

Horizontal Sakkad Açısal Hızları Üzerine Konvergens ve Monoküler Fiksasyon Etkileri

Uzm. Dr. Figen Bayramoğlu
Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı

Prof. Dr. Süleyman İlhan
Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı

İletişim:
Uzm Dr.Figen Bayramoğlu
Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Nöroloji Anabilim Dalı KONYA

Tel:0.332. 323 26 00 / 1218
Fax: 0.332. 323 26 43
e-mail: guneyf75@yahoo.com

Bu çalışmadaki katkılarından dolayı sayın Yrd.Doç.Dr. Bülent Oğuz Genç'e teşekkür ederim.

Horizontal Sakkad Açısal Hızları Üzerine Konvergens ve Monoküler Fiksasyon Etkileri

ÖZET İnsanda binoküler bakış sırasında herbir göz, bir nesnenin görüntüsünü tek bir görüntü olarak algılamayı sağlayacak şekilde devinir. Sakkadlar sırasında abdüksiyon ve addüksiyon yapan gözlerin birbirine göre nasıl hız ayarlaması yaptıkları bir yüzyılı aşkın zamandır tartışılmaktadır.

Bu çalışmada 51 normal genç denekte yakın ve uzak, primer pozisyonundan 20°lik sağa ve sola bakışlar yaptırılarak her bir gözün devinimleri klasik elektrookülografi (EOG) yöntemiyle kaydedildi. Yakın bakışta gözlerin frontal pupilla düzlemi ile orta çizgideki hedef arası 35 cm; uzak bakışta ise 5.5 m idi. Gerek yakın bakışta gerek uzak bakışta binoküler

çalışmanın yanında monoküler koşullar ile çalışıldı. Elde edilen bulgular istatistiksel olarak analiz edildi. Binoküler yakın bakışta bakış açısal hızı $216^{\circ},54/sn \pm 29,38$; uzak bakışta ise $200^{\circ},18/sn$ bulundu. Binoküler yakın bakışta addüksiyon açısal hız değerleri, uzak bakıştakilerden yüksek ($p < 0,000$) bulundu. Addüksiyon değerleri, abdüksiyon değerlerinden yine anlamlı ölçüde yüksek ($p < 0,000$) bulundu. Monoküler fiksasyon koşullarında elde edilen değerler için de bu farklılığın korunduğu görüldü. Yakın bakışta bulunan açısal hız değerlerinin uzak bakıştakilerden yüksek bulunmasında konvergensin etkilerinin rolü olduğu düşünüldü. Aynı şekilde addüksiyonun abdüksiyondan yüksek bulunmasında da literatür bilgileriyle birlikte konvergensin etkili olduğu değerlendirildi.

Anahtar Kelimeler: Abdüksiyon, açısal hız, addüksiyon, sakkad

Effects of convergence and monocular fixation on the horizontal saccades

ABSTRACT Binocular eye movements in humans are organized in order to place images on corresponding retinal locations so as to fuse them into a single percept. For more than one hundred years, it has been a matter of dispute how the eyes achieved to finally adjust their velocities relative to each other during abduction and adduction phases of the saccadic movements.

This study included 51 healthy subjects under near and far-target viewing conditions, subjects fixated rightwards and leftwards through 20° midline during which their eye movements were recorded by conventional electrooculography (EOG). Under near-viewing condition, the distance between frontal plane of the both eyes and the midline target was 35 cm. The distance was 5.5 meters under far-viewing condition. Recording were made under

both mono and binocular conditions.

