

수평 Saccadic 안구운동의 스펙트럼 분석에 관한 연구

김 남 균

= Abstract =

Spectral Analysis of the Horizontal Saccadic Eye Movement

Nam Gyun Kim

In the present study, an attempt is presented to define the power spectrum of the saccades recorded in man by using bitemporal EOG. In this study, it was found that the estimated bandwidth of the spectrum of the saccades decreases for increasing saccade amplitude. This study could show a reference value about the minimum bandwidth needed to correctly measure even small saccades by bitemporal EOG. It also showed that EOG method is not appropriate to measure microsaccade.

1. 서 론

Saccadic 안구운동은 일반적으로 시계안으로 한 시표로부터 다른시표까지 아주 빠르게 움직이는 눈의 동작을 말하는데 이러한 동작의 특성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 이유는 이러한 동작을 발생시키는 신경계의 기초의학 연구자료 및 임상에서의 질병진단에 유용한 정보를 제공해 주기 때문이다. Saccadic 안구운동의 특성을 분석하는데 있어서 고려해야 할 사항은 자극, 기록, 분석방법

등을 말할 수 있지만 가장 중요한 작업 중의 하나는 Saccadic 안구운동을 먼저 얼마나 정확하게 측정하느냐가 문제인데 정확하게 측정하는데 필요한 주파수대역폭(bandwidth)의 정의는 여전히 논란의 대상이 되고 있다. 만약 주파수 대역폭의 정확한 정의가 없이 측정시스템이 필요한 정보를 정확하게 제공할 정도의 충분한 주파수응답을 갖지 않는다면 Saccadic 안구운동의 변위나 속도성분이 감소되거나 손실되게 되며 그결과 질병진단이나 기초의학 연구에 부정확한 자료를 제공하게 된다. 실제로 인간의 Saccadic 안구운동에 대한 대역폭이 D.C 10-100Hz 또는 그 이상으로 기존의 연구에 의해서 보고 되고 있는데 이렇게 서로 다른 값을 제시하는 이유는 적어도 부분적으로는 측정방법이나 서로 다른 연구자의 주관에 의한 변위, 방향 그리고 Saccadic의 편심에 기인한다고 본다. 그러나 실제로 Saccadic의 형태나 주파수 성분은 측정 시스템과 안구운동 파라미터에 좌우된다고 한다.

<접수:1991년 11월 9일>

전북대학교 의과대학 의공학교실

Dept. of Biomedical Engineering College of

Medicine Chonbuk National University

<본 연구는 1991년도 전북대학교병원 임상연구비의
부분적인 지원을 받아 이루어졌음>

Saccadic 안구운동을 정확히 측정하기 위한 대역폭을 정의하려면 먼저 정확한 에너지 스펙트럼에 관한 연구가 선행되어야 한다. 사실 스펙트럼을 정의 하려는 기존의 연구결과가 있기는 하지만 극히 드물고 또한 기존의 연구에서는 안구운동 변위에서 40Hz이상의 성분과 안구속도에서 70Hz 성분 이상의 중요한 스펙트럼 성분을 제거한 결과였다. 따라서 본 연구의 목적은 임상에서 흔히 사용하고 있는 EOG 방법을 사용해서 기록한 Saccadic의 스펙트럼 분석을 통해서 Saccadic 안구운동을 정확하게 측정하는데 중요한 대역폭을 제시하는데 있다.

2. 방 법

스펙트럼 분석을 위한 Saccadic를 측정하기 위하여 양안이 정상인 20-30세 사이의 10명을 피검자로 하였고, 자극장치는 피검자 앞 1.2m 거리에 위치한 중심에서 좌우 30도 범위의 15개의 적색 Led로 구성된 시표를 이용하였다. 자극방법은 시작점을 서로 다르게 하여(0°, 30° right, 30° left) 서로 다른 변위(5°, 10°, 20°, 30°, 40°)의 자극을 생성하기 위하여 모두 19개 유형의 자극패턴을 랜덤하게 발생하도록 하였고 각 자극유형당 16개의 시표자극이 생성 되도록 하였다(그림 1). 위와 같은 자극에 의해서 생성된 안구운동을 Ag-AgCl 표면전극을 사용하여 EOG방법으로 기록하였다. 기록된 EOG 신호는 저역 통과 필터(cut-off 주파수 400Hz, roll-off -18dB/octave)를 통

