

E.O.G. 를 이용한 Corrective Saccadic 안구운동 특성

김 윤 수 · 박 상 희

= Abstract =

Characteristics of Corrective Saccadic Eye Movement with E.O.G.

Youn-Soo Kim, Sang-Hui Park

In this study, measuring eye movements with E.O.G. to targets beyond 20° from fixation point, results are as follows.

(1) When the eyes turn toward targets of more than 20° eccentricity, the first saccadic eye movement falls short of the target. The presence of image of the target off the fovea (visual error signal) subsequent to such an undershoot elicits, after short interval, corrective saccadic eye movements (usually one) which place the image of the target on the fovea.

(2) There are different programming modes at retina for eye movement to targets within and beyond 20° from the fixation point.

(3) Saccadic system, preparing the direction and amplitude of eye movement completes the corrective saccadic eye movements.

(4) Distribution of latency and intersaccadic interval (I.S.I.) are frequently multi modal, with a separation between modes of 25[msec].

(5) There are two types of saccadic eye movements for the double-step targets. This fact suggests that the visual information is sampled stochastically.

(6) The new model of saccadic system including the dissociation of visual functions dependent on retinal eccentricity is required.

1. 서 론

지난 20여년동안 공학자들은 생체 제어계 (biological control system)에 대한 관심을 증대하여 왔다. 특히 그중에서도 안구운동을 지배하는 제어기구에 대해서 지대한 관심을 가져왔었다.

안구운동은 변위된 시표를 신속히 찾아내어서 관측자와 시표 사이의 상대속도를 고려하여 망막위에 시표의 상을 안정화시키는 것이다. 이러한 특성을 가진 안구운동은 다른 생체현상 (biological event)에 비해서 비

교적 쉽게 측정할 수 있었기 때문에 공학자들이 연구할 수 있었다.

지금까지 개발된 안구운동 측정법에는 20° 이내의 작은 안구운동 측정에 유효한 콘택트렌즈법, 각막반사법, 광전행렬법 등과 20° 이상의 큰 범위의 안구운동 측정에 유효한 E.O.G. 법 등이 알려져 있다.

본 논문은 20° 이상의 안구운동 측정에 적합한 E.O.G. 법을 이용하여 20° 이상의 안구운동을 측정하고 그 결과를 분석한 것이다.

2. 실험

(1) 실험장치의 구성

인간의 saccadic 안구운동을 측정하기 위해서 그림 1과 같이 측정 시스템을 구성하였다.

<1981. 4. 1. 접수>
연세대학교 전기공학과
Dept. of Electrical Eng., Yonsei University

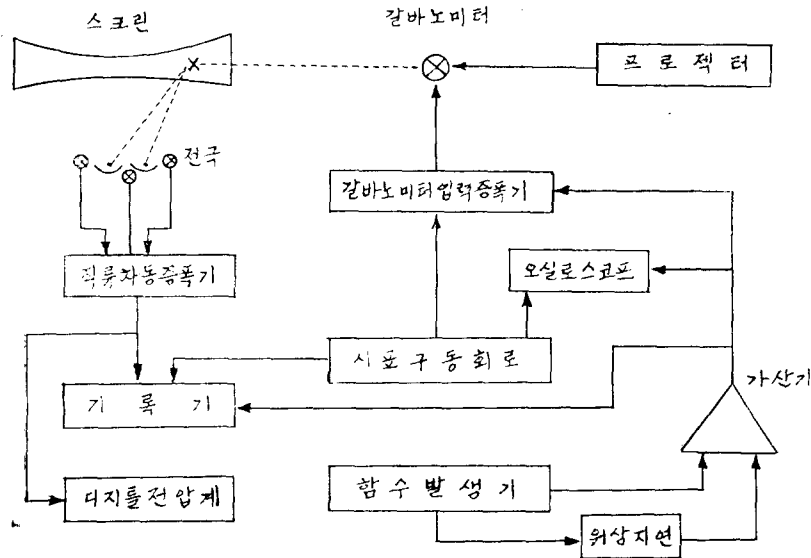


그림 1. 실험장치의 블록선도
Fig. 1. Block diagram of experimental apparatus

(2) 시 표

시표는 반원형 스크린(흑색 베이크라이트판, 120×80cm, 반지름 150cm)에 점류제, 프로젝터, 시표 구동장치를 이용하여 0.8×2.1cm 크기의 수직 스트립의 점이 나타나도록 하여 수평으로 5°씩 변위시켰다.

