

视知觉无意识对局部形状和颜色特征加工的注意调节*

柯学^{1,2} 白学军¹ 隋南^{**1,3}

(¹天津师范大学心理与行为研究中心,天津,300074)

(²香港大学心理学系,香港)(³中国科学院心理研究所,北京,100101)

摘要 研究了视知觉无意识对局部几何特征加工中的整体优势效应。被试为天津师范大学本科生 60 名。仪器为 pentium III 高分辨率计算机,程序用 E-prime 心理实验软件系统编制而成。被试的任务是判断靶图形中央线条的方向或颜色。用 MANOVA 分析了启动图形对靶图形局部特征加工的启动效应,发现了视知觉对无意识呈现的图形加工具有形状优势效应,启动图形与靶图形的整体形状相同可以抑制对靶图形局部形状特征判断。当被试的任务变成判断靶线条的颜色或启动图形的边由连通状态变成不连通时,视知觉无意识对启动图形加工的整体优势效应消失。该结果提示整体优势效应很可能与任务涉及的信息通道密切相关,对局部形状特征的注意很可能涉及对周围整体形状信息加工自动抑制的过程。

关键词: 视知觉 无意识 启动效应 整体优势

1 前言

整体与局部信息加工的优先性是视知觉研究中的一个热点。在枕叶皮层记录选择性负波 (occipital selective negativity) 发现,整体形状信息能被优先加工,而对局部特征的信息加工要晚一些的^[1];用无损测量技术所做的研究发现,在没有注意分配时,多个刺激物体均能在整个腹侧通路皮层区域 (V1、V2、V3A、V4、MT 等区域) 有相对应的神经激活表征,但这些表征进而参与了相互抑制的过程,注意可以使得这些相互抑制的表征偏重于竞争细胞集群的某些个体,从而赋予特定行为模式下相关刺激的属性,进而消除了附近刺激的干扰^[2,3]。进一步的研究表明,在注意的作用下,与靶刺激相对应的靶细胞高频同步神经激活增强,相反与干扰刺激相对应的靶细胞低频率同步激活减弱^[4]。但是图形整体形状优势效应是否同作业任务涉及的信息(如形状、颜色)加工通道有关系,对局部颜色特征的注意是否可以忽略整体形状信息的加工,注意局部形状特征是否抑制了与图形的整体形状信息加工相对应的神经激活,则有待于进一步研究。本实验以简单的几何图形为实验材料,考察无意识呈现的启动图形对靶图形局部特征信息加工的影响,如果无意识能够对被掩蔽的图形能够进行自动加工,那么无意识加工结果就会影响对靶图形局部特征判断任务的作业成绩。

2 通用方法

2.1 被试

天津师范大学本科生共 60 名,其中男生 31 名,

女生 29 名。年龄在 17~24 岁之间。视力或矫正视力均在 1.0 以上。色觉正常。所有被试均为右利手。被试被随机分配到 3 个实验中,其中每个实验的参加人数均为 20 人。

2.2 仪器和实验材料

实验采用 E-prime 心理实验软件系统,在 pentium III 高分辨率计算机上完成,显示分辨率为 640×480,屏幕的垂直刷新频率为 99.7Hz。被试眼睛与显示器齐平,视距约为 57cm。

注视点(+)的视角为 0.3°×0.3°。启动图形和靶图形均为正三角形和正方形,其中央有一竖直或水平的线条,中央线条的直径视角为 0.8°。前掩蔽和后掩蔽刺激均由一些黑色乱线条构成的,其视角约为 4.5°×4.5°。

2.3 实验程序

在计算机屏幕中央依次呈现注视点、前掩蔽刺激、启动图形和后掩蔽刺激和靶图形,其呈现时间分别为 750、100、20、100 和 150ms。在实验 1 和 3 中,被试的任务是判断图形中央线条的方向,各有 10 个被告知用右手食指按键表示中央线条为水平,用右手中指按另一反应键表示其方向是竖直的,其余 20 个被试的按键也是用右手按键,但按键反应与前 20 个被试相反。在实验 2 中,被试的任务是判断图形当中线条的颜色,被试都是用右手按键,其中 10 个被试用食指按键表示线条颜色为红色,用中指按键表示线条为绿色,另外 10 个被试按键反应与前 10 个被试相反。在每个实验中,16 次练习之后,进行 2 组实验,每组 96 次。其中启动图形和靶图形都是随机地呈现给被试的。

