

视觉表象产生的大脑半球专门化效应*

游旭群 宋晓蕾

(陕西师范大学心理学院, 陕西省行为与认知神经科学重点实验室, 西安 710062)

摘要 采用 Kosslyn 单侧视野速示技术, 以英文字母图片为学习材料, 通过三个实验考察了视觉表象产生的大脑半球专门化效应。实验一提出在两种类型的视觉表象产生任务中, 有两种截然不同的加工起作用, 但却不能直接证实这两种不同加工机制的存在。实验二和实验三则进一步证实了两种表象产生任务具有不同的认知加工机制, 并表现出不同的大脑半球专门化效应。上述研究表明: 大脑两半球均参与产生视觉心理表象, 但分工不同, 并表现出不同的单侧化效应: 大脑左半球通过运用类别空间关系产生表象更有效, 大脑右半球运用数量空间关系产生表象更有效。结果进一步拓展了 Kosslyn 关于视觉空间关系加工的大脑半球专门化观点。

关键词 表象产生; 大脑半球专门化效应; 空间关系; 类别和数量

分类号 B842

1 引言

视觉表象是人们日常生活中应用最多的一种表象形式, 也是认知心理学中研究最多的一种表象形式。视觉表象加工在缺乏感觉输入的情况下包括视觉表象的产生和操作, 其中最基础的加工过程就是视觉表象的产生, 表象的转换操作实际上也是表象产生的一种特殊形式(Kosslyn, 1994)。视觉表象产生是用客体或场景的长时记忆的知识产生短时的、类似知觉的表象加工过程。当知觉信息被记忆获取的时候, 人们会产生“用心理之眼看”或“用心理之耳听”等等的体验, 这就是表象产生。

表象产生的大脑机能单侧化问题历来是一个有争议的话题, 特别是大脑左半球是否在此加工中表现出一定的专门化趋势问题。从传统观点来看, 表象被认为主要是右半球的功能, 例如, 对大多数人来说, 左半球主要处理言语信息, 而右半球主要处理表象信息。Erlichman 和 Barrett(1983)提出此观点没有直接的证据。Farah(1986)也对这种观点提出了挑战, 并提出至少一种加工成分-表象产生成分

主要是左半球的功能。在一个关于裂脑人的研究中, Farah 等人(1995)发现左半球仍然能够完成表象产生任务, 而右半球却不能完成, 但右半球却保持着除表象产生之外的所有表象加工功能。Farah 还在表象产生不同成分之间进行了区分, 发现当表象产生受损时, 左后大脑皮质受到破坏, 从而得出大脑左半球专门化于心理表象的产生。Tippett(1992)也得出大脑左半球参与表象产生加工。但 Sargent(1989)反对大脑左半球专门化于心理表象产生的假说, 认为尽管目前很多研究表明大脑左半球专门化于心理表象的产生, 但并不能因此否认右半球在表象产生中的作用, 大脑两半球同时共同作用于此加工。Bowers(1991)的研究表明表象的内容可以决定哪个半球产生表象, 客体表象产生在左半球加工, 而面部表情的表象产生在右半球加工。

关于表象加工的大脑机能单侧化问题还存在众多争论。部分研究对 Farah 援引的证据提出了质疑, 而其他研究者则试图提出在表象产生过程中存在不同类型的表象信息并且与两半球均有联系(Mast & Kosslyn, 2006; Kosslyn, 1995)。表象产生

收稿日期: 2009-01-22

*国家社会科学基金“十一五”规划 2007 年度教育学国家一般项目(BBA070016), 国家自然科学基金(30570602), 教育部“新世纪优秀人才支持计划”(NCET-05-0862)资助项目。

通讯作者: 游旭群, E-mail: youxuqun@snnu.edu.cn; 宋晓蕾, E-mail: songxiaolei@snnu.edu.cn

是一种独立的功能,有一个明显的机能性结构成分促使其产生,但关于这一特定结构成分目前还没有统一的定论。基于上述研究文献中出现的诸多疑问,为了进一步澄清视觉表象产生时大脑两半球的机能单侧化现象,本研究采用标准化的视觉表象产生任务,目的在于检验大脑两半球在视觉表象产生过程中所起的作用是否相同。

Kosslyn 等人(1994)最早使用单侧视野速示法,并以简单字母刺激为材料对视觉空间关系加工进行了系列研究。这种刺激呈现方法是将刺激随机短暂地呈现在左或右视野中,而视野与大脑左右半球是交叉对应的,因此可以使与刺激呈现视野相对应的大脑半球优先对刺激进行加工,由此获得脑半球信息加工的相关数据。研究结果表明,视觉空间关系加工存在着可能在大脑神经水平上分离的空间关系表征。在类别空间关系判断(categorical spatial relation)任务中,刺激呈现于右视野(左半球)时被试的表现要优于刺激呈现于左视野(右半球)的表现,而在数量空间判断(metric/coordinate spatial relation)任务中,刺激呈现于左视野(右半球)时被试的表现要优于刺激呈现于右视野(左半球)的表现。后来,Kosslyn 等人(1994, 2003, 2006)通过一系列单视野速示实验得出,当刺激呈现在大脑左半球时被试反应更快,从而得出类别空间关系在左半球加工更有效。当刺激最初呈现在大脑右半球时,被试评估两个图形的精确距离更有效,因此得出数量空间关系在右半球加工更有效。

众所周知,产生复杂客体的视觉表象需要较长时间,客体的每一部分都需要一定时间去生成表象。为了把表象各个部分合理安排,必须提取其空间关系表征。因此,本研究假定在视觉表象产生过程中,可用两种不同的空间关系表征来安排各个部分的排列:一种依靠类别空间关系,它在左半球较有效,一种依靠数量空间关系,它在右半球较有效。本研究假设类别空间关系不仅在大脑左半球编码更有效,而且在此存贮可能也更有效。如果是这样,当存贮的类别关系被查找并用来放置被表象的物体各部分时,大脑左半球的表象产生更有效。如果数量空间关系在右半球存贮更有效,那么本研究期望当查找这种表征并用它来安排各部分的排列时,在此半球产生表象更有效。因此,本研究假设大脑左半球主要负责加工类别空间关系相关的表象,大脑右半球主要负责加工数量空间关系相关的表象,两半球均参与表象产生活动,但各自的分工

