

前颞叶在知觉组织中的作用： 脑损伤病人的神经心理学研究^{*}

孙 颀^{1, 2)} 王 波^{1)**} 周天罡^{1)**}

(¹⁾ 脑与认知科学国家重点实验室, 中国科学院生物物理研究所, 北京 100101; ²⁾ 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要 相邻性组织和相似性组织是两种极为重要的“知觉组织(perceptual organization)”。我们对前颞叶切除的患者 CXY 进行了相邻性组织与相似性组织的研究。利用由小图形组成的大图形来研究在相邻性组织与相似性组织中整体与局部之间的相互影响。研究中发现: 在相邻性组织中, 正常被试所体现的整体对局部的影响显著大于局部对整体的影响这一现象在 CXY 身上消失了, 即 CXY 相邻性组织的自动加工出现了障碍; 在相似性组织中, 患者 CXY 的实验结果与正常被试没有任何差异。另外, 在一致连通性(uniform connectedness, UC)与相邻性组织及相似性组织之间的关系实验中, 也发现 CXY 相邻性组织的自动加工出现了障碍。这些结果说明左前颞叶在相邻性组织、整体知觉以及对连通性的知觉中起到重要的作用。

关键词 相邻性组织, 相似性组织, 一致连通性, 前颞叶, 神经心理学研究

学科分类号 B842.1

DOI: 10.3724/SP.J.1206.2013.00063

知觉组织的概念起源于 20 世纪初的格式塔心理学, 它将所有视觉信息的基本单元相互整合, 组织成整体的可以被知觉到的一些相互关联的物体^[1], 它是一个什么和什么相互关联的问题(what goes with what), 也是一个图形和背景分离的问题^[2]。知觉组织的研究关心的是知觉加工的早期阶段与高级认知相分离的问题, 也是为了回答一个基本的问题, 即“视觉过程是从哪里开始的”^[3]。

相邻性组织和相似性组织是格式塔心理学中两种重要的知觉组织。空间靠近的物体容易被知觉成一个整体(相邻性组织, proximity), 性质相似的物体也容易被知觉成一个整体(相似性组织, similarity)。

知觉组织的研究为了回答“视觉过程是从哪里开始的”, 也就是人们在视觉认知过程中是先看见“树木”还是先看见“森林”的问题^[1]。早在 30 多年前, Navon^[4]提出一种整体-局部模型来研究知觉组织, 他发现, 当给被试呈现由小字母组成的大字母时, 被试对大字母的反应要快于对小字母的反应, 即“整体优势效应”, 并且当大字母和小字母

不一致时, 大字母会影响被试对小字母的判断, 而小字母却不会影响被试对大字母的判断。然而, 近年来的一些研究表明, Navon 的“整体优势效应”以及整体对局部的干扰在某些情况下并未体现^[5-7]。Han 等^[8]研究发现, 在相邻性组织中, 存在“整体优势效应”以及整体对局部的干扰。在相似性组织中, 并不总是存在“整体优势效应”, 在特定的实验条件下, 被试对整体的反应时会慢于对局部的反应时, 甚至局部对整体的干扰要强于整体对局部的干扰。另外, Palmer 和 Rock^[9]发现, 一致连通性(uniform connectedness, UC)在视觉效果上会被组织成一个单一的物体。Han 等^[10]研究发现, 在相邻性组织中, 相邻的两个小物体被短线连接起来的小物体群与小物体之间没有短线相连的小物体群本质

^{*} 国家科技部资助项目(2012CB825500)。

^{**} 通讯联系人。Tel: 010-64888565

王 波. E-mail: bwang@bcslab.ibp.ac.cn

周天罡. E-mail: tgzhou@bcslab.ibp.ac.cn

收稿日期: 2013-02-06, 接受日期: 2013-04-03

上是一样的, 被试对两者的反应时没有显著差异. 在相似性组织中, 被试对相邻的两个小物体被短线连接起来的小物体群的反应时明显快于对没有短线相连的小物体群^[10]. 种种实验证据表明, 相邻性组织和相似性组织的组织原则是不同的, 与相似性组织相比, 相邻性组织可能发生在视觉过程比较早期的阶段.

为了解决“视觉过程是从哪里开始的”这一根本问题, Chen^[3, 11-14]提出了“大范围首先”的不变性知觉理论. 这一理论认为, “视觉过程是从大范围性质开始的, 这种大范围性质可以用拓扑性质来描述”. 在容限空间的定义中, 相邻性组织也是大范围性质的一种, 也就是在某种意义上, 相邻性组织与拓扑性质是等同的. Zhuo 等^[15-18]通过功能磁共振成像(fMRI)方法发现拓扑性质会引起被试前颞叶的兴奋, 一致地发现了大范围不变性知觉在前颞叶的神经表达. fMRI 结果显示局部脑区的血样水平改变和认知行为之间的相关性, 不涉及二者之间的因果关系. 另外, 由于额窦鼻窦的空腔带来的磁敏感系数问题, 使得前颞叶的成像在其成像原理上注定了信噪比较差, 且存在较大的畸变和失真. 因此, 我们要进一步探索前颞叶在大范围拓扑知觉的神经表达, 需要采用新的技术手段与之呼应. 神经心理学技术是利用明确的神经系统损伤来研究大脑和行为之间关系的方法, 是公认的可以揭示脑和行为之间的因果关系的直接证据^[19]. 在本研究中, 我们希望在控制其他损伤和行为表现的基础上, 筛查到合适的前颞叶损伤的病人. 运用神经心理学技术直接得到前颞叶与大范围性质(相邻性组织)之间的关系.