* 国家自然科学基金(39970256)、中国科学院知识创新青年科学家小组、中国科学院知识创新工程项目(ksex2-2-03)、教育部人文社会科学重点研究基地基金资助。

** 通讯作者:隋南,男。E-mail:suin@psych.ac.cn

2.4 数据处理

删除按键错误的反应时数据后,单独计算每个被试正确反应时均值,并将在均值三个标准差以外的正确反应时极端值删除,最后对被试在各种条件下的正确反应时进行重复测量的 MANOVA 分析。

3 实验一 局部线条方向判断任务中的启动效应

3.1 研究目的

在对靶图形局部线条方向判断任务中,考察视觉无意识对启动图形的自动加工是否存在整体优势效应,对局部线条方向的注意是否涉及一个对启动图形整体形状信息加工自动抑制的过程。

3.2 方法

启动图形为连通闭合的正三角形和正方形,中央有一红色线条,其方向可以为水平或竖直的,共有 4 个图形,其视角约为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。靶图形与启动图形为同一刺激序列。

实验为 2×2 组内设计,一个组内变量为启动图形和靶图形的整体形状关系(当启动图形和靶图形同为正三角形或正方形时为形状相同组,当其中一个为正三角形,另一个为正方形时为形状不同组),另一个组内变量是启动图形和靶图形的局部线条方向的关系(当启动图形与靶图形线条的方向一致时为方向相同组,当局部线条方向不一致时为方向不同组)。

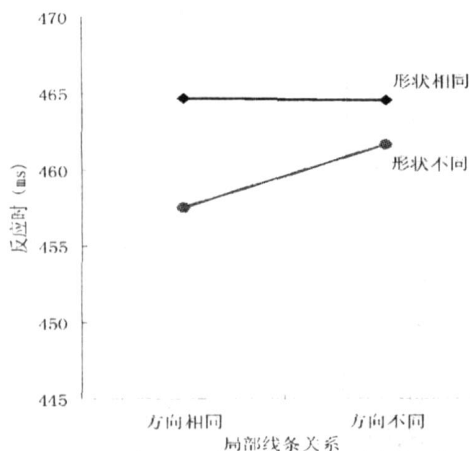


图1 启动图形对靶线条方向判断的启动效应

注:启动图形与靶图形整体形状相同对靶线条方向判断起抑制作用($p < 0.05$),但两者局部线条方向相同与否对靶线条判断没有影响($p > 0.05$)。

3.3 结果与分析

在局部线条方向判断任务中,启动图形和靶图形整体形状关系的主效应非常显著(见图1), $F(1, 19) = 6.694$, $MSE = 76.521$, $p < 0.05$,说明整体形状线索的无意识启动效应显著。在整体形状相同组

中,被试反应时的平均值为 $464.63ms$,在不同组中,被试反应时的平均值为 $459.57ms$,说明启动图形与靶图形的整体形状相同对靶线条方向的任务判断具有抑制作用。两者局部线条方向关系的主效应($F(1, 19) = 0.454$, $MSE = 167.327$, $p > 0.05$)以及两个自变量的交互作用($F(1, 19) = 0.549$, $MSE = 162.451$, $p > 0.05$)都不显著,显示启动图形的局部线条对靶图形局部线条方向判断没有影响。

4 实验二 局部线条颜色判断任务中的启动效应

4.1 研究目的

在对靶图形局部线条颜色判断任务中,考察视觉无意识对启动图形自动加工是否还存在整体优势效应。

4.2 方法

启动图形为连通闭合的正三角形和正方形,中央有一竖直线,其颜色可以为红色或绿色,共有 4 个图形,其的视角均约为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。靶图形与启动图形为同一刺激序列。