有所不同。

2 实验一 初步考察大脑两半球在视觉表象产生中的作用

2.1 目的

实验一采用标准化的表象产生任务考察视觉表象产生的认知加工机制和基本规律,确定大脑两半球在表象产生过程中的所起的作用是否相同。由于类别空间关系表征是以等量级的方式表征客体空间关系的一般特征(如连接/非连接、上/下、左/右、内/外),而数量空间关系表征是以分量级的方式表明客体空间关系的差异性特征(如距离的精确比较)。因此,本实验用的类别刺激为4×5方格,数量刺激为同样大小、但剔除方格内线的四角方括弧。在4×5方格条件下,需要用客体空间关系的一般特征来定位客体各部分的位置,所以本研究假设在此条件下应用类别空间关系表征产生表象会有更好绩效,而在中间全空的四角方括弧条件下,要产生特定表象,需要有该刺激各部分之间距离的精确比较,因此假设应用数量空间关系表征产生表象会有更好绩效。从而证实大脑两半球均参与产生表象,但分工不同,大脑左半球更善于用类别空间关系来安排图形各部分的排列以产生表象,大脑右半球更善于运用数量空间关系以产生表象。

2.2 方法

2.2.1 被试 本科生20名,男生9名,女生11名,平均年龄为20.3岁(18~22岁),视力(矫正视力)正常,右利手,所有被试均不知晓实验目的,且未参加过类似实验。

2.2.2 仪器和材料 本实验由一台方正奔IV3.0计算机控制,视觉刺激呈现在17英寸液晶显示器中央,显示器分辨率为1024×768像素,刷新频率为70Hz。刺激材料为一组4×5方格,将其单元格选择性涂黑以描画八个不同的大写黑体字母,C, F, G, H, J, L, P 和 U(平均视觉复杂性值:2.1);每个字母在每一行和每一列至少有一格被填充。对应的小写字母位于这些字母的下方,大小为1~1.5cm高,用来指导被试方格中黑体字母的呈现。此外,还有一组探测标记,同样大小的方格位于中央星号(它用来作为固定点)左右1.5°视角。这些方格除了单一的X探测标记外其余全空,X探测标记是单元格对角线大小。

在这些试验中,一半的X标记出现时落在相应的黑体字母上(‘是’试验),一半落在其周围(‘否’试

验)。每个字母有两个‘是’和两个‘否’探测标记。一个‘是’或‘否’探测标记出现在早期位置, 另一个‘是’或‘否’探测标记出现在晚期位置。‘是’试验的早期探测位置在字母起笔位置, ‘否’试验的早期探测位置与字母起笔位置相邻; ‘是’试验的晚期探测位置在字母末笔位置, ‘否’试验的晚期探测位置与字母末笔位置相邻。字母各部分的笔画顺序通过私下观察另一组 25 个被试在空白方格中画这个字母时的笔画顺序决定。此处用的早/晚顺序在所有被试画画时可得到反映。为了排除探测标记“x”定位的准确性可能对实验结果产生的影响, 本研究事先还会要求被试只对探测标记“x”的呈现位置做出反应, 并记录正确率, 只有当正确率达到一定水平并保持恒定的被试才能进入正式实验。每个刺激在左右视野各出现两次。试验在每 16 个和 8 个被试序列内抵消平衡(这样每个试验顺序对每个被试是唯一的), 在所有字母出现一次之前不会有字母出现两次, 在所有字母出现两次之前不会有字母出现三次等等。

对每个方格刺激, 用四角方括弧代替方格构建对应的另一组方括弧刺激。这些刺激如图 1 所示。

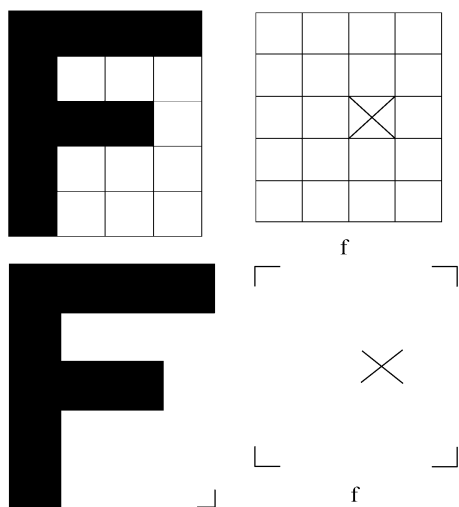


图 1 实验一中用的方格和方括弧刺激

2.2.3 实验设计 实验为 2(大脑半球: 左和右半球) $\times$ 2(刺激类型: 类别刺激和数量刺激) $\times$ 2(探测位置: 早期和晚期)的混合设计, 其中刺激类型为被试间因素, 大脑半球和探测位置为被试内因素。因变量为反应时和正确率。

2.2.4 程序 实验程序用 E-prime 软件编制。在所有实验中, 被试独立测试, 他们的头部在一个颌休息器上以确保距离屏幕恒定的观察距离。一半被试接受方格刺激, 一半被试接受方括弧刺激。具体实

验步骤如下:

按键练习阶段 在键盘上固定两个反应键(键盘中央位置的“H”和“G”键), 分别代表“是”与“否”。屏幕中央出现‘是’或‘否’字时, 要求被试按相应的反应键。每个字呈现 16 次, 不能连续出现 3 次。计算机自动记录被试每次按键的情况, 并用声音提示的方式对被试的错误反应给予反馈。

学习阶段 首先要求被试学习和记忆大写的黑体字母 C、F、G、H、J、L、P、U, 它们分别位于 4 $\times$ 5 方格内或四角方括弧内, 要求被试确切记住这些字母如何出现在方格或方括弧内。被试可用任意时间观察一张含有方格或方括弧纸上的大写黑体字母并记住字母在方格或方括弧内出现的位置。当被试表示已记住字母呈现的位置时, 给他们一张表格纸, 上有一个空的 4 $\times$ 5 的方格或方括弧并在下方有小写字母提示(在方括弧刺激下方 2cm 处), 要求他们画出相应的大写黑体字母。被试重复此任务三次以确保他们正确记住了字母在方格/方括弧中出现的位置。主试密切观察被试画这个字母的顺序以确保他们以正确的、先前确定的先后顺序自由画出字母各部分, 并都以相同的顺序产生了这个字母的表象。

测试阶段 被试首先读屏幕上的指导语, 为了确保被试完全理解此任务, 要求被试意译指导语, 并对错误理解及时给予校对。对于类别任务, 要求被试判断方格下方有小写字母提示的被想象的大写字母是否将覆盖方格内探测标记 X; 数量任务中要求被试判断当想象的大写字母确实呈现在四角方括弧内时, 是否将覆盖方括弧内的探测标记 X。当被想象的大写字母覆盖了探测标记时, 指导被试用一只手指按先前标识的“是”键, 否则用另一只手的食指按“否”键, 反应手被抵消平衡。

