论著

文章编号:1000-5404(2009)15-1508-03

眼动仪与眼电图检查正常人扫视运动的比较研究

刘 慧[1],阴正勤[1],姚军平[2],台 正[1],余延基[1],杨 红[1] ([1]第三军医大学西南医院全军眼科中心,重庆 400038;[2]武汉科技大学附属天佑医院眼科,武汉 430000)

摘 要:目的 评价我科自主设计的数字化眼动仪在眼球运动测量中是否存在优越性。**方法** 将眼动仪与眼电图(electrooculogram, EOG)同步记录14例正常成年人各偏转角(±5°, ±10°, ±15°, ±20°)15 s内眼球扫视运动波形并进行比较分析。**结果** EOG波形为锯齿波,而眼动仪记录波形为矩形波。2种方法数据分析单元的平均值均随偏转角绝对值的增加而增大,呈"V形"曲线。同一偏转角下,眼动仪组的幅值变异系数小于EOG组且差异显著($P<0.05$, $P<0.01$)。不同偏转角眼动仪、EOG数据分析单元变异系数相差显著($P<0.01$),眼动仪组数据分析单元的变异系数小于EOG组。**结论** 在相同条件下,眼动仪记录正常成年人扫视运动更精确,变异程度、个体差异均较EOG小。

关键词: 眼动仪;眼电图;扫视

中图法分类号: R197.39; R339.14; R770.43 **文献标识码:** A

Comparison between an eye tracker and EOG in recording saccades

LIU Hui[1], YIN Zheng-qin[1], YAO Jun-ping[2], TAI Zheng[1], YU Yan-ji[1], Yang Hong[1] ([1]Department of Ophthalmology, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400038; [2]Department of Ophthalmology, Tianyou Hospital, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430000, China)

Abstract: Objective To evaluate the advantages of self-designed eye tracker in recording the eye movements. **Methods** After recording of the saccades of 14 normal subjects at each deflection angle (5, 10, 15, 20) simultaneously and concurrently for 15 s by an eye tracker and electrooculogram (EOG), the data were then compared and analyzed. **Results** Sawtooth-like waveform was found in EOG but square-like waveform in the eye tracker. The mean value of data analysis unit in both methods rose with the increases in the absolute value of deflection angle like V. Coefficient of variations in amplitude at each deflection angle was significantly lower in the eye tracker than that in EOG ($P<0.01$ except at -10 , $P<0.05$). Coefficient of variations in data analyzing unit was significantly lower in the eye tracker than that in EOG ($P<0.01$). **Conclusion** Under the same condition, an eye tracker for recording saccades in normal subjects is less variable and more precise as compared with EOG. The individual variation in the record by eye tracker is less than that by EOG.

Key words: eye tracker; electrooclogram; saccade

眼球运动障碍是许多眼科和神经科疾病的常见征象,如先天性眼球震颤,儿童眼肌发育异常,颅内病变所致的眼球运动障碍等。准确、客观地检测眼球运动对于眼球运动障碍的病因、定位诊断均有重要的价值。目前国内外大多数医疗机构用眼电图(electrooculogram, EOG)来记录眼球运动。此方法记录的是眼球前后极间的电位差,反映的只是眼球位置的相对变化。而由于电极安放在皮肤上,皮肤电阻会受到皮肤角质、皮脂等因素以及肌电的影响,造成电信号不稳定。然而,眼动测试技术起步较晚。随着红外技术和电子技术的高度发展,以及20世纪末高性能摄像机的出现和图像处理技术的进步,才陆续出现了一些比较实用和较高精度的设备,如Eyelink Ⅱ型眼动仪、普金野眼动仪等[1]。但这些设备存在规模大、资金投入多,检查费用高等问题,不利于临床普及。因此,我们自行设计了数字化眼动仪系统,试图在眼动仪的临床应用方面寻找突破口。本研究在对本中心自主设计的眼动仪样机进行调试和改进后,将其与EOG同步记录正常人扫视运动情况,分析和比较二者记录的波形,判断数字化眼动仪在眼球运动测量中是否存在优越性,为探索该

作者简介: 刘 慧,女,四川省成都市人,硕士,医师,主要从事眼运动及弱视方面的研究。电话:(023)68754401,E-mail: qinzyin@yahoo.com.cn

