

視覺 刺戟 동안의 誘發性 電位分布의 中心點 追跡에 관한 研究

(The Center Locus Estimation of the Evoked Potential
Distributions During Visual Stimulation in Human)

朴光錫^{*,**}, 閔丙九^{*}, 李忠雄^{**}

(Kwang Suk Park, Byung Goo Min and Choong Woong Lee)

要 約

視覺 刺戟을 주었을 때 이에 誘發되어 나타나는 電位를 頭皮에 19개의 電極을 附着하고 測定하여 500Hz의 표본화 주파수로 A/D 변환하였다. 이들 電位들의 分布로부터 각 電極의 座標에 의해서 決定된 웨이팅 매트릭스를 사용하여 電位 分布의 中心點을 구하고 時間에 따른 移動 상태를 5명의 正常인과 4명의 非正常인에 대하여 분석하였다. 正常인에게서는 刺戟에 의한 視覺의 정보가 視神經 經路를 통해서 電氣的 信號로 傳達되는 形態를 把握할 수 있었고, 非正常인의 경우에는 이러한 現狀이 나타나지 않는 것을 發見하였다. 또한 본 研究의 中心點 追跡의 方法과 다이폴 소오스 모델, 포인트 소오스 모델과의 關係를 검토 분석하였다.

Abstract

The visual evoked potentials were measured using 19 electrodes attached to the scalp in 5 normal and 4 abnormal subjects during visual stimulation and these data were sampled for computer processing with 500 Hz sampling frequency. The center of potential distributions and its time-dependent locus were estimated from these potential distributions using weighting matrix which was determined by the electrodes' position coordinates. In normal subjects these estimated electrical signals were shown to propagate from the frontal lobe to the occipital lobe of the cortex following the known visual pathway. In abnormal subjects, there were significant differences in these estimated propagation pathway. The relationships among this model, the point source model and the dipole source model were analyzed.

I. 序 論

EEG가 1929年 H. Berger에 의해서 처음 記錄된

以後, 주로 自然 發生的인 것에 關해서만 研究 使用되다가, 1960年代 初盤부터 컴퓨터를 이용한 平均 加算方法을 使用하여 비로소 微細한 誘發性 電位를 測定할 수 있게 되었다.^[1] 또한 視覺의 刺戟에 의한 誘發性 電位(VEP)는 주로 腦의 視覺 情報 認識에 關係하는 後頭葉에서 測定되는 電位로 數 μV 정도의 작은 信號이며 視神經 傳達 經路와 이에 關係하는 中樞神經係의 機能을 나타내고 있다.^[2] 이 測定된 誘發性 電位들로부터 腦의 機能 및 活動 狀態를 把握해 내려는 研究를 여러 方面에서 해왔었다. 視覺의 刺戟동안 誘發되어 나타나는 電位들의 分布로부터, 이들 電位가 다이폴

*正會員, 서울大學校 醫科大學 醫工學科
(Dept. of Biomedical Eng., College of Medicine,
S. N. U.)

**正會員, 서울대학교 공과대학 전자공학과
(Dept. of Electronics Eng., S. N. U.)

소오스에 의한 것으로 보고 이 다이폴 소오스의 媒介變數를 구하는 등의 研究가 進行되었다.[3-5]

이러한 研究 分野의 問題點은 媒介變數 決定에 많은 시간을 소모하는 알고리즘이 使用되고 있으며, 視覺 刺戟의 전체 구간에서 變化하는 소오스의 媒介變數는 구하고 있지 못하고, 단지 특정한 時間 구간에서만 電位 分布의 等價 다이폴 소오스 媒介變數들만 구하고 있을 뿐이다. 또한 이렇게 구해진 다이폴 소오스의 媒介變數들에 生理學的인 意味를 附與하기가 어렵다는 것이 問題點이다. 本 研究에서는 19개의 電極에서 測定되는 誘發性 電位들의 分布로부터 이들의 中心點을 웨이팅 매트릭스를 使用하여 구하고, 이 中心點의 時間에 따른 移動 狀態를 살펴보고 視神經 傳達 經路를 통해 情報가 電氣的 形態로 傳達되는 現象과 視神經 경로와 이에 관계되는 中추신경계 질환의 診斷에 利用할 수 있는 有用한 結果를 얻었다.