每个试验由以下步骤组成: 首先, 要求被试用左手按空格键表示他们已准备就绪, 这时在屏幕中央呈现一个星号表示试验开始; 指导被试将注意力保持在屏幕中央的星号上; 中央星号呈现 500 ms, 该时间足以使被试将视线移到固定点, 但不足以使他们在刺激呈现之前将视线从固定点移开, 此外要求被试当刺激呈现在左、右视野时将视线停留在屏幕中央; 固定点消失后, 包含一个探测标记并在下方有小写字母提示的方格或方括弧刺激呈现在左、右视野 150 ms, 紧接着是一个星号出现直到被试做出反应。要求被试读刺激下方的小写字母并确定如果它呈现是否相应的黑体字母会覆盖 X 标记。反

应没有时间限制,要求被试在确保正确率的情况下尽可能快地反应。反应后,按空格键开始另一个试验。每种任务条件下有 16 次练习试验和 128 次正式试验。每个字母在左右视野各出现两次,共有四个(‘是/早’、‘是/晚’、‘否/早’、‘否/晚’)探测标记。在练习试验中,每个字母被用两次,但练习试验的探测位置与正式试验不同。

2.3 结果与分析

对资料进行统计分析之前,剔除正确率低于 60% 的被试,剔除 2.5 个标准差以外的反应时数据(实验一剔除 4 名被试)。各处理条件下反应时(ms)和正确率(%)如图 2、图 3 所示。

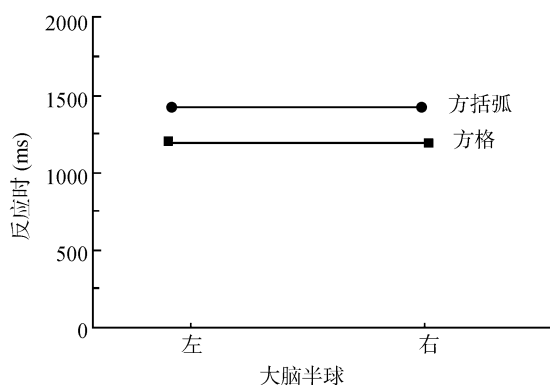


图 2 实验一中不同任务条件下的反应时

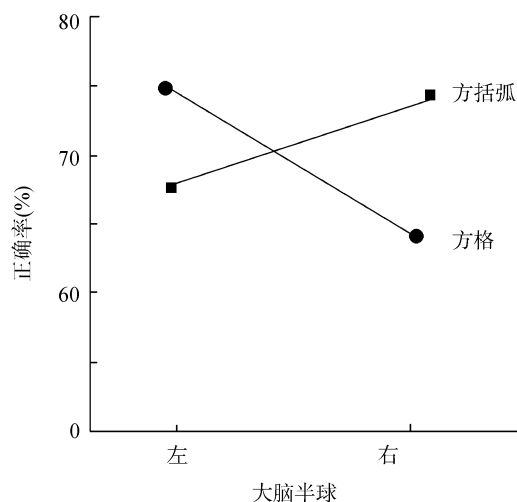


图 3 实验一中不同任务条件下的正确率

对反应时进行方差分析发现,探测位置的主效应显著, $F(1,14)=6.08$, $p<0.05$; 当刺激呈现在大脑左半球(右视野)时,被试反应更快,但大脑半球的主效应没有达到显著水平, $F(1,14)=0.15$, $p>0.1$; 刺激类型的主效应不显著, $F(1,14)=0.67$, $p>0.05$; 刺激类型与大脑半球的交互作用不显著, $F(1,14)=$

0.36 , $p>0.05$; 刺激类型与探测位置的交互作用不显著, $F(1,14)=0.28$, $p>0.05$; 探测位置与大脑半球的交互作用显著, $F(1,14)=4.16$, $p=0.05$, 进一步的简单效应检验表明,在早期探测位置,左右半球的成绩差异并不显著, $F(1,14)=0.76$, $p>0.05$; 而对晚期刺激,反应成绩在左右半球存在显著差异, $F(1,14)=11.25$, $p=0.004$, 当刺激呈现在大脑右半球(左视野)时,被试的反应更快。刺激类型、大脑半球和探测位置三者的交互作用不显著, $F(1,14)=0.93$, $p>0.05$ 。

对正确率的方差分析发现,探测位置的主效应显著, $F(1,14)=4.01$, $p<0.05$; 大脑半球的主效应不显著, $F(1,14)=1.07$, $p>0.05$; 刺激类型的主效应不显著, $F(1,14)=0.59$, $p>0.05$; 如图 3 所示,刺激类型和大脑半球的交互作用显著, $F(1,14)=8.57$, $p=0.01$, 当方括弧刺激被呈现在大脑右半球时正确率更高, $F(1,14)=7.75$, $p<0.05$, 但是并不比呈现在大脑左半球的方格刺激的正确率更高,在方格任务中两半球的正确率没有显著差异, $F(1,14)=2.61$, $p>0.1$; 此外,就大脑半球与探测位置的交互作用而言,对晚期探测刺激,被试的正确率较低, $F(1,14)=25.07$, $p=0.002$, 当晚期探测刺激在大脑左半球时,被试的正确率较低;而对早期刺激,两半球的正确率几乎相等;其他交互作用均不显著。

2.4 讨论

实验一的结果表明,探测位置有较显著的主效应,与晚期位置相比,当探测刺激在字母的早期位置时,被试反应更快,正确率也更高。此结果与 Kosslyn (2006) 的研究结果一致,表明大写字母的表象是一部分、一部分按自然顺序产生的。就正确率数据而言,刺激类型和大脑半球的交互作用显著,即对一既定类型的刺激,正确率依赖于该刺激是被呈现在大脑左半球还是右半球,与方括弧刺激被呈现在大脑左半球相比,当它呈现在大脑右半球时,被试反应的正确率更高,表明在方括弧内产生表象右半球较好,而在方格内产生表象大脑两半球没有明显差异,说明有两种截然不同的加工在起作用。但就反应时数据而言,两者并没有显著的交互作用。在本实验中,要求被试不仅要识别目标刺激和探测标记的位置,而且要求他们在头脑中产生表象,并把该表象附加在刺激上并存储于短记忆中以确定是否被表象的字母覆盖了探测标记。这是一个需要多重步骤的复杂任务,被试大约需一秒时间才能产生答案,在此时间区间内,需要调用大脑两半