Results were statistically analyzed. Angular velocity was found to be $216^{\circ},54/sn \pm 29,38$ during binocular near-viewing condition and $200^{\circ},18/sn \pm 25,45$ during binocular far-viewing condition. Adductional angular velocity during binocular near-viewing was $224^{\circ},99/sn \pm 28,91$, abductional angular velocity was $208^{\circ},09/sn \pm 27,49$. Angular velocity rates under binocular near target viewing condition were significantly higher than those recorded during far-target viewing ($p < 0,000$). Adductional velocities were again found to be significantly higher than abductional velocities ($p < 0,000$). The difference did not change during monocular fixation. It has been concluded that higher angular velocity rates found under near-target viewing condition might be influenced by convergence. Similarly, we concluded that convergence might have had influence on higher adductional velocity rates in view of the literature knowledge.

Key Words: Abduction, adduction, angular velocity, saccade

GİRİŞ

Primatlarda binoküler bakış, görsel çevreye en iyi uyumu sağlamak için görüntüyü derinlik boyutuyla tek olarak algılamaya yönelik ince ayarlı devinimlerdir. Bu göz devinimleri ilk önce vergens (konvergens ve divergens) ve konjüğe devinimler olmak üzere iki başlık altında incelenir. Vergens devinimleri ancak $20^\circ/\text{sn}'yi$ bulabilen yavaş göz devinimleridir (9). Konjüğe devinimler:

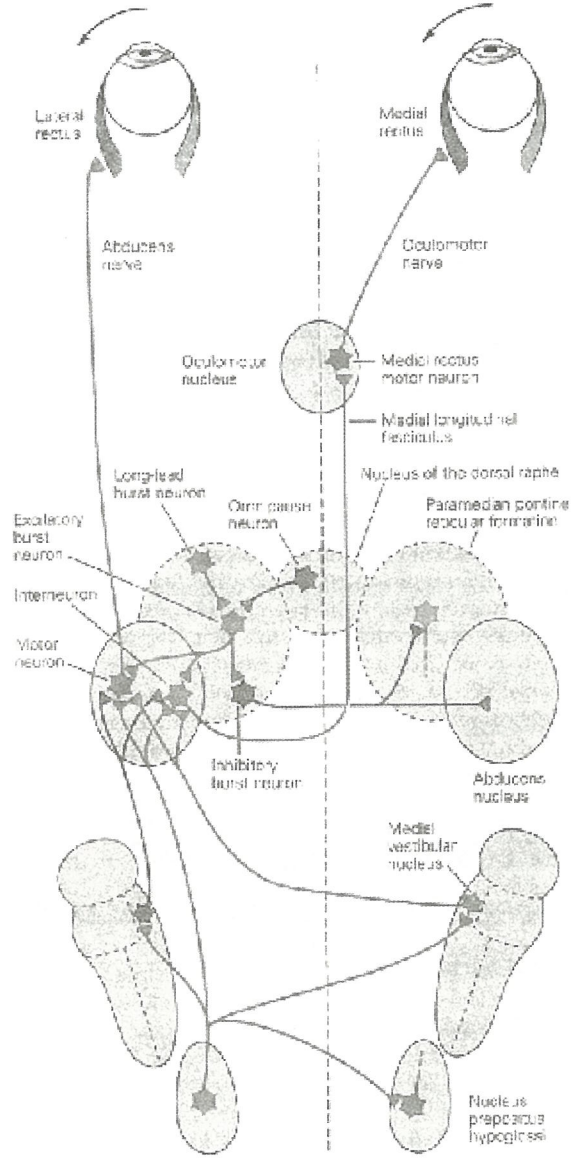
a) Hız olarak $100^\circ/\text{sn}'yi$ aşmayan hareketli bir nesneyi sürekli izlemeye yarayan yavaş izleyiş göz hareketleri;