(3) 시표 구동장치

40°까지 단계적으로 saccadic 안구운동을 측정할 때에는 본 연구실에서 제작한 Eye Feedback Controller 1002를 사용하였으며, 40°에서 연속적인 saccadic 안구운동을 측정할 때에는 함수발생기를 시표 구동회로로 사용하였다.

(4) 전 극

본 실험에서 사용한 전극은 Beckman사의 recessed 전극인 E.O.G. 용 은-은 염화전극이다.

E.O.G.로 안구운동 측정시 사용하는 전극들 사이의 반-전지 전위(half-cell potential)가 차이가 나면 안구가 운동하지 않더라도 각 전극의 반-전지 전위의 상대적인 크기와 극성에 따라 일정한 크기의 전위가 발생한다. 이러한 전위를 직류-차단 전위(D.C. off potential)라 하며 직류증폭기를 사용하는 경우 실험에 심각한 영향을 미친다.

은-은 염화전극은 빛의 세기에 영향을 받지만 반-

전지 전위를 안정화시킨다. 또한 전극을 사용하지 않을 때에는 1[%]의 식염수에 보관하여 전극을 안정화시켜 전극들 사이의 반-전지 전위의 차가 발생하는 것을 막을 수 있다.

(5) 직류증폭기

본 실험에서 사용한 증폭기는 Preston사의 8300 XWB-A floating 차동증폭기이다. 증폭기의 차단주파수를 10[Hz]이상 선택하면 외안근의 활동전위를 포함한 기타 여러가지 잡음이 안구출력과 함께 발생하여 안구운동을 측정, 기록이 곤란하다. 따라서 본 실험에서는 주파수 대역폭을 D.C.에서 10[Hz]까지 선택하였다.

(6) 실험 방법

4명의 한국 남자 대학생을 피검자로 선택하였다. 모두 정상적인 안구를 가지고 있으며, 양눈 바깥(bitemporal)쪽에 전극을 부착시켜서 안구운동을 측정하였다. 시표는 베이크라이트 판에 수평으로 10°에서 40°까지 5°씩 증가시키면서, 왼쪽에서 오른쪽으로, 오른쪽에서 왼쪽으로 변위시켰다. 시표의 출발점은 중심에서 왼쪽 오른쪽으로 각각 20°였다. 시표 구동시간은 2[sec]이상으로 하였으며, 100[ms]이내의 왼쪽으로만 변위시켰다. 연속적인 saccadic 안구운동 측정시에는 35°에서 400~500[ms]이후 40°로 변위시켰다. E.O.G.로 안구운

표 1. 피검자 Y.H.S.의 실험 결과
Table 1. Result of subject Y.H.S.

Degree	Latency [ms]	I.S.I [ms]	Amp. 1 [mm]	Amp. 2 [mm]	Total [mm]	F.S.E.M		Undershoot		Probability [%]
						[%]	Degree	[%]	Degree	
10°	187.5 ± 37.5	0	6.8 ± 0.3	0	6.7 ± 0.3	100	10	0	0	0
15°	256.3 ± 10.8	125.0 ± 25.0	11.1 ± 0.6	1.3 ± 0.3	11.8 ± 0.8	95 ± 5	14.3 ± 0.8	10.1 ± 2.4	1.5 ± 0.4	50
20°	241.7 ± 11.8	125.0 ± 20.4	14.5 ± 0.4	1.2 ± 0.6	15.7 ± 0.2	92.6 ± 3.8	18.5 ± 0.8	7.4 ± 3.8	1.5 ± 0.8	100
25°	250.0 ± 17.7	106.3 ± 32.5	18.0 ± 0.7	1.2 ± 0.3	19.8 ± 0.8	91.1 ± 1.2	22.8 ± 0.3	8.9 ± 1.2	2.2 ± 0.3	100
30°	233.3 ± 11.8	100.0 ± 40.8	21.0 ± 0.7	1.3 ± 0.2	22.3 ± 0.9	94.1 ± 0.9	28.2 ± 0.3	6.1 ± 1.0	1.8 ± 0.3	100
35°	225.0 ± 27.4	50.0 ± 0	24.3 ± 1.1	2.6 ± 0.7	26.4 ± 0.4	92.1 ± 4.5	32.2 ± 1.6	9.9 ± 2.4	3.5 ± 0.8	100
40°	225.0 ± 0	58.3 ± 31.2	25.0 ± 1.4	4.3 ± 1.3	29.3 ± 0.5	85.2 ± 4.4	34.1 ± 1.8	11.8 ± 1.2	4.2 ± 0.8	100

