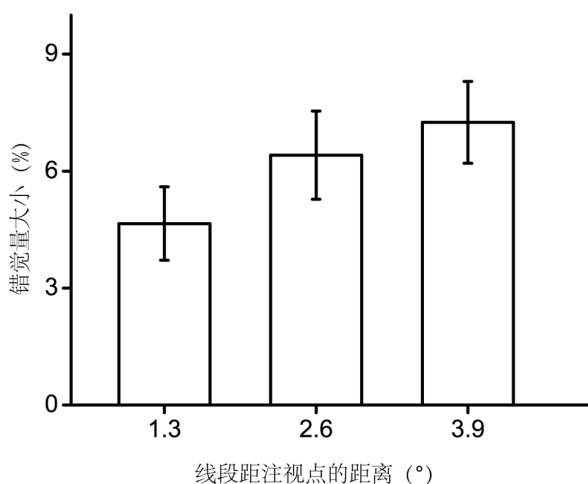


Figure 3. The effect size in different distance
图 3. 距中央注视点不同距离下的错觉效应量

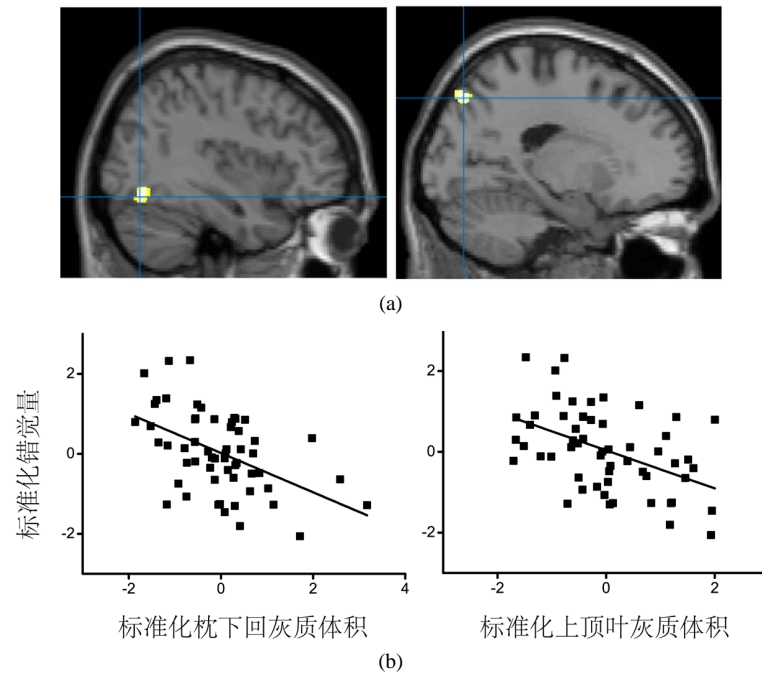


Figure 4. (a) The brain area which has significant correlation with Muller-Lyer illusion; (b) The scatter diagram of effect size and gray matter volume (The whole brain volume has been regressed and the result was converted to z-score)

图 4. (a) 与 Muller-Lyer 错觉相关显著的脑区; (b) Muller-Lyer 错觉的效应量和感兴趣区灰质体积的散点图(已回归全脑体积, 转化为 Z 分数)

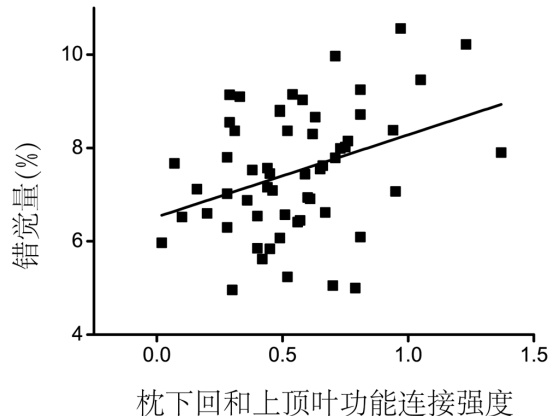


Figure 5. The scatter diagram of effect size and functional connectivity of Muller-Lyer