通信作者: 阴正勤,电话:(023)68754401,E-mail:qinzyin@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-10-29;**修回日期:** 2008-12-31

数字化眼动仪应用于临床检查提供实验基础。

1　资料与方法

1.1　系统原理及结构

数字化眼动仪系统其基本原理为利用眼睛各部分对红外光反射特性各异的特点,用对红外敏感的光电传感器将眼部的反射光图转换成相应的视频电视信号,经过信号处理或图像处理就能得到眼球在垂直和水平方向的二维位置信号。将此信号通过计算机提取出眼睛的位置信息并对眼球位置信号和相应的多场进行实时叠加和处理,从而达到记录视觉运动过程的目的。

1.1.1　硬件部分　　包括:①刺激器:LED 弧形面板;②CCD 摄像头:采用日本东芝 TELI 摄像头 CS8620Ci;③图像采集卡:大恒图像公司研制的 DH-CG400 采集卡(在 768 × 288 分辨率下采样频率为 50 Fps);电脑主机及显示器;辅助红外照明装置。

1.1.2　软件部分　　采集眼球运动图像后,采用专用芯片(实时数据处理)或图像分析软件处理(后期数据处理)图像运动数据,具有初始界面、受试者信息管理及操作界面。

1.2　对象

受试对象为 14 例正常成年人(在第三军医大学学员旅一队、七队中筛选),男性,年龄 18 ~ 19 岁。正常人标准为无视觉系统疾病史,色觉正常,无长期服用氯喹、消炎痛及醋氮酰胺等药物史,无色盲等遗传性家族病史[2,3],双眼裸眼视力均≥1.0,近视力 1.0;眼位、眼球运动、眼压及裂隙灯和眼底检查均未见异常。

1.3　检查方法

用 75% 酒精清洁前额正中、双眼内外眦部皮肤(约 1.5 cm^2 面积),前额部置参考电极。目的是擦掉皮肤上的油脂、污物及皮肤碎屑,消除电极伪迹,防止基线漂移[4]。然后将涂有导电膏的电极放置在上述皮肤已清洁的位置,用医用胶布予以固定。将导线接至 IPS-2000 电生理仪(重庆康华公司生产)放大器接口。受检者将下颌放于可调下颌架上,调整下颌架或升降台高度,使受检者双眼与 LED 灯在同一水平面,整个检查过程中头部固定不动。

在室内适应 10 min,嘱受检者注视弧形面板上的 LED 灯,当听到电生理仪 EOG 程序开始提示音“滴”响时,按下眼动仪软件操作界面的“AV Rec”按钮,同步记录 15 s 内 ±5°、±10°、±15°、±20°(LED 弧形面板左侧为正,右侧为负)各偏转角眼球扫视运动情况,眼跳动节律为 1 次/s。

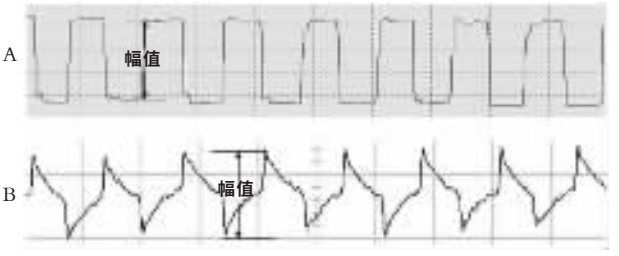
1.4　结果分析

在每次记录的 15sEOG 波形中测量所有上升支的幅值[单位:微伏(μV)];而在眼动仪波形中,以“平台”的相对高度(图 1B)为眼球扫视运动幅值[单位:像素(pixel)],测量每次记录即 15 s 内的所有幅值。计算 2 种方法记录 15 s 内眼球扫视运动幅值的均值($\bar{x}$)、标准差(s),及其变异系数(coefficient of variation, CV)为 $CV=\frac{s}{\bar{x}}$,并定义幅值均值($\bar{x}$)为数据分析单元。数据分析单元的变异系数计算方法同幅值变异系数。应用 SPSS 11.0 对 2 种方法记录的幅值变异系数和数据分析单元的变异系数进行配对 t 检验。

