

# 수평 Saccadic 안구운동의 속도 특성에 관한 연구\*

박상희 · 이상호<sup>△</sup> · 백남철 · 김남현

= Abstract =

## Velocity Characteristics of Horizontal Saccadic Eye Movement

Sang-Hui Park, Sang-Hyo Lee<sup>△</sup>, Nam-Chill Paik, Nam-Hyun Kim

In this paper, peak velocity characteristics of saccadic eye movements were measured and analyzed as a velocity characteristics of horizontal saccadic eye movement system.

Measurements were made with an infrared reflection method, and horizontal saccadic eye movements of 5 normal subject were recorded for the periodic and random pulse targets of 5°, 10°, 20°, and 30° amplitudes.

### 1. 서 론

Saccadic 안구운동은 동안계가 수행할 수 있는 가장 빠른 운동으로서 그 기능은 시계(visual field)의 한 시점(visual point)에서 다른 한 시점으로 가능한 빠른 시간내에 안구의 방향을 전환하는 일이다.

Saccadic 안구운동은 속도-진폭 특성을 근거로 정의될 수 있다. 그러나 saccadic 최고속도(peak velocity) 측정의 중대성에도 불구하고 운동방향에 대한 속도-진폭 관계의 일관성있는 자료가 부족한 형편이다. Robinson과 Fricker등은 안구위치가 귀쪽에서 코쪽으로 이동하는 비측(nasal)운동보다, 코쪽에서 귀쪽으로 이동하는 이측(temporal)운동의 속도가 빠르다고 보고하였으며, Hyde와 Cook등은 양측운동의 속도가 동일하다고 보고하여 서로 상반된 결과를 보이고 있다.

따라서 본 연구에서는 변연부 트래킹의 원리를 이용한 적외선 반사법을 이용하여 5°에서 30° 사이의 각변

위에 대한 수평 saccadic 안구운동의 속도 특성을 측정하고 그 결과를 분석하였다.

### 2. 실험

수평 saccadic 안구운동의 속도를 측정하기 위해 사용한 적외선 반사 측정장치는 Fig. 1과 같이 구성하였

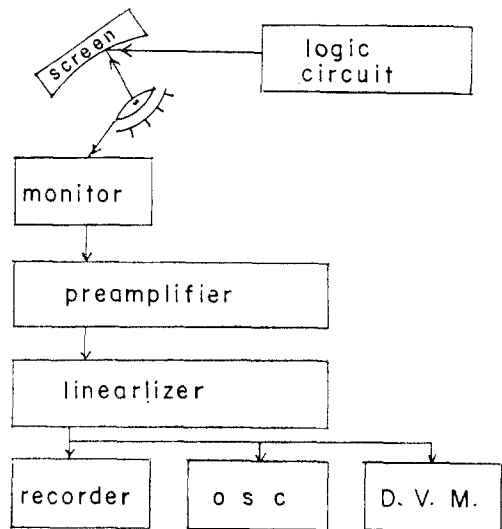


Fig. 1. Block diagram of experimental apparatus

<1982. 3. 2. 접수>  
연세대학교 전기공학과  
Dept. of Electrical Eng., Yonsei University

<sup>△</sup>광운공과대학 전자공학과  
<sup>△</sup>Dept. of Electronic Eng., Kwang Woon Engineering College

\* 본 연구는 한국과학재단 1980년도 연구비에 의하여 이루어진 것임

으며, 안구가 추적하여야 할 시표(target)의 변화 방식은 각 변위에 대해 Fig. 2와 같이 6가지 방식을 채택하여 시행하였다.

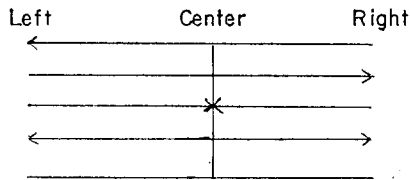


Fig. 2. 6 patterns of target position

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3-1. 실험결과

각 변위 5°, 10°, 20°, 30°에서 6가지의 운동방향에 대한 평균 최고속도와 표준편차는 Table 1에서 Table 5까지와 같다.