球的资源。由于该任务比较耗时、且试验与试验之间变化较大, 大脑半球加工的差异在此状况下会变得模糊, 不可能任何微弱的大脑半球加工的差异都会保持在反应时数据中, 然而, 这种加工差异会出现在不依靠短时测量的正确率数据中, 所以刺激类型与大脑半球的交互作用在反应时和正确率数据之间出现了分离。此外, 就大脑半球与探测位置的相互作用而言, 对晚期探测刺激, 被试的正确率较低, 当晚期探测刺激在大脑左半球时, 被试的正确率更低; 而对早期刺激, 两半球的正确率几乎相等。考虑到大脑右半球一般能更有效地编码高分辨率的视觉信息, 也许任务的属性给予大脑右半球一定的优势。如果是这样, 那么在方格任务中大脑左半球也应具有一定的优势, 但在反应时数据中并没有表现出这样的优势, 而在正确率数据中却得出刺激类型与大脑半球之间有显著的交互作用, 即方格任务的正确率在大脑左半球更高, 表明大脑左半球可能有其他加工可以战胜任务属性给予大脑半球的优势效应。

3 实验二 进一步考察大脑右半球在视觉表象产生中的作用

3.1 目的

在实验一中, 我们期望在方格任务主要运用类别空间关系表征来产生表象, 方括弧任务主要运用数量空间关系表征来产生表象。实验得出方括弧任务利用数量空间关系产生表象的大脑右半球的优势, 却没有得出方格任务利用类别空间关系产生表象时大脑左半球的优势, 但是正确率数据却反映出大脑半球与任务类型之间有显著的交互作用, 然而刺激差异是否是观察到的大脑半球相互作用的根源? 另外, 方格代表相对小的区域, 方括弧代表相对大的区域。有证据(Kosslyn, 1995)表明左半球编码部分较有效, 右半球编码整体较有效, 而就同一客体而言, 部分代表小的区域, 而整体代表大的区域。如果同样的原则可用于表象产生, 本实验假设就同一刺激而言, 左半球产生小表象较好, 右半球产生大表象较好。为了排除刺激差异本身可能对实验结果产生的影响, 本实验通过操作方括弧大小来检验上述观点, 一半测试中被试看到的方括弧比上实验大 50%, 另一半试验被试看到的比上实验小 50%, 如果左半球可以在较小区域内更好地产生表象, 那么当方括弧以小尺寸呈现时, 我们可以推翻它的右半球优势, 并得出在较小区域内左半球形成

表象更好。

3.2 方法

3.2.1 被试 本科生 28 名, 男、女生各半, 平均年龄为 20.9 岁(18~22 岁), 视力(矫正视力)正常, 右利手, 所有被试均不知晓实验目的, 且未参加过类似实验。

3.2.2 仪器和材料 实验仪器同实验一。实验材料是两组类似实验一用过的方括弧刺激, 只是大小与之不同。小方括弧组的大小为 1.6cm×2cm, 大方括弧组为 3.4cm×4.25cm, 这样, 小方括弧的大小是大方括弧的 22%。八个大写黑体字母在每组方括弧内产生, 同时还有与先前实验中相同的小写字母提示。所有字母被分成两组(C, J, L, P)和(F, G, H, U), 并以不同的大小呈现。探测标记与实验一方括弧任务基本相同, 对于大小刺激, 如果方括弧空间被方格线分成 4×5 的方格, X 探测标记的大小与单元格大小对应。大 X 标记每条边大约是 0.85cm, 小 X 标记每条边大约是 0.40cm。对一半刺激, 探测标记在它呈现时将完全落在字母上(‘是’探测标记), 对另一半刺激, 探测标记在它呈现时则没有落在字母上(‘否’探测标记)。每个类型一半的探测刺激落在早期产生的字母表象上或与之相邻(早期探测刺激), 一半落在晚期产生的字母表象上或与之相邻(晚期探测刺激)。确定大小刺激位置, 使其内边缘在固定点左右 1.6°视角, 固定点由屏幕中央的一个小的星号构成。每个尺寸的方括弧一半位于固定点的左边, 一半位于固定点的右边, 大小刺激在分开的试验组呈现。考虑到每组四个刺激以两种大小在左右视野同等机率出现, 本实验准备四组刺激。

3.2.3 实验设计 实验为 2(大脑半球: 左和右半球)×2(刺激大小: 大刺激和小刺激)×2(探测位置: 早期和晚期)的被试内设计。因变量同实验一。

3.2.4 程序 学习阶段 实验程序用 E-prime 软件编制。首先在实验开始前先让被试熟悉反应键。在反应键练习之后, 被试学习第一组试验中四个大写黑体字母的形状。每个字母将以同样大小出现在正式试验中, 对应的小写字母提示在方括弧下方。当被试表示他们已经记住了字母的呈现时, 按空格键字母消失(只留下方括弧)。当字母消失时, 要求被试视觉化这些字母正如它出现在方括弧中一样, 然后再按空格键, 字母再次出现。被试比较其产生的表象与字母的差异, 并校正字母表象以使其尽可能与真实字母呈现一致。在被试看完每个字母一次以后, 学习阶段再次重复。并要求被试记住每个黑体

字母对应的小写提示。一半被试用右手反应‘是’，左手反应‘否’；另一半被试则相反。这样，要使所有因素被抵消平衡，每组试验准备 32 次测试。

测试阶段 被试观察大的刺激距离屏幕 50cm，小的刺激距离屏幕 75cm。当从被试距离屏幕的正中位置观察时，大的方括弧刺激的视角分别是 3.89° (水平) $\times 4.86^\circ$ (垂直)。而小的方括弧刺激视角分别是 1.22° (水平) $\times 1.53^\circ$ (垂直)。为了减少小方括弧占有的视角，在小刺激呈现之前计算机屏幕被移至更远距离；由于人们可能会认为刺激实际大小或视角是关键变量，因此我们确保两种刺激大小在此随机变化。小方括弧内边缘离固定点是 2.1cm，而大方括弧内边缘离固定点是 1.4cm；这样，从被试观察距离来看，大小方括弧离固定点(1.6°)相同视角。

