

• 基础研究 •

脑电非线性动力学分析方法在视觉记忆中的应用

陈雪丽¹, 姚斌¹, 吴东宇², 尹岭¹

[摘要] 目的 探讨图形记忆任务过程中脑电非线性动力学特性的变化规律, 以及脑电非线性分析在记忆过程研究中的作用。方法 用关联维数(D_2)对 30 名健康老年人在安静睁眼、图形记忆任务过程中的脑电数据进行分析。结果 相对于安静状态, 记忆过程 D_2 值升高($P < 0.05$); 不同记忆过程大脑功能活动的复杂度和参与的脑区不同。脑电非线性分析可以清晰展示记忆过程中激活脑区的分布情况, 以及与记忆相关的脑区活跃程度的变化。结论 脑电非线性动力学分析方法适合于研究记忆过程中脑功能活动的变化规律和大脑的工作机制。

[关键词] 非线性动力学; 视觉记忆; 工作记忆

Application of EEG Non-linear Analysis in Vision Memory Study CHEN Xue-li, YAO Bin, WU Dong-yu, et al. The Center of Neuroinformatics, the General Hospital of PLA, Beijing 100853, China

Abstract: **Objective** To investigate the changes of non-linear dynamics characteristics of EEG during picture memory masks, and the application of non-linear dynamic analysis for memory research. **Methods** EEGs of 30 healthy old volunteers were recorded under the states of opened eyes and picture memory. Correlation dimension (D_2) was calculated for all subjects. **Results** D_2 increased significantly during memory tasks compared with the rest state with eyes opened ($P < 0.05$). In different memory tasks, the complexity of mental functions and the regions involved in the memory task were different. **Conclusion** Non-linear analysis is appropriate for the study of functional changes and working mechanism of brain during memory.

Key words: non-linear dynamics; vision memory; work memory

[中图分类号] R741.044 [文献标识码] A [文章编号] 1006-9771(2006)06-0489-02

[本文著录格式] 陈雪丽, 姚斌, 吴东宇, 等. 脑电非线性动力学分析方法在视觉记忆中的应用[J]. 中国康复理论与实践, 2006, 12(6): 489—490.

记忆是人类认知和适应生活的基础, 虽然人们对记忆机制的研究开展较早, 但迄今为止仍然了解得很有限。本实验利用脑电非线性分析的方法, 探讨记忆的机制及脑电非线性分析方法在记忆研究中的作用。

1 资料与方法

1.1 研究对象 30 名老年志愿者, 其中男性 17 例、女性 13 例, 年龄 55~83 岁, 平均 55.6 岁; 经中国人利手判定标准调查^[1], 均为右利手, 文化程度初中以上, 符合以下条件: ①无任何精神或神经疾病史; ②无心血管病及内分泌病史; ③神经病学检查无阳性发现; ④简易精神状态检查 (mini-mental status examination, MMSE) 评分 > 24 分; ⑤神志清楚, 理解力正常, 视力正常, 可配合检查。

1.2 实验仪器 脑电放大器采用 ZN16E 型高频脑电信号放大器, 通频带 0.3~100 Hz, 采样率 500 Hz, 模/数转换位数为 12 位。按照国际标准导联 10~20 系统

安放并记录 16 导联脑电信号, 以双耳垂为参考。

1.3 方法 实验在安静的屏蔽室内进行, 志愿者依次进行安静睁眼和记忆任务两种过程, 同时进行脑电信号采集, 图形记忆任务包括图形记忆和图形再认两部分。

1.4 视觉通道建立 屏蔽室内 14 英寸液晶显示器与脑电信号记录仪连接, 显示器距受试者约 50 cm。

1.5 记忆任务 测试图形均采用日常生活中常见的物品, 图形记忆部分选用 10 张图片, 图形再认部分为 30 张图片。将图形记忆部分选用的 10 张图片随机分布在 30 张图形再认部分的图片中, 受试者以按键的方式选出图形记忆部分的 10 张图片, 每张图片的呈现时间和间隔时间均为 2 s。

1.6 脑电非线性动力学参数 关联维数 (correlation dimension, D_2): 为描述混沌系统自由度信息的参数, 反映动力学过程的复杂性, 是目前最容易计算出来的一种测度维数, 参照 Stamp 的方法进行计算^[2], D_2 值越高, 表示所测脑电信号的复杂性越高。