또한 이 電位 分布의 中心點이 포인트 소오스 모델 또는 다이폴 소오스 모델과 어떻게 관계하는지 檢討 分析하였다.

II. 웨이팅 매트릭스 方法

腦의 頭皮에서 測定되는 電位들의 分布로부터 어느 한 時刻에서의 電位 分布의 中心點을 알아 보기 위하여 다음과 같은 方法을 使用하였다. 국제적인 10/20 電極 附着 시스템을 利用하여 그림 1과 같이 각 電極의 位置에 座標를 定하여 주고 이 座標 값들에 根據하여 표 1과 같이 웨이팅 매트릭스의 i번째 電極에 해당하는 $XP(i), XN(i), YP(i), YN(i)$ 의 값을 定하여 주었다. 이 方法은 核醫學 分野에서 使用하고 있는 감마 카메라의 영상 위치 결정 매트릭스와 그 概念이 같다고 할 수 있다.[6] $XP(i), XN(i)$ 와 $YP(i), YN(i)$ 의 값은 각각 두 값의 차이가 (1)식과 (2)식같이 電極의 X와 Y座標에 關係되고, (3)식과 (4)식같이 습이 一定하도록 決定하였다.

$$X(i) = \frac{XP(i) - XN(i)}{2} \quad (1)$$

$$Y(i) = \frac{YP(i) - YN(i)}{2} \quad (2)$$

$$XP(i) + XN(i) = 20 \quad (3)$$

$$YP(i) + YN(i) = 20 \quad (4)$$

이와 같이 計算된 웨이팅 매트릭스를 利用하여 18개의 電極에서 測定된 電位들 $P(i, t)$ 로부터 다음의 過程을 통하여 電位 分布 中心點의 座標 $\tilde{X}(t), \tilde{Y}(t)$ 를 計算하였다.

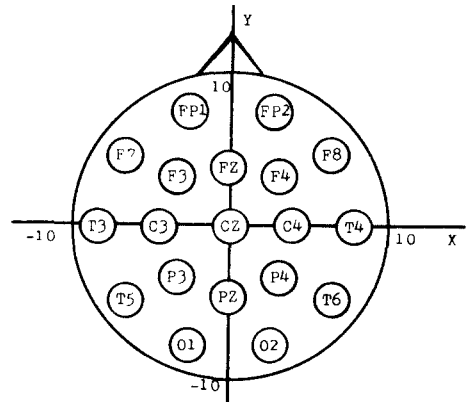


그림 1. 10/20 電極 부착 시스템

Fig. 1. International 10/20 electrode attaching system.

표 1. 電極의 座標 및 weighting matrix value

Table 1. Electrode coordinate and weighting matrix value.

	ELTR	XC	YC	XP(i)	XN(i)	YP(i)	YN(i)
1	T3	0.0	-9.5	10.0	10.0	0.5	19.5
2	C3	0.0	-5.9	10.0	10.0	4.1	15.9
3	FP1	-9.0	-2.9	1.0	19.0	7.1	12.9
4	F7	-5.6	-7.7	4.4	15.6	2.3	17.7
5	T5	5.6	-7.7	15.6	4.4	2.3	17.7
6	O1	9.0	-2.9	19.0	1.0	7.1	12.9
7	P3	4.2	-4.2	14.2	5.8	5.8	14.2
8	F3	-4.2	-4.2	5.8	14.2	5.8	14.2
9	FZ	-5.9	0.0	4.1	15.9	10.0	10.0
10	T4	0.0	9.5	10.0	10.0	19.5	0.5
11	C4	0.0	5.9	10.0	10.0	15.9	4.1
12	FP2	-9.0	2.9	1.0	19.0	12.9	7.1
13	F8	-5.6	7.7	4.4	15.6	17.7	2.3
14	T6	5.6	7.7	15.6	4.4	17.7	2.3
15	O2	9.0	2.9	19.0	1.0	12.9	7.1
16	P4	4.2	4.2	14.2	5.8	14.2	5.8
17	F4	-4.2	4.2	5.8	14.2	14.2	5.8
18	PZ	5.9	0	15.9	4.1	10.0	10.0