Direction of eye movement: Left→Right
Target presentation time: 2[sec]

F.S.E.M: First saccadic eye movement
Amp. 1: Amplitude of the first saccadic eye movement
Amp. 2: Amplitude of corrective saccadic eye movement
Probability: Occurrence probability of corrective saccadic eye movement

표 2. 피검자 Y.H.S.의 실험 결과
Table 2. Result of subject Y.H.S.

Degree	Latency [ms]	I.S.I [ms]	Amp. 1 [mm]	Amp. 2 [mm]	Total [mm]	F.S.E.M		Undershoot		Probability [%]
						[%]	Degree	[%]	Degree	
10°	237.5 ± 12.5	0	7.0 ± 0	0	7.0 ± 0	100	10	0	0	0
15°	200.0 ± 20.4	50.0	11.3 ± 0.5	1.0	11.7 ± 1.0	97.4 ± 3.6	14.6 ± 0.6	7.7 ± 0	1.2 ± 0	33.3
20°	233.3 ± 11.8	50.0	14.8 ± 1.0	1.5	15.3 ± 0.5	96.7 ± 4.7	19.3 ± 0.9	10 ± 0	2.0 ± 0	33.3
25°	200.0 ± 17.7	37.5 ± 12.5	17.9 ± 1.1	2.0 ± 1.0	18.9 ± 0.5	94.8 ± 6.5	23.7 ± 1.6	10.5 ± 5.4	2.6 ± 1.3	50
30°	191.7 ± 11.8	100.0 ± 50	19.7 ± 1.6	2.3 ± 0.8	21.5 ± 0.8	91.4 ± 6.2	27.4 ± 1.9	12.9 ± 1.8	3.9 ± 0.6	66.6
35°	206.3 ± 32.5	62.5 ± 37.5	23.9 ± 0.2	1.6 ± 0.6	25.6 ± 0.4	93.2 ± 2.1	32.6 ± 0.2	6.8 ± 2.1	2.4 ± 0.7	100
40°	191.7 ± 11.8	75.0 ± 25	27.3 ± 1.0	1.8 ± 0.3	28.5 ± 0.4	95.9 ± 3	38.3 ± 1.2	6.1 ± 0.9	2.5 ± 0.4	100

Direction of eye movement: Right→Left
Target presentation time: 2[sec]

표 3. 피검자 C.S.H.의 실험 결과
Table 3. Result of subject C.S.H.

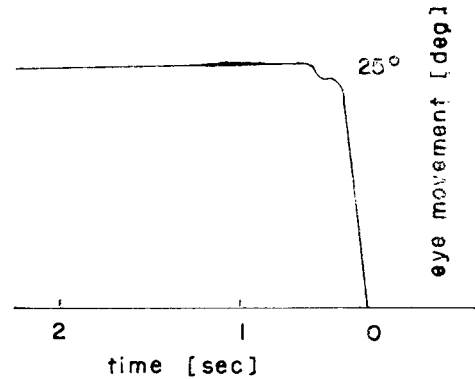
Degree	Latency [ms]	I.S.I [ms]	Amp. 1 [mm]	Amp. 2 [mm]	Total [mm]	F.S.E.M		Undershoot		Probability [%]
						[%]	Degree	[%]	Degree	
25°	275.0±35.4	100.0+0	41.6±2.0	6.0±0	43.1±3.2	96.8±5.4	24.2±1.4	3.2±5.5	0.8±1.4	25
30°	208.3±23.6	125.0±25.0	52.3±1.4	5.5±1.5	57.7±0.5	90.5±2.5	27.1±0.8	9.5±2.5	2.9±0.8	50
35°	250.0±25.0	83.3±47.1	60.8±3.7	3.8±3.6	67.7±1.9	89.8±3.3	31.5±1.2	10.2±3.3	3.5±1.2	100
40°	231.3±27.2	56.3±56.9	66.0±0	3.3±3.3	69.3±3.3	95.3±4.7	38.2±1.8	4.6±4.6	1.8±1.8	50