Table 1. Mean of peak velocity and S.D. for 5° saccade

D \ S	S	C.K.S	K.Y.J	W.M.S	B.S.W	B.N.C	MEAN
C	N	187(20)	198(19)	195(23)	202(18)	186(16)	194(19)
	T	183(13)	191(15)	193(19)	197(11)	182(15)	189(15)
	COM	185(17)	194(17)	194(21)	199(15)	184(16)	191(17)
E	N	183(14)	192(16)	179(16)	193(19)	187(17)	187(17)
	T	183(18)	192(17)	184(19)	191(23)	184(16)	187(19)
	COM	183(16)	192(17)	181(18)	192(21)	185(17)	187(18)
A T C	N	191(14)	186(12)	188(14)	198(20)	185(19)	190(16)
	T	180(18)	195(16)	175(16)	185(21)	183(20)	184(18)
	COM	185(16)	190(14)	181(15)	191(21)	184(20)	186(17)

D : direction S : subject C : centering COM : combined  
 E : eccentric N : nasal T : temporal ATC : across-the-center  
 ( )내의 숫자는 표준편차를 나타낸 것임.

Table 2. Mean of peak velocity and S.D. for 10° saccade

S	C.K.S	K.Y.J	W.M.S	B.S.W	B.N.C	MEAN	
C	N	300(16)	300(28)	311(26)	292(24)	321(29)	305(25)
	T	305(14)	293(20)	301(28)	297(22)	309(27)	301(23)
	COM	302(15)	296(25)	306(27)	294(23)	314(28)	303(24)
E	N	291(17)	290(16)	291(14)	279(18)	308(22)	302(18)
	T	286(20)	284(20)	288(23)	270(20)	298(20)	285(21)
	COM	289(19)	287(18)	290(19)	274(19)	303(21)	289(19)
A T C	N	298(21)	297(38)	302(23)	290(24)	317(27)	301(27)
	T	300(35)	292(25)	287(32)	291(28)	306(30)	295(30)
	COM	299(29)	295(33)	294(29)	290(26)	312(29)	298(29)

**Table 3.** Mean of peak velocity and S.D. for 20° saccade

D	S	C.K.S	K.Y.J	W.M.S	B.S.W	B.N.C	MEAN
	C	N	390(14)	402(18)	387(24)	403(27)	411(28)
T		384(13)	389(16)	383(22)	393(19)	401(17)	390(18)
COM		387(14)	400(17)	385(23)	398(23)	406(23)	395(20)
E	N	394(14)	398(17)	387(24)	390(24)	401(25)	394(21)
	T	382(12)	390(15)	369(23)	381(11)	389(15)	382(16)
	COM	388(14)	394(16)	378(25)	385(19)	400(21)	389(19)
A T C	N	389(13)	389(17)	402(26)	392(25)	396(22)	394(21)
	T	375(11)	401(15)	391(24)	370(20)	387(14)	385(17)
	COM	382(12)	407(16)	396(25)	381(23)	391(18)	391(19)

**Table 4.** Mean of peak velocity and S.D. for 30° saccade

D	S	C.K.S	K.Y.J	W.M.S	B.S.W	B.N.C	MEAN
	C	N	418(13)	451(15)	442(23)	483(19)	480(22)
T		407(11)	439(15)	421(21)	453(20)	441(20)	432(18)
COM		412(12)	445(15)	431(22)	468(19)	460(21)	443(18)
E	T	442(12)	448(12)	444(19)	461(16)	453(19)	450(16)
	T	408(13)	436(14)	392(24)	437(14)	429(13)	420(16)
	COM	425(12)	442(13)	418(22)	449(15)	441(16)	435(16)
A T C	N	421(16)	421(17)	438(22)	457(22)	469(22)	441(20)
	T	419(14)	440(14)	417(20)	436(21)	431(20)	429(18)
	COM	420(15)	430(16)	427(21)	446(21)	450(21)	435(19)

### 3-2. 결과고찰

#### (1) 속도—진폭 관계

5명의 정상 피검자에 대한 평균 속도—진폭 관계는 Fig. 3과 같다.

Saccade의 크기가 커짐에 따라 속도의 증가율은 서서히 감소하는데, 증가하는 진폭의 1°에 대한 PV의 증가는 5°~10°에서는 21.8(deg/sec), 10°~20°에서 9.5(deg/sec), 20~30°에서 4.6(deg/sec)이다. Fig. 3에서 점선으로 나타내어진 부분은 saccade 최고속도의 정상구간을 뜻하는데, 본 실험에서 얻은 5°, 10°, 20° 및 30°에 대한 정상 PV의 하한값은 각각 152(deg/sec), 249(deg/sec), 354(deg/sec), 402(deg/sec)이다.

본 연구의 결과와 이전의 안구결과를 비교하여 나타내어 보면 Fig. 4와 같으며, 두 안구의 결과는 상당한 차이점을 나타내고 있다.

이러한 차이점은 샘플의 수와 관계가 있다고 설명할 수도 있으나, 가장 중요한 원인은 측정장치의 선택에 있다고 본다.