$$XPS(t) = \sum_{i=1}^{18} P(i, t) \cdot XP(i) \quad (5)$$

$$XNS(t) = \sum_{i=1}^{18} P(i, t) \cdot XN(i) \quad (6)$$

$$YPS(t) = \sum_{i=1}^{18} P(i, t) \cdot YP(i) \quad (7)$$

$$YNS(t) = \sum_{i=1}^{18} P(i, t) \cdot YN(i) \quad (8)$$

$$PS(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^{18} P(i, t)^2} \quad (9)$$

$$\tilde{X}(t) = \frac{XPS(t) - XNS(t)}{2 \cdot PS(t)} \quad (10)$$

$$\tilde{Y}(t) = \frac{YPS(t) - YNS(t)}{2 \cdot PS(t)} \quad (11)$$

電位 分布의 中心點의 座標 $\tilde{X}(t)$, $\tilde{Y}(t)$ 의 時間에 따른 移動狀態를 구하여 보면 時間에 따른 電位 分布 中心點의 移動 狀態를 알 수 있다.

III. 實驗 및 컴퓨터 信號處理

1. 實驗

視覺刺戟에 의한 誘發性 電位 分布의 中心點을 追跡 해 보기 위해서 그림 2와 같이 實驗하였다. 視神經 經 路上에 병변이 없는 20~40세의 正常人 男子 5名과 CT scan과 시야 검사등에 의해서 非正常으로 판단된 4名의 非正常人에 대하여 pattern reversal checkboard stimulator를 使用하여 視刺戟을 가하고 이에 의하여 發生하는 誘發性 電位를 10/20 電極附着方法을 使用 하여 C_z의 位置를 기준 전극으로 하고 18개의 位置에서 測定하였다.

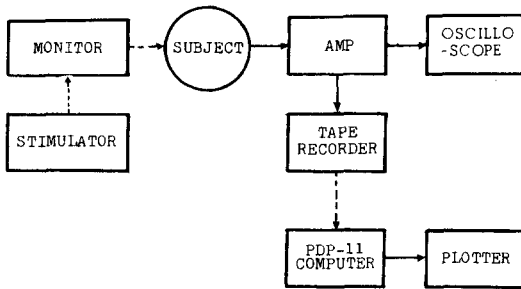


그림 2. 實驗의 구성도
Fig. 2. Block diagram of the experiment.

시각 刺戟을 주는 stimulator와 실험 대상인과의 거리는 2m로 하여 14인치 모니터가 6×7.8°의 視覺 각도를 유지하도록 하였다. 이렇게 測定된 信號들을 쳐와 增幅器로 增幅하여 오실로스코우프로 관찰하여 가며 4 채널 테이프 레코더에 記錄하였다. 이 테이프 레코더에 記錄되어 있는 信號들을 PDP-11 미니컴퓨터를 使用하여 500Hz로 A/D 變換하였다.

2. 컴퓨터를 利用한 信號處理

500Hz로 A/D 變換된 信號들을 컴퓨터를 利用하여 128번 平均 加算하였다. 이 平均 加算된 信號에서 직류 成分을 除去하고 차단 주파수가 25Hz가 되도록 디지털 저역여파를 하였다. 이와 같이 信號 처리된 결과를 그림 3에 나타내었다.

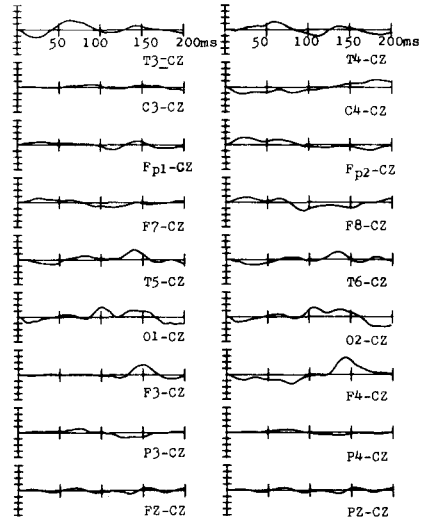


그림 3. 視覺 刺戟 동안의 18개의 電極에서 측정된 正常 人의 誘發性 電位

Fig. 3. Potential recorded from 18 electrodes during visual stimulation in an abnormal subject.