b) Birkaç yüz derece/sn hızla gerçekleşen sakkadik devinimler olmak üzere 2'ye ayrılır (8). Bu göz devinimlerinin binoküler bakış sırasında açılmal hızlarının saptanıp karşılaştırılması yani addüksiyon açılmal hızı ile abdüksiyon açılmal hızı arasındaki farkın olup olmamasının araştırılması okülomotor sistemin davranışının anlaşılmasında önemli bulgular sağlayabilir. Bir yandan frontal, parietal, oksipital korteksler başta olmak üzere geniş bir kortikal ve subkortikal yapıların ve orbital anatomiye ilgilendiren zeminde gerçekleşen bu devinimlere ilişkin bulgular patolojilerindeki mekanizmaların anlaşılmasına da ışık tutabilir (14). Çok sayıda araştırmalar yapıldığı göz devinimleri konusunda addüksiyon abdüksiyon karşılaştırmalarına ilişkin çok az sayıda araştırmaya rastlanmaktadır (11,4,17). Bu bakımdan her bir gözün binoküler sakkadik bakış sırasında birbirine göre davranışının nöroanatomo-fizyolojik mekanizmalara ilişkin ulaştığımız bilgiler temelinde araştırılması okülomotor sistemin tüm davranışı içinde önemli bilgiler verebilir.

Şekil 1'de, bir yana bakış örneğinde sakkadik devinimin beyin sapı anatomofizyolojik örgüsü güncel şeması verilmektedir (8). İşte bu çalışma söz konusu anatomofizyolojik yeni bilgilere dayanarak sakkadik bakışlar sırasında bazı bilgileri elde edebilmek amacıyla yapılmıştır.

DENEKLER VE YÖNTEM

Yaş dağılımı 17-32 arasında değişen 51 normal denek çalışmaya alındı. Denek grubunun yaş ortalaması $23,76 \pm 3,71$ idi. Deneklerin 22'si kadın, 29'u erkekti. Çalışma tamamen yukardan aydınlatılmış dört duvar bir laboratuvarda gerçekleştirildi. Her bir deneğin iç ve dış epikan-



Şekil-1 Bir yana bakış örneğinde sakkadik devinimin beyin sapı örgüsü

tuşlarının hemen yanına yapıştırılmış 0.5 mm çapındaki disk gümüş klorür elektrotlar, iki kanal elektrookülografi (EOG) cihazına bağlantılandı. Bütün kayıtlamalarda kağıt hızı 50 mm/sn idi. 200-300 μV sensitivite ayarıyla ve doğru akım (DC) ile çalışıldı. Bir göz devinimlerine ait defleksiyonlar bir kanalda, diğerindeki diğer kanalda kayıtlanacak biçimde EOG cihazına bağlandı.

Yapması gerekenler hakkında bilgilendirilen her bir deneğe uygulanan çalışma bataryası

aşağıdaki şekildeydi:

a) Yakın Bakış Çalışması: Burada denegin pupillasından 35 cm uzakta ilk konum (primer pozisyon) görsel hedefin, yani bir çizginin yer aldığı, bu çizginin 20°'şer derece sağında ve solunda yan hedeflerin yer aldığı bir T cetveli kullanıldı. Deneğin her iki gözü açıkken ilk konum hedefinden 20 derece sağdaki hedefe; tekrar ilk konum hedefine, tekrar sağdaki hedefe ardısıra ölçüme elverişli uygun sayıda EOG defleksiyonu elde edilinceye kadar bakışlar yapması sağlandı.

b) Aynı düzenekte bir gözün kapatılarak daha sonra diğer gözün kapatılarak monoküler bakıyla çalışmanın bu aşaması tamamlandı.