1.7 数据分析 采用脑电非线性分析软件, 从采集的脑电图 (electroencephalogram, EEG) 中选取 30 s 无伪差 (眼动、肌电等) 的连续数据段, 对原始数据进行处理, 取各导联 30 s 的均数, 采用 SPSS 10.0 统计软件

基金项目: 全军医药卫生科研基金课题 (No. 042025)

作者单位: 1. 解放军总医院神经信息中心, 北京市 100853; 2. 首都医科大学宣武医院神经康复科, 北京市 100053。作者简介: 陈雪丽 (1969-), 女, 河北邯郸市人, 主治医师, 硕士研究生, 主要研究方向: 神经康复。通讯作者: 尹岭。

进行单因素多水平方差分析和重复测量数据方差分析。

2 结果

2.1 图形记忆和再认 图形记忆任务过程中记忆部分的 D_2 值为 (5.812 ± 0.201) , 再认部分的 D_2 值为 (5.608 ± 0.206) , 两者均高于安静睁眼状态的 D_2 值 (4.904 ± 0.201) ($P < 0.05$), 但图形记忆与图形再认的 D_2 值之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2 认知过程中脑电非线性动力学特征动态变化

在安静睁眼状态下(见封三图 2.1), 除 T_3 、 O_1 和 D_2 保持在 9~10 级(对应 5.00~6.25)相对较高水平, 多数部位 D_2 保持在 5~8 级(对应 2.50~5.00)相对较低水平的活动度, 整个过程中 D_2 随时间变化不大, 保持相对稳定。在图形记忆作业过程中(见封三图 2.2), 多数部位(如 FP_1 、 F_3 、 C_3 、 P_3 、 O_1 、 F_7 、 T_3 和 T_5 等)的 D_2 在 10~16 级(对应 5.63~10.00)水平, 相对于安静睁眼状态明显升高。在图形再认过程中(见封三图 2.3), 多数 D_2 的水平较图形记忆过程低, 但仍高于安静睁眼过程, 多数部位(如 FP_1 、 FP_2 、 O_1 、 O_2 、 F_7 、 T_3 、 T_4 、 T_5 和 T_6) D_2 保持在 10~12 级(对应 5.63~7.50)水平。另外, 在记忆任务过程中随着时间的变化, D_2 值存在时高时低明显变化的现象, 在整个图形记忆任务过程中有双侧多个脑区参与, 图形记忆过程以左侧为主, 图形再认过程无明显的半球优势。

3 讨论

大脑的认知过程是纷繁复杂、瞬息万变的, 这就要求研究方法须具有精确的时间分辨率和动态的描述过程, 才能及时捕获认知过程中脑功能的变化轨迹。EEG 是一种直接检查脑功能的方法。现代科学研究显示, 人类大脑是一个复杂的、自组织的非线性动力系统; 非线性动力学分析可以提供线性分析不能获得的、有关神经网络功能的信息。任何认知过程都是大脑复杂的高级神经活动, 需要多个脑区共同参与完成。研究显示, 动态的、短时程的非线性动力学分析方法更适合研究认知过程中大脑功能活动的变化规律^[3-5]。

本实验安静睁眼为基础状态, 此状态的 D_2 地形图显示除左侧颞、枕叶皮质(T_3 、 O_1)脑电信号复杂度稍高外, 多数部位保持相对较低的水平, 这是因为左侧颞、枕叶皮质分别为听觉和视觉中枢。

记忆是人脑高级认知功能的一部分, 在日常生活、学习和工作中起重要作用。记忆分为外显记忆和内隐记忆。外显记忆又称陈述性记忆, 其内容可有意识地回忆出来, 可用语言表达和描述, 其功能有赖于颞叶海马系统的完整性。颞叶海马系统是信息编码和早期储存的结构基础, 此外, 海马还可以将记忆的信息投射到前额叶。本实验的图形记忆过程是对图形信息进行编

码和储存, 图形再认过程是对储存的图形信息的提取, 图形记忆过程 D_2 地形图显示双侧中、后颞叶皮质(T_3 、 T_4 、 T_5 、 T_6)脑电信号增强, 以左侧为主。研究显示, 左前额叶与记忆编码有关, 参与建立有意义的语义联系, 使信息更适于记忆^[6], 本实验图形记忆过程左前额叶皮质(F_3 、 F_7)信号增强与此相吻合。图形再认过程双侧前额叶皮质(F_3 、 F_7)信号增强, 说明双侧前额叶皮质参与了记忆的提取功能。双侧顶叶与空间注意有关, 本实验中 P_3 和 P_4 部位皮质在编码和储存时较提取时信号强, 说明其对图形编码的作用大于提取时的作用, 这与谢晟等^[7]的实验结果一致, 但国外有不同的报道, 可能是由于记忆内容不同所致。