3. 信號의 평균값 移動

前述한 웨이팅 매트릭스方法을 利用하여 電位 分布의 中心點을 計算하기 위해서는 信號가 單極性의 特性을 지니고 있어야 한다. 그러나 誘發性 電位들은 그 特性이 兩極性 信號이므로 信號들의 平均값을 移動시켜서 單極性 信號化하여야 한다. 식 (10), (11)에서 計算된 $\tilde{X}(t)$, $\tilde{Y}(t)$ 의 값은 18개의 電極에서 測定한 데이터를 壓縮하여 얻은 結果이다. 이 結果된 信號 $\tilde{X}(t)$, $\tilde{Y}(t)$ 가 의미가 있기 위해서는 18개의 電極에서 測定된 電位 $P(i, t)$ 의 정보를 최대한으로 包含하고 있어야 하겠다.

각 電極에서 測定된 電位 $P(i, t)$ 와 $\tilde{X}(t)$, $\tilde{Y}(t)$ 間의 cross-correlation이 클수록 $\tilde{X}(t)$, $\tilde{Y}(t)$ 가 電極에서 測定되는 電位가 包含하는 情報을 많이 包含하고 있다고 判斷할 수 있다. 이에 根據하여 平均값 이동치를 식 (12)로 表示되는 平均 cross-correlation이 최대가 되도록 선정했다.

$$MCC = \left\{ \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{18} \left[\left(\frac{\int_0^T (\tilde{X}(t) - X_M) (P(i, t) - P_{M1}) dt}{\sigma_{\tilde{X}} \cdot \sigma_{P1}} \right)^2 + \left(\frac{\int_0^T (\tilde{Y}(t) - Y_M) (P(i, t) - P_{M1}) dt}{\sigma_{\tilde{Y}} \cdot \sigma_{P1}} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

$X_M, Y_M \dots \dots \tilde{X}(t)$ 와 $\tilde{Y}(t)$ 의 平均값

$P_{M1}, \dots, P(i, t)$ 의 평균값
 $\sigma_{\bar{x}}, \sigma_{\bar{y}} \dots \bar{X}(t)$ 와 $\bar{Y}(t)$ 의 분산
 $\sigma_{P1}, \dots, P(i, t)$ 의 분산

이 平均 cross-correlation은 그림 4와 같이 신호를 표준편차의 1.1~1.5배만큼 이동시켰을 때 최대의 값을 갖는 분포를 하고 있다. 이와 같이 데이터를 평행 이동시킨 후 前述한 웨이팅 매트릭스를 사용하여 電位 分布의 中心點을 計算하고 時間에 따른 移動 狀態를 살펴 보았다. 이와 같이 구해진 中心點의 移動 狀態를 각 대상인간의 최대값이 一定하도록 정규화시켜서 正常人의 경우 그림 5에 나타내고 非正常人의 경우에 그림 6에 나타내었다.

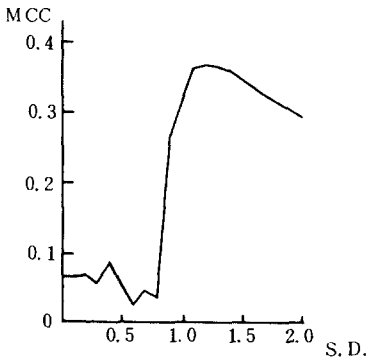


그림 4. 쉬프팅 레벨의 변화에 따른 平均 cross correlation의 변화
 Fig. 4. Variation of mean cross-correlation according to shifting level change.

