

·临床研究·

脑电非线性分析在意识障碍监测中的应用*

吴东宇¹ 何俊² 杜巨豹¹ 袁英¹ 刘霖¹ 宋为群¹

摘要 目的:探讨意识障碍患者脑电非线性动力学特性的变化规律,应用脑电非线性分析来定量评估其意识障碍程度。**方法:**本研究包含 30 例严重颅脑外伤或卒中的意识障碍患者,所有患者格拉斯哥昏迷评分量表(GCS)评分 ≤ 8 分。依次采集患者安静闭眼、声音刺激和痛觉刺激三种状态下的脑电信号,并计算了三种状态下的脑电信号的关联维数、近似熵和复杂度非线性指数。**结果:**安静闭眼状态下,关联维数、近似熵和复杂度非线性指数分别保持在 2.84、0.53、0.26 的低水平,声音刺激和痛觉刺激与安静闭眼状态相比,脑电非线性指数几乎无变化。**结论:**脑电非线性分析能够实时监测和直接度量意识障碍患者大脑皮质受抑制的程度。脑电非线性指数监测有可能成为一种观察临床促醒措施疗效的新检测手段。

关键词 脑电描记术;非线性动力学;意识障碍

中图分类号:R741.044, R614 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2008)-01-0014-02

Application of EEG nonlinear analysis in monitoring unconsciousness/WU Dongyu, HE Jun, DU Jubao, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2008, 23(1): 14—15

Abstract Objective:To investigate the changes of EEG nonlinear properties in unconscious patients and quantify the degree of unconsciousness with EEG nonlinear dynamics analysis. **Method:**Thirty unconscious patients after severe brain trauma or stroke were involved in the study. All patients' scores with Glasgow Coma Scale (GCS) were below 8. EEG was recorded in all of them under three states: eyes closed, nociceptive stimulus and auditory stimulus. EEG nonlinear indexes such as correlation dimension (D2), approximate entropy (ApEn) and complexity (Cx) were calculated for all subjects. **Result:**Under eyes closed state, D2, ApEn and Cx nonlinear indexes kept at low level (Correspondingly, 2.84, 0.53 and 0.26). States under nociceptive stimulus and auditory stimulus had no significant difference compared with eyes closed state. **Conclusion:**With EEG nonlinear dynamics analysis, the degree of suppression of brain cortex in unconscious patients could be directly measured and real-time monitored. Monitor of EEG nonlinear indexes might be a new technique that could inspect the clinical efficacy of different awakening methods.

Author's address Xuanwu Hospital of Capital Medical University, Beijing, 100053

Key words electroencephalography, nonlinear dynamics, unconsciousness

意识及意识障碍的研究一直是脑科学研究的热点和难点。临床上对于意识障碍程度和预后判定主要依赖量表及临床经验,有很强的主观性和不可预测性。另外,通过客观检查研究意识障碍患者的脑机制也还很缺乏。脑电图是一种直接检查脑功能状态的方法。目前研究表明,脑电信号起源于一个高度的非线性系统;脑电活动具有确定性混沌特性。脑电非线性分析能提供大脑认知功能活动变化轨迹等情况,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^[1-2];非线性指数能够实时监测全麻过程脑电活动的变化,准确反映麻醉深度变化情况^[3];能够提供更多有关麻醉状态下意识和记忆的信息^[4]。

本研究将探讨意识障碍患者非线性动力学特性的变化规律,应用脑电非线性指数来定量评估其意识障碍程度。

1 资料与方法

1.1 研究对象

研究对象为 2005—2007 年首都医科大学宣武医院康复科住院的意识障碍患者,30 例,年龄在 13—56 岁,平均 37.6 ± 18.5 岁;男 18 例,女 12 例;平均病程 72.2 ± 47.1 d;格拉斯哥昏迷评分量表(GCS)评分 ≤ 8 分,平均 6.17 ± 1.17 分。病因为脑出血 12 例,脑梗死 1 例,颅脑外伤 17 例。所有患者均符合:能或不能睁眼;有或无睡眠-觉醒周期;无指令运动;无自己或环境的觉醒;无交流能力;无痛觉定位。

1.2 方法

* 基金项目:国家自然科学基金资助课题(30600186)

1 首都医科大学宣武医院康复科,北京,100053

2 西南科技大学信息工程学院

作者简介:吴东宇,男,博士后

收稿日期:2007-4-17

脑电放大器采用 ZN16E 型无线高频脑电信号放大器。放大器通频带为 0.3—100Hz, 采样率为 500Hz, 模/数转换位数 12 位。按照国际标准导联 10—20 系统安放和记录 16 导脑电信号, 以双耳垂为参考。依次采集患者安静闭眼、声音刺激和痛觉刺激三种状态下的脑电信号。其中, 声音刺激采用经过筛选的汉语词汇(如国家、民众、追求等); 痛觉刺激采用针刺下肢。