1 实验被试与实验设备

1.1 前颞叶切除病人

患者 CXY: 男, 1985 年生, 初中文化程度, 务农. CXY 在 3 岁时开始有癫痫的症状, 在随后的十几年里, 一直伴随着癫痫病症. 2007 年初, CXY 接受了左前颞叶(诊断为癫痫灶)切除手术, 但效果不理想. 2008 年 2 月, CXY 接受了第二次左前颞叶余部切除手术, 治疗效果较为明显, 癫痫发作频率降低为一年 1~2 次(CXY 二次手术后的 T1 结构像见图 1, CXY 第一次手术后并未留下任何影像资料). 两次手术没有给 CXY 的日常生活带来不良影响, 他在术后仍表现出和常人一样的行为水平. 在 CXY 第二次手术后 2 周以及 4 个月和 2 年

时, 我们均对他进行了韦氏智力和韦氏记忆量表的测试, 测试结果为: 韦氏智力得分(IQ)为 109, 其中操作得分 120, 语言得分 99; 韦氏记忆得分(记忆商)为 112. 测试结果表明, CXY 的智力以及记忆均处于正常水平, 语言表达能力以及理解能力也正常. 同时我们对他进行了视力检查, 其视锐度、视野以及色觉能力均正常. CXY 在第二次手术后 9 个月、2 年、3 年以及 4 年的 4 次复查中参加了我们的实验, 共接受了 12 次完全重复的测试, 但他并不清楚实验目的.

CXY 本人及其家属同意参与我们的实验, 并与我们签署了被试知情同意书, 在实验完成后领取了相应的报酬.

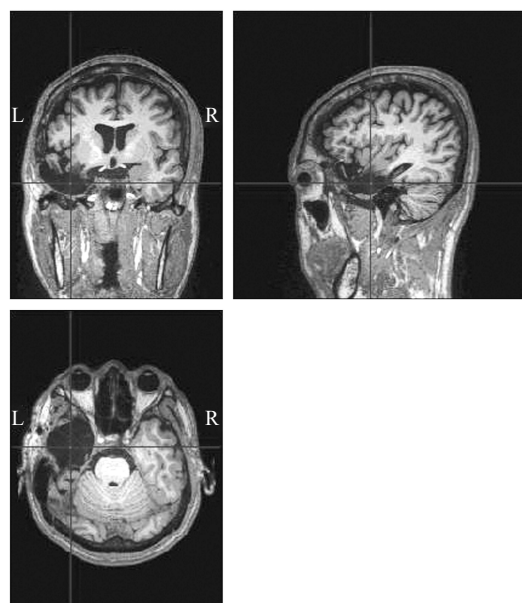


Fig. 1 Anatomical T1 MRI images of CXY

Anatomical T1 MRI images of CXY's brain after his second operation. The left anterior-temporal lobe was excised.

1.2 对照组被试

对照组被试为 12 名健康青年(7 名男性, 5 名女性), 年龄在 19~31 岁之间, 均为正常被试, 脑部均没有任何疾病或损伤, 视力或矫正视力均正常.

1.3 实验设备

实验刺激通过计算机程序呈现在 20 吋 CRT 显示器上, 屏幕刷新率为 100 Hz. 实验程序由基于 Matlab 的 Psychtoolbox 生成和控制^[20].

2 实验一, 前颞叶在相邻性组织中的作用

2.1 实验刺激

实验一中共采用两组刺激图形(图 2), 均为黑色图形呈现在白色背景上. a. 朝向判断任务的刺激图形为一组由小箭头组成的大箭头(图 2a), 大小箭头的方向是朝左下方或右下方. 在每一幅刺激图形中, 所有小箭头的朝向一致, 由它们所组成的大

箭头的朝向可能与小箭头一致或不一致. b. 形状性判断任务的刺激图形为一组由小三角形或小箭头组成的大图形(三角形或箭头, 图 2b), 在每一幅刺激图形中, 所有小图形是完全一样的, 由它们所组成的大图形可能与小图形的形状一致或不一致. 大图形的尺寸为 $4.2^{\circ} \times 4.2^{\circ}$, 小图形的尺寸为 $0.42^{\circ} \times 0.42^{\circ}$.

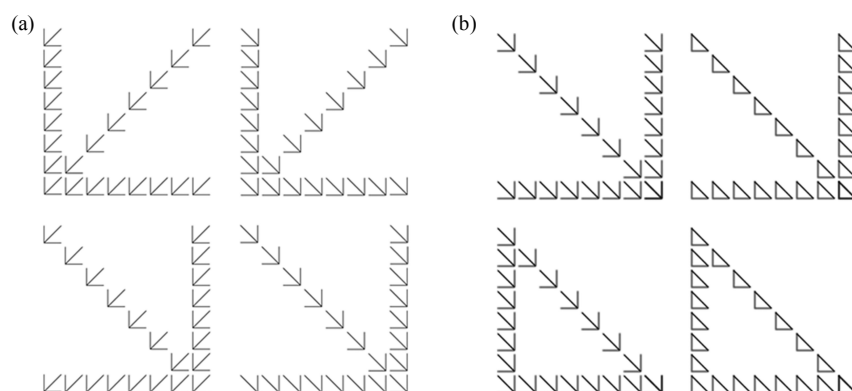


Fig. 2 The stimuli used in experiment 1

(a) The stimuli in the orientation discrimination task, global arrows were composed of local arrows. (b) The stimuli in the closure discrimination task, global arrows or triangles were composed of local arrows or triangles.

2.2 实验方法

本实验为 $2 \times 2 \times 2$ 三因素设计, 分别为: 实验任务因素(朝向判断或形状判断)、整体性因素(被试需要关注的是大图形或是小图形)和一致性因素(大图形与小图形是否一致). 箭头朝向判断(图 2a)的测试分为两个部分, 被试分别判断大箭头和小箭头的朝向. 类似的, 形状判断(图 2b)测试的两个部分中, 被试的任务分别是判断大图形或小图形的形状(箭头还是三角形). 实验过程如下: 首先呈现中央注视点 500~1 000 ms, 注视点消失的同时在屏幕中央呈现刺激图形, 待被试根据实验任务进行反应, 被试按下反应键后, 刺激图形消失, 同时屏幕上再次呈现中央注视点, 以此循环.

