

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
NÖROLOJİ ANABİLİM DALI

Prof. Dr. Süleyman İLHAN
ANABİLİM DALI BAŞKANI

**HORİZONTAL SAKKAD AÇISAL HIZLARI
ÜZERİNE KONVERGENS VE MONOKÜLER
FİKSASYON ETKİLERİ**

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Figen BAYRAMOĞLU

102918

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Süleyman İLHAN

102918

KONYA-2001

İÇİNDEKİLER

1. KISALTMALAR.....	3
2. GİRİŞ VE AMAÇ.....	4
3. GENEL BİLGİLER.....	4
3.1 GÖZ DEVİNİMLERİ.....	5
3.1.1 VERGENS DEVİNİMLERİ.....	5
3.1.1.1 VERGENSLERİN BEYİN SAPI KONTROLÜ.....	6
3.1.2 KONJÜGE GÖZ DEVİNİMLERİ.....	7
3.1.2.1 GÖZLERİN İZLEYİŞ DEVİNİMLERİ.....	7
3.1.2.2 SAKKADİK DEVİNİMLER.....	8
3.1.2.2.1 Refleks sakkadlar.. ..	9
3.1.2.2.2 İstemli sakkadlar.....	9
3.1.2.2.3 Kendiliğinden sakkadlar.....	9
3.1.2.3 SAKKADLARIN KORTİKAL DENETİMİ.....	12
3.1.2.4 SEREBELLAR ETKİ.....	18
3.1.2.5 GÖZ DEVİNİMLERİ İLE İLGİLİ BEYİN SAPI ÖRGÜSÜ VE SAKKAD DENETİMİ.. ..	20
3.2.1 FİKSASYON.....	22
3.2.1.1 Monoküler ve binoküler fiksasyon.....	24
3.2.2 ASİMETRİK VERGENS /DİSJUNKTİF SAKKAD.....	24
4. DENEKLER VE YÖNTEM.....	27
5. BULGULAR.....	35
6. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	45
7. ÖZET.....	55
8. İNGİLİZCE ÖZET.....	56

9. KAYNAKLAR.....	58
10. TEŞEKKÜR.....	63



1. KISALTMALAR

MLF: Medial Longitudinal Fasikül

PPRF: Paramedian Pontin Retiküler Formasyon

PET: Pozitron Emisyon Tomografisi

FGA: Frontal Göz Alanı

OKN: Optokinetik Nistagmus

EGA: Ek Göz Alanı

PGA: Pariyetal Göz Alanı

CS: Colliculus Superior

PFK: Prefrontal Korteks

PPK: Posterior Parietal Korteks

VK: Vestibuler Korteks

SPL: Superior Parietal Lobul

OK: Oksipital Korteks

H: Hipokampal Formasyon

RF: Retiküler Formasyon

fMRG: Fonksiyonel Manyetik Rezonans

EOG: Elektrokülografi

DC: Doğru Akım

add: Addüksiyon

abd: Abdüksiyon

2. GİRİŞ VE AMAÇ

Bu tez, binoküler bakış sırasında herbir gözün horizontal açısal devinim hızlarını ölçmeyi, birbiriyle karşılaştırmayı, böylece çıkacak sonuçların literatür bilgileriyle değerlendirilmesi, göz hareketlerinin temelindeki anatomik, fizyolojik mekanizmaların açıklanmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Binoküler bakış, görsel çevreye en iyi uyumu sağlamak için görüntüyü derinlik boyutuyla tek olarak algılamaya yönelik ince ayarlı devinimlerdir. Bu ince ayarın fizyolojisi yüzyılı aşkın bir zamandan beri tartışılmaktadır. Herbir gözün horizontal istemli bakış sırasındaki açısal hızlarının saptanıp karşılaştırılması, 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 devinimlerin anlaşılması, patolojilerindeki mekanizmaların anlaşılmasına da ışık tutabilir. Öte yandan göz devinimleri, özellikle persepsiyon konuları olmak üzere nöropikolojik incelemelerin yapıldığı ilginç bir alandır.

Bu çalışma bu konularda katkı sağlayacak önemli bulgular verebilir.

3. GENEL BİLGİLER

Primatlarda binoküler bakış, nesnelerin görüntülerinin her iki retinanın uygun yerlerine düşürülerek görülmesini sağlar. Maymunlar derinlik boyutu ile görmeselerdi ağaç dallarında büyük bir hızla ve çeviklikle devinemezlerdi. Dallardan hangisi ne kadar ötekinin ötesinde ya da berisinde kestiremez en kritik anda tutunması gereken bu dalı yakalayamaz, düşer ölürdü. İnsanoğlu, mikroskobik ölçülerdeki uzaklıklar, yakınlıklar, derinliklere öyle gelişmiş görsel uyum gösteremeseydi, bugünkü teknolojiyi yaratabilir miydi? Nesneler ve aralarındaki görsel ilişkiyi derinlik boyutuyla görmenin önemini anlatmak için daha birçok şey söylenebilir. İki retinanın uygun yerlerine görüntüyü düşürüp füzyon sağlamak, tek bir görüntü algılamak, derinlik boyutuyla algılamak, iki

gözün birbirine uygun konuma gelmeleri, bu konumu yeterince sürdürmeleri ile olabilir. Ayrıca insan (veya diğer primatlar) bedeni ve/veya başı devinirken, görülen nesnelere devinirken ve/ya da hem kendisi hem görülen nesnelere devinirken binoküler görsel algı sağlanmalıdır. Böylece insan, çevresine optimal görsel uyumu gerçekleştirebilir. Bu kadar önemli olan binoküler görmenin başlatılması, görsel çevrenin baş ve bedenin konumlarının değişkenliklerine rağmen üstün bir dinamik uyumla sürdürülmesi gerçekten ileri ölçüde gelişmiş bir anatomofizyolojik yapı ile mümkündür. Bu yapı hakkında da günümüzde ulaşılan bilgilere ilerleyen sayfalarda ardısıra işaret edilecektir. Önce binoküler görmenin sağlanmasına yönelik göz devinimlerini tanımlamak ve betimlemek yararlı olacaktır.

3.1 GÖZ DEVİNİMLERİ

İnsanda (ve maymundanda) gözlerin iki türlü devinimi ayırt edilir.

A) VERGENS (1. Konvergens 2. Divergens)

B) KONJÜGE DEVİNİMLER (1. Yavaş izleyiş devinimleri 2. Sakkadik devinimler)

3.1.1 VERGENS

1. KONVERGENS: Kol uzaklığı içindeki bir nesne, sagittal düzlemde gözleyen kişiye doğru yaklaşırken gözlerin de birbirine yaklaştıkları (konvergens) görülür.

2. DİVERGENS: Yine sagittal düzlemde yaklaşmış olan bu nesnenin uzaklaşmasıyla gözleyen kişinin gözlerinin birbirinden tekrar uzaklaştıkları (divergens) görülür. Divergens gözlerin birbirine karşı konumu almaları ile sınırlıdır, daha ileri gidiş (dışa şaşılma) olmaz. Anlaşılmış olacağı gibi vergens, gözlerin birbirine göre zıt yönlü (diskonjüge) devinimlerdir. Horizontal vergens devinimleri, akomodasyon ve pupiller kontrüksiyon ile bağlantılıdır.

Vergens ve sakkadlar belirli zamansal özellikleri paylaşırlar. Latansları 120-200ms arasında değişir. Genel olarak hızları, devinim genliğinin bir fonksiyonudur. Daha büyük genlik daha büyük hızla gerçekleştirilir (1). Vergensler, sakkadlardan daha yavaş

devinimlerdir. Westheimer ve Mitchell, 5,5 derecelik lateral füzional devinimler için maksimal hız olarak 21,43 derece/sn göstermişlerdir (2). Alpern ve Ellen, 6,6 derecelik akomodatif vergensin maksimum hızını 20,2 derece/sn bulmuşlardır (3). Bunlara uygun olarak devinim süresi daha uzundur. Örneğin, yalnızca 1,5 derecelik vergens için süre 325 ms'dir. Halbuki 10 kez büyük genlikli (15 derece) sakkad için süre 50 ms'den azdır. Vergenslerin sakkadlarla karşılaştırıldığında, çok yavaş devinimler olduğu uzun zamandan beri bilinir. Dodge, 1903'de sakkadlar için 40 ms, vergens için 400-1000 ms'lik bir süre vermiştir. Brecher, 1956'da füzional devinimlerin tamamlanması için 1-2 sn gerektiğini belirtmiştir (1).

3.1.1.1 VERGENSLERİN BEYİN SAPI KONTROLÜ

Maymunda elektrofizyolojik çalışmalar, iç rektusu innerve eden okülomotor nöronların hemen yanındaki nöronların ve abduzens çekirdeği nöronlarının büyük kısmının hem konjüge hem vergens devinimleri (disjunktiv) için deşarj yaptığını işaret etmektedir(4).

Vergens için premotor uyarıların mezensefalik retiküler formasyondaki okülomotor nükleusa dorsolateral ve 1-2 mm dorsal nöronlardan kalktığı bulunmuştur. Bu nöronlar: 1. Vergens açısına 2. Vergens hızına 3. Vergens açısı ve hızına bağlı olarak deşarj yapanlar olarak ayırt edilebilmiştir (5).

Son zamanlarda, vergens konum sinyali üretmede, nükleus retikularis tegmenti pontisin entegratör özelliği olduğu bildirilmektedir. *Nucleus reticularis tegmenti pontiste* 1. Konvergens 2. Divergenste etkimesi artan nöronlar ayırt edilmiştir (6).

Abduzens ve okülomotor ara nöronların, *medial longitudinal fasikül (MLF)* yoluyla diğer nükleusa projeksiyonları vardır. Böylece bu aranöronlar, konjüge ve vergens devinimleri ile ilgili uyarıların eşgüdümüne yardımcıdır. Öte yandan soma büyüklüğü ve akson çapına göre gruplanan okülomotor nöronların C alt grubu, iç rektusu uyartarak (aynı

zamanda alt rektusu da uyarır) konvergenste rol alır. Bunların bu görevinin uzun süredir, Perlia çekirdeğinde yapıldığı sanılıyordu (7).

3.1.2 KONJÜGE GÖZ DEVİNİMLERİ

1. İZLEYİŞ DEVİNİMLERİ 2. SAKKADİK GÖZ DEVİNİMLERİ

Konjüge devinimler de nesne görüntüsünün foveaya düşürülmesini amaçlar. Ayrıca görme alanını gezdirerek kişinin gördüğü alanın gerek sakkadik gerek izleyiş devinimleri sırasında genişlemesini sağlar. Daha da geniş görsel alan sağlanmalıysa baş ve beden devinimleri devreye girer.

3.1.2.1 GÖZLERİN İZLEYİŞ DEVİNİMLERİ: Gözlerin izleyiş devinimleri, yavaş devinen nesnenin görüntüsünü fovea üzerinde tutmayı amaçlar. İzleyiş sistemi retina üzerinde görüntü devinim hızını azaltarak, devinen nesne için optimum keskinliği sağlar. Retina üzerindeki bu görüntü devinmesi, “retinal kayma” olarak adlandırılır. Retinal hız olarak ölçülür ve bu hedef hızı ve izleyiş göz devinim hızı arasındaki farktır. İzleyiş sistemi için devinen bir uyartı ve bunun hızının göz hızına uygun olması gerekir. Denek, uyartı olmaksızın, izleyiş devinimi yapamaz, devinen hayal bir nesne de izleyiş neden olmaz. İzleyiş hareketlerinin maksimum hızı 100 derece/sn'dir, sakkadlardan yavaştır. İlaçlar, yorgunluk ve alkol hareketlerin kalitesini azaltır (7,8,9).

İzleyiş göz hız sinyali, maymunda yapılan çalışmalarda medial vestibüler nükleus ve *nucleus prepositus hypoglossi*'de bulunmuştur. Bunlar abduzens çekirdeğine ve mezensefalonda okülomotor çekirdeğe projekte olur. Serebellumun flokkulusundan projeksiyonlar alır (10). Paramedian pontin retiküler formasyon (PPRF)'daki nöronlar, izleyiş göz devinim sinyalleri de taşır ve serebellum vermisinden sinyaller alır. Hem vermis hem flokkulustaki nöronlar, izleyiş göz devinimi ile korele olarak göz hız sinyalini taşır. Bu alanlar, dorsolateral pontin nükleustan sinyaller alır. Dorsolateral pontistaki lezyonlar, aynı yana izleyiş devinimini bozar. Maymunda, izleyiş devinimi için iki büyük

kortikal input vardır. Superior temporal sulkusta devinim için duyarlı bölgeler, orta temporal ve orta üst temporal alanlardır. Diğerleri, frontal göz alanı (FGA)'nından gelir (11,12).

Temporal korteks, izleyiş devinimlerini başlatmak için duyuşal bilgi sağlar. Orta temporal ve orta üst temporal korteksin elektriksel uyarımı izleyiş devinimini başlatmaz, ancak devam etmekte olan izleyiş devinimini etkileyebilir. Aynı yana izleyiş hızını yükseltir, karşı yana izleyiş hızını yavaşlatır. Frontal göz alanı (FGA), izleyişin başlatılması için daha önemli olabilir. FGA'nın elektriksel uyarımı, ipsilateral izleyiş başlatır. FGA'nın lezyonu ipsilateral izleyiş azaltır, fakat izleyiş ortadan kaldırmaz. Beyin sapı ve serebellar lezyonlu hastalar, lezyon tarafına doğru devinen hedefleri izleyemezler (12).

Optokinetik nistagmus (OKN) yavaş fazının ve izleyiş göz devinimlerinin benzerliği dikkati çeker. Ancak izleyiş devinimi foveal veya parafoveal alana düşen küçük devinen bir nesnenin görüntüsünün duyuşal uyarımı ve istemli kabulü ile ortaya çıkarılırken, OKN yavaş fazı, retinada daha büyük alan uyaran ardısına devinen nesnelere tarafından refleks olarak ortaya çıkarılır (13). Bu konuda bu bilgilerle yetinilecektir.

3.1.2.2 SAKKADİK DEVİNİMLER

Sakkad sözcüğü, ilk olarak Javal (1879) ve Landolt (1891)'de okuma sırasında ve istemli bakış sırasındaki göz devinimlerini tanımlamak için kullanılmıştır. Daha sonra 1903 yılında Dodge, sakkadı diğer göz devinimlerinden ayırdı (13,14). 1980'li yıllara gelindiğinde sakkadik göz deviniminden hemen hemen anlaşılan istemli göz devinimi idi. Bunun yanında REM uykusunda görülen göz devinimlerinin ve optokinetik nistagmusun (OKN) hızlı fazının da sakkadik göz devinimi ile özdeş olduklarına işaret ediliyordu (15,16,17). Kişinin görme alanında beliriveren bir uyarıya ya da ani bir sese doğru bakivermesi, sıralarda oturan öğrencileri, gözleriyle sayarken öğretilmekte görülen göz

devinimleri, ya da kişinin okurken satırlar boyunca seyreden kesik kesik, hızlı hızlı göz devinimleri sakkadik devinimlere (kısaca sakkadlara) örneklerdir. Bu devinimlerin hızlı oluşu eskiden beri önde gelen tanımlayıcı özelliğidir. Gerçekten daha önce de değinildiği gibi izleyiş devinimleri 100 derece/snlik bir hızı geçemez iken sakkad hızı kimi ölçümlere göre saniyede 900 dereceyi bulmaktadır (12,16).