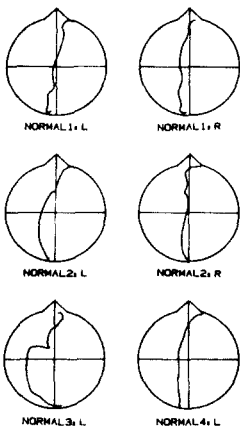


그림 5. 正常人의 電位 分布 中心點의 移動 狀態
 Fig. 5. Locus of potential distribution center of normal subjects.

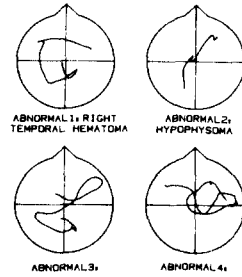


그림 6. 非正常人의 電位 分布 中心點의 移動 狀態
 Fig. 6. Locus of potential distribution center in abnormal subjects.

IV. 포인트 소오스 모델 및 다이폴 소오스 모델과의 관계

본 연구에서 사용한 웨이팅 매트릭스로 구한 電位 分布의 中心點이 기존의 다이폴 소오스 모델의 매개 변수들과 어떠한 관계를 갖는지 살펴보기 위하여, 첫 번째로 웨이팅 매트릭스를 사용한 방법과 포인트 소오스 모델과의 관계를 살펴보고, 두 번째로 포인트 소오스 모델과 다이폴 소오스 모델과의 관계를 비교 분석 하였다.

1. 포인트 소오스 모델의 시뮬레이션

포인트 소오스에 의한 電位 分布를 假定하고, 이 포인트 소오스에 의해서 計算되는 電位 分布로부터 上記한 웨이팅 매트릭스를 사용하여 포인트 소오스의 위치를 찾아내는 시뮬레이션을 實行하였다. 여기서는 포인트 소오스의 위치가 그림 7(a)와 같이 時間에 따라서 變化할 때, 그림 7(b)와 같이 포인트 소오스의 移動 狀態를 追跡하였다. 시뮬레이션 結果를 보면

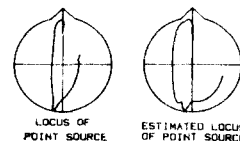


그림 7. 포인트 소오스 모델의 시뮬레이션
 Fig. 7. Simulation of point source model.

時間에 따라서 變化하는 移動 狀態의 細密한 變化는 알아내지 못하였지만 전체적으로 소오스의 移動 狀態가 時間에 따라서 變化하는 것을 把握할 수 있었다. 즉 포인트 소오스의 移動 狀態를 追跡해 낼 수 있을 을 보였다. 실제의 視覺的 刺戟이 있을 때의 誘發性

電位들의 값은 正의 값과 負의 값을 모두 지나는 兩極性 信號이기 때문에 포인트 소오스에 의한 데이터로 보기 어려웠으나, 데이터를 最大의 平均 cross-correlation을 갖도록 표준편차의 1.1~1.5배만큼 이동시켜 주었을 경우에는 電位의 分布가 등가적으로 포인트 소오스에 의한 것으로 볼 수 있음을 提示할 수 있다. 시뮬레이션 結果는 웨이팅 매트릭스를 使用하여서 계산된 결과들이, 각 電極에서의 電位들이 포인트 소오스에 의해서 發生된 것으로 보고, 이 포인트 소오스의 位置와 比較하여 볼 때 30개의 위치에서 16%의 平均 오차를 나타내고 평가해법을 알 수 있었다. 즉 웨이팅 매트릭스의 방법을 利用하면 포인트 소오스의 위치와 같은 전위 分布의 中心點을 찾아낼 수 있음을 알았다.

