

视觉空间注意ERP的同步现象研究

周 群, 尧德中, 赵丽娜

(电子科技大学生命科学与技术学院 成都 610054)

【摘要】 脑的同步活动是大脑系统在脑功能区域整合或绑定的一个潜在机制。利用广义同步方法, 计算大脑左右枕叶处电极ERP信号的非线性关联度来分析上下视野注意ERP的同步性的差异。实验结果表明注意与非注意以及上视野与下视野之间有明显差异。

关键词 视觉空间注意; 脑电; 广义同步; 非线性系统; 非线性关联

中图分类号 Q331 文献标识码 A

ERP Synchronization Studies in Visual Spatial Attention

ZHOU Qun, YAO De-zhong, ZHAO Li-na

(School of Life Science & Technology, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract Synchronous activity of brain function is a latent mechanism of brain system for the integration or binding in brain functioning areas. The difference of the synchronization is analyzed by calculating a nonlinear interdependent of ERP from left-right temporal electrode for the visual fields. Confirmation is shown that the difference is distinct between attention and non-attention in the up and down visual fields.

Key words visual spatial attention; electroencephalogram; broad synchronization; nonlinear system; nonlinear association

视觉空间注意(Visual-Spatial Attention, VSA)是指对刺激物方位、范围、大小等空间信息的注意, 其中研究最多的是方位, 目的是希望揭示大脑对视野处理信息的机制。当外界刺激作用于人的感觉器官时, 神经系统经过一定的处理后产生了对应的知觉和意识。1969年首次成功地利用事件相关电位(Event-Related Potentials, ERP)技术研究了视觉空间注意^[1]。后来, 用ERP技术进一步研究上下视野的选择性注意问题^[2, 3], 发现了下视野为优势视野的ERPs证据。

来自不同感觉的信息可以被综合地处理以支持刺激的辨认, 经不同通道来自单个感觉的信息也需要整合, 使人对环境感知的模糊感降低。2000年应用‘广义同步’(Generalized Synchronization)方法对大脑的高度复杂的混沌系统进行了研究^[4, 5], 结果表明, 广义同步方法是研究不同感觉通道或同一感觉不同通道的信息整合机制的一个有力工具。本文应用广义同步方法对视觉空间注意进行了初步研究。

1 材料与方法

1.1 实验

数据来自于中科院北京认知实验室的试验, 试验中10名视力正常或矫正正常的学生参加了实验。其中,

收稿日期: 2004-11-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(90208003; 30200059); 霍英东教育基金会资助项目(91041)

作者简介: 周 群(1966-), 女, 硕士, 副教授, 现在四川大学电气信息学院工作, 主要从事生物信号处理、脑电信号同步方面的研究。

男性7名, 女性3名, 年龄为22~34岁。所有被试均为右利手。

在实验中采用的刺激图形如图1所示的棋盘格, 大的为标准刺激, 半径为 1.5° ; 小棋盘格为靶刺激, 半径为 1.0° 。每个棋盘格的中心距注视点的中心为 3° 。屏幕的背景色为黑色。背景区域的长为 9° , 宽为 22.7° 。刺激图形呈现在ViewSonic 6E监视器上, 屏幕离被试的距离为60 cm, 在实验过程中, 屏幕中央始终呈现一个绿十字作为注视点。该图形由NEUROSCAN公司提供的STIM软件包所产生。每个刺激呈现10 ms, 一次刺激结束到下一个刺激开始的时间为350~550 ms。在此期间背景呈现为黑色的屏幕。

实验是将棋盘格呈现在屏幕中央的垂直的直线上。实验开始前要求被试盯住注视点, 实验中告诉被试注意上方或下方的刺激。每一组实验包括100次图形刺激, 上下各有50次随机出现。在每组中共有10个目标图形, 要求被试对注意视野的靶刺激做按键反应, 以保持被试的活动。脑电记录采样频率为250 Hz, 放大15 000倍。包含眨眼等伪迹(幅度超过 $100 \mu\text{V}$)的脑电被剔除。平均后的ERP使用刺激前200 ms的平均数据进行基线校正。ERP测量在图2所示的枕部电极103(左)和107(右)位置上进行。

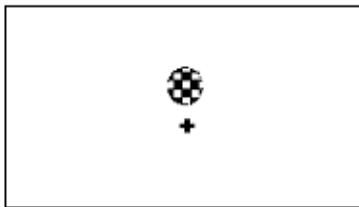


图1 实验中刺激随机地出现在视野的上方或下方

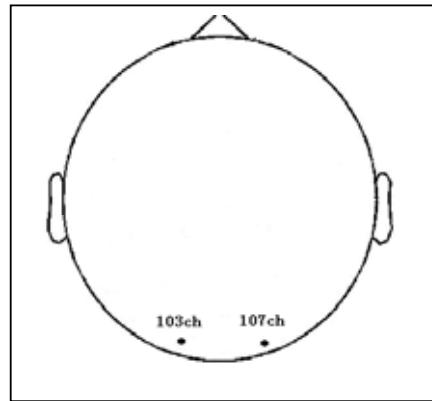


图2 枕部电极示意图

1.2 方法

在近十多年中, 两个混沌系统之间的同步研究越来越受科学家的重视, 其中一个重要的突破就是引入了“广义同步”的概念, 它是对传统的理想同步思想的发展。若假设 $x(t)$ 、 $y(t)$ 为 X 与 Y 两个动态系统的状态向量, 它们的获得可通过对测量时间序列进行延迟时间维数嵌入。进一步假设两个系统是单向联结的, 即 X 是自治的, 而 Y 是 X 引起的, 即:

$$\frac{dx(t)}{dt} = F(x(t)) \quad (1)$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = G(y(t), x(t)) \quad (2)$$

若有关系 $y(t) = \varphi(x(t))$ 成立, 则称 X 、 Y 广义同步。基于这样的思想, 可以通过计算混沌关联指标来研究不同电极位置上的记录信号的同步关系, 从而揭示大脑的秘密。具体过程如下:

假设从两个系统 X 、 Y 同时测得的时间序列为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ 和 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_N$, 由它们重构相空间中的点为: $x_n = (x_n, x_{n+\tau}, \dots, x_{n+(m-1)\tau})$, $y_n = (y_n, y_{n+\tau}, \dots, y_{n+(m-1)\tau})$, m 为嵌入维数, τ 为延迟时间。又设 $r_{n,j}$ 和 $s_{n,j}$ ($j = 1, 2, \dots, k$) 分别表示 x_n 、 y_n 的 k 个最邻近点的时间下标。对 x_n 的 k 个邻近点的欧几里德距离的均方值为:

$$R_n^{(k)}(x) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (x_n - x_{r_{n,j}})^2 \quad (3)$$

Y 条件下的 x_n 在欧几里德距离均方值定义为更换 $\{x_n\}$ 的原来 k 个下标是 $r_{n,j}$ ($j = 1, 2, \dots, k$) 邻近点为另外 k 个下标是 $s_{n,j}$ ($j = 1, 2, \dots, k$) 的点, 即:

$$R_n^{(k)}(x/y) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (x_n - x_{s_{n,j}})^2 \quad (4)$$

定义点群 $\{x_n\}$ 所有点的均方距离为 $R(x) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N R_n^{(k)}(x)$, 则如果系统 X 、 Y 相关性强, $R_n^{(k)}(x/y) \approx$

$R_n^{(k)}(x) \ll R(x)$; 如果系统X、Y相互独立, 则 $R_n^{(k)}(x/y) \approx R(x) \gg R_n^{(k)}(x)$ 。因此, 可以用一个简单的指标 $S^{(k)}(x/y)$ 来判断系统独立与否:

$$S^{(k)}(x/y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{R_n^{(k)}(x)}{R_n^{(k)}(x/y)} \quad (5)$$

根据上面的分析可得出: $0 < S^{(k)}(x/y) < 1$, $S^{(k)}(x/y)$ 越趋近于零, 表明X与Y之间相互越独立。反之, 则表明它们之间具有同步关系。另外, 还可用 $H^{(k)}(x/y)$ 作为混沌系统之间相互独立与否的依据^[3]。 $H^{(k)}(x/y)$ 定义为:

$$H^{(k)}(x/y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \ln \frac{R_n^{(k)}(x)}{R_n^{(k)}(x/y)} \quad (6)$$

如果 $H^{(k)}(x/y)$ 为0, 则表明X、Y相互独立, 若大于0, 则X、Y有同步关系。

2 结果

图3给出了枕部电极103、107的ERP波形, 这些波形是被试间的平均结果。图中上部注解中注意与刺激相同(都为上或下)时是注意有效的情况或称为注意状态, 如图3a, 3b所示, 而不同时为注意无效的情况或称为非注意状态, 如图3b, 3d所示, 每一个图中两条曲线分别对应103和107电极处的信号。曲线显示了明显的P1波, N1波和P2波。当刺激出现在上、下视野时, 注意状态诱发的P1, N1, P2幅度也明显大于非注意状态, 图3a与3b比较或图3c与3d比较。表1所示为计算左右枕部脑区的同步指标 $S^{(k)}(x/y)$ 、 $H^{(k)}(x/y)$ 。

	$S^{(k)}(x/y)$	$H^{(k)}(x/y)$
注意下/刺激下	0.559 5	1.816 1
注意上/刺激上	0.483 5	1.799 1
注意下/刺激上	0.383 9	1.399 3
注意上/刺激下	0.216 6	0.719 7

从表可看出, 当刺激和注意方位相同时, 如图3a和3c, $S^{(k)}(x/y)$ 、 $H^{(k)}(x/y)$ 的值大于不同方位时的值, 如图3b和3d, 而且对于注意状态下视野图3a的同步性明显大于上视野图3c。