实验任务和整体性测试的先后顺序均在被试间做了平衡. 对于患者 CXY, 则是在 12 次实验中做了平衡. 在实验开始前, 每种实验条件都做了 4 次练习. 正式实验中, 每种条件重复测试 24 次, 共 192 次测试, 顺序完全随机. 被试需要在刺激图形出现后尽准尽快地按键反应, 实验程序记录了被试的反应时和正确报告率.

2.3 实验结果

2.3.1 正确报告率. 在朝向判断和形状判断两种任务中, 对于 CXY 以及对照组被试, 不一致性对正确报告率的影响在整体及局部水平上均未达到统计显著差异, $P > 0.05$. CXY 与正常对照组被试在 12 次实验中的平均正确报告率及标准误差见表 1a, 1b.

Table 1a Mean accuracy rates (*M*) and standard errors (*SE*) of normal subjects for each condition in experiment 1

Discrimination	Global				Local			
	Consistent		Inconsistent		Consistent		Inconsistent	
	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>
Orientation	99.65	0.35	99.31	0.47	99.31	0.47	95.49	1.95
Closure	100	0	98.26	0.95	98.96	0.75	97.22	1.29

%

Table 1b Mean accuracy rates (*M*) and standard errors (*SE*) of CXY for each condition in experiment 1

%

Discrimination	Global				Local			
	Consistent		Inconsistent		Consistent		Inconsistent	
	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>
Orientation	99.65	0.35	98.96	0.75	96.88	0.91	95.49	1.40
Closure	99.30	0.47	98.26	0.62	98.96	0.75	97.22	0.94

2.3.2 反应时结果. CXY 以及对照组被试两种任务的平均时结果见图 3. 统计结果显示: 对于对照组被试, 在三种因素中, 整体性与一致性交互显著, $F_{(1,11)} = 34.55$, $P < 0.0001$, 整体性和一致性主效应显著, $F_{(1,11)} = 43.89$, $P < 0.0001$, 以及 $F_{(1,11)} = 54.03$, $P < 0.0001$; 对于 CXY, 在三种因素中, 任务性质与整体性交互显著, $F_{(1,11)} = 47.11$, $P < 0.0001$, 任务性质与一致性交互显著, $F_{(1,11)} = 25.94$, $P < 0.001$, 整体性与一致性交互不显著, $F < 1$, 整体性和一致性主效应显著, $F_{(1,11)} = 9.78$, $P < 0.01$, 以及 $F_{(1,11)} = 26.42$, $P < 0.001$. 当刺激图形中的局部

小图形与整体大图形不一致时, 配对 t 检验结果显示: 对于对照组被试, 在朝向判断任务中, 不一致性对局部小图形的判断有显著影响, $t_{(11)} = 7.26$, $P < 0.0001$, 对整体的判断没有影响, $t_{(11)} = 1.83$, $P > 0.09$, 整体性和一致性交互显著, $F_{(1,11)} = 21.8$, $P < 0.001$; 在封闭性判断任务中, 不一致性对局部小图形的判断有显著影响, $t_{(11)} = 4.95$, $P < 0.001$, 对整体的判断没有影响, $t_{(11)} = 1.15$, $P > 0.2$, 整体性和一致性交互显著, $F_{(1,11)} = 12.9$, $P < 0.005$. 对于 CXY, 在朝向判断任务中, 不一致性对局部小图形和整体大图形的判断都没有显著影响,

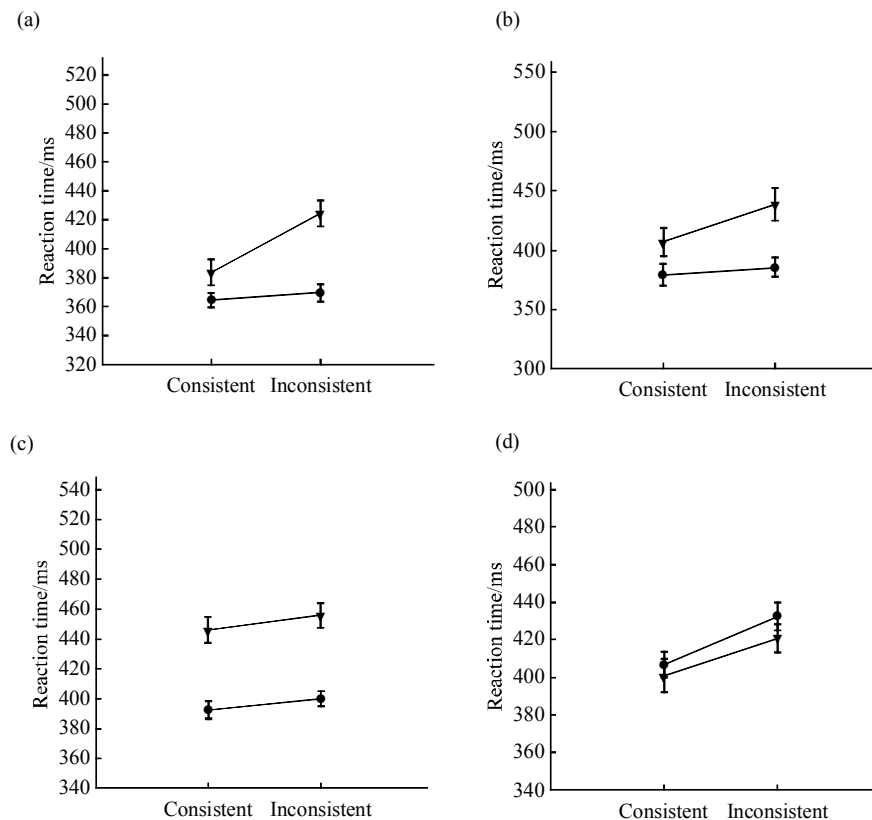


Fig. 3 Mean reaction times and standard errors (error bar) to global and local levels of compound stimuli in experiment 1

(a) Mean reaction times of normal subjects in the orientation discrimination task. (b) Mean reaction times of normal subjects in the closure discrimination task. (c) Mean reaction times of CXY in the orientation discrimination task. (d) Mean reaction times of CXY in the closure discrimination task. ●—●: Global; ▼—▼: Local.