工作记忆属于短时记忆, 包括信息编码、存储和提取过程, 指在完成一系列操作中, 当后一项活动必须参照前一项活动的情况才能进行操作时的一种记忆状态。研究显示, 某些部位的皮质在工作记忆的过程中发挥着重要作用, 其中前额叶皮质的作用最为突出^[8,9]。本实验的图形记忆任务过程是一种工作记忆过程, 记忆任务过程中的双侧前额叶信号增强, 与此相吻合。

总之, 记忆是一种复杂的认知功能, 是许多脑区相互协调、相互配合共同完成的。脑电地形图可以观察记忆过程中随着时间的变化活跃脑区的分布和活跃程度的情况, 脑电非线性动力学分析方法适用于记忆机制的研究, 但目前尚处于起步阶段, 有待于进一步的完善和提高。因此, 揭示记忆神经网络的机制还有赖于多学科的努力与协作。

[参考文献]

- [1] 李心天. 中国人的左右利手分布[J]. 心理学报, 1983, 15: 278.
- [2] Stam CJ, Jelles B, Achtereekte HA, et al. Investigation of EEG non-linearity in dementia and Parkinson's disease[J]. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1995, 95: 309-317.
- [3] 吴东宇, 董为伟. 脑电非线性分析在认知功能研究中的应用[J]. 中华神经科杂志, 2003, 36(5): 335-338.
- [4] Breakspear M, Terry JR. Topographic organization of non-linear interdependence in multichannel human EEG[J]. Neuroimage, 2002, 16: 822-835.
- [5] 陈雪丽, 姚斌, 魏东宁, 等. 脑电非线性分析在心算和定向研究中的应用[J]. 中国康复理论与实践, 2005, 11(12): 978-980.
- [6] Rugg MD. Enhanced: Memories are made of this[J]. Zvi Wirschubsky, 1998, 21(5): 1188-1191.
- [7] 谢晟, 肖江喜, 白静, 等. 正常老年人无意义图形记忆任务的 fMRI 研究[J]. 中国医学影像技术, 2004, 20(4): 571-574.
- [8] 汤慈美. 神经心理学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2001: 40-41.
- [9] Feinberg TE, Farah MJ. Behavioral Neurology and Neuropsychology[M]. New York: McGraw-Hill, 1997: 401-418.

(收稿日期: 2006-01-12)



图 1.7 正常海马颗粒细胞 Bax 蛋白表达
[DAB 染色, 200 ×]



图 1.8 癫痫海马颗粒细胞 Bax 蛋白表达
[DAB 染色, 200 ×]

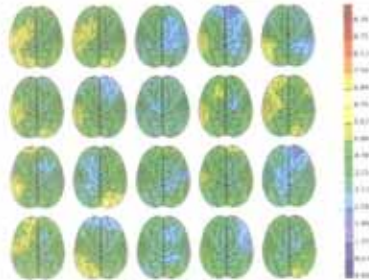


图 2.1 20 名安静静息 D2 地形图

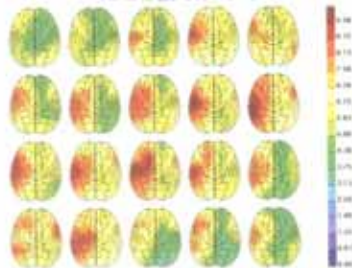


图 2.2 20 名图形记忆过程 D2 地形图

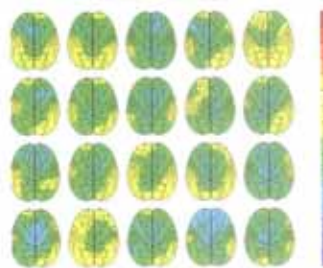


图 2.3 图形再认过程 D2 地形图

注: 图 2.1~图 2.3
为同一受试者在
非随机动态任务状
态下, 不同的颜色值
所代表不同脑区 D2
数值 (0~30), 蓝
色数值对应 1 级,
绿色数值对应 10 级,
地形图方面对
应受试者位置, 每
一个地形图代表 1
4 的受试者数, 随时
可被替换。



图 3.1 正常人位静息曲线