

不同视觉刺激模式对视觉诱发电位的影响*

何庆华¹ 吴宝明¹ 王 禾¹ 钟 渝¹ 伍亚舟¹ 石 锐² 程光辉²

摘要 目的:通过视觉诱发电位探索适合的脑机接口视觉刺激模式。**方法:**采用 Active One 生理信号测量系统和双计算机构建实验系统。利用 VC++ 语言编程,设计多种视觉刺激模式:模块闪烁方式、模块背景图案变化方式、模块字符变化方式。采用累加平均和小波滤波方法提取视觉诱发电位。**结果:**可以检测到多种视觉刺激模式引发的视觉诱发电位信号,不同刺激模式引发的诱发电位波形及诱出率存在差别。**结论:**模块闪烁、刺激模块棋盘格翻转、条纹变化、字符跳动等视觉刺激模式能引发波形幅度较大,易识别的视觉诱发电位信号,适用于脑机接口。在脑机接口应用中应提供多种视觉刺激模式供使用者选择。

关键词 脑-计算机接口;视觉诱发电位;视觉刺激

中图分类号:R496 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2007)-02-0144-03

Effects of different visual stimulation patterns on visual evoked potentials/HE Qinghua, WU Baoming, WANG He, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2007, 22(2): 144—146

Abstract Objective: To explore the suitable visual stimulation patterns for brain-computer interface. **Method:** The experimental system was established with the Active One physiological signal measurement system and two computers. Different visual stimulation patterns were designed through visual C++ programming: block flickering; change of the block background image; change of the character on the block. Visual evoked potentials were derived using averaging method and wavelet filtering. **Result:** Visual evoked potentials corresponding to several different stimulation patterns were detected. There are differences in the waveform and VEP detection rate due to different stimulation pattern. **Conclusion:** Block flickering, checkerboard flipping, stripes alternating and character moving are suitable visual stimulation patterns for brain-computer interface which can induce bigger and recognizable visual evoked potentials. There should be multiple patterns for user to choose in brain-computer interface application.

Author's address State Key Laboratory of Trauma, Burns and Combined Injury, Dept. 5, Institute of Surgery Research, Daping Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400042

Key words brain-computer interface; visual evoked potential; visual stimulation

脑-计算机接口(brain-computer interface, BCI)简称脑机接口,是不依赖于大脑的正常输出通道(外周神经及肌肉)的通讯控制系统。脑机接口在大脑与计算机或其他设备之间建立了一种新的通讯途径,有望帮助思维正常但存在严重运动障碍的患者,如脑卒中患者、肌萎缩性脊髓侧索硬化患者、四肢瘫痪患者与外界进行交流及环境控制,在康复工程领域有重要的应用价值,已成为康复工程及生物医学工程国内外研究热点^[1-5]。

用于实现脑机接口的脑电信号很多,如 P300、皮层慢电位、视觉诱发电位、运动想象电位等。视觉诱发电位(visual evoked potential, VEP)具有比较稳定的波形特征,与视觉刺激存在一一对应关系,比较容易检测,适用于脑机接口研究^[6-7]。研究适合的视觉刺激模式是基于视觉诱发脑电脑机接口研究的重要内容之一。适合的视觉刺激模式能引起有效的视觉诱发电位,而且能够让受试者比较容易接受。

1 实验方法

1.1 实验系统

实验系统由 Active One 生理信号测量系统和双计算机构成。Active One 生理信号测量系统是荷兰 Biosemi 公司研制的一个 32 道生理信号测量系统,其放大器具有高输入阻抗,低噪声和高共模抑制比等特点,采用光纤进行数据传输,专用的电极帽便于较好地固定脑电电极,能满足视觉诱发电位检测的实验要求。一台计算机负责信号采集处理,另一台计算机作为视觉刺激器,通过计算机编程序,在计算机屏幕上呈现一定模式的视觉刺激。视觉刺激器的

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(30300418);重庆市自然科学基金资助项目(CSTC.2005BB2187)

1 第三军医大学大坪医院野战外科研究所第五研究室,创伤、烧伤与复合伤国家重点实验室,重庆,400042

2 重庆大学计算机学院

作者简介:何庆华,女,博士,副研究员

收稿日期:2006-06-12

同步输出端口(计算机并口)与采集系统的外触发输入端口相连。

1.2 视觉刺激模式设计

利用 VisualC++6 语言编程,在 Windows 下设计多种视觉刺激模式。在基于视觉诱发电位的脑机接口中,视觉刺激模块是屏幕上闪烁或变化的方块,在小块上标有数字或符号,用来表示脑机接口的选择与控制信息^[8]。为了检测不同的视觉刺激模式是否能引起有效的视觉诱发电位,实验采用单一刺激模块,刺激模块位于屏幕中央,模块大小为 4cm×4cm。刺激周期、刺激次数等参数可调。以下是几种不同的刺激模式:①刺激模块闪烁方式(背景黑白颜色交替变化)。②刺激模块背景图案变化方式:竖条左右移动;横条竖条交错显示;左右斜纹条交错显示;直网格与斜网格交错显示;棋盘格翻转(包括 1×4,2×2,3×3,4×4 的棋盘格)。③刺激模块背景不变,模块字符变化:字符跳动;字符颜色交替变化。