$t_{(11)} = 1.70$, $P > 0.1$ 以及 $t_{(11)} = 1.96$, $P > 0.08$, 一致性和整体性交互不显著, $F < 1$, $P > 0.7$; 在封闭性判断任务中, 不一致性对局部小图形和整体大图形的判断都有显著影响, $t_{(11)} = 7.09$, $P < 0.0001$ 以及 $t_{(11)} = 5.33$, $P < 0.001$, 一致性和整体性交互不显著, $F_{(1,11)} = 1.69$, $P > 0.2$.

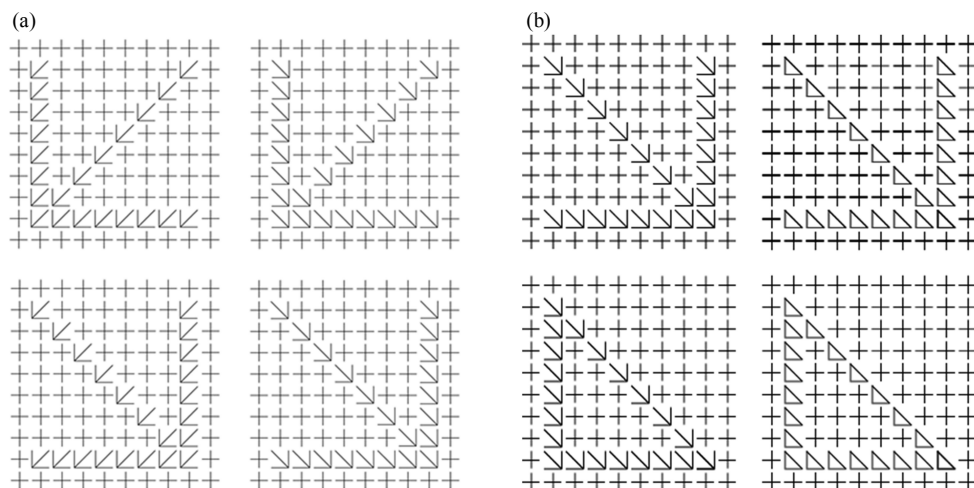


Fig. 4 The stimuli used in experiment 2

The stimuli were made by embedding the stimuli in experiment 1 in a background of crosses. (a) The stimuli in the orientation discrimination task, global arrows were composed of local arrows. (b) The stimuli in the closure discrimination task, global arrows or triangles were composed of local arrows or triangles.

3.2 实验方法

同实验一, 本实验同样为实验任务(2)×整体性(2)×一致性(2)三因素设计. 实验过程、采样数量、被试要求以及数据记录亦同实验一.

3.3 实验结果

3.3.1 正确报告率. 对于对照组被试, 在朝向判断任务中, 当大箭头和小箭头方向不一致时, 在整体和局部水平上, 被试的平均正确报告率均显著低于大小箭头方向一致的正确报告率, $t_{(1,11)} = 3.03$, $P < 0.05$ 和 $t_{(1,11)} = 2.57$, $P < 0.05$; 在形状判断任务中, 当整体大图形与小图形不一致时, 被试对整体图形判断的平均正确报告率显著低于大小图形一致的正确报告率, $t_{(1,11)} = 3.19$, $P < 0.01$, 而对局部图形判断的平均正确报告率则与大小图形一致时没有显著

3 实验二, 前颞叶在相似性组织中的作用

3.1 实验刺激

实验二所采用的刺激图形为实验一刺激图形中添加小十字矩阵背景(图 4), 整个图形的大小增大为 $5.2^\circ \times 5.2^\circ$, 其他均未改变.

差异, $t_{(1,11)} = 1.54$, $P > 0.1$. 对于 CXY, 在朝向判断任务中, 当整体大图形与小图形不一致时, CXY 对局部图形判断的平均正确报告率与大小图形一致时没有显著差异, $t_{(1,11)} = 0.89$, $P > 0.3$, 对整体图形判断的平均正确报告率显著低于大小图形一致时的正确报告率, $t_{(1,11)} = 4.89$, $P < 0.001$. 在形状判断任务中, 当整体大图形与小图形不一致时, CXY 对局部图形判断的平均正确报告率与大小图形一致时没有显著差异, $t_{(1,11)} = 1.00$, $P > 0.3$, 对整体图形判断的平均正确报告率显著低于大小图形一致时的正确报告率, $t_{(1,11)} = 4.58$, $P < 0.001$. CXY 与正常对照组被试在 12 次实验中的平均正确报告率及标准误差见表 2a, 2b.

Table 2a Mean accuracy rates (*M*) and standard errors (*SE*) of normal subjects for each condition in experiment 2

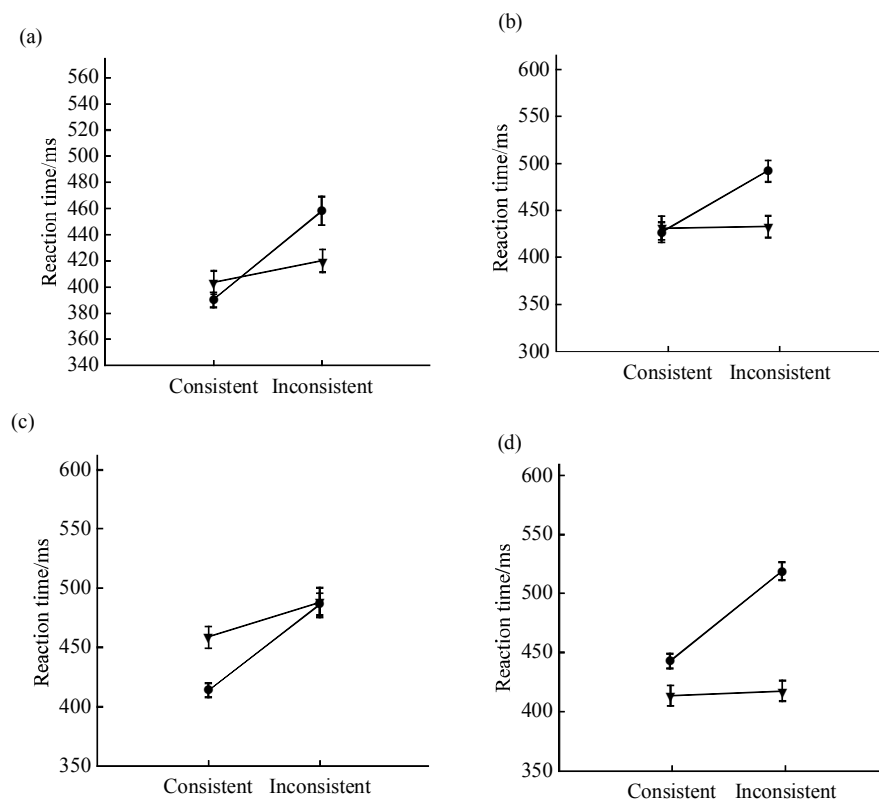
Discrimination	Global				Local			
	Consistent		Inconsistent		Consistent		Inconsistent	
	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>
Orientation	99.31	0.47	93.40	1.88	99.65	0.35	97.57	0.95
Closure	98.26	0.62	93.40	1.58	99.31	0.47	96.87	1.37