Sakkadların güncelleşmiş sınıflamasını aşağıdaki biçimde yapabiliriz (18) :

3.1.2.2.1. Refleks sakkadlar

- a) Görsel yönlendirimli refleks sakkadlar
- b) İşitsel yönlendirimli refleks sakkadlar

3.1.2.2.2. İstemli sakkadlar

- a) Görsel yönlendirimli istemli sakkadlar
- b) Kestirmece sakkadlar
- c) Bellek yönlendirimli istemli sakkadlar
- d) Tersine sakkadlar

3.1.2.2.3. Kendiliğinden sakkadlar

Bu sınıflamada adlandırılan sakkadlara ilişkin kısa bilgiler vermek yararlı olacaktır.

Refleks sakkadlar

Retinanın periferik bölümünde, görsel bir hedefin belirivermesi ile (eksternal uyarım) refleks görsel yönlendirimli sakkadlar veya çevrede ani bir gürültü ile refleks işitsel sakkadlar uyarılır (19).

İstemli sakkadlar

- a) Görsel yönlendirimli sakkad: Bir amaç ile internal olarak uyarılır. Bu amaç, bir süre retinanın periferal bölümünde görülebilen hedefi foveada yakalamak olabilir.

- b) Kestirmece sakkad: Gözler önce bir hedefe takılıdır. Periferik görme alanında beliren ikinci bir hedefe bakılıp gözler tekrar ilk hedefe takılır. Bu sırada ikinci hedef artık yoktur. Artık yok hedefin yeri kestirilip oraya yapılan sakkaddir.
- c) Bellek yönlendirimli sakkadlar: Gözler birinci hedefe takılı iken, görme alanında deneğin bakmadığı ikinci bir hedef belirir ve artık yok olur. Bir süre (2 sn) bekleyip artık yok hedefin anımsanan yerine yapılan sakkad, bellek yönlendirimli sakkaddir. Bu, görsel inputlu bellek yönlendirimli sakkad örneğidir. Vestibüler inputla da olabilir.

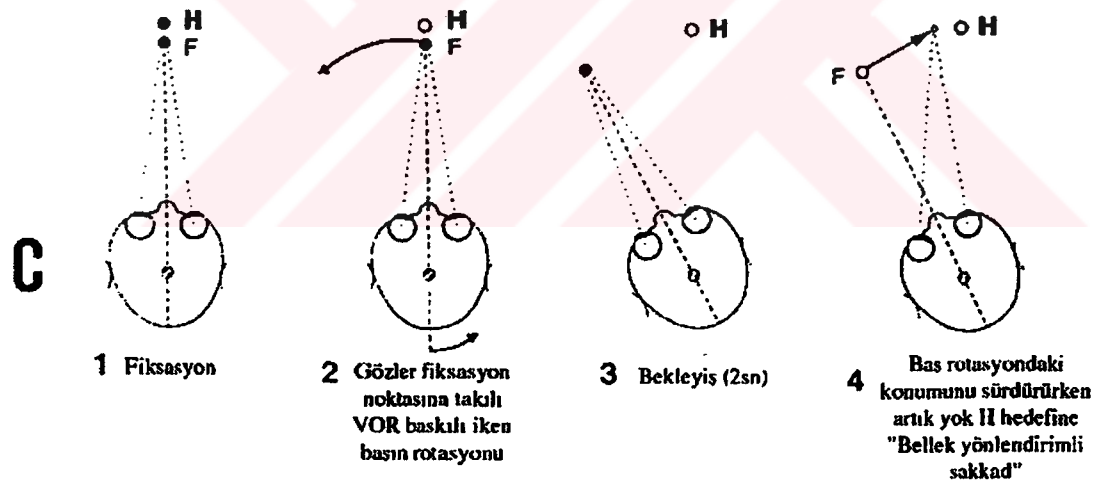
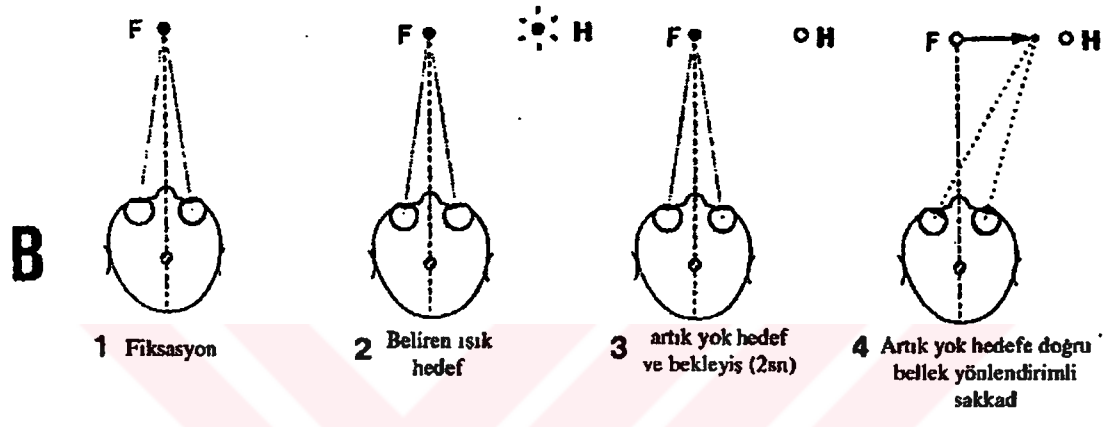
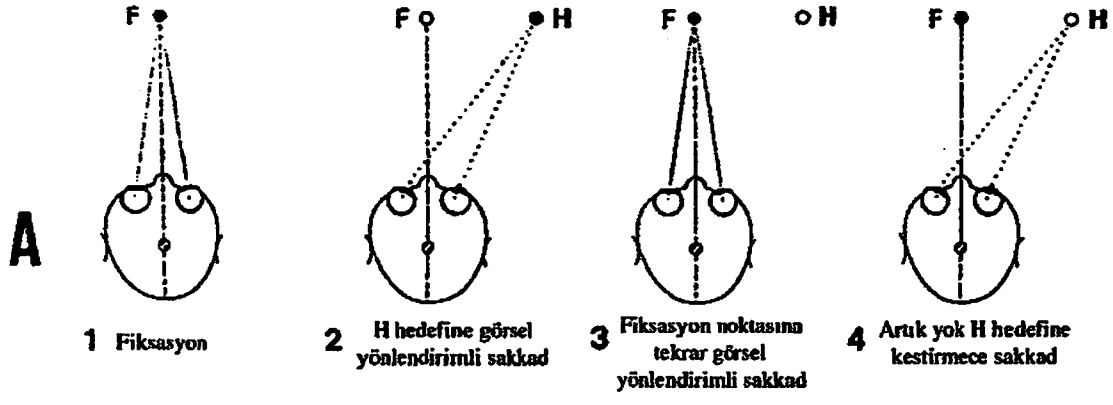
Denek gözleri ilk konumda (primer pozisyon) bir hedefe takılı iken bu hedefin hemen arkasında ikinci bir hedef vardır. Bu durumda vestibuloökuler refleks baskılanmış iken (gözler birinci hedeften koparılmadan), baş belli bir açıda rotasyon yaptırılır. Bu sırada ikinci hedef artık yoktur. Baş bu konumdan hiç ayrılmaz, gözler ise bir süre (5 sn) birinci hedefe takılı kalır. Baş bu konumda devinmez iken artık yok hedefe yapılan sakkad, görsel inputlu bellek yönlendirimli sakkad örneğidir. Kestirmece ve bellek yönlendirimli sakkadların amacı artık yok hedeflerin görüntüsünü yakalamaktır (20).

- d) Tersine sakkadlar: Ortaya çıkıveren görsel bir hedefin karşı yönüne yapılan istemli sakkadlardır. Tersine sakkadlar yapıldığı zaman, hem dikkat hem istemli çaba gereklidir. Çünkü görsel hedefe refleks sakkadları baskılanmalıdır.

3. Kendiliğinden Sakkadlar

İnternal olarak uyarılır. Fakat amaçsızdır. Konuşurken veya bir diğer motor etkinlik sırasında veya karalıkta dinlenme sırasında ortaya çıkarlar. Şekil 1’de bu bilgilerin çizgi anlatımı verilmiştir.

Bu tanımsal bilgilerden sonra, sakkadların anatomofizyolojik oluşma ve diğer özelliklerine gelmiş bulunuyoruz. Tanımlanan bu farklı sakkadlar, farklı kortikal alanlar tarafından denetlenir. Bu denetimin içinde sakkadların genliğinin değerlendirilmesi de



● Henüz-var hedef ○ Artık yok hedef

ŞEKİL-1
Bazı sakkadların ortaya çıkılışı

vardır. Bu genlik değerlendirme sakkadların gerçekleştirilmesine bağlı 3 farklı tip koordinasyon sistemi kullanılarak yapılır: 1. Retinotopik koordinat sistemi 2. Kraniyotopik koordinat sistemi 3. Spasyotopik koordinat sistemi. Retinotopik koordinat sisteminde, hedef lokalizasyonu, gözün konumuna göre belirlenir. Motor vektör, yani sakkad genliği, hedefin retinadaki görüntüsünün konumu tarafından verilen retinal vektöre eşitir. Kraniyotopik koordinat sisteminde, hedef lokalizasyonu, başın konumuna göre belirlenir. Motor vektör, orbitada spesifik konuma ulaşmak için hesaplanır. Ekstraretinal sinyal kullanılması gerekir. Spasyotopik koordinasyonda, hedef lokalizasyonu, beden konumuna göre belirlenir. Motor vektörün hesaplanması da ekstraretinal sinyalin kullanılmasını gerektirir. Böylece sakkadlar, retinotopik, kraniyotopik veya spasyotopik olarak nitelenir (18, 19, 20).

Son yirmi yılın çalışmalarının göz devinimleri ile ilgili bilgilerimizi önemli ölçüde değiştirdiğini söylemiştik. Gerçekten maymunlarda yapılan deneysel çalışmalar, insandaki transkranial manyetik stimülasyon, PET, fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme çalışmaları önemli bilgiler sağlamıştır. Bu arada sakkadların gerek kortikal, gerek subkortikal ve beyin sapı katlarındaki anatomofizyolojik örgüsüne ilişkin bilgiler de çok gelişmiş bulunuyor. Aşağıda bu konudaki bilgilerin güncelleştirilerek verilmesi yararlı olacaktır.

3.1.2.3 SAKKADLARIN KORTİKAL DENETİMİ

Serebral kortekste üç alan sakkadları uyarabilir: 1. Frontal göz alanı (FGA) 2. Ek göz alanı (EGA) 3. Parietal göz alanı (PGA)

Sakkadların ortaya çıkış, genlik, hız ve süresi gibi özelliklerinin dinamik ayarı için beyin sapı nöronal örgüsü üzerine korteksin çeşitli etkileri vardır. Korteks, başta *Colliculus Superior* (CS) olmak üzere bütün sakkadik sistemi kontrol eder. Böylece kortekste FGA, beyin sapında CS, sakkadik göz devinimlerinin yapılmasında iki temel yapıdır.

FRONTAL GÖZ ALANI (FGA)

FGA, bir yüzyıldan daha önce elektrik uyarımı ile karşı yöne sakkadlara neden olan frontal lobun bir bölümü olarak tanımlandı. FGA, *Rhesus* maymununda, Broadman'ın 8. alanına uyan arkuat sulkusun posterior bölümü boyunca uzanır (21). PET çalışmaları ve kortikal stimülasyon, insanda FGA'nın orta frontal girusun posterior parçasında yer aldığını ve presentral sulkus ve girusa komşu olduğu göstermiştir (11,18).

Maymunda yapılan çalışmalarda FGA'daki bazı nöronlar, sakkadlar başlamadan önce fazik olarak deşarj yapar, daha sonra göz devinmeye başlar (22,23). Sakkaddan önce deşarjı gösteren bu nöronlar üç tiptir (12). 1. Görsel nöronlar 2. Devinimle ilgili nöronlar 3. Görsel ve devinimle ilgili nöronlar. Görsel nöronlar, yalnızca görsel uyarı varlığında deşarj yaparken, devinimle ilgili olanlar görsel uyarı olsun olmasın sakkad öncesi ve sırası deşarj yaparlar. Üçüncü tip nöronlar hem görsel uyarıya yanıt olarak hem de diğer sakkadlar öncesi ve sırasında deşarj yaparlar. Devinimle ilgili olan nöronlar CS'ye projekte olur, görsel nöronlar olmaz (12). FGA'nın iki yanlı elektrik uyarımı vertikal sakkadı uyarır. FGA, CS'yi iki yolla denetler. Birinci olarak, devinimle ilgili olanlar, direkt olarak CS ara tabakalarına projekte olur. İkinci olarak, FGA'nın devinimle ilgili nöronları, *substantia nigrayı* inhibe eder. Kaudat nükleustaki nöronlarla eksitator sinaps yapar. FGA, direkt beyin sapındaki sakkadlarla ilgili çırpım (burst) nöronlarına olmasa da pontin ve mezensefalik retiküler formasyona da projekte olur (12). Maymunda FGA'daki nöronlar, istemli sakkadlardan önce deşarj yapar, ancak refleks sakkadlardan önce deşarj yapmaz (18, 19). Ayrıca FGA, sakkad supresyonunda ve fiksasyonunun sürdürülmesinde rol alır. Sonuç olarak, FGA görsel çevrenin istemli araştırılması ile ilgili sakkadların programlanmasında önemlidir (24). FGA, diğer göz alanlarından, dorsolateral prefrontal korteksten intralaminar talamik çekirdekten afferentler alır. FGA direkt olarak beyin sapı premotor retiküler formasyona projekte olur (18).

FGA lezyonlu hastalarda, farklı istemli sakkadlar bozulur. Tek yanlı FGA lezyonlu sonrası görsel input ile oluşan bellek yönlendirimli sakkadların iki yanlı latansında gecikme olur (18). Kestirmece sakkadların tutturma yüzdesi azalır. Tersine sakkadlarda gecikme olur (18). PET çalışmalarında, fiksasyon, karanlıkta *self paced* sakkadlar, görsel yönlendirimli refleks sakkadlar, bellek yönlendirimli sakkadlar, tersine sakkadlar sırasında, FGA'dan kan akımının arttığı bulunmuştur (25,26). FGA lezyonu olan maymunlarda, bellek yönlendirimli sakkadların, görsel yönlendirimli refleks sakkadlardan daha fazla bozulduğu gösterilmiştir (13). Bu bölgenin stimülasyonu genellikle vertikal komponenti olan karşı yöne sakkadlara yol açar (13). FGA lezyonlu hastalarda, görsel yönlendirimli refleks veya istemli sakkadların, bellek yönlendirimli sakkadların, kestirmece sakkadların hedef tuturumu lezyonun karşı yönüne bozulmuştur (18). Deneysel sakkadlar da FGA'nın retinotopik sakkadları denetlediğini doğrulamakla birlikte spasyotopik ve kraniyotopik sakkadların denetiminde pek etkin gözükmemektedir (18). Öte yandan deneysel elektrofizyolojik çalışmalar, FGA'nın aydınlıkta doğal göz gezdiriminde etkin, karanlıktaki kendiliğinden sakkadlar üzerinde ise etkin olmadığını göstermektedir (18).

Maymunlarda, muskimol ile FGA'nın farmakolojik inaktivasyonu, *ocular motor scotoma* yol açar. Bu enjeksiyon yapılan bölgeciğin görevli olduğu devinim alanında uygun hedefe doğru maymunun sakkad yapamayışıdır (24). Tersine *bicuculline* ile akut farmakolojik disinhibisyon, fiksasyon sürdürülmesini bozmuştur (24).