图 5. Muller-Lyer 错觉的效应量和功能连接的散点图

Table 1. The brain area which has significant correlation with Muller-Lyer illusion (MNI: Montreal neurologic institute)
表 1. 与 Muller-Lyer 错觉相关显著的脑区(MNI: 蒙特利尔神经研究所)

脑区	体素数量	布鲁德曼分区	中心点 MNI 坐标			t 值
			X	Y	Z	
左侧上顶叶	152	7	-18	-78	48	4.16
右侧枕下回	161	19	39	-70.5	-15	4.57

觉,人们对 Muller-Lyer 错觉图形的中间线段,也即测验成分的知觉大小是朝着有关附加成分,也即两端箭翼的方向弯曲的。相较于中央,视野周边的视觉表征和注意能力的精细程度均较弱,呈现在视野边缘的测验成分与附加成分更易出现混合。作为两种同化错觉, Muller-Lyer 错觉与 Delbouef 同心圆错觉存在共性,对图形中测验成分的估计都会受到附加成分的影响。在观察 Delbouef 同心圆图形时,两个同心圆的间距越小,作为测验成分的内圆与附加成分的外圆混合程度越大,同化错觉也较大。图形成分的混合或整合是形成错觉效应的重要因素(张厚粲&施岱安, 1984)。有人也指出,注意在错觉形成中也起到重要作用,注意资源的投入可能使得视空间分辨率和皮层表征精确度上升,减小图形测验成分和附加成分的混合,错觉效应随之下降(Tsal, 1984)。一个佐证是,长时间凝视 Muller-Lyer 图片使错觉变小(Valerjev & Gulan, 2013),而较长的凝视时间意味着可以对错觉图形有更充分的注意和视觉表征。另一项对 34 个关于 Muller-Lyer 错觉独立研究的元分析显示,呈现时间在 200 ms 以下的错觉量显著高于在 200 ms 之上的(Bruno, Knox, & Grave, 2010)。可以推测,相对于快速呈现的刺激,较长的呈现时间也意味着投入更多注意资源。实验中,图形刺激处于视野中央和视野周边两种条件下,被试在比较中轴长短时注意转移的距离并不相同。距离越远,注意与图形刺激的结合越难充分,对图形的表征精细度会受到削弱,增大了图形各成分的混合,错觉随之增大。

全脑结构分析显示, Muller-Lyer 错觉效应量与上顶叶局部区域的灰质体积呈显著负相关,以往对 Muller-Lyer 错觉神经机制的研究也多次发现上顶叶可能与视空间相关的注意功能有关。注意力在两侧互相转移时,诱发了上顶叶的短暂激活,上顶叶维持周边注意时比维持中央注意表现出更强烈的激活(Kelley, Serences, Giesbrecht, & Yantis, 2008)。其他研究得到了类似的结果(Milham, Banich, Webb, Barad, Cohen, Wszalek, & Kramer, 2001; Yantis, Schwarzbach, Serences, Carlson, Steinmetz, Pekar, & Courtney, 2002)。一项利用 TMS 技术对自上而下的视空间注意的研究发现,刺激上顶叶会促进注意从一侧视野向对侧视野的转移,两侧的上顶叶与周边视野存在对应关系(杜博琪, 2010)。这些结果暗示上顶叶可能与周边视野的视觉信息表征存在关联(Walter & Dassonville, 2008; Bunge, Hazeltine, Scanlon, Rosen, & Gabrieli, 2002; Walter, 2007),负责视野边缘注意的调整和维持。研究发现上顶叶与错觉效应量负相关,可能是由于错觉图形与标准图形同时出现,被试在对两图形的中轴长度作出比较时,伴随着视野周边注意的转移及注意与刺激的结合。注意能力越强的个体,其感知到的图形结构与背景的混合越小,错觉效应也较低。这与该研究的行为实验结果也有内在的一致性。