被试首先读屏幕上的指导语，指导被试判断方括弧内探测标记 X 是否将落在最初学习的想象的大写字母上。当想象的大写字母盖住探测标记时，指导被试用一只手食指按先前标识的‘是’键，否则用另一只手的食指按‘否’键，反应手被抵消平衡。此外，要求被试在确保正确率的情况下尽可能快地反应。在读完指导语后，被试完成 8 个练习试验，它们与测试试验安排相同。同样的字母用于练习试验和测试试验中，但对练习试验用不同的探测位置。每个字母和探测刺激类型以同等机率出现在练习阶段。

试验由以下步骤组成：一个屏幕中央的星号呈现 500ms，一个小写字母提示替代星号呈现 500ms，然后中央星号又呈现 500ms，接着是一个包含 X 探测标记的方括弧刺激在固定点左右呈现 150ms。如果探测标记落在了最初学习的方括弧中字母位置上，被试就按‘是’键，如果没有落在字母上就按‘否’键。被试反应后，空屏 500ms，然后再用其它字母重复其序列。在练习试验中，当是不正确反应时，计算机用嘟嘟声提供反馈。在完成练习试验后，被试首先接受第一组正式测试；在正式测试时，计算机不再对错误反应进行反馈。两组试验条件下共有 16 次练习试验和 128 次正式试验。每个字母在左右视野各出现两次，共有四个(‘是/早’、‘是/晚’、‘否/早’、‘否/晚’)探测标记。在第二组试验时移动屏幕(向后或向前，依赖第一组刺激的大小)，被试用另一种大小呈现的字母重复整个程序。两组之间有 1min 的休息时间。在其它方面，程序与实验一类似。

3.3 结果与分析

对资料进行统计分析之前，剔除正确率低于

60%的被试，剔除 2.5 个标准差以外的反应时数据(实验二剔除 6 名被试)。

对反应时进行方差分析发现，探测位置的主效应非常显著， $F(1,18)=8.21$, $p=0.01$ ；刺激大小的主效应也显著， $F(1,18)=5.28$, $p=0.03$ ；当刺激呈现在大脑右半球时，被试反应较快，但大脑半球的主效应没有达到显著水平， $F(1,18)=0.31$, $p>0.1$ ；刺激大小与大脑半球的交互作用不显著， $F(1,18)=2.36$, $p=0.1$ ，也就是说，在不同刺激大小任务上，两半球并没有显著差异，此结果如图 4 所示；探测位置与大脑半球的交互作用显著， $F(1,18)=6.16$, $p=0.02$ ，进一步的简单效应检验表明，在早探测位置，当刺激呈现在大脑右半球时，被试反应明显更快， $F(1,18)=7.34$, $p=0.02$ ；在晚探测位置，当刺激呈现在大脑左半球时，被试反应明显较快， $F(1,18)=4.85$, $p=0.04$ ；探测位置与刺激大小的交互作用不显著， $F(1,18)=1.97$, $p>0.05$ ；刺激大小、探测位置、大脑半球三因素的交互作用也不显著， $F(1,18)=3.41$, $p>0.05$ 。

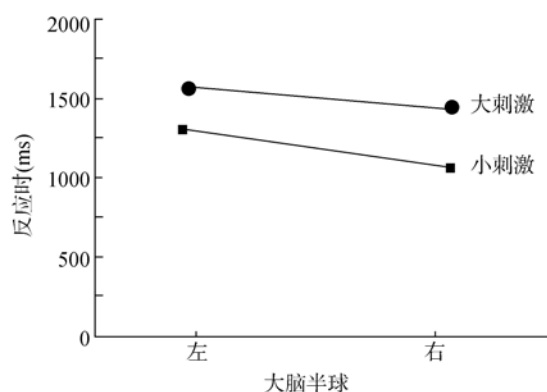


图 4 实验二中不同刺激大小条件下的反应时

对正确率进行方差分析发现，探测位置的主效应显著， $F(1,18)=4.39$, $p=0.05$ ；刺激大小的主效应不显著， $F(1,18)=2.91$, $p>0.05$ ；大脑半球的主效应不显著， $F(1,18)=1.04$, $p>0.1$ ；刺激大小与脑半球的交互作用不显著， $F<1.0$ ，此结果如图 5 所示；探测位置与刺激大小的交互作用不显著， $F<1.0$ ；大脑半球与探测位置的相互作用不显著， $F<1.0$ ；但是大脑半球与探测位置以及刺激大小三者的交互作用显著， $F(1,18)=9.51$, $p=0.04$ ；对其进行简单效应检验表明，在早探测位置，无论大小刺激当其呈现在大脑右半球时，被试反应正确率均较高， $F(1,18)=7.34$, $p=0.02$ ；在晚探测位置，无论大小刺激当其呈现在大脑左半球时，被试反应正确率明显较高，

$F(1,18)=4.85, p=0.04$; 在早晚探测位置, 无论刺激呈现在左半球还是右半球, 大小刺激的正确率并没有明显差异($p>0.1$)。

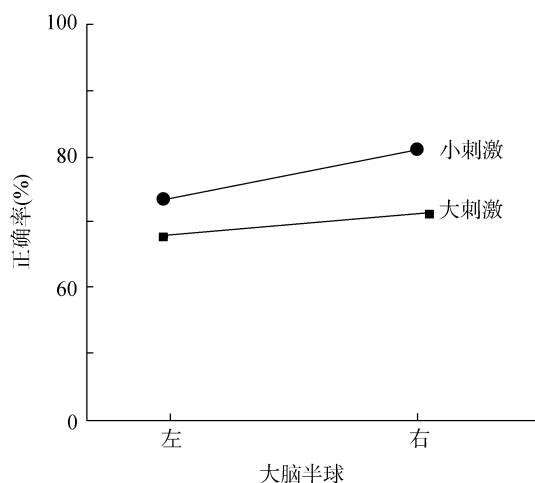


图5 实验二中不同刺激大小条件下的正确率

3.4 讨论

实验二采用大小不同的方括弧刺激得到了与实验一中方括弧任务基本一致的结果, 探测位置有较显著的主效应, 与晚期位置相比, 当探测刺激在字母的早期位置时, 被试反应更快, 正确率也更高。刺激大小的主效应也显著, 在小方括弧条件下, 被试产生表象所需时间更短。刺激大小与大脑半球的相互作用不显著, 也就是说, 通过本实验没有发现刺激大小本身在大脑两半球上影响表象产生的方式不同, 也就排除了两种类型的刺激差异可能对实验一结果造成的影响, 但是本实验却进一步证实了大脑右半球对方括弧刺激的优势效应。也许有人会认为本实验中的大小差异不够大, 但研究发现较小刺激加工起来更容易, 本实验也得出同样的结果。这样, 因为方格中的单元格界定为较小的区域, 本实验还是没有证据证明大脑左半球在加工方格刺激时的优势。