2　结果

2.1　正常成年人扫视运动眼动仪、EOG 波形分析

试验显示 2 种方法记录的波形不同(图 1)。EOG 波形表现为锯齿波,而眼动仪记录波形为矩形波,考虑为与 2 种方法的记录原理不同有关。在 EOG 波形中,当眼球向两侧转动时,两电极间的电位有一明显的阶跃,其峰值与眼转动角度有关。当侧视目标点的时间足够长,EOG 波形从峰值点向基线回落。而在眼动仪记录的波形中,当眼球扫视到某一角度时有短暂停留,此时眼球基本保持在原位,故波形中出现“平台”,整个波形表现为矩形波。



A:眼动仪记录波形;B:EOG 记录波形

图 1　正常成年人扫视运动记录波形

计算 ±5°, ±10°, ±15°, ±20°各偏转角正常成年人眼球扫视运动时,眼动仪、EOG 同步记录波形中幅值数据分析单元的平均值和标准差(表 1),可见 2 种方法数据分析单元的平均值均随偏转角绝对值的增加而增大,呈“V 形”曲线。

表 1　各偏转角眼动仪、EOG 幅值数据分析结果($n=14$, $\bar{x}\pm s$)

运动范围	EOG 测量幅值(uv)	眼动仪测量幅值(pixel)
-20°	508.716 ± 114.728	96.281 ± 7.932
-15°	399.541 ± 95.392	71.270 ± 4.211
-10°	289.128 ± 80.597	48.688 ± 2.871
-5°	140.298 ± 20.954	25.379 ± 2.047
5°	138.061 ± 22.347	25.304 ± 2.882
10°	282.614 ± 60.106	48.861 ± 4.241
15°	439.412 ± 90.119	74.130 ± 4.619
20°	581.709 ± 120.756	98.560 ± 6.964

2.2　正常成年人扫视运动眼动仪、EOG 幅值变异系数比较

计算同一偏转角时,各受检者 15 s 内眼动仪、EOG 幅值的变异系数,将结果进行比较。统计学配对 t 检验显示,同一偏转角 2 组变异系数相差显著[-10°偏转角($P<0.05$),其余偏转角($P<0.01$)],眼动仪组的变异系数小于 EOG 组。结果表明在相同条件下,眼动仪测量结果更精确,变异程度小。再分别计算各偏转角(±5°, ±10°, ±15°, ±20°),眼动仪、EOG 记录数据分析单元的变异系数(表 2)。将各偏转角 2 种方法的变异系数,相差显著($t=6.819$, $P<0.01$),眼动仪数据分析单元的变异系数小于 EOG。结果表明眼动仪记录正常成年人扫视运动的个体差异小于 EOG。

表2 不同偏转角下眼动仪、EOG 幅值数据分析单元变异系数($n=14$)

偏转角	眼动仪变异系数	EOG 变异系数
-20°	0.082	0.226
-15°	0.059	0.239
-10°	0.059	0.279
-5°	0.081	0.149
5°	0.114	0.162
10°	0.089	0.213
15°	0.205	0.062
20°	0.071	0.208

3 讨论

EOG 是应用较广泛的一种眼球运动测量方法[5]。在常规的眼科检查中常被用于检测视网膜色素上皮-光感受器复合体的功能。EOG 信号容易采集,有较高的信噪比。其原理为眼球在正常情况下由于视网膜代谢水平较高,眼球后部的视网膜与前部角膜之间存在着静止电压。因此,水平电极可检测随水平眼动而出现的电位变化。同理,置于眼球上、下的电极可检测随垂直眼动而出现的电位变化[6]。此方法大约可以有效的辨识出3°左右的眼球水平偏转角度,及5°左右的眼球垂直偏转角度[7]。

在本试验中,我们采用眼动仪和 EOG 对正常成年人不同偏转角扫视运动进行同步记录,对记录的波形进行分析和比较,显示:①在相同条件下,眼动仪测量结果变异程度小;②眼动仪记录结果的个体差异小于 EOG 记录结果。上述差异主要是由两种检查方法的自身特点所决定的。