Table 2b Mean accuracy rates (*M*) and standard errors (*SE*) of CXY for each condition in experiment 2

Discrimination	Global				Local			
	Consistent		Inconsistent		Consistent		Inconsistent	
	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>	<i>M</i>	<i>SE</i>
Orientation	98.61	0.59	86.45	2.57	97.91	0.81	96.88	1.04
Closure	99.30	0.47	84.40	3.28	99.30	0.47	98.61	0.59

3.3.2 反应时. CXY 以及对照组被试两种任务的平均反应时结果见图 5. 统计结果显示: 对于对照组被试, 在三种因素中, 整体性与一致性交互显著, $F_{(1,11)} = 80.33$, $P < 0.0001$, 任务性质主效应显著, $F_{(1,11)} = 7.55$, $P < 0.05$, 整体性主效应显著, $F_{(1,11)} = 6.01$, $P < 0.05$, 一致性主效应显著, $F_{(1,11)} = 56.10$, $P < 0.0001$. 对于 CXY, 在三种因素中, 任务性质与整体性交互显著, $F_{(1,11)} = 74.30$, $P < 0.0001$, 任务性质与一致性交互显著, $F_{(1,11)} = 5.41$, $P < 0.05$, 整体性与一致性交互显著, $F_{(1,11)} = 78.42$, $P < 0.0001$, 总交互作用显著, $F_{(1,11)} = 11.37$, $P < 0.01$,

整体性主效应显著, $F_{(1,11)} = 2.92$, $P < 0.05$, 一致性主效应显著, $F_{(1,11)} = 86.0$, $P < 0.0001$. 当刺激图形中的局部小图形与整体大图形不一致时, 配对 t 检验结果显示: 对于对照组被试, 在朝向判断任务中, 不一致性对整体大图形和局部小图形的判断都有显著影响, $t_{(1,11)} = 7.58$, $P < 0.0001$ 以及 $t_{(1,11)} = 2.73$, $P < 0.05$, 这种不一致性对整体判断的影响显著强于对局部的影响, $t_{(1,11)} = 4.93$, $P < 0.001$; 在封闭性判断任务中, 不一致性对整体大图形的判断有显著影响, $t_{(1,11)} = 7.00$, $P < 0.0001$, 对局部的判断没有影响, $t_{(1,11)} = 0.27$, $P > 0.7$. 对于 CXY, 在

**Fig. 5** Mean reaction times and standard errors to global and local levels of compound stimuli in experiment 2

(a) Mean reaction times of normal subjects in the orientation discrimination task. (b) Mean reaction times of normal subjects in the closure discrimination task. (c) Mean reaction times of CXY in the orientation discrimination task. (d) Mean reaction times of CXY in the closure discrimination task. ●—●: Global; ▼—▼: Local.

朝向判断任务中, 不一致性对整体大图形和局部小图形的判断都有显著影响, $t_{(1, 11)} = 10.32$, $P < 0.0001$ 以及 $t_{(1, 11)} = 3.47$, $P < 0.01$, 这种不一致性对整体判断的影响显著强于对局部的影响, $t_{(1, 11)} = 5.58$, $P < 0.001$; 在封闭性判断任务中, 不一致性对整体大图形的判断有显著影响, $t_{(1, 11)} = 11.00$, $P < 0.0001$, 对局部的判断没有影响, $t_{(1, 11)} = 1.15$, $P > 0.2$.

4 实验三, CXY 的相邻性组织与相似性组织之间的关系

实验一和实验二检测了 CXY 的相邻性组织与相似性组织在整体与局部知觉以及不一致性对整体和局部的影响与正常被试相比有无异常. 实验三则是在不考虑整体和局部之间关系的情况下, 对

CXY 的相邻性组织、相似性组织以及一致连通性进行检测.

4.1 实验刺激

实验三所采用的刺激图形为一组由小图形(圆圈)组成的字母 H 或 E(图 6), 呈现方式为黑色的刺激图形呈现在白色的背景上. 刺激图形共有三种, 分别为: a. 由小圆圈组成的大字母 H 或者 E; b. 字母由小圆圈组成, 并且相邻的两个小圆圈之间由短线相连; c. 刺激图形 a 添加 9×8 的小正方形矩阵背景. 刺激图形 a 中的大字母知觉由小图形相邻性组织起主要作用; 刺激图形 b 中的大字母知觉主要由小图形相邻性组织与一致连通性共同作用; 刺激图形 c 中, 由于小正方形背景对照去除了相邻性组织的作用, 对大字母的知觉由小图形的相似性组织起主要作用.