4 实验三 进一步考察大脑左半球在视觉表象产生中的作用

4.1 目的

在实验一中, 研究发现方格、方括弧刺激与大脑半球之间的交互作用, 然而当用方格刺激时, 左半球的优势效应并不显著, 一种解释是该任务需要更多在右半球执行操作时更有效的加工。另外, 实验二还发现了较小刺激加工起来更容易, 相比较方

括弧而言, 方格中的单元格为较小区域, 但实验二还是没能证明大脑左半球在加工方格刺激时的优势。为了排除刺激本身的特性可能对实验结果的影响, 本研究很有必要获得新的证据进一步证实运用类别空间关系产生表象时大脑左半球的优势。在本实验中, 鼓励被试用类别空间关系表征的刺激产生表象, 具体地说, 在实验中给被试呈现一些点排列, 每个点位于先前呈现的方格刺激中方格线穿过的地方, 要求被试视觉化这些线, 并运用这些线帮助其安排各部分的排列以产生图形的表象, 虽然剔除了方格线, 但这些刺激还是受这些点支配的。这样, 如果本实验获得了左半球的优势, 就可以进一步证实大脑左半球运用类别空间关系产生表象时的优势效应。

4.2 方法

4.2.1 被试 本科生 24 名, 男生 10 名, 女生 14 名, 平均年龄为 21.5 岁(19~23 岁), 视力(矫正视力)正常, 右利手, 所有被试均不知晓实验目的, 且未参加过类似实验。

4.2.2 仪器与材料 除了实验一中方格任务条件下用的方格刺激被一种点矩阵刺激取代之外, 该实验中用的刺激和材料基本与实验一中方格任务条件下的刺激相同。在该实验中, 实验材料为一个 6 点高、5 点宽的点矩阵, 该矩阵通过剔除实验一中 4×5 方格相互交叉的方格线只留下点来形成。此矩阵取代先前实验中用过的水平和垂直的方格, 但是探测刺激的位置和刺激其它方面保持不变。

4.2.3 实验设计 实验为 2(大脑半球: 左和右半球)×2(探测位置: 早期和晚期)的被试内设计。因变量同实验 1。

4.2.4 程序 除了在指导语上有两个变化以外, 程序与实验一中的方格任务基本相同。在学习阶段, 给被试呈现点矩阵中的大写黑体字母, 并在字母下方附有言语描述其形状, 要求被试通过各部分之间空间关系的描述形成心理表象并记住大写黑体字母的形状。例如, 垂直线在最左边, 水平线在最下边与它连接等等。研究期望被试用类别空间关系在字母各部分间编码空间关系, 此要求则可以引起这样的类别编码。在测试阶段, 指导语指出字母各部分在想象的行和列中通过这些点形成, 这样, 他们如果通过回忆这些点的位置来形成字母各部分的表象则较容易。在其他方面, 指导语和程序与实验一方格任务的相同。

4.3 结果与分析

对资料进行统计分析之前, 剔除正确率低于

60%的被试,剔除 2.5 个标准差以外的反应时数据(实验三剔除 8 名被试)。对反应时进行方差分析发现,探测位置的主效应显著, $F(1,15)=17.08$, $p=0.001$; 大脑半球的主效应显著, $F(1,15)=6.17$, $p<0.05$, 当刺激呈现在大脑左半球时,被试反应更快;探测位置与大脑半球的相互作用不显著, $F(1,15)=0.66$, $p>0.05$, 尽管当刺激呈现在大脑左半球时,被试评价晚期探测刺激较快,而对早期探测刺激,两半球没有明显差异。此结果如图 6 所示。

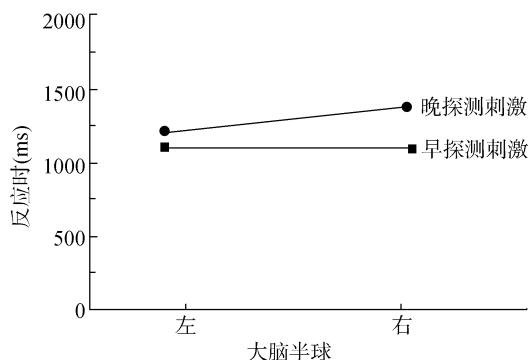


图 6 实验三中不同探测位置的反应时

对正确率进行方差分析发现,探测位置的主效应显著, $F(1,15)=10.86$, $p=0.005$; 如图 7 所示,晚探测刺激的正确率在左右脑半球没有明显差异,但对早探测刺激,当它呈现在大脑右半球时,被试的正确率更高;大脑半球的主效应不显著, $F(1,15)=1.80$, $p=0.2$, 当点矩阵刺激呈现在大脑左右两半球时,正确率没有显著差异;探测位置与大脑半球的交互作用不显著, $F(1,15)=0.98$, $p>0.05$ 。

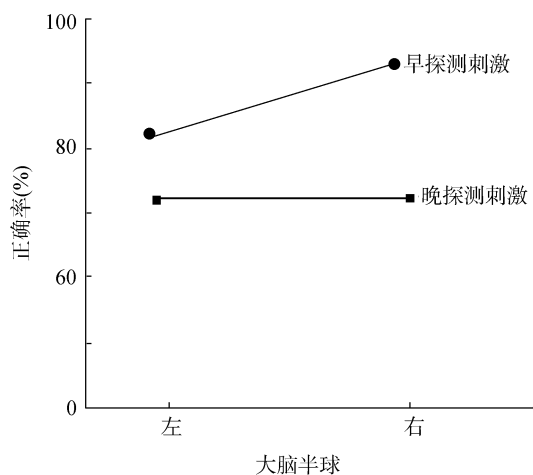


图 7 实验三中不同探测位置的正确率

4.4 讨论

实验三发现,当刺激呈现在大脑左半球时,被

试需要较少时间以产生表象,是否正如所期望的类别空间关系表征被用来安排图形各部分的排列以产生表象。实际上,相比较大脑右半球,当刺激呈现在大脑左半球时,被试也需要较少的时间来评价晚期探测刺激,说明大脑左半球运用类别空间关系表征安排图形各部分的排列更有效。然而,当刺激呈现在大脑左半球时,对早期探测刺激被试出现更多的错误。此结果反映了定位点矩阵的困难在于开始放置字母各部分的位置。当单侧化时,相比较方格中的线,点矩阵中的这些点看起来更困难。而左右两半球对晚期探测位置的正确率却没有差异,此结果进一步说明了大脑左半球对类别刺激的加工优势,被试在早期探测位置的较高错误率已在整个反应过程中被大脑左半球的加工优势平衡掉了,否则晚期探测刺激在左右两半球的正确率也应该存在差异。因此,虽然最初的任务操作也许在右半球完成更有效,但实验三的结果无论是反应时还是正确率数据最终均说明了大脑左半球对类别刺激的加工优势。

