

视觉空间注意的事件相关电位研究

高文斌 罗跃嘉

(中国科学院心理研究所, 北京 100101)

摘 要 视觉空间注意是心理学多年来一直探讨的问题,也是近来多学科共同关注的领域。在脑机制研究中,事件相关电位(ERP)的研究方法具有高时间分辨率的特点,近年来高密度记录技术的发展,也提高了 ERP 在功能定位方面的作用,因此其应用日益广泛。该文概述了近年来有关 ERP 在视觉空间注意研究中的实验方法、结果和初步结论,并就今后研究方向提出了几点看法。

关键词 视觉空间注意,事件相关电位(ERP),脑机制。

分类号 B842.2

视觉是人类获取外界信息重要的感觉通路,也是现代心理学与神经科学研究最为关注的领域之一。通过多年来对猴脑的研究发现,在大脑中很可能有两条均发源于初级视皮层(V1)的视觉加工通路。近年来形成了这样的基本看法:到达 TE(inferior temporal cortex)的腹侧通路主要与客体的知觉形成有关,也就是解答有关“是什么”的问题;到达 PG(posterior parietal cortex)的背侧通路主要与客体的空位置、运动知觉有关,也就是解答“在哪里”的问题^[1]。在以往研究中,较多证据支持对腹侧通路的看法,如单细胞记录的研究结果发现^[2]:在 TE 区的神经细胞对客体的特殊颜色、形状(如手、脸等)和组成模式存在着显著相关。但关于 PG 区的研究则相对较少,结论也不十分一致^[3,4]。

在正确识别客体的过程中,必须要明确“在哪里”,视觉空间注意的脑机制与这个问题紧密相关,其中包括空间定位、物体朝向、运动方向等许多问题。ERP(Event Related Potentials)是具有较高时间分辨率的电生理学研究方法,加上高密度电极记录技术的使用,在脑功能定位方面也有了进步。利用 ERP 研究视觉空间注意问题具有独特优势,近年来在揭示空间注意脑机制方面取得了一定结果。

1 视觉空间注意的 ERP 研究进展

在视觉空间注意的 ERP 研究中使用最多的是提示(cue)范式,即是在靶目标呈现前要给与被试提示信息。关于此类的研究有许多,综合起来可以从以下几个角度来讨论。

1.1 有效提示与无效提示的视觉注意效应

有效提示与无效提示的比较是早期进行的一类研究,实验范式与行为学实验大同小异,但通过 ERP 方法的研究,可以更进一步比较提示信息与完成任务之间的关系以及在脑内的变

收稿日期:2001-11-02

化过程。

所谓提示物的有效与无效,是指提示信息对指定任务所起到的指示作用的真实程度,即提示信息能否准确反映靶刺激的情况。例如 Posner 等人在 1978、1980 年所进行的实验^[3],在注视点首先出现一个箭头作为提示,该箭头随机指向左或右,呈现时间 200 ms;箭头消失后再间隔 600 ~1000ms,在左侧或右侧视野出现靶刺激。如果提示方向的视野内出现了靶刺激,则这样的提示为有效提示;如果在提示方向对侧的视野内出现了靶刺激,则这样的提示为无效提示。在此项实验中,有效提示为 75%;而无效提示为 25%。实验的结果提示:有效提示的 P1、N1 波幅均大于无效提示的 P1、N1 波幅。

1.2 符号性提示与区域性提示的视觉空间注意

提示物本身有着很大不同,大致可以分为两类——符号性提示与区域性提示,前者多出现在视野中央,后者多闪现在视野周围。

Mangun 和 Hillyard 进行的实验使用中央符号性提示^[3]。每一个序列都在注视点出现一个箭头作为提示物(呈现 200ms),箭头随机地指向左视野或右视野,间隔 600 ~1000 ms 后,跟着在左侧或右侧视野出现靶刺激。有效提示(提示方向与靶刺激出现位置相同)概率为 75%,无效提示(提示方向与靶刺激出现位置相反)概率为 25%。由于提示物会引发被试对靶刺激出现方位的预期,所以此类实验认为被试将主动注意提示区域(即随意注意)。这一类的提示物被称为符号性或内源性提示,首先进行提示信息的解码,随后引起随意注意的投入。