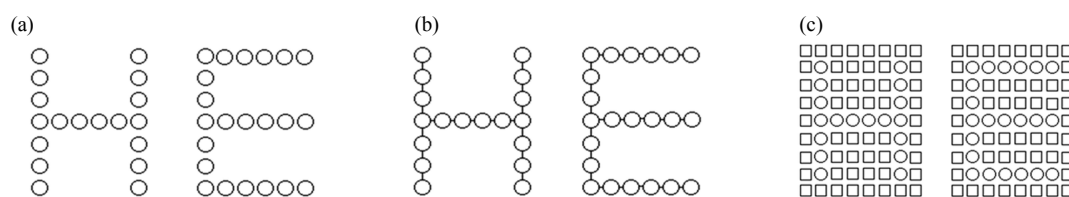


Fig. 6 The stimuli used in experiment 3

(a) The small circles were grouped by proximity. (b) The small circles were grouped by both proximity and uniform connectedness (UC). (c) The small circles were grouped by similarity.

4.2 实验方法

被试的任务是判断小圆圈组成的字母是 H 还是 E. 实验过程基本同前, 不同之处是刺激图形呈现 140 ms 后消失, 图形消失后被试进行按键反应.

4.3 实验结果

4.3.1 正确报告率. 实验三中, 对于对照组被试, 相邻性组织和相邻性组织+UC 的正确报告率都显著高于相似性组织的正确报告率 $t_{(1, 11)} = 5.27$,

$P < 0.001$ 和 $t_{(1, 11)} = 5.08$, $P < 0.001$, 相邻性组织和相邻性组织+UC 这两种条件的正确报告率没有显著差异, $P > 0.5$; 对于 CXY, 相邻性组织、相似性组织以及相邻性组织+UC 三种条件的正确报告率相互之间都没有显著差异($P > 0.7$). CXY 及对照组被试三种条件下的平均正确报告率及标准误差见表 3.

Table 3 Mean accuracy rates (M) and standard errors (SE) of normal subjects and CXY for each condition in experiment 3

	Proximity		Proximity+UC		Similarity	
	M	SE	M	SE	M	SE
Normal subjects	97.22	1.07	96.53	1.24	84.08	2.50
CXY	97.56	0.62	97.22	0.78	97.22	1.18

%

4.3.2 反应时结果. CXY 以及对照组被试四种条件的平均反应时结果见图 7. 统计结果显示: 对于对照组被试, 相邻性组织和相邻性组织+UC 的平均反应时都显著快于相似性组织的平均反应时 $t_{(1,11)} = 13.73, P < 0.0001$ 和 $t_{(1,11)} = 12.11, P < 0.0001$, 相邻性组织和相邻性组织 +UC 这两种条件的平均反应时没有显著差异, $t_{(1,11)} = 0.63, P > 0.5$; 对于 CXY, 相邻性组织和相邻性组织+UC 的平均反应时都显著快于相似性组织的平均反应时 $t_{(1,11)} = 12.82,$

$P < 0.0001$ 和 $t_{(1,11)} = 12.62, P < 0.0001$, 相邻性组织和相邻性组织 +UC 这两种条件的平均反应时没有显著差异, $t_{(1,11)} = 0.11, P > 0.9$. 相邻性组织和相似性组织两种条件在对照组被试和 CXY 中组间交互作用显著 $t_{(1,11)} = 11.90, P < 0.005$; 相邻性组织+UC 和相似性组织两种条件在对照组被试和 CXY 中组间交互作用显著 $t_{(1,11)} = 7.72, P < 0.05$; 相邻性组织和相邻性组织+UC 两种条件在对照组被试和 CXY 中组间交互作用不显著, $P > 0.5$.

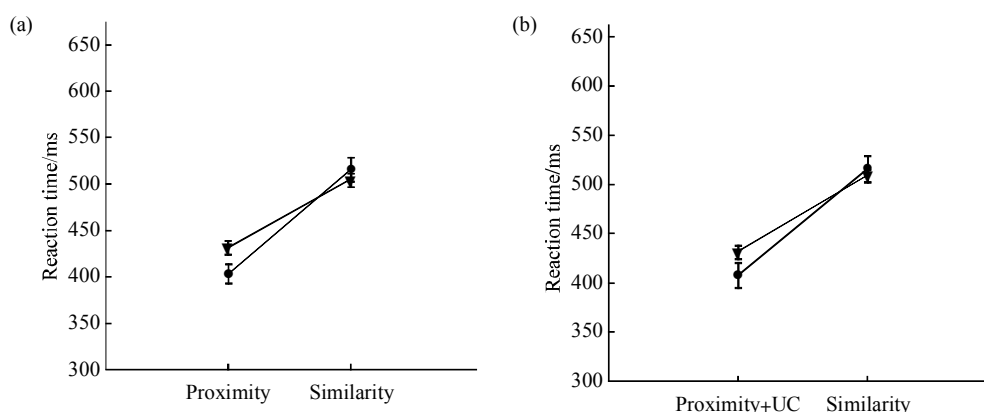


Fig. 7 Mean reaction times and standard errors for each condition of normal subjects and CXY in experiment 3

(a) Mean reaction times of normal subjects and CXY in proximity and similarity condition. (b) Mean reaction times of normal subjects and CXY in proximity+UC and similarity condition. ●—●: Normal subjects; ▼—▼: CXY.