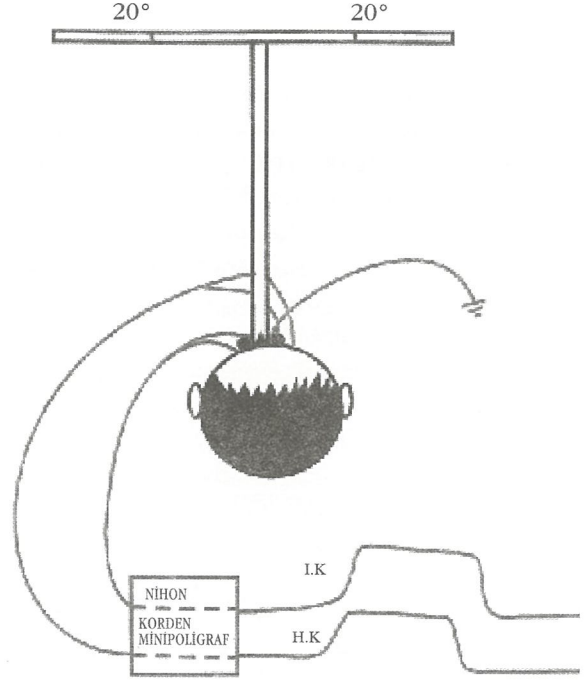
c) Uzak bakış çalışma aşamasında denek, önce 5.5 m uzaklıktaki ilk konum hedefine baktırılırken sağ yandaki 20°'lik hedefe, bu hedeften ilk konum hedefine ardısıra bakışlar yaptırıldı. Aynı işlem 20° sol yandaki hedef için de tekrarlandı. Bu işlem yakın bakış aşamasında olduğu gibi tek göz bakışı yaptırılarak sürdürüldü.

Şekil 2'de denek ve elektrot bağlantısı ve cihaz ilişkisi görülmektedir.

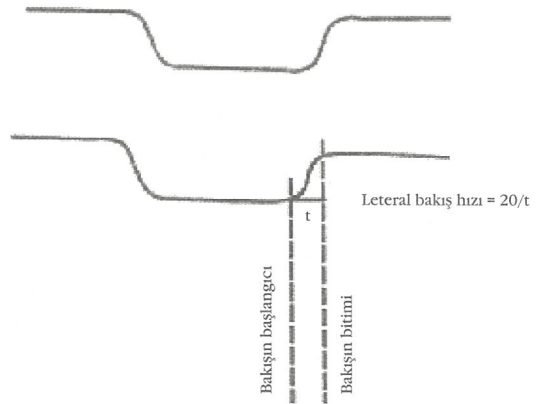
Elde edilen sakkadlara ait EOG defleksiyonlarının süre ölçümü Şekil 3'de görülmektedir. Burada da görüldüğü gibi defleksiyon bitim noktasından izoelektrik yatay çizgiye inilen dikmenin kestiği nokta ile defleksiyon başlangıç noktası arasındaki uzaklık dolaylı olarak sakkad süresini vermektedir. Bu uzaklık 50 mm'lik kağıt hızına göre bulunan uzaklıktır. Yani 50 mm 1 sn'lik süreyi verirse örnek olarak 4,52 mm'lik bir uzaklığın oranı yoluyla 0.09 sn'lik süreyi verdiği görülür. Hesaplama bir ileri adım olarak; 0.09 sn'de 200°'lik açı bakılırsa 1 sn'de x bakılır orantısıyla denegin incelenen yöndeki (sağ veya sol) gözün açısal hızı (221°,24/sn) bulunur. Elde edilen bütün açısal hız değerlerinin istatistik analizinde T testi kullanıldı.

BULGULAR

1- 20°'lik sağa ve sola yakın bakış için sakkad hızı (addüksiyon ve abdüksiyon ayırtmeksizin) ortalama 224°,94/sn±28,88'dir. Toplam addüksiyon açısal hızı (ortalama 224°,99/sn±28,91), toplam abdüksiyon açısal



Şekil-2 Denek ve elektrot bağlantısı ve cihaz ilişkisi



Şekil-3 Sakkadlara ait EOG defleksiyonlarının süre ölçümü

hızından (ortalama $208^{\circ},09/sn \pm 27,49$) anlamlı ölçüde yüksektir ($p < 0,000$).