1.3 实验方法

受试者坐于刺激屏幕前,双眼距离屏幕 70cm 左右,戴好电极帽,检测电极置于枕部 Oz,参考电极置于头顶 Cz,DRL 电极置于前额。刺激实验开始,启动刺激程序,实验时受试者双眼注视刺激模块,每种模式重复刺激 40 次,两种不同的刺激模式试验间隔 30s,记录并保存实验数据,采样频率为 512Hz。编写相关的数据读取与分析程序,对实验数据进行分析处理。

1.4 信号处理

由于视觉诱发电位属于微弱电信号,通常淹没于噪声中,从原始脑电难以分辨出视觉诱发电位信号,必须进行滤波处理。首先对数据进行累加平均处理,在此基础上,采用小波滤波提取诱发电位信号。对信号进行小波分解,选用 2—16Hz 频段的小波分解细节信号来重构 VEP 波形。

1.5 实验对象

实验对象为健康受试者,男 8 例,女 3 例,年龄 21—43 岁。受试者视力或矫正视力正常。

1.6 统计学分析

对不同视觉刺激模式诱发电位检测结果进行统计学分析,采用 SPSS13.0 软件进行 χ^2 检验。

2 结果

可以检测到多种视觉刺激模式引发的视觉诱发电位信号。不同刺激模式引发的诱发电位波形及诱出率存在差别。图 1—3 所示的波形是累加平均 20 次后,再采用小波滤波得到的视觉诱发电位波形。图

中横坐标表示时间,单位为采样点数(采样频率=512Hz),纵坐标表示幅度,单位为 μV 。

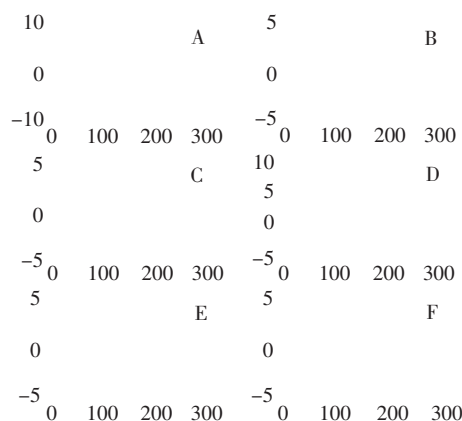


图 1 6 种不同刺激模式的视觉诱发电位
A:模块闪烁;B:字符 A 向上跳动;C:竖条左右移动;D:左右斜纹条交错显示;E:横条竖条交错显示;F:直网格与斜网格交错显示

图 1 6 种不同刺激模式的视觉诱发电位

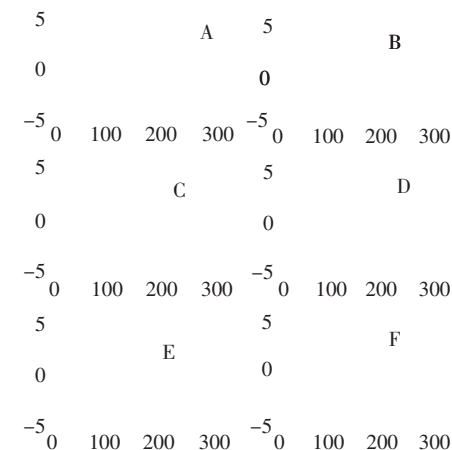


图 2 字符变化引起的视觉诱发电位
A:A 红绿变化;B:A 向上跳动;C:A 向左跳动;D:A 向下跳动;E:A 向右跳动;F:1 向上跳动

图 2 字符变化引起的视觉诱发电位

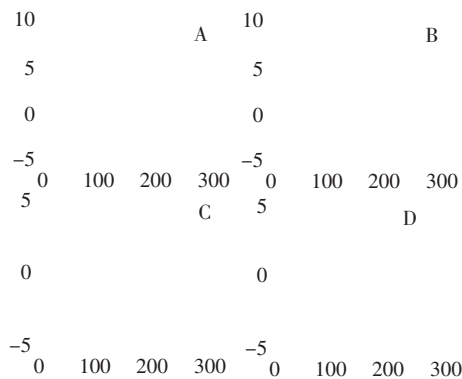


图 3 棋盘格翻转引起的视觉诱发电位
A: 1×4; B: 2×2; C: 3×3; D: 4×4

图 3 棋盘格翻转引起的视觉诱发电位

可见,不同视觉刺激模式引发的诱发电位波形存在差别。模块闪烁所诱发 VEP 波形幅度大,易识别,受干扰影响较小。不同空间分辨率刺激模块棋盘格翻转引起的视觉诱发电位,波形幅度较大,在一个刺激周期内有明显的双峰,易识别。对于模块背景图