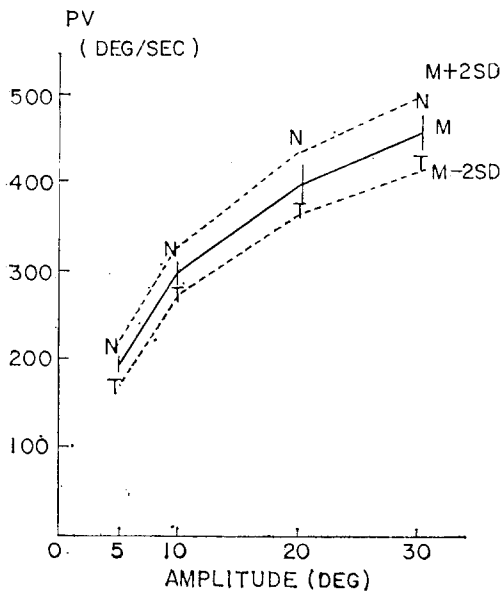
Westheimer의 결과는 직접촬영법을 써서 얻은 것이며, Hyde의 결과는 고속촬영법을 써서 얻은 것이다. Cook와 Stark의 값은 적외선 반사법을 사용하여 얻은 값으로서 지금까지 발표된 연구결과 중 가장 높은 값을 나타내고 있다.

#### (2) 비축운동의 PV와 이축운동의 PV의 비교

Fig. 3에서 보는 바와 같이 각 변위 5°와 10°에서

**Table 5.** Mean of peak velocity and S.D. for 5°~30° saccade

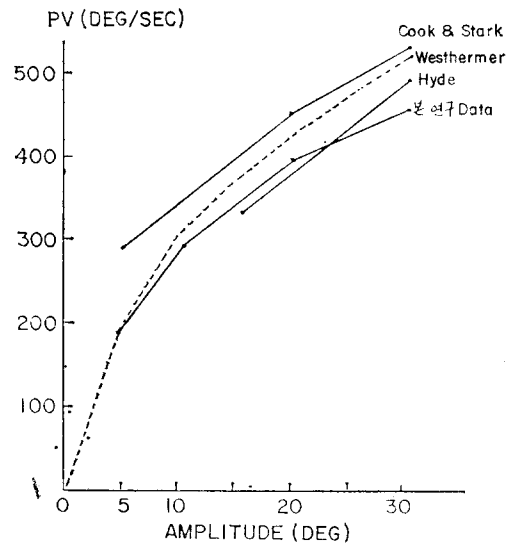
DEG	S D	C.K.S	K.Y.J	W.M.S	B.S.W	B.N.C	MEAN
		N	187(16)	192(16)	187(21)	198(19)	186(18)
5°	T	182(17)	193(16)	184(18)	191(19)	183(17)	187(18)
	COM	184(17)	192(16)	185(18)	194(19)	184(18)	188(18)
	N	296(18)	296(29)	301(22)	287(22)	315(26)	303(24)
10°	T	297(25)	290(22)	292(28)	286(24)	304(26)	294(25)
	COM	297(22)	293(26)	297(25)	286(23)	310(26)	297(24)
	N	391(14)	396(17)	392(25)	395(25)	403(25)	396(22)
20°	T	380(12)	393(15)	381(23)	381(17)	392(15)	386(17)
	COM	386(13)	400(16)	386(24)	388(22)	399(21)	392(19)
	N	427(14)	440(15)	441(21)	467(19)	467(21)	449(18)
30°	T	411(13)	438(14)	410(22)	442(19)	434(18)	427(17)
	COM	419(13)	439(15)	425(22)	454(19)	450(19)	438(18)



**Fig. 3.** Velocity-amplitude plot of PV for 5 subjects

비측운동의 PV가 이측운동의 PV보다 약간 빠르게 나타났으나 통계적으로 의미있는 평균값의 차이는 아니었다( $p < 0.01$ ).

각 변위 20°와 30°에서는 비측운동의 PV가 이측운동의 PV보다 상당히 빠르다는 사실이 나타났는데 이는 통계적으로 의미있는 평균값의 차이였다( $p < 0.01$ ).



**Fig. 4.** Comparison of PV of the present study and previous studies

즉, saccade의 크기가 커짐에 따라 비측운동의 PV가 이측운동의 PV보다 빠른 현상이 두드러졌다. 이는 Ishikawa와 Terakado(1973)의 연구결과와 일치하였다.