FGA'daki nöronlar dört yolla, internal kapsülün ön koluna kaudat olarak gelir ve beyin sapının premotor yapılarına varır (13).

FGA'nın projeksiyonları, ipsilateral CS yanısıra *nucleus raphe interpositus*, *nucleus reticularis tegmenti pontis*, seyrek olarak kaudal paramedian pontin retiküler formasyona (PPRF) gider (27). FGA'nın hasarı, maymunlarda, hızla iyileşen karşı yöne bakış paralizisi ve geçici karşı yön umursamazlığına neden olur. Gerçekte bu paralizisi, FGA'dan gelen

inputların yokluğuna bağlıdır. *Substantia nigra* yeterli kontrol yoktur ve böylece CS'ye sakkad oluşumu için izin verilmez. Sonunda sistem adapte olur, CS sağlam kalan parietal sinyale yanıt vermeye başlar. İyileşmeden sonra, hayvanlar, görsel yönlendirimli sakkadları yapmakta zorluk çekmezler fakat bellek yönlendirimli sakkadları yapmakta oldukça zorlanırlar (12). Frontal korteks lezyonu olan insanlar, istenmeyen sakkadları zorlukla bastırır. Bu arada FGA, izleyiş hareketinin başlamasında daha önemlidir. Bu aradaki nöronlar, aynı yöndeki izleyiş hareketini ateşler. FGA lezyonları aynı yönde izleyişi baskılar. İnsanlarda tek yanlı FGA lezyonu, lezyonun karşı yönüne doğru artmış latans ve düşük genlikli, kestirmece ve bellek yönlendirimli sakkadların görülmesine neden olur (28,29).

EK GÖZ ALANI (EGA)

EGA, insanda superior frontal girusun posteromedial parçasında uzanır (18). EGA, FGA, parietal korteks ve inralaminar talamik çekirdekten afferent input alır. FGA, kaudat çekirdek, CS ve beyin sapı retiküler formasyonuna projekte olur (24). EGA lezyonu olan hastalar, görsel yönlendirimli refleks sakkadlar veya görsel inputlu bellek yönlendirimli sakkadlarda anormallik göstermez. Yani retinotopik sakkadlarda anormallik olmaz. Bunun tersine, aynı hastalarda, vestibüler input ile yapılan bellek yönlendirimli sakkadların bütünlüğü bozular. Spasyotopik ve kraniyotopik sakkadlar bozular. FGA, retinotopik sakkadları denetliyordu. EGA ise kraniyotopik ve spasyotopik sakkadları, bu arada spontan sakkadları denetler (18).

EGA'nın ön bölümü, orbitanın karşı yarı alanında, sakkad sonlanma zonlarını kodlar. Arka bölümü ise, dosdoğru veya aynı yarı alanda biten sakkadları kodlar. EGA yan tarafı, üst orbitada sonlanan sakkadları, iç tarafı, alt orbitada sonlanan sakkadları kodlar. EGA'nın sürekli uyarımı, gözlerin belirli orbital konumlarında fiksasyonu sürdürür ve görsel olarak uyarılmış sakkadlar inhibe olur (13). EGA'nın fiksasyondaki rolü, rostral CS'nin fiksasyon

hücrelerinin eksitasyonu ile olabilir. Çünkü CS çıkarılması, sakkad inhibisyonunu ortadan kaldırır (30).

FGA'nın çıkarılması, aynı yan EGA'nın uyarımı ile elde edilen sakkadları pek etkilemez. CS çıkarılması ise genliği kısaltıp latansını geciktirir (13). Transkortikal manyetik stimülasyon, insanlarda EGA'nın öğrenme, planlama ve bellek yönlendirimli sakkadları ateşlemede rol aldığını destekler (20). PET çalışmaları, EGA ve komşu singulat girusun istemli sakkadlar boyunca etkidiğini göstermiştir. Ayrıca *self-paced* sakkadlar, tersine sakkadlar ve görsel yönlendirimli sakkadlar sırasında da etkidiği gösterilmiştir. Ancak bu bölge, refleks sakkadlar sırasında etkimez (25). Yani EGA'nın istemli sakkadlardaki rolü belirgindir. Özetle EGA, vestibüler inputla uyarılan bellek yönlendirimli sakkadların genlik ve uyarılmasını spasyotopik enformasyon kullanılarak kodlar. Kraniyotopik enformasyonu, sakkad sekanslarını, başlangıç fazları ve öğrenme boyunca denetler.

Kısaca EGA'nın asıl rolü, istemli göz devinimini, kraniyotopik veya spasyotopik koordinatlar kullanılarak diğer beden devinimleri ile eşgüdümlemektir (18).

PARİETAL GÖZ ALANI (PGA)

İnsanda PGA, angüler girusun superior bölümü ve supramarginal girusta (Broadman'ın 39. ve 40 alanı) intraparietal sulkus bölgesinde lokalize olmuştur. Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRG), bu sulkusun görsel yönlendirimli sakkadlarda etkili olduğunu gösterir. Posterior parietal korteksi etkileyen, parietal göz alanını içeren tek yanlı lezyonlar, refleks görsel yönlendirimli sakkad latansında gecikmeye neden olur (18). Parietal lobu etkileyen dejeneratif lezyonlar, kortikobazal dejenerasyonda görüldüğü gibi, refleks görsel yönlendirimli sakkad latansında gecikmeyle sonuçlanır (31). PGA, CS'ye direkt projeksiyon yoluyla refleks görsel yönlendirimli sakkadların uyarılmasını kolaylaştırır (18). Sağ taraftaki lezyonlarda, görsel yönlendirimli

veya bellek yönlendirimli sakkadlar, sol taraftaki lezyonlardan daha belirgin bozulmuştur (19, 32).

Posterior parietal korteks, görsel dikkatin yana doğru taşınmasında etkilidir. Gerçekte görsel dikkat insanlarda, PGA'ya komşu superior parietal lobül tarafından denetlenir (19). Posterior parietal korteksi etkileyen PGA'yı içeren iki yandaki lezyonlar veya ek olarak FGA'yı etkileyen lezyonlar, Ballint sendromu ve kazanılmış okülomotor apraksi şeklinde sonuçlanır. Her iki durumda da görsel yönlendirimli sakkadlar bozulur (33). Parietal lezyonlar, sakkad bütünlüğünü ve tutturumunu bozar, art arda beliren ışıklı iki hedefe sakkad gerekirse, ikinci sakkad hatalı ortaya çıkar (24). PET çalışmaları, insan posterior parietal korteksinin görsel yönlendirimli refleks sakkadlar, hatırlanan görsel hedefler üzerine istemli sakkadlar ve tersine sakkadlar boyunca etkidiğini göstermiştir (13).

FGA, PGA ve EGA'dan başka bazı kortikal alanlar da sakkad etkinliği ile ilgili olmakla birlikte bu alanlar doğrudan sakkad uyarımında görev almazlar. Ancak sakkad hazırlık evrelerinde rol oynarlar. Posterior hemisferik korteks, posterior parietal korteks ve vestibüler korteks alanlarının hedefe uygun sakkad ayarlamasında görevleri vardır. Posterior parietal korteks, görsel yönlendirimli refleks sakkadların başlangıç uyarısını kolaylaştırır. Dorsolateral prefrontal korteks ve hipokampal formasyon, bellek yönlendirimli sakkadlarda ve sakkad sekanslarında bellek işlevini denetler. Posterior parietal korteks lezyonlarında görsel inputla bellek yönlendirimli sakkadların hedefle tutturumu bozulmuştur. Vestibüler inputlu bellek yönlendirimli sakkadların hedefle tutturumu ise korunur. Vestibüler inputlu sakkadların tutturumu vestibüler korteks lezyonlarında bozulur (18).

PREFRONTAL KORTEKS

FGA'nın önünde (Broadman'ın 46. alanı) yer alır(18). Dorsolateral prefrontal korteks lezyonlarında tersine sakkad hata yüzdesinde artış olur (istenmeyen görsel yönlendirimli

refleks sakkad sayısı artar) (19). Prefrontal korteksin FGA'dan daha çok CS yoluyla bu istenmeyen sakkadların inhibisyonunu kontrol ettiği, işlek belleğin spasyal yönünün denetiminde görevli olduğu anlaşılmaktadır (19). Bellek yönlendirimli sakkadlarda bu alan, eksternal entegre edilmiş enformasyonu bellekte 15 sn. tutar (18). Tek yanlı sağ veya sol prefrontal korteks lezyonlu hastalarda, görsel veya vestibüler inputlu bellek yönlendirimli sakkadlarda, gecikmiş latans ve hedef tutturumunda bozulma görülür. Denebilir ki prefrontal korteks bütün bellek yönlendirimli sakkadların bellek işlevi evresinde rol oynar ve oküler motor davranışta önemlidir (18,20).

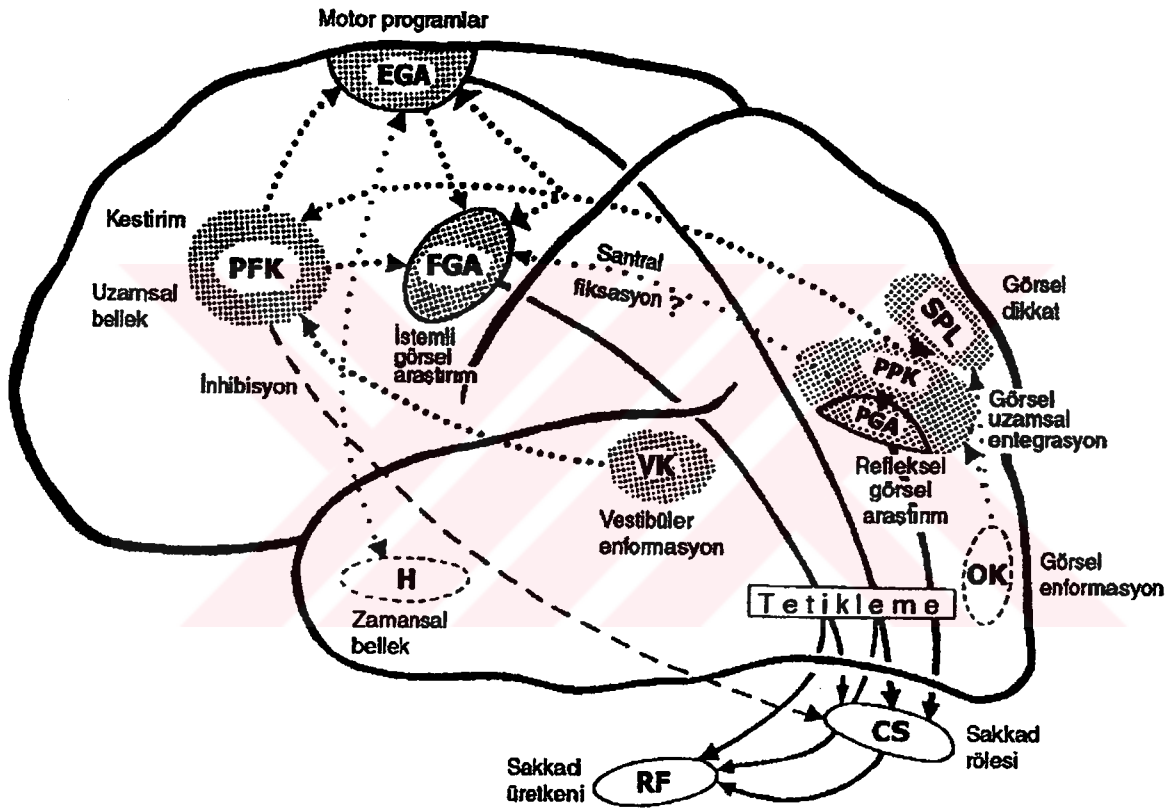
Hipokampal formasyonun işlek bellekte ilk birkaç saniyelik kronolojik denetimi vardır. Dolayısıyla sakkad sekans özelliğinde EGA ile bağlantılı olarak görev alır (18).

Şekil-2'de sakkadların kortikal denetimine ilişkin şema verilmiştir.

3.1.2.4 SEREBELLAR ETKİ

Serebellum sakkadların boyutunun, bütünlüğünün ayarında rol oynar. Dorsal serebellar vermis, özellikle fastigial nükleus altında uzanan V.,VI., VII. lobüller, flokkulus, sakkad denetiminde önemlidir (13). Maymunlarda vermisin, V., VI., VII. lobüllerin elektrik uyarımı sakkadları üretmiştir. Bu çalışmalardan, bu uyarılmış sakkadların genliklerinin uyarı yoğunluğunun bir fonksiyonu olduğu ileri sürülmüştür. Sakkad genliğinin orbitada gözün başlangıç konumuna bağlı olduğu bildirilmiştir (34,35).

Deneysel çalışmalar serebellectominin santripedal sakkadlarda belirgin hipermetri olmak üzere, sakkadik dismetriye neden olduğunu göstermektedir. Dorsal vermisin deneysel lezyonlarında, santripedal sakkadların hipometri, santrifugal olanların ise hipermetri göstermesi ilginçtir. Flokkulusun birbiriyle uyumlu sakkadik *pulse and step* oluşumundan sorumlu olduğu anlaşılmaktadır. Kaudal fastigial nükleusun karşı yöne sakkadları akselere, aynı yöne sakkadları deselere ettiğine ilişkin bulgular vardır (36).



ŞEKİL-2
Sakkadların kortikal denetimi

3.1.2.5 GÖZ DEVİNİMLERİ İLE İLGİLİ BEYİN SAPI ÖRGÜSÜ VE SAKKAD DENETİMİ

Bugün ulaşılan bilgiler çerçevesinde sakkad oluşumunda temel olan beyin sapi anatomofizyolojik örgüsü epeyce ayrıntılanmış bulunuyor. Daha çok deneysel çalışmalardan elde edilmiş bilgilere göre *Colliculus Superior* (CS)'un bu arada önemi vurgulanmaktadır.

CS'nin insanlardaki rolü henüz tam bilinmiyor. Maymunlarda görsel yönlendirimli sakkadların üretimine yardım ettiği gösterilmiştir. Kısa latanslı sakkadların (ekspres sakkadlar) programında rol aldığına işaret edilmektedir (37,38). CS görsel yönlendirimli refleks sakkad oluşumunda önemlidir. SK'nın temel vizüomotor entegrasyon bölgesi olduğu anlaşılıyor. İki işlevsel bölge olarak incelenebilir: 1. Yüzeyel tabakalar 2. Ara ve derin tabakalar (12). Her üç tabaka, hem retinadan direkt input alır hem de striat korteksten projeksiyon alır. Yüzeyel tabakalardaki nöronlar, görsel uyarıya yanıt verir (12). Yüzeyel tabakada "retinotopik şema", ara tabakasında "motor şema" vardır (24). Motor haritada herhangi bir nokta uyarımı, spesifik genlik ve yönü olan bir sakkad oluşturur. En küçük sakkad rostral bölümde, en büyük sakkad ise kaudal bölümde oluşturulur (24). CS'ye sınırlı lezyonu olan hasta raporları nadirdir. Tek yanlı lezyonu olan bir hastanın karşı yana sakkadları daha uzun zamanda oluşmuş ve hipometrikti (39). Bir diğer rapora göre; progresif supranükleer felçte SK ve mezensefalik retiküler formasyon etkilenmesi ile latans artışı bildirilmiştir (40).

CS, FGA'dan iki projeksiyon alır: Biri doğrudan, diğeri *nucleus caudatus* ve *substantia nigra'nın pars reticulata*'sı üzerindedir.