Direction of eye movement: Right→Left
Target presentation time: 100[ms]

동을 측정할 때에는 정지전위의 시간적 변화에 의해서 영점변위(zero-drift)가 발생하며, 따라서 되도록 신속하게 실험을 해야한다. 본 실험에서는 5[min]이내에 실험을 완료하였기 때문에 영점변위에 의해서 발생하는 정지전위의 변위는 무시할 수 있다.

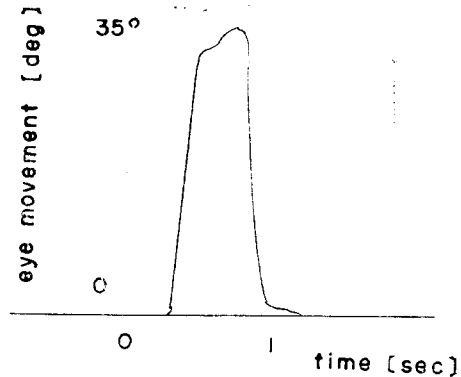
3. 실험 결과

다음은 4명의 피검자에 대한 수평 saccadic 안구운동의 실험 결과중 일부이다.



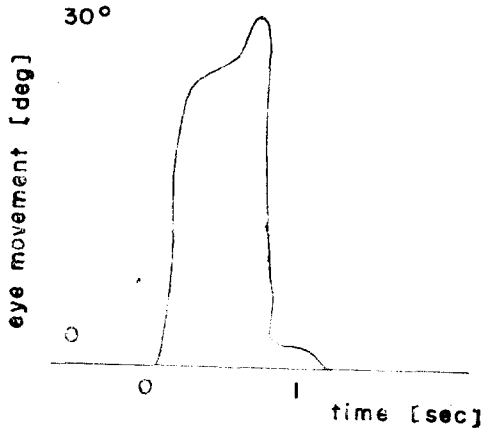
안구운동 방향 : 왼쪽→오른쪽
시표 범위 : 25°
시표 구동시간 : 2[sec]

그림 2. 피검자 C.Y.K.의 안구운동
Fig. 2. Eye movement of subject C.Y.K.



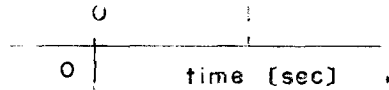
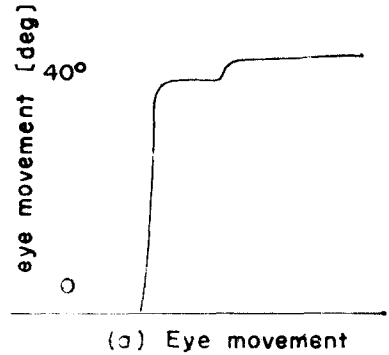
안구운동 방향 : 왼쪽→오른쪽
시표 범위 : 35°
시표 구동시간 : 100[ms]

그림 3. 피검자 C.Y.K.의 안구운동
Fig. 3. Eye movement of subject C.Y.K.



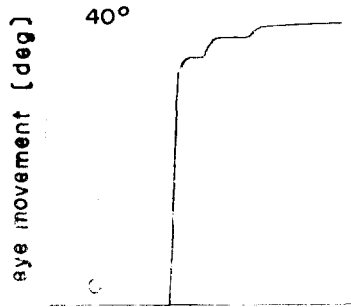
안구운동 방향 : 오른쪽→왼쪽
 시표 범위 : 30°
 시표 구동시간 : 100[ms]

그림 4. 피검자 C.S.H.의 안구운동
 Fig. 4. Eye movement of subject C.S.H.



안구운동 방향 : 왼쪽→오른쪽
 첫번째 시표 범위 : 35°
 두번째 시표 범위 : 5°

그림 6. 피검자 K.Y.S.의 안구운동
 Fig. 6. Eye movement of subject K.Y.S.



