



강봉희, 김재일
단국대학교 의과대학 신경과학교실

Saccadic System

Bong-hui Kang, MD, Jae-il Kim, MD, PhD

Department of Neurology, College of Medicine, University of Dankook, Cheonan, Korea

Saccade is a rapid eye movement to shift the fovea to objects of visual interest. Abnormalities of saccades offer important clues in the diagnosis of a number of neurologic disorders. Disorders of saccades consist of abnormalities of velocity, accuracy, initiation, and the presence of saccadic intrusions and oscillations. In this review, we explore the anatomy of horizontal and vertical saccades, discuss practical aspects of their examination, and review how saccadic abnormalities in neurologic disorders aid in diagnosis, with video demonstration of classic examples.

Key Words: Saccade, Eye movement, Neurological disorders

신속보기(saccade)는 가장 빠른 안구운동으로 시선을 한 곳에서 다른 곳으로 빠르게 움직여 관심 있는 물체의 상을 주시하기 위한 공액(conjugate) 안구운동이다. 정상적인 신속보기는 보통 250ms 이내의 잠복기를 가지며, 빠른 속도로 새로운 목표점을 향해 움직이는데, 최대속도는 약 600-700°/sec에 이른다.¹ 정상 신속보기와 특징적인 이상 신속보기운동의 이해를 바탕으로² 신경과 질환에서 임상적으로 이를 어떻게 활용할 수 있는지 살펴보고자 한다(Fig. 1 and Table 1).

신속보기의 검사 방법과 유의점

신속보기는 표적이 상하좌우로 각각 또는 대각선으로 움직이도록 하여, 환자가 표적을 잘 따라가는지 살펴본다. 일정하게 움직이거나(fixed saccades), 환자가 표적의 움직임을 예상하지 못한 상태(random saccades)로 평가할 수 있다.

신속보기와 관련된 뇌구조물이 수직성과 수평성 신속보기에서 다르므로, 자극하는 방향을 상하좌우로 균등하게 배치하여야 하며, 제일안위로 향하는 자극(centripetal)과 제일안위에서 멀어지는(centrifugal) 자극을 골고루 시행한다. 신속보기의 속도는 진폭에 의해 달라지며, 초기의 장애는 비교적 큰

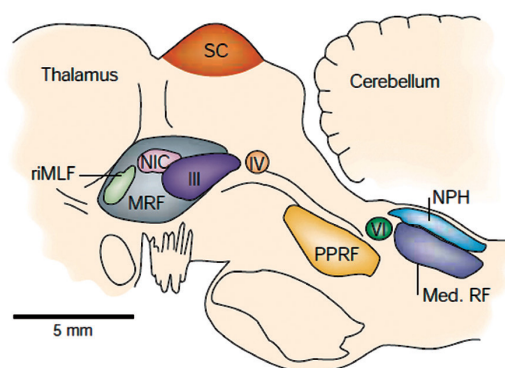


Figure 1. Drawing of the brainstem of a monkey, showing the locations of areas discussed in the main text (Hepp et al. 1989). III, oculomotor nucleus; IV, trochlear nucleus; VI, abducens nucleus; Med. RF, medullary reticular formation; MRF, midbrain reticular formation; NIC, interstitial nucleus of Cajal; NPH, nucleus prepositus hypoglossi; PPRF, paramedian pontine reticular formation; riMLF, rostral interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus; SC, superior colliculus.

Prof. Jae Il Kim

Address: Department of Neurology, Dankook University Hospital,
201 Manghyang-ro, Dongnam-gu, Cheonan 31116, Korea
Tel: 82-41-550-3988 Fax: 82-41-550-4681
E-mail: neurokji@hanmail.net

Table 1. Anatomic substrates of saccadic generation

	Pulse		Step
	Burst	Pause	Neural integrator
Horizontal	PPRF	Nucleus raphe interpositus	Medial vestibular nucleus Flocculus
Vertical	riMLF	Nucleus raphe interpositus Medial vestibular nucleus	Interstitial nucleus of Cajal Nucleus prepositus hypoglossi Flocculus

PPRF, paramedian pontine reticular formation; riMLF, rostral interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus

진폭의 운동에서만 관찰될 수 있으므로 주의하여야 하고, 보통 5-30°까지 다양한 진폭의 자극을 준다.³ 검사목적에 따라 기억유도성 신속보기나 반대신속보기(antisaccade)검사 등을 시행할 수도 있다. 반사성 신속보기를 평가하는 한 방법으로는 눈운동후안진(optokinetic nystagmus)의 빠른 성분을 확인하는 것이다. 정량분석을 위해서는 비디오안구운동 검사(video oculography)와 같은 특수장비가 필요하다.