CS, retinadan doğrudan, görsel korteksten de dolaylı görsel input alır (41). CS'un ara tabakası, vertikal ve karşı yöne horizontal sakkadlarla ilgili deşarjları yapan nöronları içerir. Sakkad üretiminde birbiri ile ilişkili üç tip nöron ayırt edilir: 1. Geliştirim (Build up)

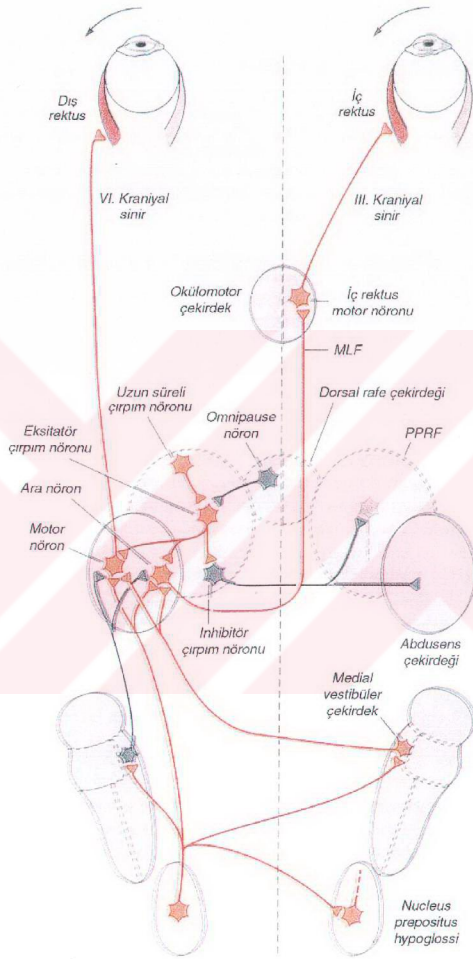
2.Çırpım (Burst) 32. Fiksasyon nöronları. Geliştirim ve çırpım nöronları sakkadlardan önce ateşlenir. Fiksasyon nöronlarının sakkadın başlangıcında hazırlık evresinde görevli geliştirim nöronlarını inhibe ettiği bu arada ponstaki *omnipause* nöronları uyardığı düşünülür. CS'deki çırpım nöronları PPRF'deki uzun süreli çırpım nöronlarını uyarır. Böylece sakkad gerçekleşmesi için yol açılmış olur (13,42).

Orta hattın bir yanındaki işleyişi ele alırsak önce PPRF'de yer alan uzun süreli çırpım nöronları karşı yandan kortikal sinyalleri alır ve yine aynı oluşumdaki orta süreli çırpım nöronlarına eksitator sinapsla aktarır. Öte yandan orta süreli çırpım nöronları ile dorsal rafe çekirdeğinde yer alan aynı yandaki *omnipause* nöronların inhibitör sinapsları vardır. Orta süreli çırpım nöronlarının PPRF'de sakkad üretimi için ana hücreler olduğu görülüyor. Bu nöronlar, uzun süreli çırpım nöronlarının eksitasyonu ile (bu arada *omnipause* nöronlar suskun durumda olmalı) deşarj yapar (43,44,45). Bu nöronlar PPRF'ye hemen bitişik olan abduşens çekirdeğindeki: 1. Dış rektus kası motor nöronları 2. Aksonları karşı yana geçip rostral seyreden medial longitudinal fasikülüs (MLF) ve o tarafta iç rektus kası motor nöronlarını uyartan ara nöronlar üzerine eksitator sinapslar yapar. Bu iki nöron grubunun yanısıra 3. Soması PPRF'de yer alan, lifleri karşı PPRF'ye ve karşı abduşens çekirdeğine uzanan inhibitör çırpım nöronları ile eksitator sinaps yapar. Bu inhibitör çırpım nöronları, karşı PPRF'deki eksitator çırpım nöronları ve abduşens çekirdeğindeki dış rektus kası motor nöronlarını inhibe eder (46,47). Bu eksitator ve inhibitör devrelerin eş zamanlı işleyişi ile her iki gözün bir yana devinimi, boyunduruğa koşulu iki öküzün bir yana devinimine (yolked) benzetilmiştir. Bu devinim örgüsünde, medial vestibüler çekirdek ve *nucleus prepositus hypoglossi*'nin bir nöral entegratör olarak görev aldığı, buradaki nöronların eksitator çırpım nöronlarından hız sinyali alıp bu sinyalleri göz konumu sinyalleri ile entegre ettikleri özellikle konum sinyallerini aynı taraftaki abduşens nöronlarına ilettiği söylenmektedir (48).

Şekil3’de bu anlatılanlar sola bakış örneğinde şematize edilmiştir.

3.2.1 FİKSASYON

Görsel algı konusunun en temel kavramlarından biridir. Yukarıda anlatılan göz devinimlerinin görsel bilgi toplayarak sonuçta görsel çevreye uyumu sağlamak amacına yönelik olduğunu söylemiştik. Sakkadlar sırasında görsel enformasyon alınmadığı biliniyor (49). İzleyiş göz devinimleri zaten fiksasyonla biraradadır; görsel enformasyon o yüzden sağlanmaktadır. Vergenste de durum benzer olabilir. Çevreden görsel bilgilerin toplanması için nesnelerin görüntülerinin keskin görüşünü elde etmek için her iki foveaya düşürmek (fiksasyon) ve yeterince bu görüntüleri orada tutabilmek, görsel uyumun gerektirdiği biçimde bir diğer görüntüye yönelip okülomotor etkinliği böylece sürdürmekle mümkün olmaktadır. Fiksasyon için, göz devinimleriyle ordan oraya göçertilen devinmezlik evresidir diyebiliriz. Vergens veya konjüge devinimler, nesne görüntüsüne takınmayla ara verir. Bu fiksasyonun ardından vergens/sakkad devinimi beklenir (50). Değinildiği üzere izleyiş devinimlerinde gözler zaten fiksasyon halinde iken devinmektedir. Bir gözün tek başına görüntüye takılmasına “ monoküler fiksasyon”, iki gözün takılmasına “binoküler fiksasyon” denir. Kestenbaum’a göre fiksasyon için 1 . İyi foveal işlev 2. Nesneyi farklı kılacak bir çevre (tek düze bir alan fiksasyon refleksine neden olmaz). 3. Nesneye gerçek bir dikkat 4. Periferel retinal uyarım ile değil, doğrudan foveal görüş olmalıdır. Öte yandan “devinimsiz evre” olarak nitelense de aslında gözler fiksasyon sırasında, görünüşte devinimsizdir. Fiksasyon karmaşık motor bir etkinlik sonucudur ve bu sırada birtakım devinimcikler sözkonusudur. Bu durum nöbetteki bir askerin ayakta tam anlamıyla dikkati olduğu zaman bile görülen belli belirsiz devinimleriyle karşılaştırılabilir. Fiksasyon sırasındaki istemsiz devinimler çok önceleri Jurin (1738) ve Helmholtz (1924) tarafından gözlenmiştir. Fakat nicelik değerlendirmesi için fotoelektrik ve diğer yeterli deneysel yöntemlerin gelişimi beklenmiştir. Fiksasyon sırasındaki bu devinimcikler, küçük boyutlu



ŞEKİL-3

Bir yana bakış örneğinde sakkadik devinimin beyin sapı örgüsü

olduğu için, mikro veya minyatür göz devinmeleri olarak adlandırılır. Carpenter' 1977'de bu devinimcikleri, tremor, drift ve mikrosakkadlar olarak ayırmıştır. Fiksasyon genliği en küçük çaplı koninin boyutlarında olduğu zaman fiksasyon tremoru olur. Yaklaşık 5-50 sn. arasında değişir. Tremorun binoküler kayıtlamalarında iki göz arasında korelasyon bulunamamıştır (disjunctive). Drift, tremorla karşılaştırıldığında dahaz geniş ve daha yavaştır. Genliği 2-5 dk olup tremorda olduğu gibi yönü, iki göz arasında korele değildir. Driftin hedefin foveadaki konumuna bağlı olup olmadığı tartışmalıdır. Mikrosakkadların genliği 1-23 sn arasındadır. Foveadan görsel hedefin kaymasını düzeltmek içindir (1,51).

Fiksasyonla ilgili bazı tanımlara değinmek yararlı olacaktır. Baş sabit, göz devinmesi ile sağlanan santral fiksasyon sınırları içindeki alana, "fiksasyon alanı" denir. Hem gözün hem başın devinimi ile kazanılan fiksasyon alanı, "pratik fiksasyon alanı" olarak adlandırılır. "Görme alanı", göz ve baş devinmez iken, fiksasyon durumunda, şekil, parlaklık ve rengin algılanabildiği alandır. Binoküler görme alanı, gözlerin baş sabit iken bir noktaya takıldıklarında elde edilen bileşik görme alanıdır. Fiksasyonun binoküler alanı, baş sabit gözler devinirken santral bifiksasyon içindeki alandır (1,52,53).

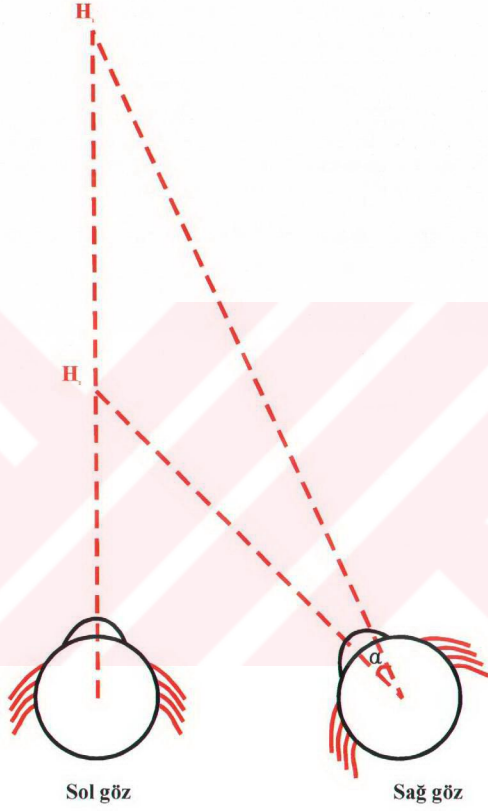
3.2.1.1 Monoküler ve Binoküler Fiksasyon

Monoküler fiksasyon alanı; foveada görüntünün en iyi yerleştirilip, gözlemcinin perimetre kolundan nesneyi izleyerek uzun süre fiksasyon yapamadığı zaman, ulaşılan sınırın çevirdiği alandır. Bu sınırlar göz çevresindeki yapıların konfigürasyonu ve göz küresinin refraksiyonuna bağlıdır. Bireysel farklılıklar geniştir. Hoffman'a göre aşağı bakışta en geniş olup (54°) içeri bakış için sınır, 46°'dir. Dışa bakış için 42°, yukarı bakış için ise 34°'dir (1).

3.2.2 ASİMETRİK VERGENS/DİSJUNKTİF SAKKAD

Şimdiye kadar anlatılan konjüge göz devinimleri uzaktaki nesnelerin görüntüsünün foveaya düşürülmesine yönelik binoküler devinimleri açıklayabilir. Yine anlatılan

biçimiyle vergens devinimleri de nesnenin sagittal düzlemde olduğu varsayılarak (simetrik vergens) gözden geçirilmiştir. Peki nesne yakında fakat sagittal düzlemde ya da orta çizgide değilse binoküler göz devinimleri nasıl olmaktadır? Her iki gözün birbirine göre hızı, konumu nasıl ayarlanmaktadır? İşte yakında ama sagittal düzlemin sağında ya da solundaki bir fiksasyon noktasına gözlerin takılabilmesi için görülen devinimlere disjunktif sakkad ya da asimetrik vergens devinimleri deniyor (1,54,55). Şekil 4'te H_1 fiksasyon noktası, H_2 daha yakın fiksasyon noktasıdır. Fiksasyon noktaları sol gözün hizasındadır. Burada sol göz hedeflere fiksasyon yaparken devinmeyecek, sağ göz ise H_2 noktasına fiksasyon yapmak için (alfa açısı kadar daha fazladan) devinecektir. Böylece binoküler fiksasyon gerçekleşebilecektir. Burada iki gözün birbirine göre bu ince ayarı yüzüylü aşkın bir süredir tartışılmaktadır. Alman fizyoloğu Hering, gözlerin okülomotor davranışlarda tek bir organın birer parçası gibi devindiklerini, bir yöne bakışla ilgili kasların eşit olarak uyarıldıklarını söyler. "Eşit innervasyon kanunu" olarak özellikle konjüge bakışların açıklanmasına kolaylık sağladığı için geniş kabul görse de bu görüş bazılarınca eleştirilmiştir. Kendi yurttaşı ve çağdaşı Helmholtz gözlerin herbirinin kendi başına davrandıklarını, binoküler bakışın hiç de doğuştan gelen bir yeti olmayıp öğrenilen bir okülomotor davranış olduğunu söylemiştir(56,57). Bu arada asimetrik vergens sorusunu Hering ve Helmholtz görüşüne göre açıklayanlar olmuştur(1,55). Asimetrik vergens ya da disjunktif sakkad devinimleri ne saf vergens ne de sakkad özelliğindedir. Araştırmalar bu devinimlerin her iki tip göz deviniminin içiçe ya da birbirine eklemeli (additive) devinimler olduklarını söylemektedirler (58, 59).



ŞEKİL-4

Asimetrik vergens/disjunktif sakkad
(açıklama metin içindedir)

4. DENEKLER VE YÖNTEM

Çoğunluğu tıp fakültesi öğrencisi, az kısmı hastane çalışması olan yaş dağılımı 17-32 arasında değişen 51 denek çalışmaya alındı. Denek grubunun yaş ortalaması $23,76 \pm 3,71$ idi. Deneklerin 22'si kadın, 29'u erkekti. Deneklerin hiçbirinde, herhangi bir nörolojik hastalık anamnezi ve bulgusu sözkonusu değildi. Çok az sayıda ve en çok 2 derecelik kırma kusuru olan denek, gözlükleriyle çalışmaya alındı.

Çalışma tamamen yukardan aydınlatılmış dört duvar bir laboratuvarıda gerçekleştirildi. Her bir deneğin iç ve dış epikantuslarının hemen yanına yapıştırılmış 0.5 mm çapındaki disk gümüş klorür elektrotlar, iki kanal elektrooktülografi (EOG) cihazına bağlandı. EOG cihazı olarak Nihon Kohden Mini Poligraf-6200 kullanıldı. Bütün kayıtlamalarda kağıt hızı 50 mm/sn idi. 200-300 μ v sensitivite ayarıyla ve doğru akım (DC) ile çalışıldı. Bir göz devinimlerine ait defleksiyonlar bir kanalda, diğerininki diğer kanalda kayıtlanacak biçimde EOG cihazına bağlandı. Glabellanın hemen üstüne orta hatta toprak elektrotu yapıştırıldı. Bazı deneklerde, artefakt giderilmesi için ayrıca koldan topraklama yapıldı.

Yapması gerekenler hakkında bilgilendirilen her bir deneğe uygulanan çalışma bataryası aşağıdaki şekildeydi:

a) Yakın Bakış Çalışması: Burada deneğin 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. T cetvelinin tek bacağı deneğin filtrumuna dikey bir şekilde tesbit edildi. Deneğin her iki gözü açıkken ilk konum hedefinden 20° sağdaki hedefe; tekrar ilk konum hedefine, tekrar sağdaki hedefe şeklinde ardışır ölçüme elverişli uygun sayıda EOG defleksiyonu elde edinceye kadar bakışlar yapması sağlandı.

b) Aynı düzende bir gözün kapatılarak daha sonra diğer gözün kapatılarak monoküler bakışla çalışmanın bu aşaması tamamlandı.