Posner 和 Cohen 使用了周围区域性提示^[3]。在此类实验中使用的提示为在预期位置出现提示信号,即提示位置就是靶刺激将要出现的位置。如 Hopfinger 与 Mangun 在 1998 年的一项实验中就使用了比较典型的周围闪现式提示^[5]。这项实验的程序是:在屏幕的左上和右上两个区域各有 4 个亮点,在 1500 ~ 2000 ms 的准备后,其中一组(4 个亮点)熄灭 34 ms,然后再出现,以此为提示;之后在提示区或对侧出现靶刺激。采用此类提示的实验有不少,Luck 在 1994 年的实验中又将此方法进行了改进,他在刺激物呈现后,加入了后提示^[6]。其实验程序是:屏幕的四角各有一个方框,其中任意一个方框外围将闪现一个略大一点的方框作为提示,随后在方框内出现靶刺激,接着 4 个方框皆变黑作为掩蔽,同时在刚才提示的方框旁还出现箭头作为后提示,要求被试是尽量准确地判断是否在提示区出现过靶刺激。

在使用这两类提示物的 ERP 研究中,都可以看到提示后的靶刺激比无提示靶刺激引起更大的 P1、N1 波幅^[3]。但在以上两类提示物的大量实验结果中,发现这两类刺激对信息加工影响的机制有着很大不同,简单来说:周围闪现性提示比中央符号性提示更倾向于自动加工,更不容易被忽略,更不易被干扰刺激影响。

1.3 提示范围大小的视觉空间注意效应

提示范围的大小反映了提示信息对指导完成给定任务的效用程度,会影响任务的完成情况。例如最近罗跃嘉等完成的一项实验,就研究了提示范围的大小与空间注意的关系^[7]。在这项实验中,注视屏幕被等分成了 5 × 5 个矩形小区,刺激物(月牙)随机出现在各小区内,

其中竖月牙为靶刺激，横月牙为分心刺激。提示物为一矩形框，有 3 种大小，分别包含 1、 2×2 、 3×3 个矩形小区，所有的靶刺激都将在提示区内出现，但有 10% 的提示区内并没有靶刺激（此部分刺激未进入叠加程序）。提示框出现的方位与大小都是随机的，被试的任务是尽快、尽准确地判断竖月牙朝左还是右。这项实验的结果表明：提示物引起 ERP 的 P1 成分在左侧颞叶和枕叶区域最大，随着提示范围的扩大，P1 增大；而 N1 在右侧中央部波幅最大，而且随着提示范围的扩大，潜伏期也缩短。在完成过程中诱发的 ERP 波形特点与前者有很大不同，P1 波幅随着提示范围的扩大而增大，而后部脑区的 N1 波幅随着提示范围的扩大而减小。P1 增大反映了促进靶刺激识别时，适当注意范围的等级变化需要额外的资源；而 N1 波幅减小则可能分散了空间注意的倾斜度。

1.4 不同任务难度对视觉空间注意的影响

控制任务难度可以通过几条途径实现，包括 SOA 的大小不同，分辨目标的相似性不同，目标呈现时间不同，还有提示的准确度不同等。

例如 Handy 和 Mangun 近年所进行的一项实验^[8]，就应用了多种途径来控制任务难度。这项研究使用的刺激为每次屏幕上呈现一个指向左或右的箭头，提示刺激出现的位置，随后呈现英文大写字母 A 或 H，被试任务为对这两个字母分别做出按键反应，共进行了 3 组实验。第一项实验实验中的低难度组使用的是标准字母，高难度组使用的字母略有变形：A 的顶端稍微分开，而 H 的顶端稍微聚拢；这两组的呈现时间均为 102 ms。第二组实验中的低难度组与实验一相同，高难度组的刺激呈现时间大为缩短，而且紧随一个掩蔽图形，刺激呈现时间加掩蔽时间为 102ms。实验三中的刺激与实验二的高难度组相同，但提示的准确度分为两级：0.75 和 1.0。结果提示：难度越大，枕叶外侧的 P1、N1 波幅越大，显示外纹状皮层活动越强；任务难度低时，P1 增大的幅度大于 N1 增大的幅度。提示任务难度仅为影响早期选择的因素之一。

Vogel 和 Luck 的一项实验又从另一角度研究了这一问题^[10]。在这项研究中共进行了 3 项实验，实验材料均为每次随机呈现一组字母，每个字母的颜色也随机出现。在第一项实验中，SOA 为 1300 ~ 1500ms，要求被试尽快分辨有无靶刺激（特定颜色的特定字母）并按不同的键进行反应，该实验对所有刺激均按键反应作为对照；第二项实验使用的材料与第一项实验完全相同，只是将 SOA 减少到 700 ~ 1100ms，以增加难度，另外还增加了对靶刺激计数的任务（以对所有刺激计数为对照）；第三项实验的 SOA 仍为 1300 ~ 1500ms，但使用了与靶刺激相近的颜色作为干扰，以增加难度，任务与第二项实验相同。这项实验最后得出结果：完成选择性任务时的 N1 大于对照（不进行选择任务）的 N1；但在完成不同难易度的分辨任务时，N1 的变化没有显著性差异。