5 综合讨论

视觉表象产生的大脑机能单侧化问题历来是认知心理学、神经心理学以及认知神经科学领域研究的热点和焦点问题。本研究采用 Kosslyn 单侧视野速示技术,以英文字母图片为学习材料,通过三个实验考察了视觉表象产生的大脑机能单侧化问题。综合上述实验,可以看出实验一探索性地提出了在两种类型的视觉表象产生任务中,有两种截然不同的加工在起作用,但是没有给出直接的证据来证实这两种不同加工机制的存在。实验二和实验三则是进一步证实大脑两半球不同的优势效应。实验二主要在于澄清刺激差异是否是观察到的大脑半球相互作用的根源,由于区域大小是两种刺激的主要差异,该实验通过操作方括弧大小来检验这一观点,以确定是否在较小区域内左半球形成表象更好。研究结果表明刺激大小因素在大脑两半球上影响表象产生的方式并没有表现出不同。因此该实验只是证明了大脑右半球对方括弧刺激的优势效应,但还是没有证据证明大脑左半球在加工方格刺激时的优势。在实验三中,通过给被试呈现一些点排列,每个点位于先前呈现的方格刺激中方格线穿过的地方,鼓励被试用类别空间关系表征的刺激产生表象,以进一步确定大脑左半球在表象产生中的作用。实验结果表明,当刺激呈现在大脑左半球时,

被试需要较少的时间以产生表象,说明大脑左半球运用类别空间关系表征安排图形各部分的排列更有效。

本研究假设大脑两半球均参与表象产生活动,但各自的工作模式有所不同。与该假设一致,实验三结果表明,当被试记住图形各部分如何排列的言语描述后,如果探测刺激呈现在大脑左半球,相比较呈现在大脑右半球而言,被试形成表象更准确。同样,实验一的结果也表现出这样的趋势,当探测刺激呈现在大脑左半球时,被试在方格中形成表象更快且更准确。实际上该趋势只有在被试运用类别空间关系表征的实验中才会出现。相反,当被试在心理上把各片断粘贴在一起时,立即会看到一个完整的图形,这样当探测刺激呈现在大脑右半球时,相比较左半球而言,被试形成表象更准确。此外,在实验二中,当探测刺激呈现在大脑右半球时,被试在方括弧空间内形成表象更准确。因此,本研究可以得出以下结论,即两半球均参与表象产生活动,但各自的工作模式有所不同。左半球在类别表象产生过程中起直接作用,右半球也数量表象产生过程中起直接作用。

不同类型的空间任务依据大脑存贮空间关系的不同方式而定,此观点与许多先前研究发现的结果一致。Kosslyn(1995)发现被试在知觉任务中用大脑左半球编码类别空间关系更有效,而用大脑右半球编码数量空间关系更有效。Vannucci(2006)和Dennis(2003)报道说右半球在做相同/不同图形评价时表现出一定的方向依赖性,而左半球运用了一个不需要具体方位的较抽象的表征。Mehta(1987),Rossana(2007)和Matthijs(2007)也发现左半球比右半球在一些特定类型的空间任务中更有优势,特别是那些涉及各部分之间关系的推理和编码的任务。他们推断左半球在编码一个场景的呈现时采用了一个不同的策略,它需要对空间关系有一个更智能的理解。Olson和Bialostok(1983)以及Minato(2003)因此作出类似推断,他们认为右半球以相对初级的、未经分析的方式表征空间关系,而左半球明显是经过分析后进行同样的表征。此外,神经心理学的发现(Clarissa & Stiles, 2005; Kosslyn, 2005)也支持了两种空间关系表征是由两类加工子系统(即类别关系编码子系统、数量关系编码子系统)分别编码的:大脑左半球要比右半球更善于类别空间关系的表征,而大脑右半球要比左半球更善于数量空间关系的表征。

空间关系加工的差异与其它认知加工的差异并非独立存在,而是存在非常密切的联系。例如Mast和Kosslyn(2003)等人认为图形的原型表征与类别空间关系有非常密切的联系,图形的样例表征与数量空间关系有非常密切的联系。例如,当一个人在黑暗中行走时(这时他只能依靠记忆作为指导),他不仅需要知道桌子离墙的精确距离,而且需要知道桌子的特定形状和它在房间是如何伸出的。如果每一种类型的空间关系表征被以一种特定类型的形状表征存贮,那么左半球在表征原型形状较好,右半球在表征特定样例时较好。

这样,本研究观察到的方格和方括弧任务可能只与不同类型空间关系表征的运用有间接的关系。方格也许会引出图形各片断的原型表征。相反,方括弧引起图形片断的样例表征。如果真是如此,那么我们在方格和方括弧任务中发现的大脑半球的差异也许反映了图形各部分存贮方式的不同,而不是空间关系存贮方式的不同。

无论如何,本研究已经充分证明视觉心理表象可在两半球产生。我们期望上述文献中的不同观点最终反映了指导语、刺激的属性、加工策略的差异。此外,本研究还存在的一个主要问题是:三个实验均以简单的字母刺激作为表象产生任务的材料,但如果视觉刺激是复杂的图形材料,上述结论是否成立?对于该问题以及视觉表象产生加工机制的进一步精确检测我们将在后续研究中另文讨论。

6 结论

(1) 大脑两半球均参与产生视觉心理表象,但分工不同,并表现出不同的单侧化效应。

(2) 大脑左半球通过运用类别空间关系的言语描述安排客体各部分的排列来产生表象更有效,大脑右半球通过运用数量空间关系在空间上定位客体各部分的精确位置来产生表象更有效。