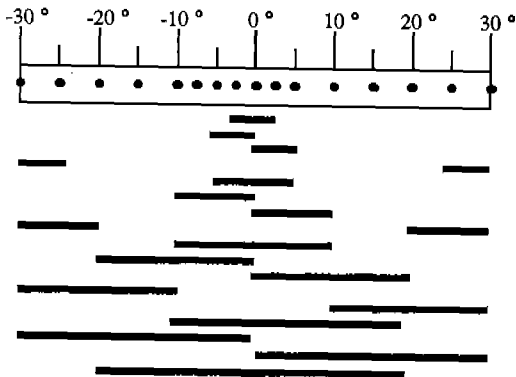


그림 1 서로 다른 Saccade 자극패턴
Fig. 1 Different saccade stimulus patterns

과한 후 1KHz로 A/D 변환되도록 했다. 이때 자극변위의 10%를 초과하는 비대칭 형태를 갖는 Saccade는 무시해 버리고 나머지 Saccade에 대해서 a zero phase 디지털 미분기(3dB cut-off frequency at 97Hz)를 사용해서 안구운동 속도를 계산하고, 이 속도 성분을 FFT를 사용하여 주파수 변환하였다. 각각의 자극유형에 대한 각피검자로부터 얻어진 16개의 안구운동 속도 스펙트럼의 평균을 구하여 각각의 변위에 관하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 서로 다른 자극변위에 대해 측정된 Saccade의 대표적인 에너지 스펙트럼의 양상을 보여주고 있다. 스펙트럼의 종축의 값은 스펙트럼의 원래의 값을 D.C 성분값에 관하여 정규화시킨 값이다. 각 스펙트럼은 Saccade의 거의 모든 에너지를 포함하는 lobe로 구성되어 있고, 거기서 lobe 바깥쪽 에너지의 양이 EOG 신호의 불량한 S/N (Signal to Noise)비 때문에 작은 변위의 Saccade쪽이 약간 큰 것을 알 수 있었다. 이것은 EOG의 측정잡음에 의한 결과로 보여진다. 또한 각 Saccade 변위에 대한 lobe의 폭이나 모양에 대해서는 시작점이나 방향의 영향은 별로 없는 것 같았다. 그러나 lobe의 폭은 Saccade 변위가 증가함에 따라 감소함을 관찰할 수 있었는데 lobe의 폭은 스펙트럼의 첫번째 최소주파수로서 정의하였고 이 최소값은 Saccade 변위가 5° 일 때 -35dB로부터 40°

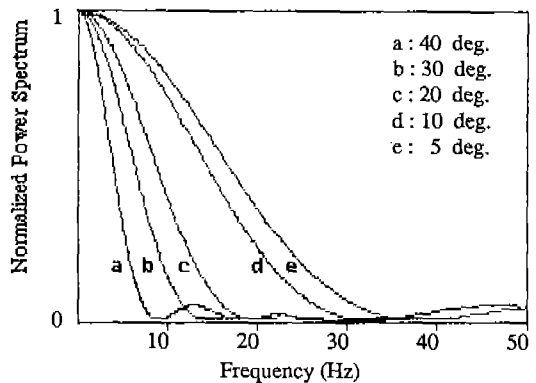


그림 2 서로 다른 변위의 Saccade 평균스펙트럼의 대표적인 양상

Fig. 2 Typical Patterns of the average spectrum of saccades of different amplitudes.

일때 -60dB 있었다. 이러한 결과는 기존의 연구 결과와도 일치함을 알 수 있었다. 다만 기존의 연구된 변위는 5° -20° 사이였고, Saccade 대역폭을 스펙트럼 값이 D.C 성분의 중간일 때의 주파수로서 정의 했다.