案变化刺激模式不同受试者的诱发电位波形有所不同。字符跳动刺激模式(字符往不同方向跳动,再回到原位)VEP波形幅度较大,呈多峰状。字符颜色红绿交替变化刺激模式的VEP,波形幅度较小。不同视觉刺激模式的视觉诱发电位诱出率有所不同(表1),经 χ^2 检验, $P<0.01$,表明8种不同刺激模式的视觉诱发电位诱出率总体上存在差异。

表1 不同视觉刺激模式的视觉诱发电位检测结果

刺激模式	检出(例)	未检出(例)	诱出率(%)
模块闪烁	11	0	100
棋盘格翻转	11	0	100
字符A跳动	8	3	72.7
竖条左右移动	7	4	63.3
横条竖条交错显示	7	4	63.3
左右斜纹条交错显示	4	7	36.4
直网格与斜网格交错显示	3	8	27.3
字符颜色红绿交替变化	1	10	9.1

3 讨论

结果表明,不同刺激模式引起的视觉诱发电位波形及幅度有所不同,因为不同类型的模式刺激诱发出的VEP各自有不同的视网膜及视皮层起源^[9]。由于生理因素(年龄、性别、视敏度、注意力集中程度等)的影响,不同受试者的视觉诱发电位波形存在差异。基于视觉诱发电位的脑机接口是依据检测出的视觉诱发电位来判定使用者所注视的目标,因此适合脑机接口视觉刺激模式的条件是该刺激模式可以诱发出幅度较大、容易识别的视觉诱发电位,这样有助于提高视觉诱发电位的正确识别率,从而提高脑机接口控制正确率。另一方面,视觉刺激器也是脑机接口人机界面,刺激模式应尽可能让使用者容易接受。

刺激模块闪烁方式是脑机接口最常用的刺激模式,模块背景黑白变化,刺激强度较大,VEP诱出率高,但有少数受试者感觉这种刺激模式引起眼部不适,长时间刺激比较容易引起疲劳。实验表明,模块背景颜色交替变化也能引发较大的视觉诱发电位,同样适用于脑机接口视觉刺激。

字符颜色交替变化刺激模式,刺激量较小,VEP诱出率低,不适合脑机接口。字符跳动刺激模式也可

适用于脑机接口研究,但应注意不同形状的字符跳动引起的诱发电位响应有差异。字符形状、大小、跳动距离与视觉诱发电位的关系还有待进一步研究。

4 结论

除了模块闪烁模式外,刺激模块棋盘格翻转、条纹变化、字符跳动等视觉刺激模式能引发波形幅度较大,易识别的视觉诱发电位信号,适用于脑机接口视觉刺激。由于对不同的刺激模式的视觉诱发电位响应及感受存在个体差异,建议首先通过多模式视觉刺激诱发电位实验,检测受试者适合的视觉刺激模式。在脑机接口应用中,应提供多种视觉刺激模式供使用者选择,可以考虑不同的应用界面采用不同的刺激模式,或者同一界面多刺激模式复合使用,避免单一刺激模式,尽可能减少视觉疲劳。

参考文献

- [1] Wolpaw J R, Birbaumer N, Heetderks W J, et al. Brain-computer interface technology: a review of the first international meeting[J]. IEEE Trans Rehab Eng, 2000, 8(2):164—173.
- [2] Ingrid Wickelgren. Tapping the Mind [J]. Science, 2003, 299: 496—499.
- [3] Ingrid Wickelgren. Brain-computer interface adds a new dimension[J]. Science, 2004, 306: 1878—1879.
- [4] Nicolelis MA. Brain-machine interface to restore motor function and probe neural circuits [J]. Nature Reviews Neuroscience, 2003, 4(5):417—422.
- [5] Serby H, Yom-Tov E, Inbar GF. An improved P300-based brain-computer interface[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2005, 13(1): 89—90.
- [6] Middendorf M, McMillan G, Calhoun G, et al. Brain-computer interfaces based on the steady-state visual-evoked response[J]. IEEE Trans Rehab Eng, 2000, 8(2):211—214.
- [7] Cheng M, Gao X R, Gao S K. Design and implementation of a brain-computer interface with high transfer rates[J]. IEEE Trans BME, 2002, 49(10):1181—1186.
- [8] 何庆华, 吴宝明, 王禾, 等. 脑机接口视觉刺激器的研究[J]. 中国临床康复, 2004, 8(11): 2060—2061.
- [9] 潘映辐. 临床诱发电位学[M]. 第2版. 北京: 人民卫生出版社, 2000.424.