2. 다이폴 소오스 모델과의 관계

R. N kavanagh등은 等電位圖를 使用하여 誘發性 電位의 特定 區間 동안의 分布로부터 다이폴 소오스의 媒介 變數들을 選定하였다.[7] 그런데 이 等電位圖를 보면 電位의 分布가 포인트 소오스에 의한 것처럼 생각될 수 있다. 즉 포인트 소오스에 의해서 나타나는 電位 分布와 다이폴 소오스에 의해서 나타나는 電位 分布와의 類似性을 볼 수 있다. 다이폴 소오스가 頭皮에 垂直으로 놓여 있다고 假定하는 경우에(이 假定은 解剖學的으로 腦의 神經細胞들이 頭皮에 垂直의 方向으로 놓여 있고, 다이폴 모델을 使用하여 다이폴의 方向을 求한 경우에도 대부분 垂直에 가깝기때문에 成立할 수 있다), 다이폴에 의한 電位 Vd와 포인트 소오스에 의한 電位 Vp를 다음과 같이 關聯시킬 수 있다. 머리를 homogeneous한 구형 모델로 假定하는 경우에, 구의 中心에서 r의 거리에 位置한 다이폴과 포인트 소오스에 의한, dipole axis와 θ의 각을 이루는 電極에서의 電位를 각각 Vd와 Vp로 表示하면 식 (13), (14)와 같이 된다.[7]

$$\begin{aligned}
 V_d &= \frac{K_1}{f} \left(\frac{1-f^2}{(1+f^2-2f\mu)^{3/2}} - 1 \right) \\
 &= \frac{K_1}{f} \left(\frac{(1-f^2)(2f)^{-3/2}}{\left(\frac{1+f^2}{2f} - \mu\right)^{3/2}} - 1 \right) \\
 &= \frac{K_2}{(\alpha-\mu)^{3/2}} - \frac{K_1}{f} \tag{13}
 \end{aligned}$$

$$V_p = K_2 \left(\frac{1}{1+f^2-2f\mu} \right) = \frac{K_2}{2f} \left(\frac{1}{\alpha-\mu} \right) \tag{14}$$

$$f = r/R$$

R = 전극의 구의 中心으로 부터의 거리

$$\mu = \cos \theta, \quad |\mu| < 1$$

K₁ = 다이폴 소오스의 크기와 뇌의 구성 물질의 特性을 包含하는 常數

K₂ = 포인트 소오스의 크기와 뇌의 구성 물질의 特性을 包含하는 常數

$$K_3 = \frac{K_1(1-f^2)}{f(2f)^{3/2}}$$

$$\alpha = \frac{1+f^2}{2f} > 1$$

(13)式과 (14)式을 그래프로 그리면 그림8과 같이 α > 1 이므로 α의 값에 따라서 變化하지만 |μ| < 1 부분에서는 그 特性이 類似하므로 다이폴 소오스에 의

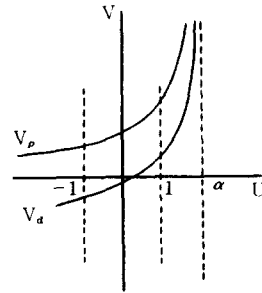


그림 8. 電極의 位置의 각도의 코사인값의 變化에 따른 포인트 소오스와 다이폴 소오스에 의한 電位 變化

Fig. 8. Variation of potentials due to point source and dipole source as a function of cosine of electrode location angle.

한 電位 Vd를 포인트 소오스에 의한 電位 Vp와 다음과 같이 關聯시킬 수 있다.

$$V_p \cong K' V_d + B' \tag{15}$$

$$V_d|_{\mu=-1} - V_d|_{\mu=0} = V_p|_{\mu=-1} - V_p|_{\mu=0} \tag{16}$$

$$V_d|_{\mu=-\frac{1}{2}} = V_p|_{\mu=-\frac{1}{2}} \tag{17}$$

$$K' = \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{2f^2 \sqrt{1+f^2}}{(1+f)(1+f^2)^{3/2} - (1-f^2)(1-f)^2} \tag{18}$$

$$B' = \frac{K_2}{1-f+f^2} - \frac{K' K_1}{f} \left[\frac{1-f^2}{(1-f+f^2)^{3/2}} - 1 \right] \tag{19}$$