近年来，研究人员使用了不同技术手段来探讨空间注意问题，越来越多的实验把不同方法结合起来进行，fMRI 与 ERP 的结合就是一个典范。

通过脑磁图（MEG）研究，结果为：与注意效应有关的 P1 发生源位于外纹状皮层外侧，而纹状体的早期运动与注意并无太大关系^[10]。大多数的动物实验也发现在初级视皮层内并没

有与注意活动相关的激活区^[11],而且最近在人体 PET 与 ERP 的研究同样支持了以上结论^[12]。

汇总多年来的研究结果,可以初步得出以下几点结论^[13]:

视觉空间注意的调节在视觉加工过程的早期阶段。

随意注意与非随意注意都有早期调节的效应。

该效应在平面(二维)注意和立体空间注意^[14]中均可表现出来。

在感觉系统负荷过载条件下,注意会调节感觉的兴奋性;否则,注意将调节记忆或反应的信息处理过程。

2 视觉空间注意研究中的问题与原则

2.1 注意与多种认知任务的关系

在注意研究中,要解决一个原则问题——注意是不是一个独立于认知功能之外的脑功能系统?从目前的研究结果上看,不同感觉通路的注意功能是与各感觉通路信息的加工紧密联系在一起,也就是说,注意很可能并不是一个独立的心理功能机制,而是与不同感觉信息的加工紧密结合,在不同通路发挥着调节功能。

因此在今后的注意研究中,值得考虑:是否应该更多的把精力放在各感觉通路的特异性探讨上,而不是注意的一般性机制。

2.2 视觉空间注意的脑功能定位

就目前的研究结果,可以得到以下几点提示^[3]: 顶叶可能因加工目标不同而分区(如负责指导运动),并不是因信息基本属性而分区(PG 并不存在一个关于视觉空间的全像表征)。主要是加工目标本身的属性结构(如形状、尺寸等),并不是空间位置。PG 内的视觉编码目的是指导运动,而非形成一个应用于全用途的视觉整体表征编码。另外还发现^[15]: 空间注意始于刺激发生后 80ms,单细胞记录和脑成像研究表明发生源在外纹状体皮层,而非空间属性的注意始于 100~150ms,包括颜色、运动、外形等,且很可能是基于空间注意信息加工之后再进行的。

综合起来考虑,可以认为在视觉信息加工中,空间注意有着独特的作用与加工过程,但不一定存在固定的脑区。换句话说,进行视觉空间注意的脑功能研究时,应该更加注重空间信息加工与其他信息加工的关系,而不仅仅是解剖概念上的脑区定位。

随着技术的提高,有关脑功能定位的方法越来越多,比如功能性核磁共振(fMRI)等;另外在使用了高密度记录后^[16,17],ERPs 在脑功能定位方面也有了一定提高。但值得注意的是由于不同的研究手段所依据的原理并不相同,所以得到的实验结果也就存在差异,有时甚至是大相径庭,但将各种方法结合起来又是非常必要的,笔者认为其中最重要的一点是:依据各自的实验理论进行综合推测。这就意味着,在不同实验的相似结果中可能存在着不同机制过程;而不同结果又有可能反映了一种脑功能的不同机制或层面。

另外,某些病例(如盲视)^[2]的特殊视觉问题是难得的研究材料。加强实验室研究与临床工作间的配合,认真观察和解释这些现象,很可能会给视觉空间注意的研究带来应用成果。

2.3 研究原则

视觉空间注意是心理学多年来一直探讨的问题,也是近来众多学科共同关注的领域。研究的继续深入需要把握住 3 点原则:整体性、动态性、转化性。

如何整体地解释人脑的高级功能一直未能得到很好的解决,但目前至少可以得出这样的结论:人脑的高级功能不是独立模块拼接的,而是需要很多脑区参与、不同功能系统配合来完成的。要很好地完成视觉空间注意这一功能,同样需要人脑多个系统、多个层次的整合。最近,一些研究人员提出了在视觉系统中存在“top-down”的快速反馈回路机制,还认为在已经发现的两条视觉加工通路之间有交叉作用^[18],这些都提示以整合的观点来研究视觉空间注意脑机制是十分有益的。比如在心理学的研究中,经常涉及注意与非注意的比较。而实际上,在清醒状态下,被试只可能对某一目标注意或非注意,而很难做到处于“完全非注意状态”,也就是被试将注意其它目标。所以在研究中实际同时包括两方面内容:对一个目标注意转为非注意;对另一个目标由非注意转为注意。很显然,这其中就必然会遇到注意的切换,这就不单纯是一个脑区或功能系统的问题了。另外面临的一个亟须解答的重要问题是如何整合不同通路间视觉信息(如腹侧通路与背侧通路)?