参 考 文 献

- Bowers, D., & Heilman K. M. (1991). Differential impact of right and left hemisphere lesions on facial emotion and object imagery. *Brain*, 114, 2593-2609.
- Clarissa, J. R., & Stiles, J. (2005). Hemispheric specialization for categorical and coordinate spatial relations during an image generation task: evidence from children and adults. *Neuropsychologia*, 43, 517-529.
- Denis, M. (2003). Mental Scanning of Visual Images Generated from Verbal Descriptions: Towards a Model of Image Accuracy. *Neuropsychologia*, 33(11), 1511-1530.
- Erlichman, H., & Marrett, J. (1983). Right hemisphere spe-

- cialization for mental imagery: A review of evidence. *Brain Cognition*, 2, 55–76.
- Farah, M. J. (1986). The laterality of mental image generation: A test with normal subjects. *Neuropsychologia*, 24, 541–551.
- Farah, M. J. (1995). Current issues in the neuropsychology of image generation. *Neuropsychologia*, 33 (11), 1455–1471.
- Kosslyn, S. M. (Ed). (1994). *Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate* (pp. 285–325). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Kosslyn, S. M. (1995). Two Type of image generation: Evidence for left and right hemisphere process. *Neuropsychologia*, 33(11), 1485–1510.
- Kosslyn, S. M. (2003). Mental imagery: against the nihilistic hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 109–111.
- Kosslyn, S. M. (2005). Two type of image generation: Evidence from PET. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 5(1), 41–53.
- Kosslyn, S. M. (2006). You can play 20 questions with nature and win: Categorical versus coordinate spatial relations as a case study. *Neuropsychologia*, 44, 1519–1523.
- Laeng, B., & Kosslyn, S. M. (2003). Do separate processes identify objects as exemplars versus members of basic-level categories? Evidence from hemispheric specialization. *Brain and Cognition*, 15–27.
- Mast, F. W., & Kosslyn, S. M. (2006). Four types of visual mental processing in upright and titled observers. *Cognitive Brain Research*, 17, 238–247.
- Mast, F. W., & Kosslyn, S. M. (2006). Visual mental imagery during caloric vestibular stimulation. *Neuropsychologia*, 44, 101–109.
- Matthijs, L. (2005). Strategic and automatic components in the processing of linguistic spatial relations. *Acta Psychologica*, 119, 1–20.
- Metha, Z. (1987). A left hemisphere contribution to visuospatial processing. *Cortex*, 23, 447–461.
- Minato, T. (2003). Towards selective attention: generating image features by learning a visuo-motor map. *Robotics and Autonomous Systems*, 45, 211–221.
- Olson, D., & Bialystok, B. (1983). *Spatial Cognition: the structure and development of mental representations of spatial relations*. Lawrence Erlbaum: Hillsdale, N.
- Rossana, D. B., & Gardini, S. (2007). The generation and maintenance of visual mental images: Evidence from image type and aging. *Brain and Cognition*, 63, 271–278.
- Sergent, J. (1989). Image generation and processing of generated images in the cerebral hemispheres. *Journal of Experimental Psychology*, 15, 170–178.
- Tippet, L. J. (1992). The generation of mental images: a review of neuropsychological research and theory. *Psychologia Bulltin*, 112, 415–432.
- Vannucci, M. (2006). Individual differences in visuo-spatial imagery: further evidence for the distinction between object and spatial images. *Cognitive Process*, 7, 144–145.
- Vauclair, J. (2006). The study of hemispheric specialization for categorical and coordinate spatial relations in animals. *Neuropsychologia*, 44, 1524–1534.
- Vieilledent, S. & Kosslyn, S. M. (2003). Does mental simulation of following a path improve navigation performance without vision? *Cognitive Brain Research*, 16, 238–249.

Hemispheric Specialization Effects in Visual Image Generation

YOU Xu-Qun, SONG Xiao-Lei

(School of Psychology, Shaanxi Normal University,

Shaanxi Provincial Key Laboratory of Behavior & Cognitive Neuroscience, Xi'an 710062, China)

Abstract

Visual mental image generation had been defined as the process by which long-term memory knowledge of the visual appearance of objects or scenes is used to create a short-term percept-like image. It was a complex and multi-componential cognitive process, and a most basic process in visual mental image process. That researched systematically on it would not only favor us deeply understanding the law of human visual mental image process, but examining and evaluating visual spatial cognition functional level most effectively in practice. The localization of mental image generation had been a controversial topic, whether hemispheric specialization really existed in visual mental image generation process? What roles that both hemispheres played in image generation process? All these questions needed to be explored again.

Using two tasks dissociated paradigm developed by Kosslyn, three behavior experiments were conducted to reveal the Hemispheric Specialization during visual image generation process. Seventy two right – handed undergraduates (aged between 19 and 21) took part in the experiments. In three experiments, a classical image generation task was adopted to investigate the cognitive processing mechanism of simple letters image generation. Subjects were cued to form images within a grid or within a set of four corner brackets; a single X mark

was enclosed within each stimulus, and the subjects were to determine whether the X mark would have fallen on an imaged pattern. Reaction time (measured from the end of the question to the onset of the participants' response) and error rates were recorded and analyzed. The aim of these experiments was to clarify the different roles of two hemispheres in generating the mental images.

Some evidence was obtained by having subjects memorize letters in grids(which are easily encoded using descriptions of the positions of segments) or within a space delineated by four brackets(which require memorizing the precise positions of the segments). In Experiment 1, we found evidence that the right hemisphere was better at generating images in brackets, whereas there was no such hemispheric difference for the grids. In Experiment 2, we found no evidence that size per se affected image generation differently in the two hemispheres, indeed, this experiment only replicated earlier results, with a right hemisphere advantage for brackets stimuli. In experiment 3, the subjects required less time when the stimuli were presented initially to the left hemisphere, which was as expected if categorical spatial relations were used to arrange segments into an image. Through these experiments, Subjects were relatively more accurate when cued in the left visual field with bracket stimuli, but tended to be relatively more accurate when cued in the right visual field with grids stimuli. These results were predicted by the theory that images are built up by arranging parts, and that two different processes can be used to arrange them. One process used stored descriptions to arrange parts, and was more effective in the left cerebral hemisphere; The other process used stored memories of metric positions to arrange parts, and was more effective in the right cerebral hemisphere.

The present results suggested that visual mental images could be generated by either the left or right cerebral hemisphere, but in different ways. The left hemisphere more effectively generated images by arranging parts according to descriptions (using categorical spatial relations), whereas the right hemisphere more effectively generated images by positioning parts in precise locations in space(using coordinate spatial relations).

Key words image generation; hemispheric specialization; spatial relations; categorical /coordinate