实验设计为 2×2 组内设计,一个组内变量为启动图形和靶图形的整体形状关系(当启动图形和靶图形同为正三角形或正方形时为形状相同组,当其中一个为正三角形,另一个为正方形时为形状不同组),另一个组内变量是启动图形和靶图形的局部线条颜色关系(当启动图形与靶图形线条的颜色一致时为颜色相同组,当局部线条颜色不一致时为颜色不同组)。

4.3 结果与分析

在局部线条颜色判断任务中,启动刺激和靶刺激局部线条颜色关系的主效应($F(1, 19) = 22.368$, $MSE = 122.711$, $p < 0.001$)非常显著(见图2),说明启动图形的局部颜色线索无意识启动效应存在。在局部线条颜色相同组中,被试反应时的平均值为 $417.78ms$,在不同组中,被试反应时的平均值为 $429.50ms$ 。但是两者整体形状关系的主效应($F(1, 19) = 0.133$, $MSE = 162.509$, $p > 0.05$)及两自变量的交互作用($F(1, 19) = 0.424$, $MSE = 106.847$, $p > 0.05$)都不显著,显示启动图形的整体形状信息对靶图形局部颜色特征的判断没有影响。

5 实验三 启动图形的连通性对靶图形局部线条方向判断的影响

5.1 研究目的

当启动图形的边由连通状态变成不连通时,考察视觉无意识对启动图形的自动加工是否还存在整体优势效应。

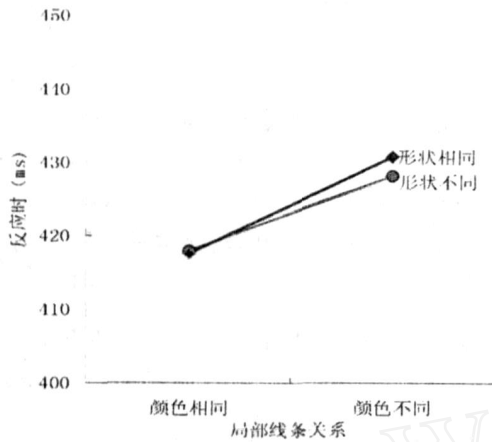


图2 启动图形对靶线条颜色判断的启动效应

注:启动图形与靶图形整体形状是否相同对靶线条颜色判断没有影响($p < 0.05$),但两者局部线条颜色相同或不同分别对局部线条颜色判断有促进或抑制作用($p > 0.05$)。

5.2 方法

启动图形为中央有一红色线条的正三角形和正方形,其中红色线条可以为水平或竖直的,共有4个图形。该正三角形与正方形边的长度和方向分别与实验一中所用正三角形与正方形是相同的,但边与边之间是不连通的,其的视角均约为 $2.8^\circ \times 2.8^\circ$ 。靶图形同实验一中的靶图形,其视角约为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。

实验设计为 2×2 组内设计,一个组内变量分别为启动图形和靶图形的整体形状关系(当启动图形和靶图形同为正三角形或正方形时为形状一致组,当其中一个为正三角形,另一个为正方形时为形状不一致组),另一个组内变量是为启动图形和靶图形局部线条方向的关系(当启动图形与靶图形局部线条方向一致时为方向相同组,当局部线条方向不一致时为方向不同组)

5.3 结果与分析

启动图形和靶图形的整体形状关系的主效应($F(1, 19) = 0.001, MSE = 156.733, p > 0.05$)不显著,提示启动图形的不连通性消除了两者整体形状完全相同时对靶刺激局部特征加工的抑制(见图3)。但两者局部线条方向关系的主效应($F(1, 19) = 5.401, MSE = 86.887, p < 0.05$)显著。在局部线条方向相同组中,对靶线条方向判断的反应时为457.38ms,在不同组中,其反应时为462.20ms,说明此时启动图形与靶图形局部线条方向相同促进了对靶图形局部线条的加工,两者方向的不同可以抑制对靶图形局部线条的判断。但两自变量的交互作用不显著($F(1, 19) = 1.724, MSE = 142.102, p > 0.05$),提示整体形状一致与不一致对靶图形局部线条方向判断的影响是一致的。