1. Saccade initiation: 신속보기 명령 후 즉각적으로 안구 움직임이 발생하는가를 확인한다. 지연된 신속보기의 시작은 잠복기의 증가를 의미할 수 있다. 또는 oculomotor apraxia 에서 관찰된다.
2. Range of motion and conjugacy of saccades: 안구 움직임이 충분한 범위에서 움직였는지 확인한다. 신속보기 검사 전에 안구운동의 최대범위를 확인해 봐야 한다. 만약 안구운동 범위에 제한이 있다고 판단되면, 원할추중운동과 Doll's eye maneuver를 시행하여 안구운동 범위를 확인하여 핵상주시마비는 아닌지 고려한다.
3. Speed of saccades: 신속보기의 궤도를 같이 따라가며 속도가 느려지지 않았는지 살펴본다. 정상적으로 빠른 신속보기에서 피검자의 안구운동을 검사자가 따라가기 어렵다.
4. Accuracy of saccades: 목표물을 향해 정확한 안구움직임이 발생하였는지 관찰한다. 겨냥과다 혹은 겨냥부족이 나타나는지 확인하고, 이어서 교정 움직임이 나타나면 정확하게 교정되는지 확인한다.
5. Saccadic intrusions or oscillations: 제일안위에서 시선 고정이 안되고, 원하지 않는 신속보기가 발생되는지 관찰한다. 이러한 속진은 눈을 가쪽을 보게 한 후 다시 제일안위에서 관찰 할 때 좀 더 유발되는 경향이 있고, 원할추중운동 중에 발생하기도 한다.³

비정상적 신속보기

1. 검사결과의 판독

1) 속도 (Velocity)

신속보기의 속도는 진폭에 따라 지수함수적으로 증가하고, 질병 초기의 속도저하는 큰 진폭의 신속보기에서만 관찰되기도 한다. 신속보기의 속도저하는 뇌간에 위치한 폭발세포가 중요한 병변이 되고, 정지세포 병변에서도 속도저하가 발생하므로 반드시 뇌간병변을 고려해야 한다. 윗둔덕병변이나, 폭발세포 이후 안구신경마비와 외안근 장애에 의해서도 발생할 수 있다. 그러나 일반적으로 소뇌병변에서 신속보기의 속도는 정상이다.

2) 잠복기(Latency)

목표물이 나타나고 나서 급속안구운동이 발생하기까지 걸리는 시간으로 정상인에서는 200~250 msec 내외이다. 잠복기는 나이가 들면서 증가하며, 이는 중추신경계에서의 처리 시간(processing time)이 늦어지기 때문으로 생각된다. 신속보기의 잠복기 이상은 여러 뇌병변과 뇌질환에서 나타날 수 있으므로 임상적인 의미는 크지 않다.

3) 정확도 (Accuracy)

정상인에서도 15° 이상 떨어진 표적에 대한 최초 급속안구운동은 부정확하여 대개 표적에 미치지 못하며(겨냥부족), 약 200 msec의 잠복기를 두고 이를 교정하는 작은 진폭의 이차 신속보기가 발생한다. 무작위 신속보기검사(random saccades test)에서 정상인은 첫 신속보기로 목표물까지 거리의 90% 정도에 도달하고, 이어 작은 신속보기에 의해 목표점에 눈을 정확히 이동한다. 신속보기가 3번 이상 걸쳐 목표물에 다다르거나 정확도가 정상치 이하일 때를 겨냥부족이라 한다. 이마엽시야, 뒤쪽마루엽, 소뇌의 꼭지핵 병변에서 겨냥

부족이 관찰된다. 정상인에서 신속보기를 할 때 표적을 지나치는 경우는 거의 없으며, 겨냥과다는 주로 소뇌의 이상을 시사한다. 겨냥과다는 안구운동이 중앙으로 향할 때(centripetal) 더 심하게 관찰된다. 또한 소뇌 병변에서는 pulse-step 부조화에 의해 신속보기 후 안구가 중앙으로 미끄러지는 현상을 관찰할 수 있다(postsaccadic drift). 외측연수증후군에서는 병변을 향하는 신속보기의 겨냥과다와 반대편으로 겨냥부족이, 안측연수증후군에서는 병변에서 멀어지는 신속보기의 겨냥과다와 반대편으로 겨냥부족이 관찰되는데, 이를 saccadic lateropulsion이라고 한다(Fig. 2).

4) Saccadic intrusions or oscillations

현재 주시하고 있는 망막중심오목으로부터 벗어나게 하는 불수의적 비정상적인 신속보기가 단속적으로 발생할 때를 saccadic intrusions이라 하고, 연속적으로 반복해서 나타날 때를 saccadic oscillations이라 한다(Fig. 3) 이러한 현상은 소뇌, 뇌간, 기저핵, 대뇌반구 등 다양한 부위의 병변에 의해 발생하며, 시선이 한 곳에 머무는 것을 방해한다.

