

Sakkadik Göz Hareketleri: Değerlendirme Parametreleri ve Ölçüm Metodları

SACCADIC EYE MOVEMENTS: PARAMETERS OF ASSESSMENT AND EXAMINATION METHODS

Seyhan Bahar ÖZKAN*, Sunay DUMAN**

Giriş

Göz hareketlerinin kontrolü 4 sistem tarafından sağlanır. Bunlar:

1. İzleme (pursuit) sistemi
2. Verjans sistemi
3. Torsiyonel sistem
4. Sakkadik sistem

İstemli bir sakkadda sinyaller retinadan geçer ve optik sinir yoluyla lateral genikulat cisme, oradan da oksipital lobda 17. alana gelir. Bağlantı lifleri bu sinyalleri 18 ve 19. alanlara taşırlar. Sinyal daha sonra frontal lobda ilgili bölgelere gelir. Frontal 8. alan ve superior kollikülüsten kalkan sinyaller horizontal bakış merkezi olan pontin paramedian retiküler formasyona gelir, buradan 3 ve 6. kranial sinir nükleusuna giden uyanlar ile sakkadik sinyal oluşturulur. Vertikal sakkadlar ise rostral interstisyel medial longitudinal fasikülüsten 3 ve 4. kranial sinir nükleusuna giden uyarılar ile oluşturulur.

Sakkad okülomotor sistemin yapabildiği en hızlı harekettir (300-700 derece/saniye). Amaç gözü bir hedeften diğerine en kısa zamanda geçirebilmektir. Bir nesne foveanın dışında görme alanına girerse istemli bir sakkad ile nesne foveaya fikse edilir. Ani görsel ya da işitsel uyanlar da refleks bir sakkadik hareketin oluşmasına yol açabilir. Mikrosakkadlar objenin foveanın en sensitif noktasında fikse olmasını sağlarlar. Optokinetik refleks ve vestibülooküler refleksin hızlı fazları sakkadik göz hareketleridir.

Sakkadik sinyal sonucu ani bir akım ile agonist adalede meydana gelen kasılmayla göz hareket eder (pulse). Sakkadik hareketin sonunda gözü yeni pozisyonda tutmak için az miktarda kuvvet harcanması gerekmektedir. Ekstraoküler adaledaki bu tonik kasılma "step" olarak adlandırılır.

Geliş Tarihi: 7.12.1994

* Op.Dr.S.B.Ankara Hastanesi Göz Kliniği, Başasistanı,

** Op.Dr.S.B.Ankara Hastanesi Göz Kliniği, Şefi, ANKARA

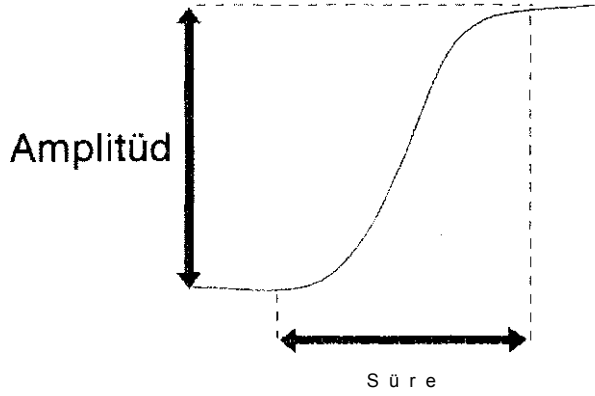
Yazışma Adresi: Seyhan B.ÖZKAN
Hoşdere Cad. 35/2
06540 Yukarı Ayrancı, ANKARA

Sakkadik hareket sırasında EMG kaydı, agonist adalede büyük ve ani bir elektriksel aktivite, antagonistte ise kısa süreli bir elektriksel sessizlik gösterir (1). Yani rektus kasının maksimum stimülasyonu ve antagonist kasın simültane relaksasyonu söz konusudur. Sakkadik hareket okülomotor sistem için bir stres testidir ve çok küçük kayıplar bile sakkadik hızda azalmaya yol açarlar. Sakkadik göz hareketinin hızının direkt olarak ekstraoküler adalenin kuvvetine bağlı olduğu gösterilmiştir (2,3). Ancak sakkadik hız ile adale kuvveti arasındaki ilişki basit bir lineer bağlantı şeklinde değildir (4).