K'의 값과 B'의 값은 f의 값에 따라서 變化하지만

f 가 0.1~0.9의 범위에서는 크게 변화하지 않고 있다. $f=0.5$ 인 경우 근사화시킨 V_p 와 V_d 를 그림 9에 나타내었다. 즉 다이폴 소오스에 의한信號들을 쉬프팅시켜서 포인트 소오스 모델로 근사화시키고 포인트 소오스의 위치는 앞의 웨이팅 매트릭스 방법을 사용하여 구하였다. 즉 最大의 平均 cross-correlation을 갖도록 표준편차의 1.1~1.5배만큼 쉬프팅시켜서 電位分布의 中心點을 구한 것은, 다이폴 소오스의 위치를 把握하기 위하여 데이터를 쉬프팅시켜서 포인트 소오스의 모델로 근사화시킨후 다이폴 소오스의 위치를 把握한 것과 근사적으로 等價하다고 볼 수 있다.

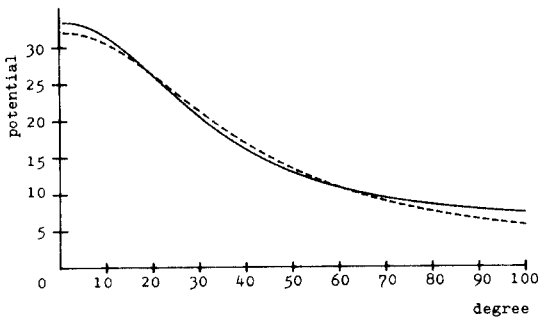


그림 9. 다이폴 소오스 모델의 포인트 소오스 모델로 근사화 $K_2 = 8, F=0.5$, 실선: 式 (15)에 의해서 근사화된 다이폴 소오스 모델의 電位 곡선

점선: 포인트 소오스 모델의 電位 곡선

Fig. 9. Approximation of dipole source model to point source model $K_2 = 8, F=0.5$.

Solid line: potential curve due to dipole source model approximated to point source model.

Dotted line: potential curve due to point source model.

V. 檢 討

이와 같은 방법으로 信號處理하여 다음과 같은 結果들을 얻었다. 中心點이 移動하는 形態는 視覺的 정보가 電氣的 信號로 바뀌어 視神經 經路를 통하여 傳達되는 것으로 判斷할 수 있으며 前頭葉에서 後頭葉까지 電位 分布의 中心點이 移動하는 데 걸리는 時間은 平均 86ms이고 표준편차가 8.06ms로 대상인간에 일치했고, 同一人은 左右가 같게 나타났다. 이 結果들을 표 2에 나타내었다. 그림 5에서 볼 수 있는 또 하나의 特徵은 中心點의 이동 상태가 方向을 바꾸던지

혹은 移動 速度가 줄어들어 머무는 形態로 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 特히 기존의 후두엽에서만 測定하는 腦誘發性 電位 (VEP)에서는 볼 수 없는 特徵이다. 正常人의 경우 좌우 한쪽씩 혹은 두눈을 모두 뜨고 實驗했으나 이들간의 뚜렷한 차이점은 나타나지 않았다. 非正常人의 경우에는 18개의 電極에서 記錄된 電位들은 正常人의 것과 구별하기 어려웠으나 이와 같은 방법을 사용한 경우 그림 6과 같이 非正常的 種類에 따라서 正常人과는 뚜렷하게 다른 結果를 얻었다. 이와 같은 방법을 사용하여 誘發性 電位들을 信號處理하는 경우 다음과 같은 의미를 찾을 수 있다.

표 2. 時間에 따른 電位 分布 中心點의 移動 狀態
Table 2. Time-dependency of locus of potential distribution center.

Subject	Eye	Start time	End time	Transition Time	Start-Delay
1	L	34ms	114ms	80ms	44ms
	R	36ms	114ms	78ms	50ms
2	L	24ms	114ms	90ms	38ms
	R	26ms	112ms	86ms	42ms
3	L	32ms	122ms	90ms	46ms
	R	34ms	126ms	92ms	44ms
4	L	28ms	126ms	98ms	38ms
	R	26ms	114ms	88ms	36ms
5	L	28ms	108ms	80ms	50ms
	R	36ms	118ms	82ms	40ms

1) 알고리즘이 簡單하여 전체적으로 計算되는 時間이 적으며, 電位 分布의 變化에 따른 電位 分布 中心點의 時間에 따른 移動 狀態를 볼 수 있다.