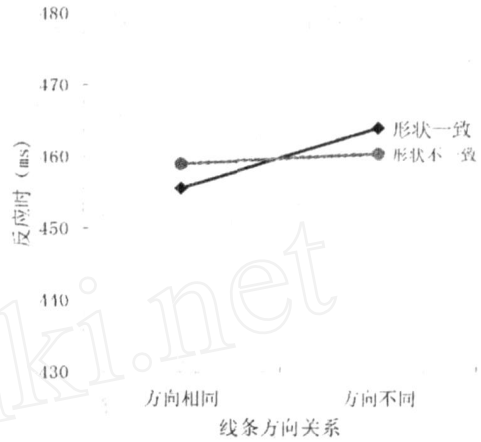


图3 不连通性对靶线条方向判断的作用

注:启动图形的边由连通变成不连通时,启动图形与靶图形整体形状相同时对靶线条加工的抑制作用消失。

6 讨论

本研究结果提示,形状和颜色能够被无意识知觉加工,而且是被分布式表征的。首先,启动图形与靶图形的整体形状相同可以抑制对靶图形局部线条方向的判断,而两者局部线条颜色相同或不同可以促进或抑制对靶图形局部线条颜色的判断,证实了无意识启动效应的存在;第二,在局部线条的判断任务中,启动图形和靶图形整体形状相同或不同,不影响对靶图形局部颜色判断的反应时,显示对靶图形局部颜色特征的加工不受整体形状信息的影响。因此,在无意识知觉中,形状和颜色很可能是在视觉腹侧通路上沿着两条小的通路被分布加工的。Hanna等人用记忆任务考察形状和颜色的表征特性时也表明,颜色和形状是分开表征的,视觉系统也可以对颜色和形状系统进行整合,这种整合是有意和有策略性的反应^[5]。

在整体形状对局部特征的启动效应实验中,对靶图形局部线条颜色的判断不受连通启动图形整体形状影响,相反这种对局部形状特征的加工却受连通启动图形整体形状的影响。Boucart等人研究也发现,当注意局部形状特征时,可以自动激活语义图形的意义信息,当注意图形的局部颜色时,则抑制了对图形语义信息加工^[6]。实验结果提示,视觉无意识对图形加工的整体优势效应很可能与任务作业涉及到的信息(形状、颜色)加工通道有密切联系,对局部颜色特征的注意可以抑制对整体形状信息的加工。

在对局部特征判断任务中,启动刺激和靶刺激形状相同时的反应时比两者不同时的反应时还要长一些,而局部线条方向的一致与否却不会影响对靶线条的加工,提示在视觉无意识中,对局部形状特征的注意很可能涉及一个对整体形状信息加工自

动抑制的过程,当相同整体形状作为靶图形一部分再一次出现时,对应皮层的相应神经活动还处于抑制状态。不仅如此,当被试的任务变成判断靶线条颜色或启动图形的边变成不连通时,视觉无意识对启动图形加工的整体优势效应消失,同时启动图形和靶图形局部特征相同或不同对靶线条判断分别具有促进或抑制作用,提示对图形整体形状信息的优先加工很可能干扰了对局部形状特征的加工。无损伤测量的证据也表明,当被试注意图形的整体特征或中央的局部特征时,都能激活了枕叶皮层(occipital cortex)相应的区域,但是在注意局部特征时,与整体特征相对应的神经激活表征就得到了抑制^[7]。另外一些电生理的研究也发现,注意可以调节纹状体皮层(extrastriate visual cortex)^[8,9]和中颞区皮层(MT)和上颞区(MST)^[10,11]。因此,注意可以使得某些特定的视觉信息模式得到抑制的。进一步研究还发现,注意还可以导致某些神经集群的敏感性的提高^[12]以及相应靶细胞的高频(35 - 90Hz)同步神经激活在视觉皮层上得到更多组织表达^[4]。但是使得视觉加工偏重于某些竞争细胞集群,从而赋予特定行为模式下相关刺激属性的注意信号源自哪里,电生理和无损伤测量方面研究提示,这种自上而下的信号很可能产生于前额叶^[1-4]和后顶叶^[15]。