(3) 중심시, 이심시, 중심통과시 사이의 PV의 비교  
각 변위 10° 이상에서 PV값의 크기가 중심시, 중심

문과서, 이진시의 관계를 비교할 수 있게 선명히 나타냈는데, 이러한 원인은 변위가 큰 saccade가 수행될 때 수평근의 억제대와 이완근의 저항으로부터 발생하는 회전력의 변화 때문이라 생각되며, 이러한 결과는 Cook(1966)의 연구결과와 일치하였다.

(4) 시표 변화율에 따른 PV의 비교

시표 변화율은 펄스 발생기의 주파수를 0.2, 0.4, 0.5, 0.8, 1Hz의 5가지를 채택하였는데, 그 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 주파수에 상관없이 속도가 일정하고 다만 안구의 고정시간만 줄었다. 이것은 피검자가 공간의 한 시점에서 다른 한 시점으로 안구의 방향을 전환할 때 안구운동의 속도를 변화시킬 수 있는 능력이 없음을 뜻한다고 볼 수 있다. 즉 saccade의 PV는 피검자의 자발적인 노력이나 연습에 의해 영향 받지 않는다.

형적임이 입증되었다.

(2) Saccadic 안구운동의 정상 평균 최고속도의 대 표값은 5°, 10°, 20° 및 30°에 대하여 각각 194, 295, 387 및 428(deg/sec)이며, 정상 하한값은 각각 152, 249, 354 및 402(deg/sec)로서 이 값 이하로 떨어지는 평균 최고속도는 비정상적인 값이라 할 수 있다.

(3) Saccade의 크기가 증가함에 따라 비측운동의 최고속도가 이측운동의 최고속도보다 빠른 현상이 두드러지게 나타난다.

(4) Saccade의 크기가 증가함에 따라 중심시의 평균 최고속도가 이진시의 평균 최고속도보다 빠른 현상이 나타난다.

(5) Saccadic 안구운동의 평균 최고속도는 시표 변화율에 상관없이 항상 일정하다.

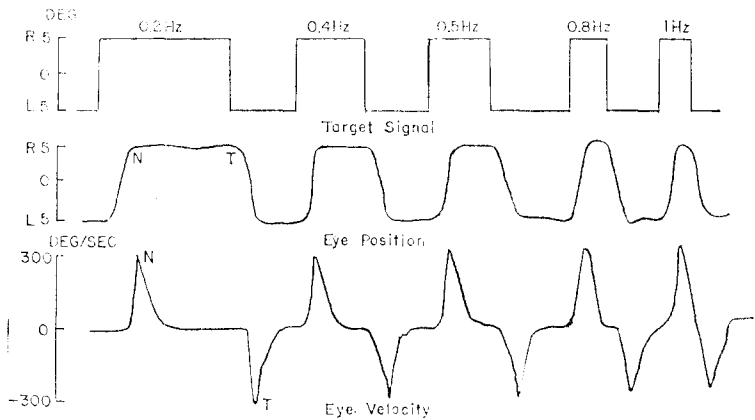


Fig. 5. Comparison of PV to target frequency

4. 결 론

본 연구에서는 적외선 반사법을 이용하여 각 변위 5°, 10°, 20° 및 30°에 대하여 수평 saccadic 안구운동의 정상평균 최고속도를 연구한 것으로 얻어진 결과는 다음과 같다.

(1) Saccade 안구운동의 최고속도는 saccade의 크기에 비례하나, 그 증가율은 5°~10°에서 21.8(deg/sec), 10°~20°에서 9.5(deg/sec), 20°~30°에서 4.6(deg/sec)로서 서서히 감소되는 추세를 보여 큰 진폭에 대한 saccadic 안구운동의 속도-진폭 관계가 비선

참 고 문 헌

- 1) Cook, G. Stark, L & Zuber, B.L.: *Horizontal eye movements studied with the on-line computer*. Arch. Ophthal., 76 : 589, 1966.
- 2) Fricker, S.T: *Dynamic measurements of horizontal eye movements "Accelaration and velocity matrices"*. Invest. Ophthal., 10 : 724, 1971.
- 3) Hyde, J.E.: *Some characteristics of voluntary human ocular movements in horizontal plane*. American J. Ophthal., 48 : 85, 1959.
- 4) Ishikawa, S. & Terakado, R.: *Maximum vel-*

- ocity of saccadic eye movement in normal and strabismic subjects. Jap. J. Ophthal.*, 17 : 11, 1973.
- 5) Robinson, D.A.: *Models of the saccadic eye movements control system, Kybernetik.* 14 : 71, 1973.
- 6) Westheimer, G.: *Eye movement response to a horizontally moving visual stimulus. A.M.A. Arch. Ophthal.*, 52 : 932, 1954.
-