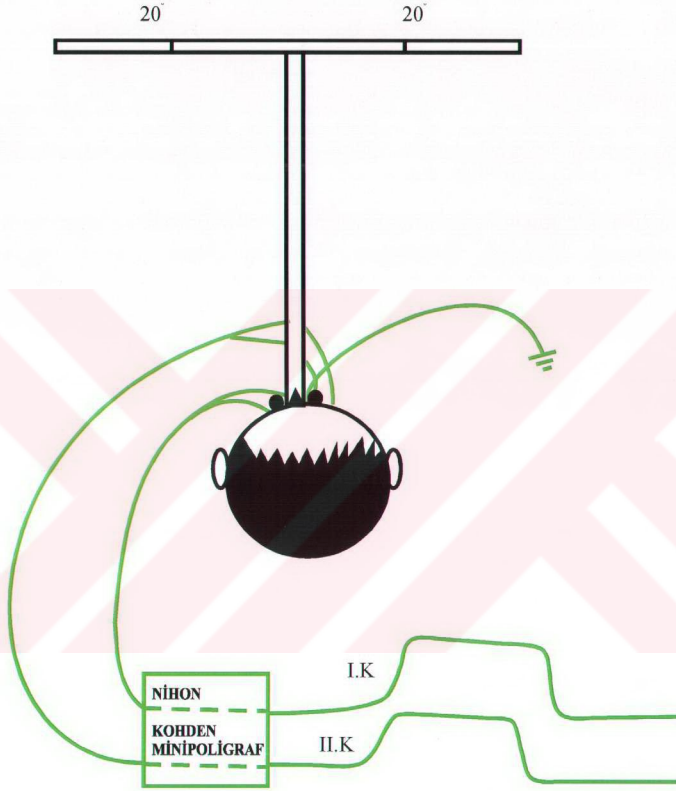
c) Uzak bakış çalışma aşamasında denek, önce 5.5 m uzaklıktaki ilk konum hedefine baktırılırken sağ yandaki 20° lik hedefe, bu hedeften ilk konum hedefine ardısıra bakışlar yaptırıldı. Aynı işlem 20° sol yandaki hedef için de tekrarlandı. Bu işlem, yakın bakış aşamasında olduğu gibi tek göz bakışı yaptırılarak sürdürüldü. Uzak bakış için hedefler 1.5 cm eninde 10 cm uzunluğunda dikey çitalar üzerine işaretlenmiş dikey siyah bantlar idi.

Gerek yakın bakış çalışmasında gerek uzak bakış çalışmasında hedeflerin horizontal bakış düzleminde olmasına dikkat edildi.

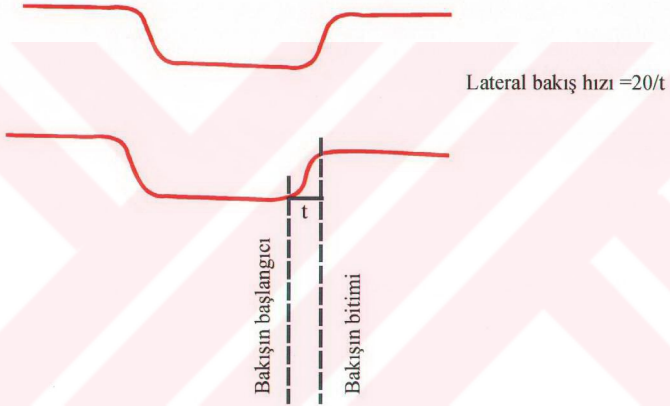
Şekil-5'te denek ve elektrot bağlantısı ve cihaz ilişkisi görülmektedir.

Herbir göze ait EOG defleksiyonları bazan sol göz için üst kanalda, sağ göz için alt kanalda olacak şekilde ayarlandı. Böylelikle sakkad süre ölçümlerini yapacak kişinin ölçüm değerlerini belirlerken hangi gözün hangi defleksiyona ait olduğunu bilmeden, önyargısız ölçüm yapması amaçlandı.

Elde edilen sakkadlara ait EOG defleksiyonlarının süre ölçümü Şekil-6'da 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 orantı yoluyla 0,09 sn'lik süreyi verdiği görülür. Hesaplama bir ileri adım olarak; 0,09 sn'de 20° lik açı bakılırsa 1 sn'de x° bakılır orantısıyla deneğin incelenen yöndeki (sağ veya sol) gözün açısal hızı ($221,24^\circ/\text{sn}$) bulunur. Elde edilen bütün açısal hız değerlerinin istatistik analizinde T testi kullanıldı.



ŞEKİL-5



ŞEKİL-6

(Geniş açıklama metin içindedir)

Şekil-7’de yakın bakış denemelerinde kullanılan T cetveli üzerinde primer pozisyona ve 20°lik sağdaki hedefe her iki göz bakış çizgileri çizilerek, sağ ve sol gözlerin taradığı açılar gösterilmektedir. Bu şekil üzerinde bilinen uzaklık ve açı değerlerinden faydalanarak aşağıdaki trigonometrik hesaplamayla sol ve sağ gözün kat ettiği açıların gerçekte kaçır derece olduğu bulundu.

$$\tan(\alpha_2 - \alpha_1) = \tan\beta = \frac{\tan\alpha_2 - \tan\alpha_1}{1 + \tan\alpha_2 \cdot \tan\alpha_1}$$

$$= \frac{\frac{x_2}{d} - \frac{x_1}{d}}{1 + \frac{x_1 \cdot x_2}{d^2}} = \frac{(x_2 - x_1) \cdot d}{d^2 + x_1 \cdot x_2}$$

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{d \cdot (x_2 - x_1)}{d^2 + x_1 \cdot x_2} \right]$$

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{35 \cdot (15,5 - 3)}{35^2 + 15,5 \cdot 3} \right]$$

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{35 \cdot 12,5}{1225 + 46,5} \right]$$

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{437,5}{1271,5} \right]$$

$$\beta = \tan^{-1} 0,3440817$$

$$\beta = 18,987^\circ$$

$$\tan \gamma = \tan(\alpha_3 - \alpha_4) = \frac{\tan \alpha_3 - \tan \alpha_4}{1 + \tan \alpha_3 \cdot \tan \alpha_4}$$

$$= \frac{\frac{k-x_1}{d} - \frac{k-x_2}{d}}{1 + \frac{k-x_1}{d} \cdot \frac{k-x_2}{d}}$$

$$= \frac{(k-x_1 - k+x_2) \cdot d}{d^2 + k^2 - kx_2 - kx_1 + x_1 \cdot x_2}$$

$$= \frac{(x_2 - x_1) \cdot d}{d^2 + k^2 - kx_2 - kx_1 + x_1 \cdot x_2}$$

$$\gamma = \tan^{-1} \left[\frac{(x_2 - x_1) \cdot d}{d^2 + k^2 - kx_2 - kx_1 + x_1 \cdot x_2} \right]$$

$$\gamma = \tan^{-1} \left[\frac{(15,5-3) \cdot 35}{35^2 + 36 - 6 \cdot 15,5 - 6 \cdot 3 + 3 \cdot 15,5} \right]$$

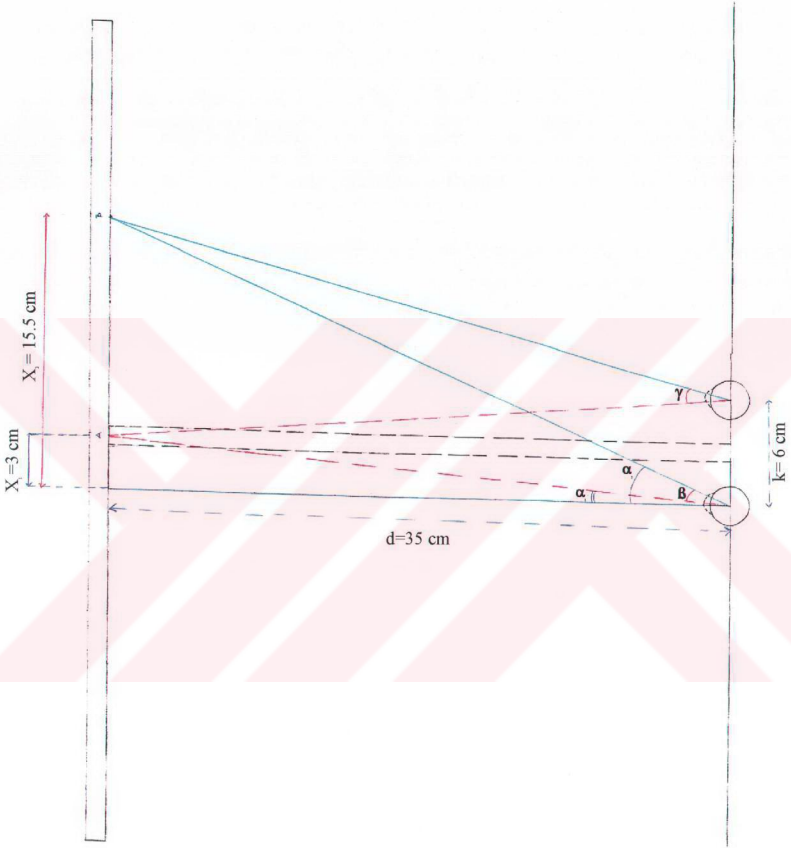
$$\gamma = \tan^{-1} \left[\frac{12,5 \cdot 35}{1225 + 36 - 93 - 18 + 46,5} \right]$$

$$\gamma = \tan^{-1} 0,36556498$$

$$\gamma = 20^\circ,080$$

$$\beta = 18^\circ,987$$

$\gamma > \beta$ (γ açısı, β açısından $1^\circ,093$ büyüktür.)



ŞEKİL-7

5. BULGULAR

1. Herbir gözün T cetveli üzerindeki bakış açılarının matematiksel testinde abdüksiyon yapan gözün taradığı açı addüksiyon yapan gözünküne göre $1^{\circ},093$ yüksek bulunmuştur. Bu bir yöntemle ilgili bulgudur.

2. Yakın binoküler bakışta bulunan açısal hız değerleri Tablo-1’de verilmiştir. Bu tabloda ortalama bakış açısal hız değerleri sağa ve sola bakışların açısal hız değerleri, sağa vesola bakışların açısal hız değerleri görülmektedir. Addüksiyon değerleri abdüksiyon değerlerinden istatistik olarak yüksek çıkmıştır.

Tablo 1: Yakın Binoküler Bakış

	N	Ortalama açısal hız($^{\circ}$ /sn)	Std. sapma	p
Yakın binoküler bakış hızı	202	216,54	29,38	0,000
Binoküler sağa bakış	100	229,5	27,18	0,000
sola bakış hızı (add+abd)	102	203,84	25,79	0,000
Toplam addüksiyon	101	224,99	28,91	0,000
Toplam abdüksiyon hızı (sağa-sola bakış ayırmadan)	102	208,09	27,49	0,000

3. Yakın monoküler bakışta bir göz kapatılarak yapılan denemelerin sonuçları Tablo-2’de verilmiştir. Burada fiksasyonlu ve fiksasyonsuz elde edilen açısal hız değerleri karşılaştırmaları görülmektedir.

Tablo 2: Yakın Monoküler Bakış

Yakın monoküler bakış	N	Ortalama açısız hız (°/sn)	Std. sapma	p
F(add+abd) hızı	202	208,2	33,02	0,510
NF(abd+add) hızı	202	206,13	30,17	0,510
fADD hızı	100	216,61	36,33	0,000
fABD hızı	102	199,97	27,17	0,000
nfADD hızı	102	212	29,09	0,005
nfABD hızı	100	200,14	30,21	0,005
fADD hızı	100	216,61	36,33	0,320
nfADD hızı	102	212	29,09	0,322

F(add+abd): Fiksasyon yapan gözün sağa-sola bakış, addüksiyon- abdüksiyon ayırmadan açısız hızı

NF(add+abd): Fiksasyon yapmayan (kapalı göz) gözün sağa-sola bakış, addüksiyon- abdüksiyon ayırmadan açısız hızı

fADD: Fiksasyon yapan gözün addüksiyon hızı

fABD: Fiksasyon yapan gözün abdüksiyon hızı

4. Tablo-3'te uzak binoküler bakış denemesinde elde edilen istatistik karşılaştırma sonuçları verilmektedir.

Tablo 3: Uzak Binoküler Bakış

	N	Ortalama açısal hız (°/sn)	Std. sapma	p
Uzak binoküler bakış hızı	204	200,18	25,45	0,000
Binoküler sağa bakış	101	212,12	22,08	0,000
sola bakış hızı (add+abd)	102	188,25	23,07	0,000
Toplam addüksiyon	102	206,73	25,35	0,000
Toplam abdüksiyon hızı (sağa-sola bakış ayırmadan)	102	193,62	23,93	0,000

5. Uzak monoküler bakış denemesinde elde edilen sonuçlar tablo-4’de verilmiştir.

Tablo 4: Uzak Monoküler Bakış

	N	Ortalama açısal hız (°/sn)	Std. sapma	p
F(add+abd)	199	191,67	26,21	0,907
NF(add+abd)	199	191,98	26,92	0,907
fADD	99	196,62	27,71	0,008
fABD	100	186,77	23,77	0,008
nfADD	100	198,01	25,87	0,001
nf ABD	99	185,89	30,22	0,001
fADD	99	196,62	27,72	0,714
nfADD	100	198,01	25,87	0,714

6. Binoküler yakın bakış değerleriyle uzak bakış değerlerinin istatistik karşılaştırma sonuçları Tablo-5'te görülmektedir.

Tablo 5: Binoküler Yakın ve Uzak Bakış (Sağa-Sola Bakış Ayırmadan)

	N	Ortalama açısal hız(°/sn)	Std.sapma	p
Binoküler yakın bakış hızı	202	216,54	29,39	0,000
Binoküler uzak bakış hızı (add+abd)	204	200,18	25,45	0,000
Yakın bakış addüksiyon hızı	101	224,94	28,88	0,000
Uzak bakış addüksiyon hızı	102	206,73	25,35	0,000
Yakın bakış abdüksiyon hızı	101	208,09	27,49	0,000
Uzak bakış abdüksiyon hızı	102	193,62	23,93	0,000

7. Yakın ve uzak bakış denemelerinin monoküler değerleri ve istatistik karşılaştırma sonuçları Tablo-6'da verilmiştir.

Tablo 6: Monoküler Yakın-Uzak Bakış (Sağa-Sola Bakış Ayırmadan)

	N	Ortalama açısal hız (°/sn)	Std.sapma	p
Yakın fiksasyonel hız	202	208,20	33,02	0,000
Uzak fiksasyonel hız (add+abd)	199	191,67	26,21	0,000
Yakın nonfiksasyonel hız	202	206,13	30,17	0,000
Uzak nonfiksasyonel hız (add+abd)	199	191,98	26,92	0,000
Yakın fiksasyonel addüksiyon hızı	100	216,61	36,33	0,000
Uzak fiksasyonel addüksiyon hızı	99	196,61	27,71	0,000
Yakın nonfiksasyonel addüksiyon hızı	102	212	29,09	0,000
Uzak nonfiksasyonel addüksiyon hızı	100	198,01	25,86	0,000
Yakın fiksasyonel abdüksiyon hızı	102	199,97	27,17	0,000
Uzak fiksasyonel abdüksiyon hızı	100	186,77	23,77	0,000
Yakın nonfiksasyonel abdüksiyon hızı	100	200,14	30,22	0,001
Uzak nonfiksasyonel abdüksiyon hızı	99	185,89	26,72	0,001

8. Yalnızca bakışın fiksasyonel ve nonfiksasyonel oluşuna göre (yakın ve uzak bakış ayırt ederek) değerlerin karşılaştırma sonuçları tablo-7’de görülmektedir.