枕叶区域通常被认为是视觉信息的处理中枢,接受来自初级视皮层的信息并整合加工。Muller-Lyer 错觉是一种大小错觉,而对图形的心理大小进行表征和变化是枕叶的功能之一。一些关于初级视觉区 V1 的研究指出, V1 的表面积与 Muller-Lyer 错觉量负相关,与视敏感度正相关。面积增加意味着对错觉图形与背景的分辨更好,所以错觉相对要小(Sousa & Proulx, 2014; Fang, Boyaci, & Murray, 2008; Schwarzkopf, Chen, & Rees, 2011)。有实验通过对灵长类动物的枕叶区域中单个细胞记录的方法,发现了枕叶的部分区域存在对图形轮廓敏感的神经元(Peterhans & Von, 1989)。有研究认为,侧枕叶在形成错觉中起到基础性作用(Bennett & Warren, 2002; Bundesen, & Larsen, 1975)。进一步的研究发现,侧枕叶负责了 Muller-Lyer 错觉中线段长短的加工转换过程,且和顶叶区域有功能上的关联(Plewan, Weidner, Eickhoff, & Fink, 2012)。因此,枕叶的部分区域可能参与了来自视网膜上 Muller-Lyer 错觉图形信息的接收和初步加工,其他高级脑区监督了这个过程,并将这些信息作进一步的加工。总之,错觉在功能上的基础可能位于视觉区,对错觉信息的编码先于注意等高级皮层的功能开始,枕下回连同其他枕叶区域在 Muller-Lyer 错觉的形成中起到了基础性的作用。

功能连接的结果显示,上顶叶和枕下回的功能连接与 Muller-Lyer 错觉效应量呈显著正相关,两脑区联系越强的个体表现出更高的 Muller-Lyer 错觉效应量。已有研究发现上顶叶在视错觉的产生中与低级的

视觉区有关联。有研究指出,侧枕叶与大小转换的加工过程直接相关,上顶叶则反映了随后的加工水平,包括了任务相关的高级监督功能。是侧枕叶和上顶叶的交互作用影响了错觉的大小(Plewan, Weidner, Eickhoff, & Fink, 2012)。枕下回和额顶区域组成的功能通路也被发现与错觉的产生伴随出现(Weidner, Boers, Mathiak, Dammers, & Fink, 2010)。有人则利用 TMS 技术刺激被试的上顶叶区域,结果没有造成错觉效应的显著改变(Mancini, Bolognini, Bricolo, & Vallar, 2011)。这可能是由于上顶叶并非直接参与了错觉的形成,而是对低级的视皮层加工过程起督导作用。另一项关于单边空间忽略病人对 Muller-Lyer 错觉反应的研究也发现,即使是顶叶等高级脑区受到损伤的病也出现了稳定的错觉(Mattingley, Bradshaw, & Bradshaw, 1995),可见上顶叶并非直接参与错觉的形成,它可能与枕叶局部区域存在一种类似监督或替代的关系,作为具有高级认知功能的脑区协助处理和整合了来自 V1、V2 和侧枕叶等区域的视觉信息。一个区域的功能障碍可以被弥补,而两个区同时障碍则无法形成错觉(Weidner & Fink, 2007)。也即上顶叶和枕下回的功能连接可能反映的是错觉信息加工的上传和反馈过程。

5. 结论

研究表明,上顶叶和枕下回的灰质体积和 Muller-Lyer 错觉相关,两个脑区之间的功能连接也和错觉量的相关显著。这些结果表明视觉皮层和高级脑区的结构和功能与错觉是密不可分的,在一定程度上肯定了视空间相关的注意功能在 Muller-Lyer 错觉的形成中有重要作用。该研究的行为实验与脑区的结构和功能分析也有内在联系,空间注意的分辨率越低的被试,错觉效应量越大。结果从脑功能上的差别这一方面揭示了可能造成 Muller-Lyer 错觉个体差异的神经基础。未来可以尝试通过采用 TMS 等手段,得到更多关于脑功能和视错觉的因果推论。

基金项目

国家级大学生创新创业训练计划项目(项目编号:201710635078),国家自然科学基金(批准号:31400960、31271087、31470981、31571137、31500885、61431013)资助项目。

参考文献 (References)