Sakkadik Göz Hareketlerinin Özellikleri

1. Stimülüs ve sakkadın başlangıcı arasındaki reaksiyon zamanı veya latent period 150-200 ms'n'dir. Yaşlılıkta, hedefin luminansının düşük olması, hedefin yönünün önceden bilinmemesi ve primer pozisyondan uzaklaşma durumlarında reaksiyon zamanı uzar (5).
2. Sakkadın başında akselerasyon, sonunda ise deselerasyon fazı vardır (Şekil 1).
3. Sakkadik bir göz hareketi başladıktan sonra yönü ve hızı istemli olarak değiştirilemez, ancak dikkatin azaldığı durumlarda yavaş sakkadlar ortaya çıkabilir.
4. Sakkadik harekette ortalama hız ve maksimum hızdan bahsedilir. Maksimum hız sakkadın süresinden bağımsızdır ve sakkadik hareketin değerlendirilmesinde en sık kullanılan parametredir. Normal bireylerde ortalama hız/peak hız=1.65'tir (5).
5. Sakkadın süresi amplitüd arttıkça artar, ancak bu lineer olmayan bir ilişkidir. Ortalama süre artışı 1.5-3 ms/derece'dir (5).
6. Sakkadın hızı amplitüd ile orantılıdır, küçük sakkadlar daha yavaştır (6-9). Hız ile amplitüd arasındaki bu ilişki "ana sekans" olarak adlandırılır.
7. Addüksiyon sakkadik hızları abdüksiyona göre daha fazladır. Primer pozisyona doğru olan sakkadlar primer pozisyondan uzaklaşanlara göre daha hızlıdır (10).

Eğer ani akım gözü istenen pozisyondan daha ileri götürmüşse hipermetrik, daha geri bırakmışsa hipometrik sakkaddan bahsedilir. Sakkadik hareketin istenen



Şekil 1. Sakkadik göz hareketi sırasında kaydedilen dalganın şekil. Hareketin başlangıcında akselerasyon, sonunda ise deselerasyon fazı izlenmektedir.

pozisyonundan daha ilerde ya da geride kalması sakkadik dismetri olarak adlandırılır. Akım ile gözde istenen pozisyonun ayarlanmasında serebellumun önemli rolü vardır (11). Dorsal serebellar vermiş akımın büyüklüğünden, flokülüs ise akım ile pozisyonun uyumundan sorumludur. Hayatın ilk aylarında sakkadların hipometrik olduğu ve ilk 7 ay içinde hızlı bir gelişme gösterdiği bildirilmektedir (12).

Ölçüm Yöntemleri

Sakkadik göz hareketlerinin kaydı ağrısız ve tamamen tehlikesiz bir işlemdir. Minimal kooperasyon gerektirdiğinden her yaşta uygulanabilir. Gereken ekipman fazla pahalı değildir, hastanenin elektronistagmografi laboratuvarında yapılabilir.

Göz hareketlerinin kayıt edilmesinde kullanılan belli başlı teknikler: infrared limbus izleme metodu, manyetik arayıcı sistem (magnetic search coil system) ve elektrookülografi (EOG).

Infrared limbus izleme metodunda iris ve skleranın sınırından yansıyan infrared ışığın göz hareketleri ile olan değişiminden faydalanılır (13). Gözlüğe monte edilmiş olan infrared ışık kaynağı gözün yüzeyini aydınlatır ve iki fotoelektrik hücre yansıyan ışığı alır. Bu sistemde hohzontal göz hareketlerini kaydeden bir kanal vardır ancak vertikal sakkadlarda bu ölçüm şekli yetersiz bulunmuştur (14,15).

Magnetik arayıcı sistemde ölçüm skleral bir kontakt lens yardımıyla yapılır. Hohzontal ve vertikal iki çift coil vardır (16,17). Yukarı 20 derece ve aşağı 30 derecelik bakışta ölçüm yapılabilir. Yukarı ve aşağı doğru olan sakkadik hızlarda %40'a varan fark bulunmuş ve bu nedenle karşılaştırmanın yukarı ve aşağı hızlar arasında değil, sağlam gözde aynı yöndeki sakkadik hızlar arasında yapılması önerilmektedir (15).