Tablo 7: Fiksasyonel Bakış-Nonfiksasyonel Bakış

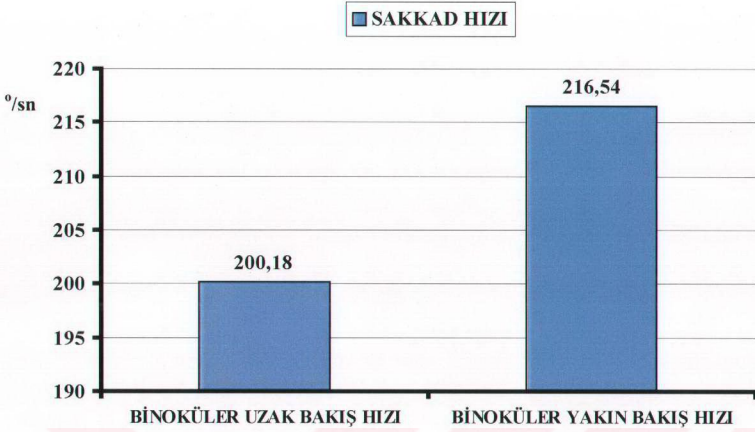
	N	Ortalama açısal hız (°/sn)	Std. sapma	p
Yakın fiksasyonel bakış hızı	202	208,21	33,02	0,510
Yakın nonfiksasyonel bakış hızı (add+abd)	202	206,13	30,17	0,510
Uzak fiksasyonel bakış hızı	199	191,67	26,21	0,907
Uzak nonfiksasyonel bakış hızı (add+abd)	199	191,98	26,92	0,907

9. Bakışın yalnızca sağa ve sola oluşuna göre değerleri gruplandırılıp karşılaştırmanın sonuçları Tablo-8'de verilmiştir.

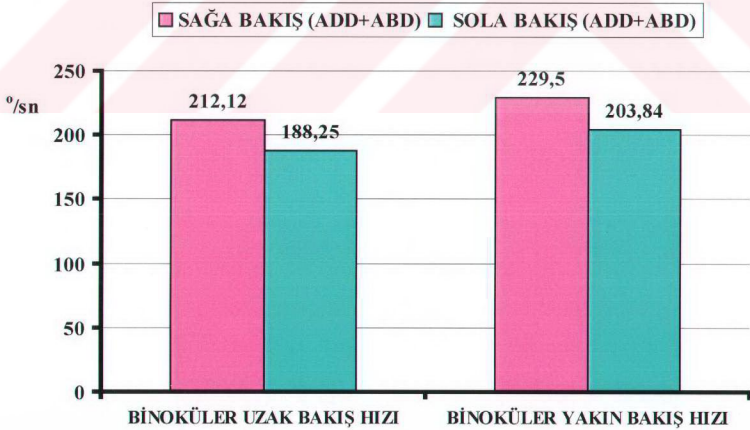
Tablo 8: Sağa-Sola Bakış

	N	Ortalama açısal hız(°/sn)	Std. sapma	p
Yakın binoküler sağa bakış	100	229,5	27,18	0,000
sola bakış hızı (add+abd)	102	203,84	25,79	0,000
Uzak binoküler sağa bakış	101	212,12	22,07	0,000
Sola bakış hızı (add+abd)	102	188,25	23,07	0,000

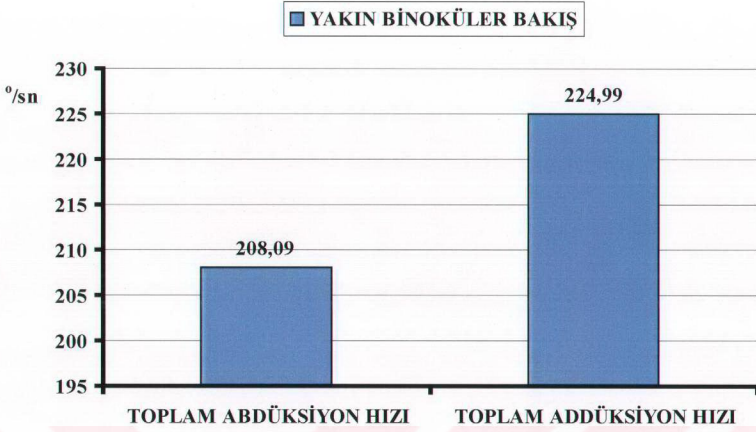
Sözü edilen denemelere ilişkin elde edilen sonuçların bazı gösterileri Grafik 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7'de de verilmiştir.



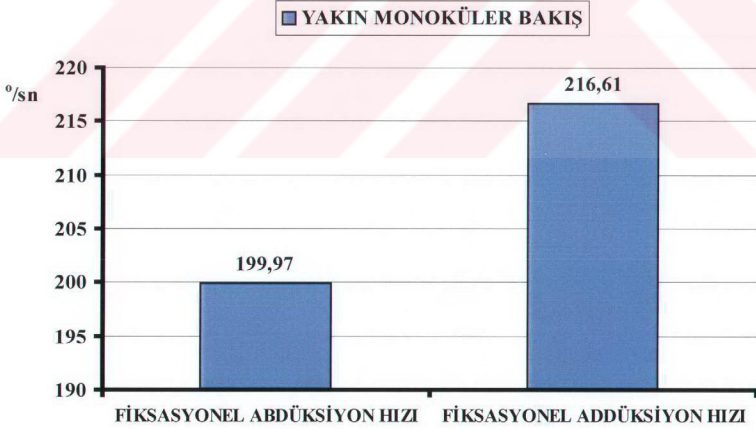
Grafik 1: Yakın binoküler bakışta; sağa sola ayırmadan abdüksiyon addüksiyon ayırmadan sakkad hızı ile uzak binoküler bakışta; sağa sola ayırmadan abdüksiyon addüksiyon ayırmadan sakkad hızının görünümü



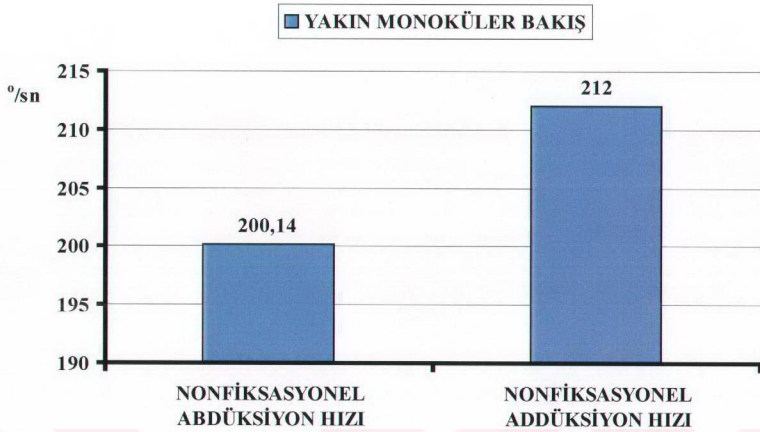
Grafik 2: Binoküler yakın ve uzağa bakışta; sağa bakış ve sola bakış hızlarının görünümü (abd+add)



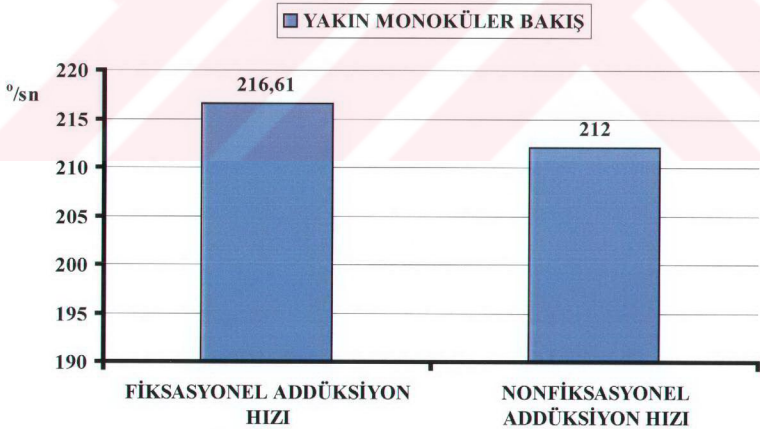
Grafik 3: Yakın binoküler bakışta; toplam addüksiyon ve toplam abdüksiyon hızının sağa sola bakış ayırmadan görünümü



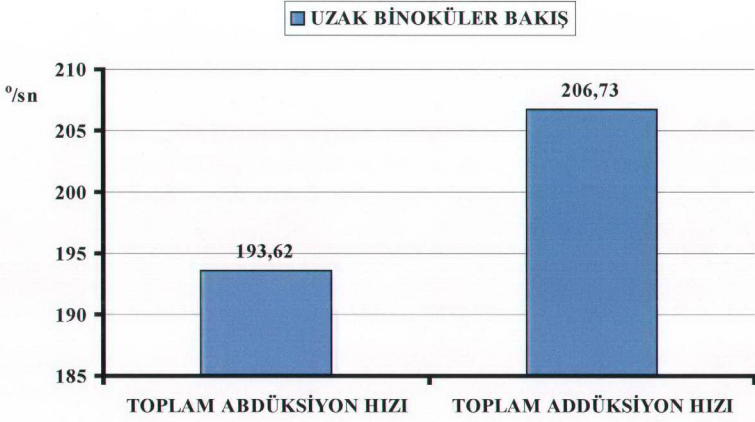
Grafik 4: Yakın monoküler bakışta; fiksasyonel addüksiyon ve fiksasyonel abdüksiyon hızının görünümü



Grafik 5: Yakın monoküler bakışta; nonfiksasyonel addüksiyon ve nonfiksasyonel abdüksiyon hızının görünümü



Grafik 6: Yakın monoküler bakışta; fiksasyonel addüksiyon ve nonfiksasyonel addüksiyon hızının görünümü



Grafik 7: Uzak binoküler bakışta; toplam addüksiyon ve toplam abdüksiyon hızının görünümü

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

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. Sözcüleri sakkad açısal hızı verilirken addüksiyon ve abdüksiyon açısal hızları ayrı ayrı verilmez ve her ikisi aynıymış gibi tek bir açısal hız değeri verilir. Örnek olarak Westheimer (1954) 30°'lik bakışta 550°/sn (60), Hyde (1959) 500°/sn (61), Cook (1965) 20°'lik bakışta 700°/sn, Zuber ve ark. (1968) maksimum 700°/sn açısal hız değeri vermişlerdir (62). 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 1992'de Zee'nin çalışmalarına rastlanmaktadır (16,63,64). Asimetrik vergens ya da disjunktif sakkad tartışmasının önceki yüzyıl başladığı hatırlanırsa addüksiyon ve abdüksiyon açısal hızlarının yeteri kadar incelenmiş olmaması ilginçtir. Çünkü yüzyıldan fazla zamanda yapılan bu tartışmalar bir yandan her iki gözün farklı hızına işaret etmektedir (54,55,59).

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°,94/sn±28,88' dir. Sakkadik devinim hızı kullanılan yöntemlere, baktırılan açı genişliğine bağlı olarak yukarıda işaret edildiği gibi epeyce değişik bulunmaktadır.

Toplam addüksiyon açısal hızı (ortalama 224°,99/sn±28,91), toplam abdüksiyon açısal hızından (ortalama 208°,09/sn±27,49) anlamlı ölçüde yüksektir (p<0,000). İlhan'ın çalışmasında da bu farklılık vurgulanmaktadır (16).

İç rektus motor nöronları vergens konjüge devinim emirlerinden bağımsızdır. Anatomik olarak MLF ve ekstra MLF yollarından sırasıyla ayrı ayrı emirler alır (4,65). Fuchs (1985) konjüge ve vergens kontrollerinin ayrı olduğunun nörofizyolojik kanıtlarına dikkati çekmiştir (66). PPRF'deki çırpım nöronları aynı yandaki abdüsens nöronlarını monosinaptik olarak uyartmasına karşın, karşı yan iç rektus motor nöronlarını disinaptik 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 (67, 68). Ancak Delgado-Garcia ve ark. (1986), Fuchs ve ark. (1988) burada sözkonusu olan ara nöronların (lifleri MLF'yi oluşturuyor) deşarja daha erken başladığı ve hız duyarlılığının dış rektus motor nöronlarından daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (69,70,71). Bu bulgulara dayanarak addüksiyon açısız 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 (7,72,73) addüksiyon açısız hız yüksekliğine katkı sağlıyor olabilir. Sunulan çalışmada addüksiyon açısız hızının abdüksiyon açısız hızından İlhan'ın (1978) çalışmasındaki sonuçla benzer biçimde ve net olarak yüksek bulunduğuna yukarıda değinilmiştir. Addüksiyon-abdüksiyon açısız hız değerlendirmesinin konu edildiği diğer iki çalışmaya gelince her iki çalışmada da sunulan çalışmanın tersine abdüksiyon açısız hızının yüksek bulunduğu bildirilmiştir (63,64). Collewijn (1988) abdüksiyon açısız hız yüksekliğini iç ve dış rektus kaslarının farklı mekanik özellikleriyle açıklamaya çalışmıştır. Yazar bu iki kasın boyutlarının farklılığına işaret etmiştir(63). Ne var ki bu dış göz kaslarının mekanik özellikleri abdüksiyon değil, addüksiyonun hızlı olabileceği yönündedir. Bir kere göz toparının rotasyonel deviniminin etkinliği bu devinimi yapan

kasın topar merkezine yakınlığına ve kütesine bağlıdır. Bu özellikleri de en çok iç rektus kası taşır, dış rektus kası değil (1). Diğer araştırmacı Zee(1992) bulduğu abdüksiyon açılmal hız yüksekliğini başka türlü açıklamaktadır. Bu yazar, iç rektus motor nöronlarına uyarımın geç gittiğini çünkü bu uyarı için yukarıda değinilen disinaptik uzun bir yol olduğunu söyleyip ayrıca dış göz kaslarının mekanik özelliklerinin asimetrisinin de belki daha açıklayıcı olduğuna işaret etmiştir. Bu yazarın her iki yöndeki dayanağıyla abdüksiyonun değil, addüksiyonun hızlı olabileceği biraz önce tartışılmıştı. Üstelik Zhang ve arkadaşlarının (1992) bildirdiği dorsolateral okülomotor çekirdekte yer alan konvergens nöronlarının doğrudan monosinaptik olarak iç rektus motor nöronlarını eksite ettiğine ilişkin bulgusu (13) addüksiyon açılmal hız yüksekliğine katkı sağlıyor olabilir. Dahası divergens nöronlarının ve dolayısıyla divergens etkinliğinin çok daha az oluşu da (72) addüksiyon açılmal hızının yüksek bulunmasının açıklanmasında ek destek sağlayabilir. PPRF'deki eksitatör çırpım nöronları, sakkadlardan 8-15 msn önce ve sakkad boyunca motor nöronlara yüksek frekanslı deşarj yaparlar(44,74). Bu çalışmalarda addüksiyon devresi ile abdüksiyon devresi üzerine olan deşarjların başlangıç süresi ve frekansı ayırt edilmemiştir. Bu tür stimülasyon çalışmalarında addüksiyon açılmal hızının yüksekliğiyle uyumlu çalışmalara rastlanmamaktadır.