2- Monoküler yakın bakışta, fiksasyon yapan gözün sakkad açısal hızı (addüksiyon ve abdüksiyon toplamına göre ortalama) $208^{\circ},20/sn \pm 33,02$ bulundu. Fiksasyon yapmayan (kapalı göz) gözün açısal hızı da $206^{\circ},13/sn \pm 30,17$ bulundu. Bunlar arasında fark yoktu ($p > 0,51$). Yakın bakışta addüksiyondaki göz fiksasyon yapan göz ise addüksiyon açısal hızı $216^{\circ},61 \pm 36,33$ 'tür. Bu açısal hız, fiksasyon yapan abdüksiyondaki gözün açısal hızından ($199^{\circ},97/sn \pm 27,17$) yüksektir ($p < 0,000$). Fiksasyon yapmadığı durumda da addüksiyon açısal hızı yine fiksasyon yapmayan gözün abdüksiyon açısal hızından yüksek bulunmuştur ($212^{\circ}/sn \pm 29,09$, $200^{\circ},14/sn \pm 30,21$). Fiksasyonel göz addüksiyon açısal hız değeri ($216^{\circ},61/sn \pm 36,33$) ile fiksasyon yapmayan göz addüksiyon açısal hız değerleri ($212^{\circ}/sn \pm 29,09$) karşılaştırılmış ve aralarında fark bulunmamıştır ($p > 0,32$).

3- Uzak binoküler bakışta addüksiyon ve abdüksiyon olduğuna bakılmaksızın 20 derece lateral bakış ortalama göz devinim açısal hızı $200^{\circ},18/sn \pm 25,45$ bulundu. Bu bulgu yakın bakışta bulunan sakkad açısal hızından ($224^{\circ},94/sn \pm 28,88$) önemli ölçüde düşüktür ($p < 0,000$). Addüksiyon açısal hız değeri de $224^{\circ},99/sn \pm 28,91$ abdüksiyon açısal hız değerinden $208^{\circ},09/sn \pm 27,49$ belirgin yüksek bulunmuştur ($p < 0,000$).

4- Uzak bakışta fiksasyonel göz devinim açısal hızı ($191^{\circ},67/sn \pm 26,21$) (addüksiyon, abdüksiyon olduğuna bakılmaksızın ortalama) ile nonfiksasyonel göz devinim açısal hızı ($191^{\circ},98/sn \pm 26,92$) arasında fark bulunmamıştır ($p > 0,907$). Uzak bakışta fiksasyonel addüksiyon açısal hız değerleri ($196^{\circ},62/sn \pm 27,71$) fiksasyonel abdüksiyonel açısal hız değerlerinden ($186^{\circ},77/sn \pm 23,77$) yüksek bulundu ($p < 0,008$). Benzer olarak nonfiksasyonel addüksiyon değerleri ($198^{\circ},01/sn \pm 25,87$), nonfiksasyonel abdüksiyon değerlerinden ($185^{\circ},89/sn \pm 30,22$) yüksek bulundu ($p < 0,001$). Fiksasyonel addüksiyon ($196^{\circ},62/sn \pm 27,72$) değerleri ile nonfiksasyonel addüksiyon değerleri ($198^{\circ},01/sn \pm 25,87$) arasında fark bulunmamıştır ($p > 0,714$).

TARTIŞMA

Literatürde ilk bakışta konjüge göz devinimleri vergens ya da konjüge olsun hız, genlik, süre parametreleri yönüyle incelenirken sanki her iki göz birbiri ile aynı parametreleri gösterirler. Sözelgelişi sakkad açısal hızı verilirken addüksiyon ve abdüksiyon açısal hızları ayrı ayrı verilmeyen ve her ikisi aynıymış gibi tek bir açısal hız değeri verilir. Örnek olarak Westheimer (1954) 30° 'lik bakışta $550/sn$ (16); Hyde (1959) $500^{\circ}/sn$ (10), Cook (1965) 20° 'lik bakışta $700^{\circ}/sn$, Zuber ve ark. (1968) maksimum $700/sn$ açısal hız değerleri vermişlerdir⁽¹⁸⁾. Kuşkusuz bu değerler bakış açısı yanında kullanılan yöntemlere göre değişmektedir. Bununla birlikte addüksiyon abdüksiyon ayırdımında olan bir iki çalışma da yok değildir. Bu konuda yalnızca 1978'de İlhan, 1988'de Collewijn ve ark. ile 1992'de Zee ve arkadaşlarının çalışmalarına rastlanmaktadır^(11,4,17). Bu çalışmada horizontal görsel yönlendirimli istemli sakkadlar sırasında her iki gözün açısal hızı hem yakın bakış hem uzak bakış denemelerinde kaydedilen EOG traseleri üzerinde ölçüldü.