5 综合讨论

本研究通过相邻性组织、相似性组织、一致连通性等实验发现了左前颞叶切除患者 CXY 对相邻性组织的自动加工出现了障碍。

“大范围首先”理论认为, “视觉过程是从大范围性质开始的, 这种大范围性质可以用拓扑性质来描述^[3,11-14]”。这里的“大范围性质”指的是由拓扑性质来定义的洞的个数、连通性、内外关系等, 并不同于 Navon 所定义的“整体”。Navon 所讲的整体指的是由小图形所组成的大图形, 而他所提出的“整体优势效应”在某些实验条件下并不存在。而“大范围首先理论”中的整体性质并不仅仅是由小图形组成的大图形, 而是由知觉组织所定义的。在“大范围首先”理论中, 相邻性组织是大范围性质的一种, 和拓扑性质是等价的, 一致连通性与相邻性组织也是等价的。Han 等发现, 在相邻性组织中存在一种整体优势效应, 即被试对整体图形

判断的反应时显著快于对局部图形判断的反应时, 并且当整体图形和局部小图形发生冲突时(即整体图形和局部图形不一致时), 这种冲突对局部的判断有影响, 对整体的判断没有影响, 在相似性组织中并不存在整体优势效应, 当整体图形和局部小图形发生冲突时, 这种冲突对整体的影响要显著强于对局部的影响。

在本研究中, 实验一和实验二分别对 CXY 的相邻性组织和相似性组织进行了测试, 并和正常对照组被试的结果进行比较。实验结果发现: 在相邻性组织中, 对于对照组被试, 当整体图形和局部小图形发生冲突时, 这种冲突对整体的判断没有影响, 对局部的判断有显著影响, 整体性与一致性交互显著, 说明整体对局部的影响显著大于局部对整体的影响, 即整体优势效应; 而对于 CXY, 在朝向判断任务中, 当整体图形和局部小图形发生冲突时, 这种冲突对整体和局部的判断都没有影响, 在封闭性判断任务中, 当整体图形和局部小图形发生

冲突时, 这种冲突对整体和局部都有显著影响, 但这两种影响之间(不一致性对整体的影响和不一致性对局部的影响)没有显著差异, 并且对于 CXY, 整体性和一致性交互不显著, 整体对局部的影响与局部对整体的影响程度是一致的, 这说明在相邻性组织中, CXY 的大范围性质的知觉与局部性质的知觉之间的相互影响是平等的, 也就是说 CXY 并没有和正常被试一样的明显的整体优势效应. 在相似性组织中, 无论 CXY 还是对照组被试, 都不存在整体优势效应, 即当整体图形和局部小图形发生冲突时, 这种冲突对整体的影响要显著强于对局部的影响.

综合实验一和实验二的结果我们发现, CXY 的相似性组织和正常被试相比是基本一致的, 而他的相邻性组织和正常人相比却出现了异常. 对于正常被试, 在相邻性组织中, 无论是朝向判断任务还是封闭性判断任务, 当整体图形和局部图形不一致时, 都表现出整体对局部的判断有影响, 而局部对整体的判断没有影响, 这说明正常被试在相邻性组织中, 对整体图形存在一个自动加工的过程, 这种对整体图形的自动加工使得被试对整体大图形的知觉明显早于对局部小图形的知觉, 因此会产生整体对局部有影响而局部对整体却没有影响的结果, 即整体优势效应. 对于 CXY, 在相邻性组织中, 对于朝向判断任务, 正常被试所体现的整体对局部的影响在他的身上消失了, 这说明在相邻性组织中, CXY 对整体图形的自动加工出现了障碍, 从而导致其整体优势效应消失. 对于封闭性判断任务, 整体和局部相互都有影响, 这体现了 CXY 对洞的自动加工, 这种对洞的自动加工使得当整体大图形和局部小图形不一致时, CXY 对整体和局部的判断都受到不一致性的影响, 而整体性和一致性交互不显著说明在相邻性组织中, CXY 对整体图形的加工并不比对局部图形的加工快, 即仍未体现出整体优势效应.

实验三利用基本的图形检测了 CXY 的相邻性组织、相似性组织以及一致连通性与正常被试是否一致. 在实验三中, 整体图形是由与整体字母完全无关的小圆形或小正方形组成, 在这种刺激图形中, 完全不存在整体和局部之间的相互影响, 整体图形的知觉是由纯粹的相邻性组织或相似性组织所产生的. 在实验三中, 对照组被试和 CXY, 相邻性组织的平均反应时都显著快于相似性组织的平均反应时, 说明相邻性组织使对照组被试和 CXY 对

整体字母的判断更加容易, 而相邻性组织和相似性组织两种条件在对照组被试和 CXY 中组间交互作用显著, 说明相邻性组织给 CXY 带来的易化作用并不如正常被试那样明显, 同样相邻性组织+UC 和相似性组织两种条件在对照组被试和 CXY 中组间交互作用显著, 则说明 UC 给 CXY 带来的易化作用也不如正常被试那样明显, 而一致连通性(UC)和相邻性组织本质上是一样的^[10], 从而进一步说明和正常被试相比, CXY 对相邻性组织的自动加工出现了障碍.

前颞叶切除的同时可能会带来其他相关脑区的可塑性变化, 另外, 由于实验时间跨度很大, 也极有可能发生其他脑区的功能代偿. 在本研究中, 所有的实验都是在 CXY 第二次手术之后开展的. CXY 在第二次手术后 9 个月、2 年、3 年以及 4 年这四个阶段, 分别参加了 3 次、4 次、2 次和 3 次实验(四个阶段总共 12 次实验). 在这四个阶段中, CXY 在各个阶段的实验结果没有随时间变化的趋势, CXY 的实验结果是稳定的. CXY 在 4 年间稳定的实验结果说明了在前颞叶切除的同时, 其他脑区的可塑性变化及功能代偿等因素对 CXY 在本研究中的认知活动的影响是较小的. 我们研究前颞叶切除给病人的知觉组织所带来的影响, 是因为 Chen 的团队通过多种实验范式: 似动、半球不对称性、MOT 等, 都发现了前颞叶和大范围不变性知觉之间的关系. 本研究的出发点是寻找前颞叶切除病人来研究他的大范围不变性知觉, 从而获得前颞叶和大范围不变性知觉的神经心理学证据, 而 CXY 的实验结果在一定程度上则证明了这一点.