在信息加工的过程中,不断进行着编码、解码等过程,这本身就是一个不断演变与转化的过程。要想真正解决视觉空间注意这一问题,就必须动态地理解这个过程,甚至要有预见性地判断其中的转化,这其中最大的转化问题就是视觉信息的接受与加工如何转化为有意识的视知觉。

综上所述,视觉空间注意是一个包含了很多问题的研究领域,只有综合利用各种研究手段,并通过整体性、动态性和转化性的观点诠释其中的过程,才能有所收获和突破,最终明确视觉空间注意的脑机制。

参考文献

- [1] Ungerleider L G, Haxby J V. "What" and "Where" in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 1994,4: 157-165
- [2] Milner A D. Streams and consciousness: visual awareness and the brain. *Trends in cognitive science*, 1998,2(1): 25-30
- [3] Mangun G R. Neural mechanism of visual selective attention. *Psychophysiology*, 1995,32: 4-18
- [4] Deco G, Zihl J. A neurodynamical model of visual attention: feedback enhancement of spatial resolution in a hierarchical system. *J Comput Neurosci*, 2001, 10(3): 231-53
- [5] Hopfinger J B, Mangun G R. Reflexive attention modulates processing of visual stimuli in human extrastriate cortex. *Psychological science*, 1998, 9(6): 441-447
- [6] Luck S J, Hillyard S A, Mouloua M, et al. Effects of spatial cuing on luminance detectability: psychophysical and electrophysiological evidence for early selection. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 1994,20(4): 887-904
- [7] Luo Y J, Greenwood P M, Parasuraman R. Dynamics of the spatial scale of visual attention revealed by brain event-related potentials. *Cognitive Brain Research*, 2001, 12: 371-381
- [8] Handy T C, Mangun G R. Attention and spatial selection: electrophysiological evidence for modulation by perceptual load. *Perception*

- psychophysics, 2000, 62(1): 175-186
- [9] Vogel E K, Luck S J. The visual N1 component as index of a discrimination process. *Psychophysiology*, 2000,37: 190-203
- [10] Mangun G R, Hillyard S A, Luck S J. Electrocortical substrates of visual selective attention. *Attention and performance*,1993, 14: 219-243
- [11] Moran J, Desimone R. Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science*, 1985,229: 782-784
- [12] Mangun G R, Heinze H J, Burchert W, et al. Combined PET studies of spatial selective attention in humans. *Society for neuroscience abstracts*, 1993,19: 1285
- [13] Luck S J, Woodman G F, Vogel E K. Event-related potential studies of attention. *Trends in cognitive science*, 2000,4(11): 432-440
- [14] Valdes-Sosa M, et al. Switching attention without shifting the spotlight object-based attentional modulation of brain potentials. *J Cogn Neurosci*, 1998, 10: 137-151
- [15] Hillyard S A, Anlo-Vento L. Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1998, 95: 781-787
- [16] Picton T W, Lins O G, Scherg M. The recording and analysis of event-related potentials. In: Boller F, Grafman J ed. *Handbook of Neuropsychology*. Vol 10. Amsterdam: Elsevier press, 1995. 3-73
- [17] Picton T W, Bentin S, Berg P, et al. Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. *Psychophysiology*, 2000, 37: 127-152
- [18] Gold J M, Pratt J. Is position "special" in visual attention? Evidence that top-down processes guide visual selection. *Can J Exp Psychol*, 2001, 55(3): 261-70

RESEARCH OF NEURAL MECHANISM ON VISUAL SPATIAL ATTENTION BY EVENT-RELATED POTENTIALS

Gao Wenbin , Luo Yuejia

(Institute of Psychology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)

Abstract: Visual spatial attention is a very important issue both in psychology and in many other subjects. Event-related potentials (ERPs) is a useful method to study the brain mechanism of spatial attention because of its high temporal resolution. Moreover, it plays a stronger role in the location of the brain function with development of technique of high-density recording. The application of ERP is more and more widely used. This paper makes a brief report on the methods, results and primary conclusions on the field, and puts forward several perspectives for future study.

Key words: visual spatial attention, event-related potentials (ERPs), brain Mechanism