Kayıt konusunda EOG, teknik yönden en pratik olan yöntemdir. Göz bir elektriksel dipol olarak kabul edilebilir. Kornea (+), posterior pol H'tir. Herhangi bir göz hareketi ya da pozisyonadaki bir değişiklik transorbi-

tal potansiyeli değiştirir. Hohzontal ölçüm için minyatür elektrodlar kantüslerin medial ve lateraline yerleştirilir ve toprak hattı için kaşların orta üst kısmına konulan elektrod kullanılır. Vertikal ölçümde elektrodlar kaşın üstü ve alt kapağın altına konulur. Topraklama için lateral kantüs kullanılır. Elektriksel değişiklikler grafik olarak gözün pozisyonu, hızı ve akselerasyonu olarak üç kanalda kaydedilir. İki ya da tek kanallı bir kaydedici de yeterli kaydı sağlar. Sakkadik hareketin çeşitli parametrelerinin daha hassas ölçülebilmesi için bazı bilgisayar programları geliştirilmiştir (7).

Erişkinlerde hasta belli aralıkla iki noktaya baktırılarak sakkadlar elde edilir. Kooperasyonu zayıf olan çocuklarda objeye baktırmak güç olabilir. O zaman ilgisini çeken bir oyuncak gösterilip gözünün önüne bir prizma konularak göz hareketi sağlanabilir. Diğer bir seçenek çocuğa hem görsel hem de işitsel yönden hitab edilebilecek iki oyuncuğun fiksasyon objesi olarak kullanılmasıdır.

infantlarda ve çocuklarda optokinetik veya vestibüler nistagmus yardımıyla sakkadlar elde edilebilir. Optokinetik nistagmusta (OKN) gözler otomatik olarak geçen bir objeyi izler ve yeni bir objeyi fikse etmek için ters yönde hızlı bir sakkadik hareket yapar. Hohzontal OKN için çocuk büyük bir döner diskin içinde annesinin kucağına oturtulur. Vertikal ölçüm için aynı sistemde annesinin kucağında yan yatırılır. Döner diskin içinde oturunca nistagmusu bozacak çevre uyarılar olmayacağı için daha sağlıklı bir ölçüm yapılabilir. Bir yaşın altındaki çocuklarda vestibüler nistagmusun ortaya çıkarılması daha kolaydır. Gözlemcinin kucağındaki çocuk her iki yöne doğru döndürülür.

Hareket kısıtlılığı olan gözlerde sakkadik hareket kaydedilirken ölçüm gözlerin hareket edebildiği alanlarda yapılmalıdır. Örneğin abdüksiyon kısıtlılığı olan gözde lateral rektusun sakkadik hızı hareket göz addükte bir pozisyondayken başlatılarak ölçülür. Primer pozisyonundan başlayarak 20 dereceye kadar olan kısımda bu gözde sakkadik hız ölçülemez, oysa nazalden primer pozisyona doğru başlatılırsa ölçüm yapılabilir.

Bir laboratuvarında sakkadik ölçüm yapılacaksa önce kullanılan sistem için normal değerler saptanmalıdır. Kullanılan ekipmana göre sakkadik hızda değişiklikler olabilir. Bir adalenin sakkadik hızının normal olup olmadığını belirlemek için antagonistin ya da kontrolateral kasın sakkadik hızıyla karşılaştırma yapılabilir. Mims ve Treff (18) normal kişilerdeki hohzontal sakkadları incelemişler ve agonist-antagonist arasında ortalama %5, simetrik adalelerde ise %9'luk bir farkın olabildiğini göstermişler ve kişisel farklılıklardan ötürü değerlendirmenin aynı hastada karşılaştırma yaparak yapılması gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Vertikal sakkadlar bazı yönlerden hohzontal sakkadlardan ayrılırlar. Primer pozisyonundan yukarı doğru olan sakkadlar superior rektus ve inferior oblik adalenin fonksiyonunu ölçer. Oblik adalenin fonksiyonunu

ölçmek için göz 20 derece addüksiyonda iken vertikal sakkadlar ölçülmelidir. Vertikal rektusların fonksiyonu en iyi gözler 20 derece abdüksiyondayken ölçülür. Yukarı bakışta üst kapakta bir hareket olur, bu cilt elektrodunda bir harekete yol açar ve kayıta bir artefakt ortaya çıkar (19). Bu artefakt üst kapak elle tutulup hareketsiz hale getirilerek en az düzeye indirilebilir.

Sakkadik göz hareketi kaydının hangi göz fikse ederken yapılması gerektiği tartışmalıdır. Normal kişilerde kaydın hangi göz fikse ederken yapıldığı sonucu değiştirmez. Paretik göz fikse ederken yapılan kayıta sakkadların daha büyük amplitüde olduğu ve kayıtların daha kolay okunduğu gösterilmiştir (20). Ancak arada ölçümün klinik önemini değiştirecek ölçüde bir fark bulunmamıştır.