- 陈姝娟,周爱保(2006). 认知方式、视错觉及其关系的跨文化研究. *心理学探新*, 26(4), 42-44.
- 杜博琪(2010). *顶上小叶区域在自上而下的空间注意转移中的作用:来自TMS的实验证据*. 北京:北京师范大学.
- 刘颂(1990). 近十年国内外有关 Muller-Lyer 错觉研究概况. *心理科学进展*, 8(2), 38-41.
- 任桂琴,韩玉昌,任延涛(2005). Muller-Lyer 错觉作用机制的眼动研究. *心理科学*, 28(4), 906-908.
- 王咏丽(2009). *Muller-Lyer 错觉识别与人格特质的相关性*. 杭州:浙江大学.
- 张厚粲,施岱安(1984). 关于同化和对比错觉的实验研究. *心理学报*, 1984(1), 34-41.
- 张铁忠,孙钢,马剑虹(1986). 错觉图形结构成分的实验研究. *心理学报*, 18(2), 174-184.
- Ashburner, J. (2007). A Fast Diffeomorphic Image Registration Algorithm. *Neuroimage*, 38, 95-113. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.07.007>
- Ashburner, J., & Friston, K. J. (2000). Voxel-Based Morphometry—The Methods. *Neuroimage*, 11, 805-821. <https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0582>
- Bechtel, W. (2013). *Philosophy of Science: An Overview for Cognitive Science*. London: Psychology Press.
- Bennett, D. J., & Warren, W. (2002). Size Scaling: Retinal or Environmental Frame of Reference? *Attention, Perception, & Psychophysics*, 64, 462-477. <https://doi.org/10.3758/BF03194718>
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436. <https://doi.org/10.1163/156856897X00357>
- Bruno, N., Knox, P. C., & de Grave, D. D. (2010). A Metaanalysis of the Effect of the Müller-Lyer Illusion on Saccadic Eye Movements: No General Support for a Dissociation of Perception and Oculomotor Action. *Vision Research*, 50, 2671-2682. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.09.016>