(b) Target

안구운동 방향 : 왼쪽→오른쪽
 첫번째 시표 범위 : 35°
 두번째 시표 범위 : 5°

그림 5. 피검자 K.Y.S.의 안구운동
 Fig. 5. Eye movement of subject K.Y.S.

4. 결과 고찰

(1) Corrective saccadic 안구운동의 발생

시표가 순간적으로 20° 이상 변위하면 그림 2에 나타난 것처럼, 안구는 한번에 정확하게 시표를 추적하지 못하고 얼마간의 잠복기 후에 수정적인 saccadic 운동을 하여 시표를 정확하게 추적한다. 이때의 수정적인 안구운동을 corrective saccadic 안구운동이라 한다. 때때로 그림 4처럼 corrective saccadic 안구운동이 한번 이상 일어나는 경우도 있으며, 이때 잠복기와 안구의 추적오차 크기는 서로 반비례하는 경향이 있다. Becker와 Fuchs(1969), Pöppel(1970), Pöppel과 Frost(1976)등도 이러한 사실을 밝혔다.

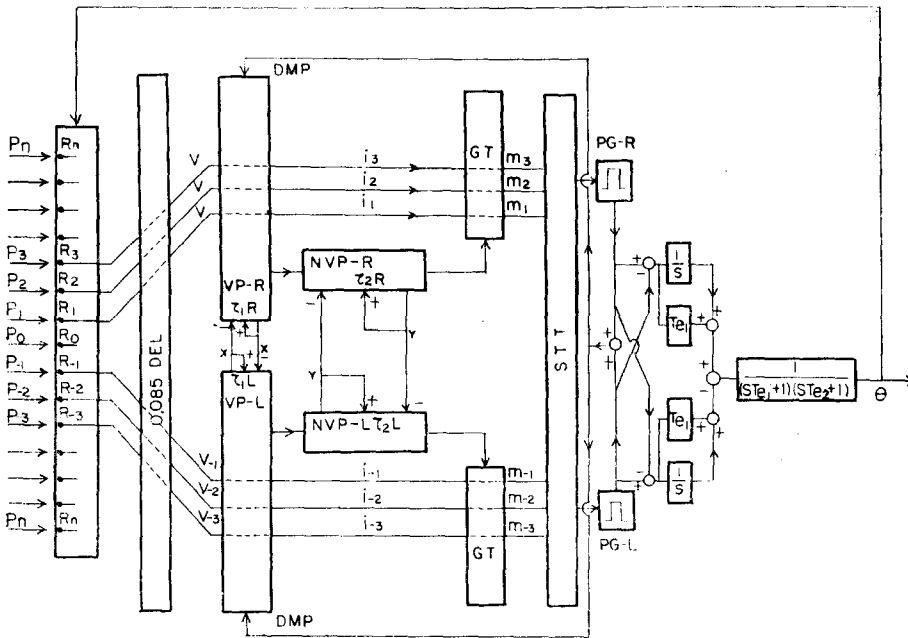
Corrective saccadic 안구운동의 발생이 동안신경계에 유리한 이유는 다음과 같다고 생각되어진다. 첫째, 첫 번째 saccadic 안구운동이 시포에 미치지 못하면 나머지 시각오차는 같은 대뇌 반구의 시각 영역에서 처리되며, 따라서 동안신경계는 쉽고 빠르게 정보를 처리할 수 있다. 둘째, corrective saccadic 안구운동의 진행 방향을 결정할 필요가 없게되며 이것은 첫 번째 saccadic 안구운동과 corrective saccadic 안구운동 사이의 잠복기가 첫 번째 saccadic 안구운동이 일어날 때의 잠복기보다 훨씬 짧다는 사실과 관련이 있다. 세계 외안근의 에너지 소모가 덜 들게 된다.