Sakkadik sistemi etkileyen patolojilerde sakkadik hız, kesinlik ve hareketin başlangıcında bozulmalar olabilir (21). Maksimum sakkadik hızda azalmaya yol açan patolojiler; kranial sinir felçleri, intemükleer oftalmopleji, kronik progresif eksternal oftalmopleji, multiple skleroz ve spinoserebellar dejenerasyon gibi pontin paramedian retiküler formasyonu etkileyen olaylar olarak özetlenebilir. Sakkadik dismetri ise santral skotom, tünel görme ve hemianopsi gibi görme alanı defektlerinde, serebellar hastalıklarda ve bazal ganglionu etkileyen olaylarda ortaya çıkar. Anormal şekilde uzamış sakkadik latansi ise konjenital okülomotor apraksi, bilateral geniş frontoparietal lob lezyonları (edinsel oküler motor apraksi) ve Huntington koresi, ataksi telenjiektazi Parkinsonizm gibi bazal ganglion patolojilerinde görülebilir.

Kaynaklar

1. Tamler E, Marg E, Jampolsky A et al. Electromyography of human saccadic eye movements. *Arch Ophthalmol* 1959; 62:657-62.
2. Lennerstrand G, Tlan S, Zhao TX. Force development and velocity of Human saccadic eye movements-I. Abduction and adduction. *Clin Vision Sci* 1993; 8:295-305.
3. Tian S, Lennerstrand G. Force development and velocity of human saccadic eye movements-II. Elevation and depression. *Clin Vision Sci* 1993; 8:307-15.
4. Metz HS. Saccadic velocity measurements in strabismus. *Tr Am Ophth Soc* 1983; 531:631-92.
5. Becker W. Metrics. In: Wurtz&Goldberg, eds. *The neurobiology of saccadic eye movements*. Elsevier Science Publishers BV, 1989:13-54.
6. Boghen D, Troost BT, Daroff RB, Dell'Osso LF, Birkert JE. Velocity characteristics of normal human saccades. *Invest Ophthalmol* 1974; 13:619-23.
7. Baloh RW, Sills AW, Kumley WE, Honrubia V. Quantitative measurement of saccade amplitude, duration and velocity. *Neurology* 1975; 25:1065-70.
8. Baloh RW, Konrad HR, Sills AW, Honrubia V. The saccade velocity test. *Neurology* 1975; 25:1071-6.
9. Taumer R, Lemb M, Naimslö M. Characteristics of human saccadic eye movements in different directions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1976; 200:163-5.
10. Pellison D, Prablanc C. Kinematics of centrifugal and centripetal saccadic eye movements in man. *Vision Res* 1988; 28:87-94.
11. Feidon SE, Bürde RA. The oculomotor system. In: Moses RA, Hart WM, eds. *Adler's Physiology of the eye*. 8th ed. St Louis: The CV Mosby Company, 1987:122-68.
12. Harris CM, Jacobs M, Shawkat F, Taylor D. The development of saccadic accuracy in the first seven months. *Clin Vision Sci* 1993;9:85-96.
13. Cook G, Stark L. The human eye movement mechanism: experiments, modeling and model testing. *Arch Ophthalmol* 1968;79:428-36.
14. Jones R. Two dimensional eye movement recording using a photographic matrix method. *Vision Res* 1973; 13:425-9.
15. Yee RD, Schiller VL, Lim V, Baloh FG, Baloh RW, Honrubia V. Velocities of vertical saccades with different eye movement recording methods. *Invest Ophthalmol* 1985; 26:938-44.
16. Collewijn H, Van Der Mark F, Jansev TO. Precise recording of human eye movements. *Vision Res* 1975; 15:447-8.
17. Robinson DA. A method of measuring eye movements using a scleral search coil in a magnetic field. *IEEE Trans Biomed Electr* 1969; 10:37-40.
18. Mims JL, Treff G. Saccadic velocities of horizontal rectus muscles in twenty five normal humans. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1982; 19:129-36.
19. Doig HR, Nesfield CJ, Boylan C. Presaccadic spike potential with vertical saccades. *Ophthal Physiol Opt* 1990; 10:182-5.
20. Metz HS. Saccadic velocity studies in paralytic strabismus: fixation with the paretic vs non paretic eye. *Ann Ophthalmol* 1985:37-8.
21. Yee RD. Eye movement recording as a clinical tool. *Ophthalmology* 1983; 90:211-22.