Çalışmada 20° 'lik sağa ve sola yakın bakış için sakkad açısal hızı (addüksiyon ve abdüksiyon ayırtetmeksizin) ortalama $224^{\circ},94/sn \pm 28,88$ 'dir. Sakkadik devinim hızı kullanılan yöntemlere, baktırılan açı genişliğine bağlı olarak yukarıda işaret edildiği gibi epeyce değişik bulunmaktadır.

Toplam addüksiyon açısal hızı ($224^{\circ},09/sn \pm 28,91$), toplam abdüksiyon açısal hızından ($208^{\circ},09/sn \pm 27,49$) anlamlı ölçüde yüksektir ($p < 0,000$). İlhan'ın çalışmasında da bu farklılık vurgulanmaktadır⁽¹¹⁾.

İç rektus motor nöronları vergens konjüge devinim emirlerinden bağımsızdır. Anatomik olarak MLF ve ekstra MLF yollarından sırasıyla ayrı ayrı emirler alır⁽³⁾. Fuchs ve ark. (1985) konjüge ve vergens kontrollerinin ayrı olduğunun nörofizyolojik kanıtlarına dikkati çekmişlerdir⁽⁶⁾. PPRF'deki çırpım nöronları aynı yandaki abduzens nöronlarını monosinaptik olarak uyartmasına karşın, karşı yan iç rektus motor nöronlarını disinaptik olarak uyartmaktadır. Yani her iki gözün bir yana sakkadik bakışında addüksiyon PPRF'den itibaren daha uzun bir yol ve iki sinaptik aşırımın üzerinden gecikmeli bir iletiyle gerçekleşiyor gözükmektedir. Karşı yandaki bu sinir yolunun (MLF+3. kranial sinir lifleri) bakış

yönündeki 6. kranial sinir liflerinden çok hızlı iletmesi akla gelebilir (2). Ancak Delgado-Garcia ve ark. (1986), Fuchs ve ark. (1988) burada sözkonusu olan ara nöronların (lifleri MLF'yi oluşturuyor) deşarja daha erken başladığını ve hız duyarlılığının dış rektus motor nöronlarından daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (5,7). Bu bulgulara dayanarak addüksiyon açısal hızının yüksek bulunmasının yadırganacak bir sonuç olmadığı söylenebilir. Üstelik dorsolateral okülomotor çekirdekte yer alan konvergans nöronlarının doğrudan monosinaptik olarak iç rektus motor nöronlarını eksite ettiğine ilişkin bulgu (1) addüksiyon açısal hız yüksekliğine katkı sağlıyor olabilir. Sunulan çalışmada addüksiyon açısal hızının abdüksiyon açısal hızından İlhan'ın (1978) çalışmasındaki sonuçla benzer biçimde ve net olarak yüksek bulunduğuna yukarıda değinilmiştir. Addüksiyon-abdüksiyon açısal hız değerlendirmesinin konu edildiği diğer iki çalışmada ise sunulan çalışmanın tersine abdüksiyon açısal hızının yüksek bulunduğu bildirilmiştir (4,17). Collewijn ve ark. (1988) abdüksiyon açısal hız yüksekliğini iç ve dış rektus kaslarının farklı mekanik özellikleriyle açıklamaya çalışmıştır. Yazarlar bu iki kasın boyutlarının farklılığına işaret etmiştir (4). Ne var ki bu dış göz kaslarının mekanik özellikleri abdüksiyon değil, addüksiyonun hızlı olabileceği yönündedir. Göz toparının rotasyonel deviniminin etkinliği bu devinimi yapan kasın topar merkezine yakınlığına ve kütesine bağlıdır. Bu özellikleri de iç rektus kası taşır; dış rektus kası değil (9). Diğer araştırmacılar Zee ve ark. (1992) buldukları abdüksiyon açısal hız yüksekliğini başka türlü açıklamaktadır. Bu yazarlar, iç rektus motor nöronlarına uyarının geç gittiğini çünkü bu uyarı için disinaptik uzun bir yol olduğunu söyleyip ayrıca dış göz kaslarının mekanik özelliklerinin asimetrisinin de belki daha açıklayıcı olduğuna işaret etmişlerdir (17). Bu yazarların her iki yöndeki dayanağıyla abdüksiyonun değil, addüksiyonun hızlı olabileceği biraz önce tartışılmıştı. Üstelik Zhang ve arkadaşlarının (1992) bildirdiği dorsolateral okülomotor çekirdekte yer alan konvergans nöronlarının doğrudan monosinaptik olarak iç rektus motor nöronlarını eksite ettiğine ilişkin bulgusu (15) addüksiyon açısal hız yüksekliğine katkı sağlıyor olabilir. Dahası divergens nöronlarının ve dolayısıyla divergens