- Bundesden, C., & Larsen, A. (1975). Visual Transformation of Size. *Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance*, 1, 214-220. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.1.3.214>
- Bunge, S. A., Hazeltine, E., Scanlon, M. D., Rosen, A.C., & Gabrieli, J. D. (2002). Dissociable Contributions of Prefrontal and Parietal Cortices to Response Selection. *Neuroimage*, 17, 1562-1571. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1252>
- Crick, F. (1995). *Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*. New York, NY: Simon and Schuster.
- Dragoi, V., & Lockhead, G. (1999). Context-Dependent Changes in Visual Sensitivity Induced by Müller-Lyer Stimuli. *Vision Research*, 39, 1657-1670. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(98\)00198-9](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(98)00198-9)
- Fang, F., Boyaci, H. D., & Murray, S. O. (2008). Attention-Dependent Representation of a Size Illusion in Human V1. *Current Biology*, 18, 1707-1712. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.09.025>
- Ho, T. L., Fieser, M., & Fieser, L. (2011). Cross-Modal Processing in the Occipito-Temporal Cortex: A TMS Study of the Müller-Lyer Illusion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 1987-1997. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21561>
- Kelley, T. A., Serences, J. T., Giesbrecht, B., & Yantis, S. (2008). Cortical Mechanisms for Shifting and Holding Visuospatial Attention. *Cerebral Cortex*, 18, 114-125. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm036>
- Mancini, F., Bolognini, N., Bricolo, E., & Vallar, G. (2011). Cross-Modal Processing in the Occipito-Temporal Cortex: A Tms Study of the Muller-Lyer Illusion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 1987-1997. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21561>
- Mattingley, J. B., Bradshaw, J. L., & Bradshaw, J. A. (1995). The Effects of Unilateral Visuospatial Neglect on Perception of Müller-Lyer Illusory Figures. *Perception*, 24, 415-433. <https://doi.org/10.1068/p240415>
- Milham, M. P., Banich, M. T., Webb, A., Barad, V., Cohen, N. J., Wszalek, T., & Kramer, A. F. (2001). The Relative Involvement of Anterior Cingulate and Prefrontal Cortex in Attentional Control Depends on Nature of Conflict. *Brain Research Cognitive Brain Research*, 12, 467-473. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(01\)00076-3](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(01)00076-3)
- Pepperberg, I. M., Vicinay, J., & Cavanagh, P. (2008). Processing of the Müller-Lyer Illusion by a Grey Parrot (*Psittacus erithacus*). *Perception*, 37, 765-781. <https://doi.org/10.1068/p5898>
- Peterhans, E., & Von, D. (1989). Mechanisms of Contour Perception in Monkey Visual Cortex. II. Contours Bridging Gaps. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 9, 1749-1763.
- Plewan, T., Weidner, R., Eickhoff, S. B., & Fink, G. R. (2012). Ventral and Dorsal Stream Interactions during the Perception of the Müller-Lyer Illusion: Evidence Derived from fMRI and Dynamic Causal Modeling. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24, 2015-2029. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00258
- Qiu, J., Wei, D., Li, H., Yu, C., Wang, T., & Zhang, Q. (2009). The Muller-Lyer Illusion Seen by the Brain: An Event-Related Brain Potentials Study. *Biological Psychology*, 77, 150-158. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.10.002>
- Richardson, S., Chan, H. L., Lee, A., & Teo, S. T. (1972). The Müller-Lyer Illusion: A Cross-Cultural Study in Singapore. *Ergonomics*, 15, 293-298. <https://doi.org/10.1080/00140137208924431>
- Schwarzkopf, D. S., Chen, S., & Rees, G. (2011). The Surface Area of Human V1 Predicts the Subjective Experience of Object Size. *Nature Neuroscience*, 14, 28-30. <https://doi.org/10.1038/nn.2706>
- Song, X. W., Dong, Z. Y., Long, X. Y., Li, S. F., Zuo, X. N., Zhu, C. Z., He, Y., Yan, C. G., & Zang, Y. F. (2011). REST: A Toolkit for Resting-State Functional Magnetic Resonance Imaging Data Processing. *PLoS ONE*, 6, e25031. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025031>
- Sousa, A. A., & Proulx, M. J. (2014). What Can Volumes Reveal about Human Brain Evolution? A Framework for Bridging Behavioral, Histometric, and Volumetric Perspectives. *Frontiers in Neuroanatomy*, 8, 51. <https://doi.org/10.3389/fnana.2014.00051>
- Tsal, Y. (1984). A Mueller-Lyer Illusion Induced by Selective Attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 36, 319-333. <https://doi.org/10.1080/14640748408402162>
- Tudusciuc, O., & Nieder, A. (2010). Comparison of Length Judgments and the Müller-Lyer Illusion in Monkeys and Humans. *Experimental Brain Research*, 207, 221-231. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2452-7>
- Valerjev, P., & Gulán, T. (2013). The Role of Context in Müller-Lyer Illusion: The Case of Negative Müller-Lyer Illusion. *Review of Psychology*, 20, 29-36.
- Walter, E. L. (2007). *Visuospatial Contextual Processing: Illusions, Hidden Figures and Autistics Traits*. Eugene, OR: University of Oregon.
- Walter, E., & Dassonville, P. (2008). Visuospatial Contextual Processing in the Parietal Cortex: An fMRI Investigation of the Induced Roelofs Effect. *Neuroimage*, 42, 1686-1697. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.06.016>
- Weidner, R., & Fink, G. R. (2007). The Neural Mechanisms Underlying the Müller-Lyer Illusion and Its Interaction with Visuospatial Judgments. *Cerebral Cortex*, 17, 878-884.

-
- Weidner, R., Boers, F., Mathiak, K., Dammers, J., & Fink, G. R. (2010). The Temporal Dynamics of the Müller-Lyer Illusion. *Cerebral Cortex*, 20, 1586-1595. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp217>
- Yantis, S., Schwarzbach, J., Serences, J. T., Carlson, R. L., Steinmetz, M. A., Pekar, J. J., & Courtney, S. M. (2002). Transient Neural Activity in Human Parietal Cortex during Spatial Attention Shifts. *Nature Neuroscience*, 5, 995-1002. <https://doi.org/10.1038/nn921>
- Zeki, S. (2004). The Neurology of Ambiguity. *Consciousness and Cognition*, 13, 173-196. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2003.10.003>
- Zhang, S., Du, X., Wu, X., Wei, D., Zhang, M., & Qiu, J. (2013). Spatiotemporal Cortical Activation Underlies the Müller-Lyer Illusion: An Event-Related Potentials Study. *Neuroreport*, 24, 956-961. <https://doi.org/10.1097/WNR.000000000000023>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7273, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ap@hanspub.org