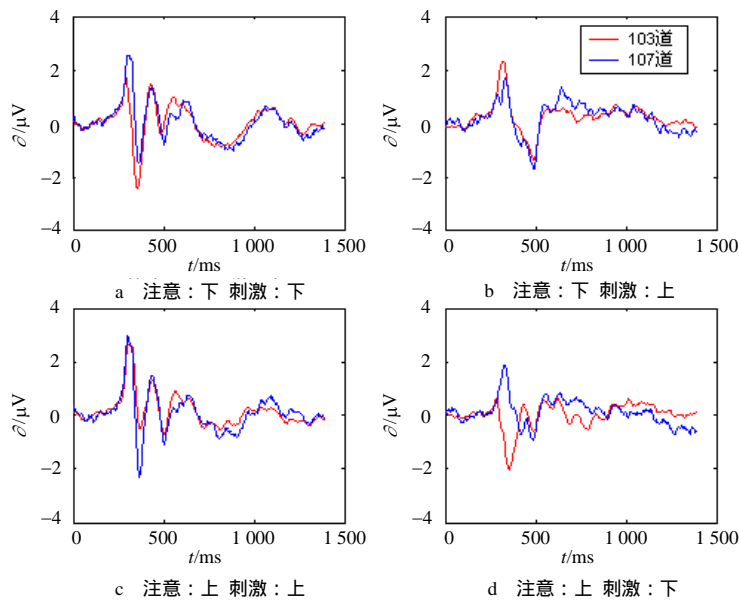


图3 不同视野枕部电极103、107的ERP波形

3 结束语

通过对实验结果的分析计算可以发现对于上下视野, 注意与刺激在同方向时, 同步指标较非同方向时大, 表明注意可以加强同步效应, 注意有利于视觉不同通道信息整合, 视觉清晰度加强。而且在下视野时,

同步效应大于上视野,再一次从同步的观点证明了人的下视野优于上视野的观点。

本文应用广义同步的概念研究了对上下视野的视觉信息的处理中,左右脑枕叶的脑活动的同步性。结果表明,注意状态的同步性高于非注意状态,它说明注意有助于整合两个枕区对同一刺激的处理,而当刺激出现在下视野时相对于出现在上视野时,两个枕区有更高的同步性则与下视野是优势视野的结论一致。这些现象都值得去进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] Eason R G, Harter M, White C. Effects of attention and arousal on visually evoked cortical potentials[J]. Psychol Behav, 1969, 4: 283-289
- [2] Woldorff M, Fox P, Matzke M, et al. Retinotopic organization of the early visual spatial attention effects as reveals by PET and ERPs human brain mapping[J].1997, 5: 280-286
- [3] Heinze H J, Luck S J, Munte T F, et al. Attention to adjacent and separate positions in space: an electrophysiological analysis[J]. Perception and Psychophysics, 1994, 56(1): 42-52
- [4] Quian Quiroga R, Kraskov A, Kreuz T, et al. Performance of different synchronization measures in real data: A case study on electroencephalographic signals[J]. Physical Review E, 2002, 65: 041903-1-14
- [5] Quian Quiroga R, Arnhold J, Grassberger P. Learning driver-response relationships from synchronization patterns[J]. Physical Review E, 2000 61(5): 5 142-5 148

编辑 漆 蓉

(上接第391页)

参 考 文 献

- [1] Wang Yanjiang, Yuan Baozong. Segmentation method for face detection in complex background[J]. Electronics Letters, 2000, 36(3): 213-214
- [2] Natonek E, Baur C. Recognition of 3-D objects on complex backgrounds using model based vision and range images[C]. Proceedings of the IEEE Southwest Symposium, 1994, 21-24: 148-153
- [3] Dai Y, Nakano Y, Miyao H. Extraction of facial images from a complex background using SGLD matrices[J]. Pattern Recognition, 1994, 1(1): 137-141
- [4] Jasper W J, Garnier S J, Potapalli H. Texture characterization and effect detection using adaptive wavelets[J]. Opt. Eng., 1996, 35(11): 3 140-3 149
- [5] Kumar A. Automated defect detection in textured materials[C]. Dept. Elect Electr. Eng. The Univ. Hong Kong, Hong Kong, 2001
- [6] Chan C H, Pang G. Fabric defect detection by Fourier analysis[J]. IEEE Trans. Ind. Applicat., 2000, 36(10): 1 267-1 276
- [7] 贡玉南, 华建兴. 基于匹配gabor滤波器的规则纹理缺陷检测方法[J]. 中国图像图形学报, 2001, 6(7): 624-628
- [8] Kumar A. Neural network based detection of local textile defects[J]. Pattern Recognition, 2003, 36(7): 1 645-1 659
- [9] Kumar A, Pang G. Defect detection in textured materials using Gabor filters[J]. IEEE Trans. Ind. Applicat., 2002, 38(2): 425-440

编辑 漆 蓉