etkinliğinin çok daha az oluşu da (13) addüksiyon açısal hızının yüksek bulunmasının açıklanmasında diğer yönden bir katkı sağlayabilir. PPRF'deki eksitator çarpım nöronları, sakkadlardan 8-15 msn önce ve sakkad boyunca motor nöronlara yüksek frekanslı deşarj yaparlar (12). Bu çalışmalarda addüksiyon devresi ile abdüksiyon devresi üzerine olan deşarjların başlangıç süresi ve frekansı ayırt edilmemiştir. Bu tür stimülasyon çalışmalarında addüksiyon açısal hızının yüksekliğiyle uyumlu çalışmalara rastlanmamıştır.

Yakın binoküler bakışta sakkad hızı uzak binoküler bakıştaki sakkad hızından anlamlı ölçüde yüksek bulunmuştur. Burada konvergansın yakın bakışta açısal hızı artırıcı olduğu düşünülmüştür. Gerek yakın gerek uzak monoküler bakış denemelerinde de fiksasyonel addüksiyon açısal hızı fiksasyonel abdüksiyon açısal hızından yüksek bulunmuştur. Fiksasyonel göz devrimin açısal hızı ile nonfiksasyonel göz devrimin açısal hızı arasında fark bulunmamıştır. Bu da monokülen fiksasyonun bir gözün diğerinden bağımsız olarak devrimin açısal hızını etkilemediğini düşündürmüştür.

Her neden olursa olsun addüksiyon açısal hız yüksekliğinin amacı nedir?

Nesnenin binoküler, tek görüntü olarak algılanması için foveanın da bulunduğu temporal retina yarısının daha çabuk görüntü üzerine yöneltilmesinin amacı ne olabilir?

Yan taraftaki bir nesnenin görüntüsünü foveaya düşürmek için her iki gözün aynı konumda olmadığı söylenebilir. Karşı yandaki göz, daha küçük bir açıda dönerek (addüksiyon) görüntüyü foveaya düşürebilecekken abdüksiyon yapan göz daha büyük bir açıda dönmek zorundadır. Ancak addüksiyon yapan gözün hızla bir ön görüntüyü yakalayıp hemen ardından abdüksiyon yapan gözün yakaladığı görüntü ile çakıştırması (füzyon) mı söz konusudur?

Lateral bir hedef bir gözün temporalinde iken diğerinin nazalinde yer almaktadır. Nazaldeki hedefi addüksiyon yapan göz diğerinden hızlı bakıp erken yakalarsa bunun anlamı ne olabilir?