2) 電位 分布의 中心點이 移動하는 것을 視覺經路를 통해서 電氣的 信號로 바뀐 視覺 情報가 傳達되는 것으로 생각할 수 있으므로 生理學的으로 쉽게 意味를 부여할 수 있다. 特히 電位 分布 中心點의 移動 經路上的의 지연점은 lateral geniculate body에서의 지연 영향으로 보이므로 다른 方法에서 볼 수 없는 長點을 지니고 있다.

3) 非正常人의 경우에는 正常인과 차이가 뚜렷하므로 視覺經路와 이에 關係되는 질환을 診斷하는 데 유용하게 使用될 수 있다.

이와 같은 方法을 3次元으로 그대로 확장시킬 수 있다. 왼쪽 눈 또는 오른쪽 눈만 使用한 경우에 뚜렷한 차이점이 發見되지 않았으나 hemi-field stimulation을 使用하면 그 차이를 發見할 수 있으리라 생각된다.^[8]

VI. 結 論

視覺的 刺戟이 있는 동안 發生하는 誘發性 電位들의

分布로부터, 이들 電位 分布의 中心點을 구했을 때 자극이 있을 후 전체적으로 前頭葉에서 後頭葉으로 時間에 따라 移動하는 것을 볼 수 있었다. 이 結果는 電位 分布의 中心點이 앞쪽에서 뒤로 이동한다는 가정 없이 측정된 전위로부터 계산되어 나온 것이기 때문에 더욱 의미있고 生理學的으로 妥當하다. 視覺 刺戟이 發生하면 시각 정보가 망막에서 電氣的 信號로 바뀌어 傳達되는 데, 이것을 이때 나타나는 誘發性 電位로부터 관측할 수 있었다. 中心點의 移動 狀態가 視覺의 刺戟에 의한 電氣的 信號의 移動 狀態와 位置의 位置으로 볼 때 흡사하고 뇌의 구성 물질에 의한 時間지연을 고려한 경우 時間的으로도 그 形態가 一致함을 알 수 있었다. 또 이 電位 分布의 中心點을 근사적으로 두피에 垂直으로 놓인 다이폴 소오스의 位置로도 생각할 수 있다. 非正常人的의 경우에는 차이가 뚜렷하므로 視神經 經路上的의 질환과 이에 관계한 腦의 부분적인 異狀을 診斷하는 데 有用하게 使用할 수 있으리라 생각된다.

參 考 文 獻

- [1] S.Sokol, "Visually evoked potentials: theory, techniques and clinical applications," *Survey of Ophthalmology*, vol. 21, no. 1, pp. 18-44, 1976.
- [2] S. Sokol, *Electrodiagnosis in Clinical Neurology* : Churchill Livingstone, pp. 348-369, 1980.
- [3] C.V. Nelson and B.C. Hodgkin, "Determination of magnitudes, directions, and locations of two independent dipoles in a circular conducting region from boundary potential measurements," *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol. BME-28, no. 12, pp. 817-821, Dec. 1981.
- [4] M.R. Schneider, "A multiple process for computing virtual dipolar sources of EEG discharges from surface information," *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol. BME-19, no. 1, pp. 1-12, Jan. 1972.
- [5] J.P.Ary, S.A. Klein and D.H. Fender, "Location of sources of evoked scalp potentials: corrections for skull and scalp thickness," *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol. BME-28, no. 6, pp. 447-452, June 1981.
- [6] Preliminary Service Manual, Model 6403 PHOGAMMA III System, Nuclear Chicago.
- [7] R.N. Kavanagh et al., "Evaluation of methods for three dimensional localization of electrical sources in the human brain," *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol. BME-25, no. 5, pp.421-429, Sep. 1978.
- [8] I.C. Hamovic and T.A. Pedley, "Hemifield pattern reversal visual evoked potentials. I. normal subjects," *Electroencephal. and Clinical Physiol.*, vol. 54, pp. 111-120, 1982.