그림 3은 서로 다른 변위에 대한 스펙트럼 폭에 관한 것을 보여주고 있다. 그림에서 실선은 실험치를 최소자승법으로 근사시킨 양상을 나타내고, 점선은 평균 대역폭에 대한 2S.D(Standard Deviation)만큼 더해서 그 결과를 최소자승법으로 근사시킨 결과인데, 그림의 종축과 교차하는 점이 EOG방법을 사용하여 아주 작은 Saccadic 안구운동을 정확히 측정하는데 필요한 최소주파수 대역폭임을 제시할 수 있었다. 이 값으로부터 아주 크게 벗어나는 대역폭은 단지 측정잡음만을 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다. 또한 실제로 작은 Saccade가 큰 대역폭을 갖고 있는 것 같으나 본 실험을 통해서 볼때 EOG방법을 사용하여 아주 작은 Saccade를 측정하는 것은 적당치 않다고 본다. 또한 그림에서 lobe의 폭을 Saccade 스펙트럼의 대역폭의 예측치로 가정했을 때 EOG 자료를 신호처리 할 경우의 주파수 대역폭을 정의하는데 어떤 기준값을 제시할 수 있었다.

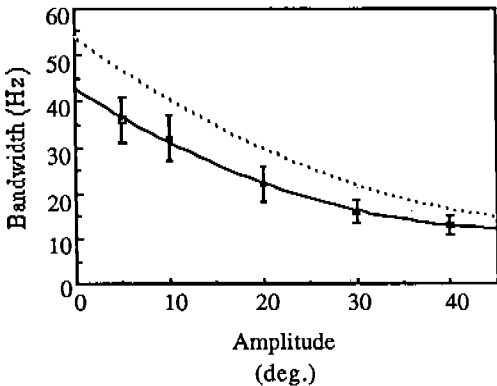


그림 3 서로 다른 변위에 대한 Saccade의 대역폭 (실선 : 실험치, 점선 : 평균치 ± 2 S. D.)

Fig. 3 Average bandwidth of saccade with different amplitudes (continuous curve : experimental fitting, dotted curve : average value+2.D.)

참고 문헌

- 1) M, Stegun Abramowitz IA : Handbook of mathematical functions. Dover, New York, 1972.
- 2) A.M, Bronstein C Kennard Predictive Saccades are different from visually triggered Saccades. Vision Res Vol. 27, pp.517-520, 1987.
- 3) B Fischer The preparation of visually guided Saccades. Rev. Physiol Biochem Pharmacol Vol. 106, pp.1-35, 1987.
- 4) P, INCHINGOLO M. SPANIO, "On the identification and analysis of Saccadic eye movements. A quantitative study of the processing procedures," IEEE Trans., BME-32, pp.685-695, 1985.
- 5) B.L, ZUBER J.L. SEMMLOW, L. STARK Frequency characteristics of the Saccadic eye movements. Biophys. J., Vol. 8, pp.1288-1298, 1968.
- 6) BAHILL A.T., BROCKENBROUGH A., TROOST B.T. Variability and development of a normative data base for Saccadic eye movements. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., Vol. 21, pp. 116-125, 1981.
- 7) BAHILL A.T., KALLMAN J.S., LIEBERMAN J.E. Frequency limitations of the two-point central difference algorithm. Biol. Cybern., 45, 1-4, 1982.
- 8) Bahill A. T., Clark M. R. and Srark L. The main sequence, a tool for studying human eye movements. Math. Biosci. 24, 191-204, 1975.
- 9) Van Gisbergen J. A. M., Van Opstal A. J. and Ottes F.P. Parametrization of Saccadic velocity profiles in man. In Theoretical and Applied Aspects of Eye Movement Research(Edited by Gale A. G. and Johnson F.),pp.87-94. North Holland, Amsterdam, 1984.
- 10) Van Opstal A. J. and Van Gisbergen J. A. M. Skewness of Saccadic velocity profiles:a unifying parameter for normal and slow Saccades. Vision Res. 27, 731-745, 1987.