(2) 서로 다른 정보처리 방식

20°이상의 saccadic 안구운동에서 corrective saccadic 안구운동이 발생한다는 사실은 20°를 전후하여 동안신경계의 정보처리 방식이 다르다는 것을 의미한다. 이러한 사실은 다음과 같은 연구결과를 토대로 가정할

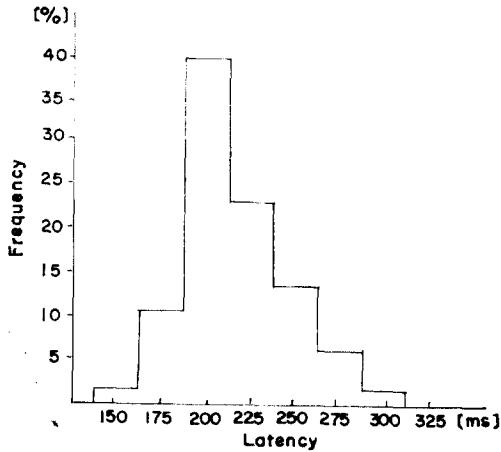
수 있다.

Hubel(1975)은 원숭이에 대한 실험에서, 시야의 중심 부분과 관련이 있는 tectum의 영역과 시야의 주변 부분과 관련이 있는 tectum의 영역사이에는 망막-상구 투사조직이 다르다는 것을 관찰하였다. 즉 시야의 중심부분과 관련이 있는 tectum 영역에서는 다른 영역에 비해 망막-상구 연관 조직이 별로 발달하지 못했다는 것이다. Cowey(1974)는 원숭이에 대한 실험에서 대뇌피질 17 영역을 손상시킨 결과 황반부의 10°~15°에 있는 신경절 세포(ganglion cell)가 손상되지만 15° 밖 주변 지역의 신경절 세포는 정상임을 발견하였다. Pöppel(1975)은 망막의 중심부분과 주변부분 사이에는 기능적인 분화가 있음을 밝히고 망막의 상구와 대뇌피질의 시각영역에 대한 투사 기구가 다르다고 제시하였다. Pöppel(1973), Weiskrantz(1974) 등은 상구에 의해서 직접적으로 saccadic 안구운동이 발생할 수 있다고 하였다. 이러한 사실은 망막의 중심부분(황반부에

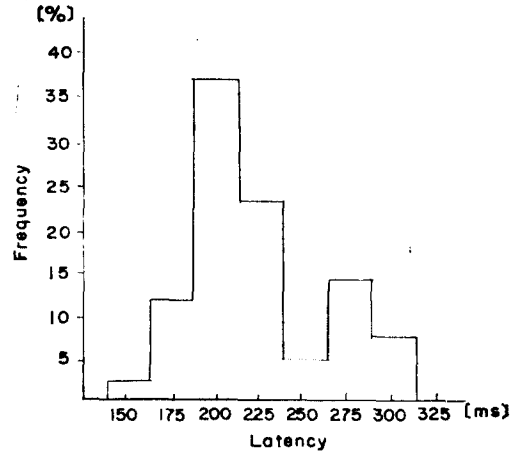


$\{P_n\}$, The set of possible target positions in space: $\{R_n\}$, The set of retinal locations: $\{V_n\}$, The set of neural receiving sites in primary visual cortex and upper layers of the superior colliculi: $\{i_n\}$, The set of neural processing sites in the intermediate gray layers of the superior colliculi: $\{M_n\}$, motor commands descending from deep tectal layers. VP-R, VP-L, visual processing elements in the right and left visual cortices: NVP-R, NVP-L, non visual data processing by association cortex: STT, a spatial-temporal translator

그림 7. Saccadic 시스템의 공간적-시간적 모델
Fig. 7. A spatial-temporal model of the saccadic system



(a) Frequency of latency
Target presentation time: 2[sec]



(b) Frequency of latency
Target presentation time: 100[ms]

그림 8. 잠복기와 saccadic 운동시기의 잠복기에 대한 히스토그램
Fig. 8. Histogram of latency and intersaccadic interval

서 15°이내)에서는 상구보다는 대뇌 피질의 17 영역에 더욱 밀접하게 연관되어 있으며, 망막의 주변 지역은 상구에 더욱 밀접하게 연관되어 있음을 나타낸다.