1.3 数据分析

我们用关联维数^[1](correlation dimension, D2)、近似熵^[5](approximate Entropy, ApEn) 和复杂度^[6](complexity, Cx)非线性指数对三种状态下记录的脑电信号进行了分析。

D2 是描述混沌自由度信息的参数, 反映了动力学过程的复杂性。ApEn 是描述信号复杂性和规律性的方法; 它通过对以前数值的了解, 来量化未来数值可预测性。Cx: 一般来说, 一件事物的复杂性可以用描述这件事物所用的计算机语言的长度来衡量, 描述这件事物所用的计算机语言的长度越长, 复杂度越高。D2、ApEn 和 Cx 越高, 表示所测 EEG 信号越复杂, 反之亦然。

数据选择: 1min 无伪迹连续脑电片段。

1.4 统计学分析

单变量方差分析采用 SPSS 10.0 统计软件包进行处理。

2 结果

意识障碍患者不同状态下脑电信号非线性特性变化情况; 结果见表 1。从表 1 可见, 该组意识障碍患者在三种状态下, 脑电非线性指数保持稳定, D2、ApEn 和 Cx 非线性指数分别保持在 2.80、0.53 和 0.25 水平, 并且变异程度较低。

影响脑电非线性指数的因素: 我们对脑电非线性指数的影响因素做了单变量方差分析, 以状态(安静闭眼、声音刺激和痛觉刺激三种状态)、部位(脑电不同部位)作为固定变量, 见表 2。从测试结果可以看出, 该组患者三种状态间和脑电不同部位未存在显著性差异。

表 1 30 例意识障碍患者 D2、ApEn 和 Cx 结果 ($\bar{x} \pm s$)

阶段	关联维数(D2)	近似熵(ApEn)	复杂度(Cx)
安静闭眼	2.84±0.39	0.53±0.10	0.26±0.04
声音刺激	2.76±0.40	0.53±0.09	0.25±0.05
痛觉刺激	2.89±0.38	0.54±0.09	0.25±0.04

表 2 D2、ApEn 和 Cx 非线性指数的方差分析结果

效应	D2		ApEn		Cx	
	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
状态	0.87	0.46	0.18	0.91	0.19	0.91
部位	0.41	0.53	0.04	0.84	0.00	1.00

3 讨论

临床评价意识状况及其严重程度方法很多。目前比较常用的 GCS, 通过检查眼睛、言语和运动三方面刺激所引起的反应进行综合评价; 此方法与病情变化的相关性较好, 简单易行, 但有时对病情变化不敏感, 不能确切反映临床实际情况(如失语等)或失之笼统。另外, 任何一种心理测试手段也只是根据外部行为表现或结果去推断人脑的高级心理活动, 故往往带有一定主观性。

脑电信号包含了大量关于大脑皮质网络层次的信息, 特别是局部神经元网络的同步程度, 以及相隔较远的大脑皮质网络的耦联情况; 脑电信号中包含了丰富的、与意识认知相关的信息。另外, 大脑皮质是意识的效应体现“终端”, 即患者意识恢复与否及受抑制程度均是通过大脑皮质的功能活动来体现的。目前, 意识障碍患者的脑电图表现很复杂, 差异很大, 脑电图的分级分类亦多有不同(常见的构型有广泛性慢波、 α 昏迷、纺锤波昏迷、 β 昏迷、 θ 昏迷、三相波、周期波等)。临床常用的脑电图分析方法只利用原始脑电的一部分信息来进行分析, 未能将全部脑电信息进行分析, 势必会丢失脑电信息, 以至于可能影响脑意识及认知功能的分析。脑电非线性分析对自发原始脑电信号进行直接测量, 通过度量皮质神经网络信息耦联及交流情况, 反映意识程度。脑电非线性分析能够反映不同程度的意识水平, 对不同程度意识水平及麻醉深度进行客观度量; 动态反映和监测脑损伤患者意识的变化情况^[3-4, 7-9]。

由我们的前期结果可见, 正常人安静闭眼时 D2、ApEn 和 Cx 非线性指数分别为: 3.95 ± 0.63 , 0.87 ± 0.12 , 0.58 ± 0.08 ^[1, 7]; 本组意识障碍患者脑电非线性指数明显低于正常人且比较稳定。这说明脑电非线性指数可以有效地度量患者意识障碍的程度。正常人在声音和视觉刺激状态下, 脑电非线性指数明显升高^[1]; 在进行痛觉刺激时非线性指数较安静闭眼也明显升高。本组患者 GCS 评分均低于 8 分, 从临床表现来看, 多属于重度颅脑损害; 声音、痛觉等传统促醒手段难以引起皮质的反应, 故声音刺激和痛觉刺激与安静闭眼状态相比, 脑电非线性指数几乎无变化。并且, 不同脑电部位之间也无明显差异, 反映该组患者大脑皮质处于全面抑制状态。从这个角度讲, 脑电非线性指数可用于各种临床促醒措施的疗效观察。

总之, 脑电非线性分析能够直接度量意识障碍患者大脑皮质受抑制的程度, 实时监测其变化, 为该

(下转 18 页)