大范围首先的拓扑性质加工, 却发生在经典的视觉腹侧通路的末端——前颞叶, 这对 Chen 的理论提出了前所未有的挑战. 这种“首先和末端”的矛盾, 也可能是对经典视觉两条通路模型的挑战. 那么, 前颞叶在大范围首先的拓扑不变性质加工过程中到底扮演一个什么样的角色. 本研究虽未能从根本上解决问题, 但也提供了一些新的线索和思考. 大范围首先的拓扑性质加工, 如果对于视知觉乃至整个认知过程如此基本和重要, 那么其神经表达不可能完全依赖于前颞叶的某个区域. 这个质疑得到了来自神经外科大量经验事实的支持. 在多种脑系科疾病的治疗方案中, 前颞叶切除是代价较小的选择之一. 主要原因是前颞叶的切除, 尤其是单侧前颞叶切除, 对患者日常生活中的认知活动, 几乎不造成任何不良后果. 前颞叶甚至被认为是“功

能哑区”，即，没有任何认知功能。本文中 CXY 在日常生活中的认知活动均表现正常也同样印证了这一点。在本文未报道的其他实验研究中，并未发现 CXY 的拓扑性质检测能力异常。综合实验一~三的结果发现，基于相邻性组织的大范围优先性在 CXY 身上消失了。左前颞叶的缺失导致 CXY 对相邻性组织的自动加工出现了异常。大范围首先的拓扑知觉理论在引入了容限空间概念的基础上，将相邻性组织和一致连通性同样解释成拓扑性质。本研究却发现了相邻性组织和拓扑性质检测之间的分离。这样的分离，提示我们前颞叶的功能可能是利用其大视野的特性，在视觉过程的早期，将离散的单元整合起来，而拓扑性质的加工，至少并不完全依赖于前颞叶。

致谢 感谢清华大学第二附属医院以及患者 CXY 对我们研究的支持。

参 考 文 献

- [1] Palmer Stephen E. Organizing objects and scenes. *Vision Science*, 1999: 254-310
- [2] Rock I. The description and analysis of object and event perception//Boff K R, Kaufman L, Thomas J P. *Handbook of Perception and Human Performance: Vol 2*. New York: Wiley, 1986: 1-46
- [3] Chen L. The topological approach to perceptual organization. *Visual Cognition*, 2005, **12**(4): 553-637
- [4] Navon D. Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cogn Psychol*, 1977, **9**(3): 353-383
- [5] Kinchla R A, Wolfe J M. The order of visual processing: Top-down" "bottom-up" or "middle-out". *Percep Psycho*, 1979, **25**(3): 225-231
- [6] LaGasse L. Effects of good form and spatial frequency on global precedence. *Percep Psycho*, 1993, **53**(1): 89-105
- [7] Hughes H C, Norzawa G, Kitterle F. Global precedence, spatial frequency channels, and the statistics of natural images. *J Cogn Neurosci*, 1996, **8**(3): 197-230
- [8] Han S, Humphreys G W, Chen L. Parallel and competitive processes in hierarchical analysis: perceptual grouping and encoding of closure. *J Experi Psychol: Human Perception and Performance*, 1999, **25**(5): 1411-1432
- [9] Palmer S, Rock I. Rethinking perceptual organization: The role of uniform connectedness. *Psycho Bull Rev*, 1994, **1**(1): 29-55
- [10] Han S, Humphreys G W, Chen L. Uniform connectedness and classical Gestalt principles of perceptual grouping. *Percep Psycho*, 1999, **61**(4): 661-674
- [11] Chen L. Perceptual organization: To reverse back the inverted (upside down) down question of feature binding. *Visual Cognition*, 2001, **8**(3-5): 287-303
- [12] Chen L. Holes and wholes: A reply to rubin and kanwisher. *Percep Psycho*, 1990, **47**(1): 47-53
- [13] Chen L. Topological perception: A challenge to computational approaches to vision. *Connectionism in Perspective*, 1989: 317-329
- [14] Chen L. Topological structure in visual perception. *Science*, 1982, **218**(4573): 699-700
- [15] Zhuo Y, Zhou T G, Rao H Y, *et al.* Contributions of the visual ventral pathway to long-range apparent motion. *Science*, 2003, **299**(5605): 417-420
- [16] Wang B, Zhou T G, Zhuo Y, *et al.* Global topological dominance in the left hemisphere. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, **104** (52): 21014- 21019
- [17] Zhou K, Luo H, Zhou T G, *et al.* Topological change disturbs object continuity in attentive tracking. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2010, **107**(50): 21920-21924
- [18] Zhou T G, Zhang J, Chen L. Neural correlation of "global-first" topological perception: anterior temporal lobe. *Brain Imag Behav*, 2008, **2**(4): 309-317
- [19] Heilman K M, Valenstein E. *Clinical neuropsychology*. 5th ed. Oxford: Oxford University Press, 2011
- [20] Brainard D H. The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 1997, **10**(4): 433-436

The Role of The Anterior-Temporal Lobe in The Perceptual Organization: a Neuropsychological Study*

SUN Di^{1,2)}, WANG Bo^{1)**}, ZHOU Tian-Gang^{1)**}

⁽¹⁾ Key Laboratory of Brain and Cognitive Sciences, Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

²⁾ University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Proximity and similarity organization are two extremely important kinds of perceptual organization. In this study, a patient with anterior-temporal lobe damage CXY took part in our proximity and similarity experiments. In this study, compound stimuli that a global figure made up of local figures were used to investigate the interference of global and local in the proximity and similarity perceptual organization. In the global-local experiment, we found that, normal subjects showed stronger global interference than local interference in the proximity perceptual organization. Such effect, however, disappeared in CXY, suggesting there was an obstacle in his automatic processing of the proximity organization; in similarity organization, there was no difference between CXY and normal subjects. In the uniform connectedness experiment, we also found the obstacle in CXY's automatic processing of the proximity organization. These results indicated that the anterior-temporal lobe plays an important role in proximity organization, global organization and uniform connectedness.

Key words proximity organization, similarity organization, uniform connectedness, anterior-temporal lobe, neuropsychological study

DOI: 10.3724/SP.J.1206.2013.00063

*This work was supported by a grant from The Ministry of Science and Technology of China(2012CB825500).

**Corresponding author. Tel: 86-10-64888565

Wang Bo. E-mail: bwang@bcslab.ibp.ac.cn

Zhou Tian-Gang. E-mail: tgzhou@bcslab.ibp.ac.cn

Received: February 6, 2013 Accepted: April 3, 2013