7 参考文献

- 1 Rotte M, Heinze H J, Smid H G O M. Selective attention to conjunctions of color and shape of alphanumeric versus non-alphanumeric stimuli: A comparative electrophysiological study. *Biological Psychological*, 1997, 46: 199 - 221
- 2 Kastner S, Weerd P D, Desimone R, et al. Mechanisms of directed attention in the human extrastriate cortex as revealed by functional MRI. *Science*, 1998, 282: 108 - 111
- 3 Serences, J T, Yantis, S. Spatially selective representations of voluntary and stimulus-driven attentional priority in human occipital, parietal, and frontal cortex. *Cerebral Cortex*, 2007, 17: 284 - 293
- 4 Fries P, Reynolds J H, Rorie A E, et al. Modulation of oscillatory neuronal synchronization by selective visual attention. *Science*, 2001, 291: 1560 - 1563
- 5 Hanna A, Remington R. The representation of color and form in long-term memory. *Memory & Cognition*, 1996, 24: 322 - 330
- 6 Humphreys G W, Boucart M. Selection by color and form in vision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1997, 23: 136 - 153
- 7 Sasaki Y, Hadjikhani N, Fischl B, et al. Local and global attention are mapped retinotopically in human occipital cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2001, 98: 2077 - 2082
- 8 Moran J, Desimone R. Selective attention gates visual processing in extrastriate cortex. *Science*, 1985, 229: 282 - 284
- 9 Bichot, N P, Rossi, A F, Desimone, R. Parallel and serial neural mechanisms for visual search in macaque area V4. *Science*, 2005, 308: 529 - 534
- 10 Treue S, Maunsell J H R. Attentional modulation of visual motion processing in cortical area MT and MST. *Nature*, 1996, 382: 539 - 541
- 11 Cook, E P, Maunsell J H R. Attentional modulation of behavioral performance and neuronal responses in middle temporal and ventral intraparietal areas of macaque monkey. *The Journal of Neuroscience*, 2002, 22: 1994 - 2004
- 12 Mitchell, J F, Sundberg, K A, Reynolds, J H. Differential attention-dependent response modulation across cell classes in macaque visual area V4. *Neuron*, 2007, 55: 131 - 141
- 13 Barceló F, Suwazono S, Knight R T. Prefrontal modulation of visual processing in humans. *Nature Neuroscience*, 2000, 3: 399 - 403
- 14 Rossi, A F, Narcisse P, Bichot, N. P, Desimone, R, et al. Top down attentional deficits in macaques with lesions of lateral prefrontal cortex. *The Journal of Neuroscience*, 2007, 27: 11306 - 11314
- 15 Hopf J M, Luck S J, Girelli M, et al. Neural sources of focused attention in visual search. *Cerebral Cortex*, 2000, 10: 1233 - 1241

Attentive Modulation of the Visual Unconscious Processing of Local Shapes and Colors

Ke Xue^{1,2}, Bai Xuejun¹, Sui Nan^{1,3}

(¹ Psychology and Behaviour Research Center, Tianjin Normal University, Tianjin, 300074)

(² Department of Psychology, The University of Hong Kong, Hong Kong) (³ Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences Beijing, 100101)

Abstract The study was related to the global dominance in visual unconscious processing when the subjects allocated attention to a local part of geometric shapes. The subjects were 60 college students in Tianjin Normal University. The experimental software Eprime was used to control the presentation of stimuli. The participants were not informed of the presence of the geometric prime and simply engaged in discriminating the orientation or color of the central line segment contained in the target. With multi-variate analysis of variance (MANOVA), the priming effects were investigated. The results showed that there was global dominance in visual unconscious perception when the participants discriminated the target line orientation, and they responded more slowly in congruent trials (the global shapes of the prime and the target were the same) than in incongruent trials (the global shapes were different), but the selection of local colors for response purposes or the sides of the geometric priming shapes getting involved could eliminate the global dominance effect. It is suggested that global shape dominance is related to the form or the color pathway of visual processing, and a bias inhibition to the prime global shape may be involved when subjects are engaged in a local shape discrimination task.

Key words: visual perception, unconsciousness, priming, global dominance