在实际操作中,EOG 信号易受眼外肌干扰及眼睑影响(如眨眼)。脑电信号、肌电信号以及皮肤电压反应信号也将影响测量的准确性。此外,该方法必须将电极贴在皮肤上,由于皮肤电阻会因角质的不断产生而逐渐改变,造成电讯号的不稳定,不适合长时间的配戴使用。另外,眼静息电位向眼周扩散现象的存在也将对 EOG 测量结果产生影响[7]。在实验过程中,我们也观察到当单眼出现眨眼,对侧眼波形幅度也有所下降,说明肌电也存在扩散现象。此外,EOG 属于生物医学信号的一种,这类信号包括脑电图、心电图、视网膜电图等,往往个体差异大,而且受周围环境、年龄、体重、精神和生理状态的影响[8]。近40年来的研究表明,对 EOG 系统进行定标存在难度,因为眼球作为偶极子其电位差并不恒定[9]。这也解释了我们在研究中发现的 EOG 个体差异大的现象。

而红外视频眼动仪则是通过对运动图像进行瞳孔图像分割,而后获取瞳孔图像的一个定点在定坐标系下的坐标值,从而实现对眼球的运动轨迹的记录。该方法为非接触式测量,与其他方法相比使用更安全、方便。以电磁感应环为眼动信号拾取方式的眼动仪,其特点是信号拾取的实时性高,因在眼球上贴线圈,受试者不易接受。同时,接触式信号拾取方式已影响了眼球运动的物理特征。而采用红外视频眼动仪则能够有效地改善和克服上述缺陷,使得实验时间延长至30 min 以上[10,11]。我们的研究还发现眼动仪较 EOG 操作方便,结果重复性好,变异程度小,说明其记录眼球运动更精确,精度高,已逐渐替代 EOG,成为眼动测量设备的主流产品[12]。

因能客观而准确地记录眼球运动,眼动仪成为分析眼球运动规律并获取相关参数必不可少的工具,并广泛地应用于眼球运动基础研究和一些临床疾病的诊断和疗效判定中。该技术正朝着多用途发展,尤其联合其他技术,如高分辨率的结构 MRI、fMRI 等,将提高眼球运动检查能力,并控制眼球位置及监测眼球运动。因此今后眼动记录技术的应用范围将进一步延伸到神经内科、耳鼻喉科、放射科等临床学科领域,其结果对临床医师的诊疗工作具有重要的参考价值。

参考文献:

[1] 闫国利,田宏杰. 眼动记录技术与方法综述[J]. 应用心理学,2004,10(2):55-58.

[2] 陈 梅, 赵权刚, 朱淑敏. 64 例正常成人视觉眼电图研究[J]. 中原医刊, 2004, 31(9):21-22.

[3] 朱 丹,郭静秋,蔡浩然. 正常儿童的视觉眼电图[J]. 中国斜视与小儿眼科杂志,1999,7(2):71-73.

[4] 杨晓慧,杨景存,曹木荣. 提高先天性眼震手术量化的精确度:眼震图程序的改进及其对手术的指导意义[J]. 眼外伤职业眼病杂志, 2003, 25(9): 603-605.

[5] Arzi M, Laissard G, Prablanc C. A self calibration method using a soft clustering procedure for eye movement recordings[J]. J Neurosci Methods, 1998, 80(1): 1-11.

[6] 张 霖, 王行愚, 姚晓东, 等. 眼球运动相关 EOG 信号的波形分析与特征提取[J]. 上海生物医学工程, 2003, 24(3):19-22.

[7] 谢瑞满. 实用神经眼科学[M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 2004: 251-252.

[8] 周 波, 沈 勤, 李海生. 眼静息电位向眼周的扩散现象和临床应用[J]. 眼科新进展, 2002, 22(3):187-188.

[9] Guven A, Kara S. Classification of electro-oculogram signals using artificial neural network[J]. Expert Systems with Applications, 2006, 31(1):199-205.

[10] Arden G B, Constable P A. The electro-oculogram[J]. Prog Retin Eye Res, 2006, 25(2):207-248.

[11] Stahl J S, van-Alphen A M, De-Zeeuw C I. A comparison of video and magnetic search coil recordings of mouse eye movements[J]. J Neurosci Methods, 2000, 99(1-2):101-110.

[12] Kim S C, Kim D W, Nam K C, *et al*. Minimization of influence by the upper eyelid droop in measuring 3-D eye movement[J]. IEEE EMBS/BMES, 2002, 2:1080-1081.

(编辑 王 红)