Öte yandan asimetrik vergens durumunda vergens ve sakkadik devinimlerin zaman kurslarının farklı oluşuna dikkat çekilerek simetrik vergens ve konjuge sakkadın lineer toplamı olarak modellendirilemeyeceğini bildirilmektedir (59, 64, 75). Enright (1984) disjunktif devrimde sakkadik komponentin yavaşladığını vergensin de hızlandığını söylemektedir (58). Sunulan çalışmada her ne kadar ortadan yanlara 20°'lik büyük bir bakış açısıyla sağ veya sol gözün hizasını epeyce geçen lateral bir fiksasyon yapılmakta ise de önemli ölçüde asimetrik vergens/disjunktif sakkad koşullarında binoküler bakışın gerçekleştiği dikkate alınmalıdır. O zaman Enright'ın sonuçları da göz önünde tutulursa

hızlı olan addüksiyonda vergens komponenti hızlanıp yavaş bulunan abdüksiyonda sakkad komponenti yavaşlıyor mu ? Ya da addüksiyon sakkad komponenti yüksek; abdüksiyon ise vergens komponenti yüksek açısal hızlarla mı devinmektedirler? Ayrıca konvergensi daha hızlı ve güçlü gerçekleşmesi için kas alt yapısı da dikkat çekmektedir. Konvergens iç rektus kasınca gerçekleştirilir, dahası alt rektus kasınca da pratikte genellikle desteklenir (7). Bu kaslarda etkinliğin göstergesi olarak alınabilecek, kas lifi dağılımı, kas içcik yoğunluğu vb. yapısal özellikler farklıdır (76-82). Kısacası addüksiyonun hızlı bulunuşunun effektör organ evresinde, yani kas düzeyinde anatomofizyolojik alt yapıyla uyumlu olduğu söylenebilir. Bu bakımdan addüksiyon açısal hızının yüksek bulunuşu bir başka yönden tartışılabilir.

Bulgular bölümünde belirtildiği gibi, yakın bakış denemesinde addüksiyon yapan gözün abdüksiyon yapan gözden daha küçük ($1^{\circ},093$) bir açıda bakış gerçekleştirmekte olmasına karşın, daha yüksek açısal hızla addüksiyon yapması önceki bilgilere göre çelişmektedir. İlhan (1978) 10° lik bakışlarda açısal hızı $192^{\circ},58/sn \pm 2,53$, 20° lik bakışlarda $264^{\circ},24/sn \pm 2,74$, 30° lik bakışlarda ise $310^{\circ},10/sn \pm 4,69$ bulmuştur (16). Yani göz ne kadar büyük açıda bakış yaparsa, o kadar açısal hız yükselmektedir. Böyle olunca daha büyük açıda bakan abdüksiyon yapan gözün daha yüksek açısal hızla bu abdüksiyonu gerçekleştirmesi beklenirdi. Bu çelişkili gözükten bulguya karşılık, monoküler fiksasyon alanlarıyla ilgili yapılmış çalışmalarda addüksiyon yapan gözün fiksasyon alanı daha geniş bulunmuştur. Asher(1899) binoküler fiksasyon alanı çalışmasında addüksiyon yapan gözün fiksasyon alanını, abdüksiyon yapan gözünküne göre 10° den fazla geniş bulmuştur. Daha sonra 1925'te Hoffman, fiksasyon alanı çalışmasında addüksiyon alanını 46° , abdüksiyon alanını 42° bulmuştur (1). Yamashiro (1957) da addüksiyon lehine 3-7 derecelik fark bulmuştur (1). Demektir ki addüksiyon açısal hız yüksekliği bu bulgularla da uyumlu gözükmektedir. Buna göre addüksiyon yapan gözün daha büyük açısal alan kat etmesi

gerekmektedir. Dış göz kaslarına motor sinyallerin nasıl gittiğini araştıran bazı çalışmalarda, sakkad boyunca dış kas motor nöron etkinliği izlenmiştir. Bu motor nöron deşarj frekansı, doğrudan göz devinim açısal hızı ve konumu ile orantılı ve bağımlıdır. Göz devinimi 0 dereceden 900 derecelere hızla ulaşırken bir yandan orbital visköz direnci yenecek bir hız gerçekleşmektedir. Öte yandan sakkad başlamadan önceki her bir göz konumunun ulaşılacak hızı etkileyeceği bu araştırmaların bulguları olarak verilmiştir (12). “Pulse-step” etkinliği olarak incelenen bu konu, çalışmamızdaki addüksiyon açısal hızının abdüksiyon açısal hızından yüksek oluşuna yakın bakış denemelerinde bir yönüyle açıklama getirebilmektedir. Herşeyden önce yakın bakışta yani konvergans durumunda her iki gözün şekil 7’de görüldüğü üzere konumları aynı değildir. Sağa sakkad örneği ele alınırsa her iki göz farklı orbital konumlardan kalkarak farklı orbital konumlara varmaktadır. Bu kadarıyla bir sakkad sırasında her iki gözün hızlarının farklı olacağı sonucu anlaşılır. Gözlerin sakkad hedefini tutturmak için konumlarından ötürü bile farklı devindikleri sonucuna vardığımızda en azından yakın bakış denemelerindeki sakkadların bir ölçüde disjunktif sakkad ya da asimetrik vergens etkinliğinde gerçekleştiği kabul edilebilir. Her bir gözün birbirine göre konum ve hız sinyalini horizontal devinimler için entegre eden anatomik yapı olarak *nucleus prepositus hypoglossi* ve *nucleus vestibularis medialis* ön plana çıkmaktadır (10). Böyle bir nöral entegratör retinadan gelen görsel “input”larla da bir “feed-back” devresi oluşturup göz toparının, görüntünün retinal konumunu karşılaştırmak enformasyonları ile konum-hız sinyali sağlayabilir. Nitekim karanlıkta nöral entegratörün iyi işlemediği, bir rastgele sakkaddan sonra gözlerin, orbital elastik güçlerce geriye doğru kaydınıldığı bildirilmektedir (13). Bu arada Zee ve ark. (1981) ışıktaki görsel “feed-back” te flokkulusun entegrasyona katkısına işaret etmektedirler (13). PPRF’deki eksitator çarpım nöronlarının etkinliği sakkad başlatmak için uzun süreli çarpım nöronlarının kontrolünde ise deşarj frekans ayarında söz konusu “feed-back”

çerçevesinde *nucleus prepositus hypoglossi* ve *nucleus vestibularis medialis* kontrolündedir (10). Her neden olursa olsun addüksiyon açısız hız yüksekliğinin amacı nedir? Nesnenin binoküler, tek görüntü olarak algılanması için foveanın da bulunduğu temporal retina yarısının daha çabuk görüntü üzerine yönltilmesinin 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. Nazaldedik 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 karşılaştırma da gerekli midir? Bütün bu sorular, çalışmanın latans ve genlik parametreleriyle disjunktif sakkad düzeneklerinde genişletilmesine, yönlendirici olmaktadır.

Yakın binoküler bakışta, addüksiyon açısız hızının abdüksiyon açısız hızına göre anlamlı ölçüde yüksek bulunuşunda asimetric vergens/disjunktif sakkad koşullarının belirleyici olduğu düşüncesi şu durumda epeyce ağır basmaktadır. Yakın bakıştaki denemelerin monoküler olarak yapılan bölümü pek farklı sonuçlar getirmemiştir. Fiksasyon yapan gözün sakkad açısız hızı (addüksiyon ve abdüksiyon toplamına göre ortalama) $208^{\circ},20/sn \pm 33,02$ bulunmuş, fiksasyon yapmayan (kapalı göz) gözün açısız hızı da $206^{\circ},13/sn \pm 30,17$ bulunmuştur. Bunlar arasında fark yoktur ($p > 0,51$). Bu bulgu

fiksasyon yapmayan gözün fiksasyon yapan göze açısal hızca ayak uydurduğunu ifade etmektedir. Daha önce monoküler koşullarda böyle bir denemenin yapıldığına ilişkin bilgi literatürde elde edilememiştir. Sunulan çalışmada elde edilen bu bulgu, Hering kanununu destekler niteliktedir. Yakın bakışta addüksiyondaki göz fiksasyon yapan göz ise, addüksiyon açısal hızı $216^{\circ},61/sn \pm 36,33$ 'tür. Bu açısal hız, fiksasyon yapan abdüksiyondaki gözün açısal hızından ($199^{\circ},97/sn \pm 27,17$) yüksektir ($p < 0,000$). Görülüyor ki hız belirleyici etken fiksasyon değil, addüksiyonda/abdüksiyonda oluşur. Binoküler bakış koşullarında da elde edilen addüksiyon hızının yüksekliği disjunktif sakkad/vergens etkinliği ile birlikte yukarıda tartışılmıştır. Disjunktif sakkad/vergens etkinliği, binoküler bakıştaki addüksiyon açısal hız yüksekliğine Helmholtz görüşüne daha uygun açıklama getirebilirken (55,57), monoküler bakışta, her iki gözün birlikte hareketini vurgulamasi bakımından sunulan çalışma bulguları, Hering görüşüne yaklaştırmaktadır. Fiksasyon yapmadığı durumda da addüksiyon açısal hızı yine fiksasyon yapmayan gözün abdüksiyon açısal hızından yüksektir ($212^{\circ}/sn \pm 29,09$, $200^{\circ},14/sn \pm 30,21$). Bu bulgu da her iki gözün binoküler birlikte deviniminin bir gözün fiksasyondan alıkonulmasıyla değişmediğini göstermektedir. Nitekim fiksasyonel göz addüksiyon açısal değerleri ile ($216^{\circ},61/sn \pm 36,33$) fiksasyon yapmayan göz addüksiyon açısal hız değerleri (ort. $212^{\circ}/sn \pm 29,09$) karşılaştırıldığında da bir fark olmayışı ($p > 0,32$) fiksasyon etkeninin addüksiyon açısal hızı üzerinde rolü olmadığını bir kez daha vurgulamaktadır.

Konjüge devinimde bir gözün addüksiyonu ile birlikte öteki gözün abdüksiyon devinimleri bir boyunduruğa koşulu iki öküzü (yolked) bir tarafa dönerken gösterdikleri devinime benzetilmektedir (56). Abdüksiyon yapan gözün dış rektusu etkin, iç rektusu inhibe; addüksiyon yapan gözün ise iç rektusu etkin, dış rektusu inhibedir. Abdüksiyonun yavaşlığı, addüksiyonun hızlılığı, bu tarihsel boyunduruğa koşulu öküz örneğindeki devinime benzerliği pekiştirilmiş kılmaktadır. Gerçekten sola dönüştü çift öküzden solda

olan yavaş, sağda olan hızlıdır. Bir gözde dış rektusun eksitasyonu, iç rektusun inhibisyonu resiprokal bir innervasyon gerçekleşmektedir. Yukarıda sözüntü ettiğimiz hem binoküler hem monoküler koşullarda konjüge devinim sırasında bir gözün diğerine koşut ayak uydurması Hering'in tarihsel benzetmesini de çağırıştırır niteliktedir.

Uzak binoküler bakış denemelerinde addüksiyon ve abdüksiyon olduğuna bakılmaksızın 20° lateral bakış ortalama göz devinim açısal hızı $200^{\circ},18/sn \pm 25,45$ bulunmuştur. Bu bulgunun yakın bakışta bulunan karşılığından önemli ölçüde ($p < 0,000$) düşüklüğü hemen dikkati çekmektedir. Yakın bakışta açısal hızı artırıcı olarak konvergans etkisi yine akla gelmektedir. Addüksiyon açısal hız değeri $224^{\circ},99/sn \pm 28,91$; abdüksiyon açısal hız değeri $208^{\circ},09/sn \pm 27,49$ 'dur ($p < 0,000$). Peki ama konvergansın yakın bakışta addüksiyon açısal hızını artırması anlaşılır da yakın bakışın abdüksiyon açısal hızının uzak bakıştaki abdüksiyon açısal hızından yüksekliği nasıl açıklanacaktır? Burada monoküler denemelerde addüksiyon yapan göze, fiksasyon yapsın yapmasın abdüksiyon yapan gözün hız bakımından nasıl ayak uydurduğu tartışılmış olmaktadır. Öyle görülüyor ki yakın bakıştaki denemelere göre yavaşlayan addüksiyona koşut olarak abdüksiyon da yavaşlamıştır. Bu bulgu da Hering görüşünü çağırştırmaktadır.

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 yoktur ($p > 0,907$). Bu da monoküler fiksasyonun bir gözün diğerinden bağımsız olarak devinim açısal hızını etkilemediğini gösteriyor.

Uzak bakışta fiksasyonel addüksiyon açısal hız değerleri (ort. $196^{\circ},62/sn \pm 27,71$) fiksasyonel abdüksiyon açısal hız değerlerinden (ort. $186^{\circ},77/sn \pm 23,77$) yüksek bulundu ($p < 0,008$). Benzer olarak nonfiksasyonel addüksiyon değerleri (ort. $198^{\circ},01/sn \pm 25,87$), nonfiksasyonel abdüksiyon değerlerinden (ort. $185^{\circ},89/sn \pm 30,22$) yüksek bulundu ($p < 0,001$). Fiksasyonel addüksiyon (ort. $196^{\circ},62/sn \pm 27,72$) değerleri ile nonfiksasyonel

addüksiyon değerleri (ort. $198^{\circ},01/sn\pm 25,87$) arasında fark yoktu ($p>0,714$). Bütün bu bulgular da addüksiyonun fiksasyon etkisinden bağımsız, addüksiyona göre hızlı bir açılma hızla gerçekleştiğini yine vurgulamaktadır.

Yukarıda, uzak bakışta her denemede elde edilen açılma hız değerlerinin, yakın bakıştakilerden küçük olduğu belirtilmişti. Bu, konvergansın yakın bakıştaki addüksiyon açılma hızına olası “additive” etkisinin ortadan kalkışıyla açıklanabilir. Böylece uzak bakışta addüksiyon açılma hızı yakın bakıştakine göre yavaşlıyor olabilir. Hem yakın hem uzak hedefler için binoküler ve monoküler bakış denemelerinde addüksiyon-addüksiyon açılma hız farkının hemen hiç değişmezliği dikkate alınınca uzak bakıştaki addüksiyon açılma hızındaki (addüksiyona koşut) yavaşlık beklenen bir sonuç olarak belirlemektedir.

Tamamen sağlıklı normal genç deneklerde yapılan bu çalışmada hem yakın bakış denemelerinde hem de uzak bakış denemelerinde, bütün bakışlarda bir lateralite bulgusu belirmiştir: Sağa bakış açılma hızı, sola bakış açılma hızından yüksektir. Yakın denemelerde addüksiyon, addüksiyon ayırt etmeksizin sağa bakış açılma hız ortalaması $229^{\circ},50/sn\pm 27,18$ iken sola bakış ortalaması $203^{\circ},84/sn\pm 25,79$ bulunmuştur ($p<0,000$). Uzak bakış denemelerinde de durum benzerdir. Sağa bakış açılma hız ortalaması $212^{\circ},12/sn\pm 22,07$, sola bakış açılma hız ortalaması ise $188^{\circ},25/sn\pm 23,07$ 'dir ($p<0,000$). Görüldüğü üzere fark, açık ve nettir. İlhan (1978) çalışmasından 30° 'lik laterale bakış denemelerinden elde edilen bulgulara göre, sağa bakış açılma hız ortalaması $311^{\circ},20/sn\pm 2,06$, sola bakış açılma hız ortalaması da $304^{\circ},92/sn\pm 3,02$ bulunmuştur. O çalışmada sağa bakış değerlerinin bu yüksekliği, sola bakış değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır (16). Ancak o çalışmanın denek grubunun geniş bir yaş dağılımı olup dolayısıyla elde edilen değerlerin standart sapmasının yüksek olduğu, bu yüzden söz konusu farkın istatistiksel önem derecesine varmadığı anlaşılır. Sağa bakışın hızlı bir açılma hızla gerçekleştirildiğine işaret eden bu bulgu ilginçtir. Sözü edilen başka bir literatürde, böyle bir bulguya

rastlanmamıştır. El dominansı, ayak dominansı, fasyal dominansi gibi motor; göz ve kulak dominansı gibi duyuşal dominansiler iyi bilinir. Bir “bakış dominansı” mi düşünmek gerekiyor? Yoksa insanda önemli oranda sağı bakış dominansı mi söz konusu? Bu bulguyla birlikte bu soru ortaya çıkmaktadır.