이러한 사실을 근거로 다음과 같이 saccadic 안구운동에 대한 서로 다른 정보 처리방식을 생각할 수 있다. 시표 변위가 15°까지 일때는 위치정보 처리는 외측슬상체-피질경로(geniculo-cortical pathway)에 의해서 일어난다. 즉 망막의 시각 오차가 정확하게 측정되어서 동안신경계는 단지 한개의 saccadic 안구운동을 일으킨다. 시표 변위가 15°이상인 경우에는 위치정보가 직접 망막에서 상구로 전달되어서 한개의 saccadic 안구운동이 발생한다. 그러나 이러한 첫번째 saccadic 안구운동은 시표에 미치지 못한다. 따라서 나머지 망막 오차는 슬상체-피질경로가 포함된 기구에 의해서 측정되며, corrective saccadic 안구운동은 이러한 측정을 근거로 수행된다.

망막의 시각정보 처리기능의 분화는 saccadic 안구운동계의 모델화에 고려되어야 한다. 그림 7은 Robinson(1973)이 안구운동계의 공간적 정보처리 특성을 고려하여 제시한 안구운동계의 새로운 모델이다. 그러나 이러한 모델은 망막의 시각정보 처리기능의 분화를 고려하지 않은 것이다. 그러므로 상구를 포함하는 망막의 정보처리 특성을 고려한 수정된 모델이 요구된다.

(3) 샘플링에 대한 고찰

그림 8은 잠복기와 I.S.I.에 대한 히스토그램이다. 이 히스토그램은 다중방식(multimode)이다. 또한 각각의 최대값의 사이는 25[ms]이다. 이것은 saccadic 안구운동이 25[ms]의 간격을 두고 발생할 수 있다는 확실적인 의미를 지닌다. 그러나 이 히스토그램으로서 샘플링이 임펄스 변조기인지 혹은 일정한 샘플링 시간을 가진 변조기인지는 알 수 없다.

(4) 미리 짜여진 안구운동

수평으로 35°의 시표 변위 후, 어떤 일정한 시간 후 같은 방향으로 시표를 5°변위시키면 다음과 같은 두가지 형태의 안구운동이 관찰된다(표 4).

첫째, 35°에 대한 정상적인 corrective saccadic 안구운동 후 5°변위에 대해서 정상적인 안구운동을 수행한다(그림 5).

둘째, corrective saccadic 안구운동이 포기되고 5° 변위에 대한 안구운동이 일어난다(그림 6).

이러한 현상을 다음과 같이 해석하였다. saccadic 안구운동계는 변위된 시표의 방향과 크기를 미리 프로그램하여 수행한다. 따라서 35°의 saccadic 안구운동에서는 첫번째 saccadic 안구운동이 일어난 후 미리 프로그램한 나머지 시각 오차와 샘플링된 시각 오차를 비교한다. 이때 첫번째 saccadic 안구운동 수행 직후에 샘플링

표 4. 연속적인 시표변위에 대한 안구운동 응답의 2가지 형태

Table 4. Two types of eye movement about successive target

A type		
Target[ms]	I ₁ [ms]	I ₂ [ms]
60.0	150.0	250.0
50.0	100.0	250.0
100.0	150.0	400.0

B type	
Target[ms]	I ₂ *[ms]
50.0	300.0
125.0	300.0
100.0	300.0
100.0	350.0
100.0	300.0

I₁: Latency between first eye movement and second eye movement

I₂: Latency between first eye movement and 5° eye movement

I₂*: Latency between second eye movement and third eye movement

이 일어나면 미리 프로그램한 시각 오차신호와 샘플된 시각오차 신호는 같으며, 따라서 saccadic 안구운동계는 그림 5처럼 정상적인 corrective saccadic 안구운동을 수행하며, 일정한 잠복기 이후, 5°에 대한 saccadic 안구운동을 수행한다. 그러나 첫번째 saccadic 안구운동 수행후 얼마후에 샘플링이 일어나면 미리 프로그램한 시각 오차신호와 샘플링된 시각오차 신호는 다르며, saccadic 안구운동계는 corrective saccadic 안구운동을 포기하고 일정한 잠복기 이후 그림 6처럼 샘플된 시각오차에 의해서 saccadic 안구운동을 일으킨다. 이것은 그림 6의 첫번째 saccadic 안구운동과 두번째 saccadic 안구운동 사이의 잠복기가 400[ms]라는 사실로서 알 수 있다.