Acaba bu görüntüyü farklı anlarda yakalamanın derinlik boyutu ile görüntünün algılanışında temel bir rolü var mıdır? Görüntünün iki retinada aynı anda aynı lokalizasyonda olması derinlik duyumuna uygun olur muydu?

Retinal lokalizasyon karşılaştırılması derinlik duyusunda gerekli olduğuna göre zamansal karşılaşma da gerekli midir? Bütün bu sorular, çalışmanın latans ve genlik parametreleriyle disjunktif sakkad düzeneklerinde genişletilmesine yönlendirici olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Büttner-Ennever JA, Akert K. Medial rectus subgroups of the oculomotor nucleus and their abducens internuclear input the monkey. *J Comp Neurol* -1981; 197:17-27.
2. Carpenter MB, Batton RR. Abducens internuclear neurons and their role in conjugate horizontal gaze. *J Comp Neurol* -1980; 189:191-209.
3. Clendaniel RA, Mays LE. Characteristics of antidromically identified oculomotor internuclear neurons during vergence and versional eye movements. *J Neurophysiol* -1994; 71:1111-1127.
4. Collewijn H, Erkelens CJ, Steinman RM. Binocular coordination of human horizontal saccadic eye movements. *J Physiol* -1988; 404: 157-182.
5. Delgado-Garcia JM, Del Pozo F, Baker R. Behaviour of neurons in the abducens nucleus of the alert cat. 1. Motoneurons. *Neuroscience* -1986; 17: 92-952.
6. Fuchs AF, Kaneko CRS, Scudder CA. Brain stem control of saccadic eye movements. *Ann Rev Neurosci* -1985; 8:307-337.
7. Fuchs AF, Scudder CA, Kaneko CRS. Discharge patterns and recruitment order of identified motoneurons and internuclear neurons in the monkey abducens nucleus. *J Neurophysiol* -1988; 60:1874-1895.
8. Goldberg ME. The control of gaze. In:Kandel ER,Schwartz JH, Jessel TM, editors. *Principles of neural science*. 4 th ed. USA:McGraw-Hill, 2000:782-800.
9. Gunter KN. Physiology of the ocular movements. In:Gunter KN, editor. *Binocular vision and ocular motility*. 5th ed.USA:St.Louis-Mosby, 1996:53-84.
10. Hyde J. Some charecteristics of voluntary human ocular movements in the horizontal plane. *Am J Ophthalmol* -1959; 48:85.
11. İlhan S. Normal ve patolojik durumlarda horizontal istemli göz hareketlerinin açısız hızları (Uzmanlık Tezi). İzmir:E.Ü. Tıp Fakültesi, 1978.
12. Luschei ES, Fuchs AF. Activity of brain stem neurons during eye movements of alert monkey. *J Neurophysiol* -1978; 35:445-461.
13. Mays LE. Neurol control of vergence eye movements: Convergence and divergence neurons in midbrain. *J Neurophysiol* -1984; 51:1091-1108.
14. Pierrot-Deseiligny C, Rivaud S, Gaymard B, Muri R, Vermersch A1. Cortical control of saccades. *Ann Neurol* -1995; 37: 557-567.
15. Sharpe JA. Neurol control of ocular motor systems. In: Miller NR, Newman NJ, editors. *Walsh and Hoyt's clinical neuro-ophthalmology*. Pennsylvania: William-Wilkins, 1998:1101-1155.
16. Westheimer G. Mechanism of saccadic eye movements. *Arc Ophthalmol* -1954; 52:710
17. Zee DS, Fitzgibbon EJ, Optican LM. Saccade-Vergence interactions in humans. *J neurophysiol* -1992; 68:1624-1641.
18. Zuber B, Semmlow J, Stark L. Frequency characteristics of the saccadic eye movements. *Biophys J* -1968; 8:1288.