2. 신경계 질환에서 신속보기 장애

신속보기를 평가하는 것은 파킨슨 증상을 보이는 환자에서 중요한 감별진단의 근거를 제공할 수 있다.⁴ 대표적으로 진행성 핵상마비의 경우 특징적으로 수직성 신속보기의 속

도저하로 시작되어 모든 방향에서 신속보기장애와 핵상 안구운동마비로 진행되며, 이것은 임상적 진단기준으로 사용된다. 또한 square wave jerks 이 다른 파킨슨 질환에 비해서 두드러지게 관찰된다. 다계통위축증에서도 비교적 흔히 신속보기장애가 관찰되는데, 특히 소뇌성 다계통위축증에서 겨냥과다, 겨냥부족, square wave jerks이 알려져 있다. 반면, 파킨슨병에서는 임상적으로 신속보기장애가 동반되지 않거나, 정밀검사상에서 겨냥부족이 관찰되는 정도이다. 피질기저핵변성(corticobasal degeneration)에서도 진행성 핵상마비와 비슷한 수직성 핵상마비가 보고된 적이 있고, oculomotor apraxia 가 특징적인 증상으로 알려져 있다. 무도증이 특징인 헌팅턴 병에서는 신속보기의 시작이 느려지고, 속도도 감소한다. 좀 더 연구된 점은 반대신속보기 검사에서 이상을 보인다는 것이다. 그러나 반대신속보기의 이상은 헌팅턴병에만 특징적인 것은 아니며, 진행성 핵상마비나 레비소체치매 환자에서도 보고된 적이 있다. 유전성 소뇌실조증에서 신속보기를 포함한 다양한 안구운동장애가 보고되고 있는데, 특징적으로 spinocerebellar ataxia (SCA) 2형에서는 느린 신속보기가 잘 알려져 있다. Opsoclonus-myoclonus syndrome에서는 특징적으로 모든 방향으로 비정상 신속보기 움직임이 intersaccadic interval 이 없이 계속 나타나는 안구운동장애로 주로는 감염성 질환과 드물게는 종양과 함께 발생하기도 한다.⁵

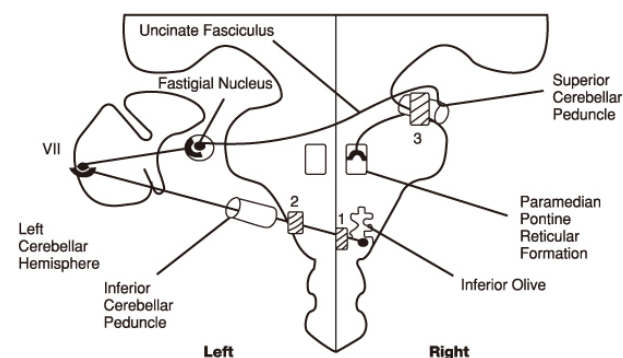


Figure 2. Schematic view of connections responsible for saccadic lateropulsion. The climbing fibers originating from the contralateral inferior olive terminate in lobule VII of cerebellar cortex with an inhibitory action. In turn, these Purkinje cells inhibit ipsilateral fastigial nucleus cells. Finally, the output of ipsilateral fastigial nucleus activates the contralateral paramedian pontine reticular formation, through the uncinate fasciculus. 1. medial medullary syndrome, 2. lateral medullary syndrome, 3. superior cerebellar artery syndrome.

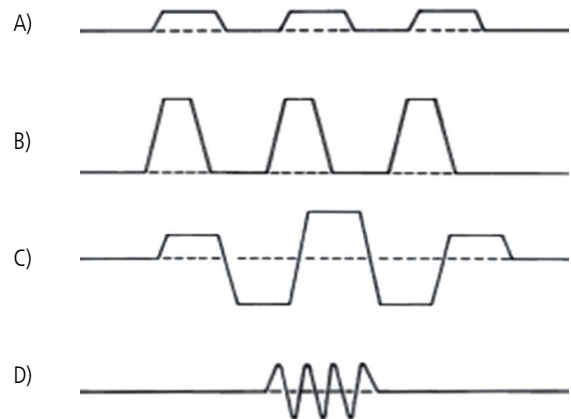


Figure 3. Saccadic intrusions and oscillations. A) square-wave jerks (1-5°), B) macrosquare wave jerks (10-40°), C) macrosaccadic oscillations, D) ocular flutter.

References

1. Ramat S, Leigh RJ, Zee DS, Optican LM. What clinical disorders tell us about the neural control of saccadic eye movements. *Brain* 2007;130:10-35.
2. Lee SH. Saccadic system. *Clin Neuroophthalmol* 2011;1: 10-14.
3. Choi KD. Ocular-motor test: Saccades, smooth pursuit, and optokinetic system. *Clin Neuroophthalmol* 2012;2:86-95.
4. Termsarasab P, Thammongkolchai T, Rucker JC, Frucht SJ. The diagnostic value of saccades in movement disorder patients: a practical guide and review. *Journal of Clinical Movement Disorders* 2015;2:14: 1-12.
5. Kang BH, Kim JI. Opsoclonus-Myoclonus Syndrome Associated with Mumps Virus Infection. *J Clin Neurol* 2014;10:272-275.