5. 결 론

E.O.G. 로 20° 이상의 saccadic 안구운동 특성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 증폭기의 차단 주파수가 10[Hz]인 경우 외안근의 활동전위를 비롯한 기타 잡음이 제거된다.

(2) 시표가 20° 이상 변위할 때에는 시표의 상을 황반부에 정확하게 맺게하기 위해서 2개 이상의 saccadic 안구운동이 일어난다.

(3) 20°의 안구회전각을 중심으로, 시각정보 처리방식에는 서로 다른 2가지 방식이 있다. 하나는 슬상체-피질경로에 의한 방식이며, 다른 하나는 상구에 의한 방식이다. 이것은 20°의 안구회전각을 중심으로 망막의 시각정보 처리에 기능적 분화가 있음을 근거로 하고 있다.

(4) Saccadic 안구운동계는 크기와 방향이 미리 짜여진 안구운동을 수행한다는 사실이 연속적 시표 변위에 대한 안구운동 실험에서 밝혀졌다.

(5) Saccadic 안구운동계는 미리 짜여진 안구운동의 방향과 크기를 샘플링된 시각정보의 방향과 크기와 비교하여 미리 짜여진 안구운동을 계속 수행할 것인지를 결정한다.

(6) 잠복기와 I.S.I.에 대한 히스토그램에서 최대값 사이가 25[ms]라는 것은 시각정보에 대한 샘플링이 25[ms]마다 일어난다는 사실을 의미한다.

(7) 연속적인 시표변위에 대해서 2가지 형태의 안구운동이 일어나는 것은 saccadic 안구운동계가 시각정보를 확률적으로 샘플링함을 의미하는 것이다.

(8) 망막의 위치 신호에 대한 시각 정보처리 방식의 기능적 분화와 미리 방향과 크기가 짜여진 saccadic 안구운동을 고려한 saccadic 시스템에 대한 수정된 모델이 요구된다.

참 고 문 헌

- 1) 남문현, 박상희, 최 역 : 안구운동 측정법의 비교 고찰, 대한안과학회잡지, 14:315, 1973.
- 2) Arden, G.B., Barrada, A. & Kelsey J.H.,: *New Clinical Test of Retinal Function Based upon the Standing Potential of the Eye*, *Brith. J. Ophthal.* 46:449, 1962.
- 3) Becker, W., Fuchs, A.,: *Further Properties of the Human Saccadic System Eye Movements and Correction Saccades with and without Visual Fixation Points*, *Vison Res.* 9:1247, 1969.
- 4) Clynes, M., Milsum, J.H.,: *Biomedical Engineering System*, McGraw Hill, 1970.

- 5) Frost, D., Pöppel, E.,: *Programming of Human Saccadic Eye Movements as Function of Stimulus Eccentricity*, *Pflügers. Arch ges. Physiol.* 347:R 64, 1974.
- 6) Frost, D., Pöppel, E.,: *Different Programming Modes of Human Saccadic Eye Movements as a Function of Stimulus Eccentricity-Indications of a Functional Subdivision of the Visual Field*, *Bio. Cybernetics.* 23:39, 1976.
- 7) Geddes, L.A., Baker, L.E.,: *Principles of Applied Biomedical Instrumentation*, ed. 2, A Wiley-International Publication, 1975.
- 8) Mary, E.,: *Development of Electro-Oculography-Standing Potential of the Eye in Registration of Eye Movements*, *A.M.A Arch. Ophthal.* 45: 169, 1951.
- 9) Pöppel, E., Held, R. & Frost, D.,: *Residual Visual Function after Brain Wounds involving the Central Visual Pathways in Man*, *Nature.* 243:295, 1973.
- 10) Robinson, D.A.,: *The Mechanics of Human Saccadic Eye Movements*, *J. Physiol.* 174: 245, 1964.
- 11) Robinson, D.A.,: *The Oculomotor Control-A Review*, *Proc. IEEE.* 56:1032, 1968.
- 12) Robinson D.A.,: *Models of the Saccadic Eye Movement Control System*, *Kybernetik.* 14:71, 1973.
- 13) Shackel, B.,: *Pilot Study in Electro-Oculography*, *Brith. J. Ophthal.* 44:89, 1960.