7. ÖZET

İnsanda binoküler bakış sırasında her bir göz, bir nesnenin görüntüsünü tek bir görüntü olarak algılamayı sağlayacak şekilde devinirler. 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 derecelik sağa ve sola bakışlar yaptırılarak her bir gözün devinimleri klasik EOG yönetiyle kaydedildi. Yakın bakışta gözlerin frontal pupilla düzlemi ile orta çizgideki hedef arası 35cm; uzak bakışta ise 5,5m 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 açısız hızı $216^{\circ},54/sn \pm 29,38$; uzak bakışta ise $200^{\circ},18/sn \pm 25,45$ bulundu. Binoküler yakın bakışta addüksiyon açısız hızı $224^{\circ},99/sn \pm 28,91$; abdüksiyon açısız hızı $208^{\circ},09/sn \pm 27,49$ bulundu. Binoküler yakın bakışta bulunan açısız 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. Bir diğer önemli bulgu olarak sağa bakış açısız hızının sola bakış açısız hızından anlamlı ölçüde yüksek bulunduğu görüldü. ($p < 0,000$).

Yakın bakışta bulunan açısız hız değerlerinin uzak bakıştakilerden yüksek bulunmasında konvergensi etkilerinin rolü olduğu düşünüldü. Aynı şekilde addüksiyonun abdüksiyondan yüksek bulunmasında da literatür bilgileriyle birlikte konvergensi etkili olduğu değerlendirildi. Sağa bakışın hızlı bulunmasıyla ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmadı. Bu bulgu bir "bakış dominansı" kavramını akla getirdi ve daha ileri çalışmalara yönlendirici ve teşvik edici bulundu.

8. İNGİLİZCE ÖZET

Binocular eye movements in human 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 degrees midline during which their eye movements were recorded by conventional EOG. Under near-viewing condition, the distance between frontal plane of the both eyes and the midline target was 35cm. The distance was 5.5meters under far-viewing condition. Recordings were made under both mono and binocular conditions.

Results were statistically analyzed. Angular velocity was found to be $216^{\circ},54/s \pm 29,38$ during binocular near-viewing condition and $200^{\circ},18/s \pm 25,45$ during binocular far-viewing condition. Adductional angular velocity during binocular near-viewing was $224^{\circ},99/s \pm 28,91$, abductional angular velocity was $208^{\circ},09/s \pm 27,49$. 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. Angular velocities during rightward gaze were also significantly higher than those during leftward gaze ($p < 0,000$).

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 an influence on higher adductional velocity rates in view of the literature knowledge. No study was found in the literature in accordance with a result

suggesting a higher velocity rightward gaze. However, this result brought forward the possibility of a “gaze dominance” encouraging us for further studies.



9. KAYNAKLAR

- 1- Gunter KN. Binocular vision and ocular motility. 5 th ed.USA: St.Louis-Mosby, 1996:55-81
- 2- Westheimer G, Mitchell AM. Eye movement responses convergence stimuli. *Arc Ophthalmol* 1956; 55:848.
- 3- Alpern M, Ellen P. A quantitative analysis of horizontal movement of the eyes in the experiment of Johannes Mueller. I. Method and results. *Am J Ophthalmol* 1956; 42:289.
- 4- Mays LE, Porter JD. Neural control of vergence eye movements:Activity of abducens and oculomotor neurons. *J Neurophysiol* 1984; 52:743.
- 5- Mays LE, Porter JD, Gamlin PDR, Tello CA. Neural control of vergence eye movements: Neurons encoding vergence velocity. *J Neurophysiol* 1986; 56:1007.
- 6- Gamlin PD, Clarke RJ. Single-unit activity in the primate nucleus reticularis tegmenti pontis related to vergence and ocular accomodation. *J Neurophysiol* 1995; 73:2115.
- 7- Büttner-Ennever JA, Akert K. Medial rectus subgroups of the oculomotor nücleus and their abducens internüclear input in the monkey. *The J Comp Neurol* 1981; 197:17-27.
- 8- Murphy BJ. Patterns thresholds for moving and stationary gratings during smooth eye movements. *Vision Res* 1978; 18:521-530.
- 9- Meyer CH, Lasker AG, Robinson DA. The upper limit of human smooth pursuit velocity. *Vision Res* 1985; 25:561.
- 10- Cannon SC, Robinson DA. Loss of neural integrator of the oculomotor system form brain stem lesions in monkeys. *J Neurophysiol* 1987; 57:1383-1409.
- 11- Gaymard B, Pierrot-Deseiligny C. Neurology of saccades and smooth pursuit. *Curr Opin Neurol* 1999; 12:13-17.
- 12- Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. Principles of neural science. 4 th ed. USA: McGraw-Hill, 2000: 782-800.
- 13- Sharpe JA. Neural control of ocular motor systems. In:Miller NR, Newman NJ. Editors. Walsh and Hoyt's clinical neuro-ophthalmology. Pennsylvania:Wiilliam-Wilkins, 1998:1101-1155.
- 14- Alpern M, Wolter JR. The relation of horizontal saccadic and vergence movements. *Arch Ophthalmol* 1956; 56:685-690.
- 15- Sharpe JA, Troost BT, Dell'osso LF, Daroff RB. Comparative velocities of different types of fast eye movements in man. *Invest Ophthalmol* 1975; 14:689-692.
- 16- İlhan S. Normal ve patolojik durumlarda horizontal istemli göz hareketlerinin açısıl hızları (Uzmanlık Tezi). İzmir:E.Ü.Tıp Fakültesi, 1978.
- 17- Bahill AT, Brockenbreough A, Troost BT. Variability and development of a normative data base for saccadic eye movements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1981; 21:116-125.
- 18- Pierrot-Deseiligny C, Rivaud S, Gaymard B, Müri R, Vermersch AI. Cortical control of saccades. *Ann Neurol* 1995; 37:557-567.

- 19- Pierrot-Deseilligny C, Rivaud S, Gaymard B, Agid Y. Cortical control of reflexive visually guided saccades. *Brain* 1991;114:1473-1485.
- 20- Pierrot-Deseilligny C, Israël I, Berthoz A, Rivaud S, Gaymard B. Role of the different frontal lobe areas in the control of the horizontal component of memory-guided saccades in man. *Exp Brain Res* 1993; 95:166-171.
- 21- Cannon SC. Basic mechanism of ocular motor control. In: Albert DM, Jakobiec FA. Editors. *Clinical practice principles and practice of ophthalmology*. Philadelphia:WB Saunders, 1994:2391-2405.
- 22- Bizzi E, Schiller PH. Single unit activity in the frontal eye fields of unanesthetized monkeys during head and eye movement. *Exp Brain Res* 1970; 10:151.
- 23- Bruce CJ, Goldberg ME. Primate frontal eye fields. I:Single neurons discharging before saccades. *J Neurophysiol* 1985; 53:603.
- 24- Averbuch- Heller L, Leigh RJ. Eye movements. In:Tasman W, Jaeger EA. Editors. *Duane's foundation of clinical ophthalmology*. Philadelphia:WW. Lippincott; 1999:1-22.
- 25- Fox PT, Fox JM, Raichle ME. The role of the cerebral cortex in the generation of voluntary saccades. *J Neurophysiol* 1985; 54:348-369.
- 26- Petit L, Orssaud C, Tzourio N, Salamon G, Mazoyer B, Berthoz A. PET study of voluntary saccadic eye movements in humans:Basal ganglia-Thalamocortical system and cingulate cortex involvement . *J Neurophysiol* 1993; 69:1009-1017.
- 27- Segraves MA. Activity of monkey frontal eye field neurons projecting to oculomotor regions of the pons. *J Neurophysiol* 1992; 68:1967-1985.
- 28- Sharpe JA, Zackon DH. Senescent saccades: Effects of aging on their accuracy, latency and velocity. *Acta Otolaryngol* 1987; 104:422-428.
- 29- Rivaud S, Muri RM, Gaymard B. Eye movements disorders after frontal eye field lesions in humans. *Exper Brain Res* 1994; 102:110-120.
- 30- Munoz DP, Wurtz RH. Saccade related activity in monkey superior colliculus. I. Characteristics of burst and buildup cells. *J Neurophysiol* 1995; 73:2313-2333.
- 31- White OB, Saint-Cyr JA, Tomlinson RD, Sharpe JA. Ocular motor deficits in parkinson's disease. II. Control of the saccadic and smooth pursuit systems. *Brain* 1983; 106:571-587.
- 32- Pierrot-Deseilligny C, Rivaud S, Penet C, Rigolet MH. Latencies of visually guided saccades in unilateral hemispheric cerebral lesions. *Ann Neurol* 1987; 21:138.
- 33- Pierrot-Deseilligny C, Gautier JC, Leron P. Acquired ocular motor apraxia due to bilateral fronto-parietal infacts. *Ann Neurol* 1988; 23:199.
- 34- Ron S, Robinson DA. Eye movements evoked by cerebellar stimulation in the alert monkey. *J Neurophysiol* 1973; 36: 1004-1022.
- 35- McElligott JG, Keller EL. Cerebellar vermis involvement in monkey saccadic eye movements:Microstimulation. *Exp Neurol* 1984; 86:543-558.

- 36- Robinson FR, Straube A, Fuchs AF. Role of the caudal fastigial nucleus in saccade generation. II. Effects of muscimol inactivation. *J Neurophysiol* 1993; 70:1741-1757.
- 37- Schiller PH, Sandell JH, Maunsell JHR. The effect of frontal eye field and superior colliculus lesions on saccadic latencies in the Rhesus monkey. *J Neurophysiol* 1987; 57:1033.
- 38- Fischer B, Weber H. Express saccades and visual attention. *Behav Brain Sci* 16:553-576.
- 39- Pierrot-Deseilligny C, Rosa A, Masmoudi K. Saccade deficits after a unilateral lesion affecting the superior colliculus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1991; 54:1106.
- 40- Pierrot-Deseilligny C, Rivaud S, Pillon B. Lateral visually guided saccades in progressive supranuclear palsy. *Brain* 1989; 112:471.
- 41- Jayaraman A, Batton RR, Carpenter MB. Nigrotectal projection in the monkey: An autoradiographic study. *Brain Res* 1977; 135:147-152.
- 42- Munoz DP, Wurtz RH. Fixation cells in monkey superior colliculus I. Characteristics of cell discharge. *J Neurophysiol* 1993; 70:559-574.
- 43- Keller EL. Participation of medial pontine reticular formation in eye movement generation in monkey. *J Neurophysiol* 1974; 37:316-332.
- 44- Van Gisbergen JAM, Robinson DA, Gielen S. A quantitative analysis of generation of saccadic eye movements by burst neurons. *J Neurophysiol* 1981; 45:417-442.
- 45- Henn V, Hepp K, Vilis T. Rapid eye movement generation in the primate physiology, pathophysiology and clinical implications. *Rev Neurol* 1989; 145:540-545.
- 46- Baker r, Highstein SM. Physiology identifications of interneurons and motoneurons in the abducens nucleus. *Brain Res* 1975; 91:292-298.
- 47- Strasman A, Highstein SM, McCreary RA. Anatomy and physiology of saccadic burst neurons in the alert squirrel monkey. II. Inhibitory burst neurons. *J Comp Neurol* 1986; 249:358-380.
- 48- Belknap DB, McCreary RA. Anatomical connections of the prepositus and abducens nuclei in the squirrel monkey. *J Comp Neurol* 1988; 268:13-28.
- 49- Campbell FW, Wurtz RH. Saccadic omission: Why we do not see a grey out during saccadic eye movement. *Vision Res* 1978; 18:1297-1303.
- 50- Anderson TJ, Jenkins IH, Brooks DJ, Hawken MB, Frackowrak RSJ, Kennard C. Cortical control of saccades and fixation in man a PET study. *Brain* 1994; 117:1073-1084.
- 51- Zuber BL, Stark L. Microsaccades and the velocity-amplitude relationship for saccadic eye movements. *Science* 1965; 150:1459.
- 52- Sheni DD, Remole A. Field of vergence limits. *Am J Optom Physiol Optics* 1986; 63:252-258.
- 53- Smeni DD. Divergence limits within the field of vergence limits. *Optom and Vis Sci.* 1990; 67:94-99.
- 54- Tamler E, Jampolsky A, Marg E. An electromyographic study of asymmetric convergence. *Am J Ophthalmol* 1958; 46:174/181.

- 55- King WM, Zhou W. Is there a chameleon in the primate family tree? *Anat Rec* 2000; 261:153-161.
- 56- Moschovakis AK, Scudder CA, Highstein SM. A structural basis for Hering's Law: Projections to extraocular motoneurons. *Science* 1990; 248:1118-1119.
- 57- Zhou W, King WM. Premotor commands encode monocular eye movements. *Nature* 1998; 393:692-695.
- 58- Enright JT. Changes in vergence mediated by saccades. *J Physiol* 1984; 350:9-31.
- 59- Enright JT. The remarkable saccades asymmetrical vergence. *Vis Res* 1992; 32:2261-2276.
- 60- Westheimer G. Mechanism of saccadic eye movements. *Arc Ophthalmol* 1954; 52:710.
- 61- Hyde J. Some characteristics of voluntary human ocular movements in the horizontal plane. *Am J Ophthalmol* 1959; 48:85.
- 62- Zuber B, semmlow J, Stark L. Frequency characteristics of the saccadic eye movements. *Biophys J* 1968; 8:1288.
- 63- Collewijn H, Erkelens CJ, Steinman RM. Binocular co-ordination of human horizontal saccadic eye movements. *J Physiol* 1988; 404:157-182.
- 64- Zee DS, Fitzgibbon EJ, Optican LM. Saccade-Vergence interactions in humans. *J Neurophysiol* 1992; 68:1624-1641.
- 65- Clendaniel RA, Mays LE. Characteristics of antidromically identified oculomotor internuclear neurons during vergence and versional eye movements. *J Neurophysiol* 1994; 71:1111-1127.
- 66- Fuchs AF, Kaneko CRS, Scudder CA. Brain stem control of saccadic eye movements. *Ann Rev Neurosci* 1985; 8:307-337.
- 67- Carpenter MB, Batton RR. Abducens internuclear neurons and their role in conjugate horizontal gaze. *J Comp Neurol* 1980; 189: 191-209.
- 68- Moschovakis AK, Highstein SM. The anatomy and physiology of primate neurons that control rapid eye movements. *Annu Rev Neurosci* 1994; 17:465-488.
- 69- Delgado-Garcia JM, del Pozo F, Baker R. Behaviour of neurons in the abducens nucleus of the alert cat. I. Motoneurons. *Neuroscience* 1986; 17:929-952.
- 70- Delgado-Garcia JM, del Pozo F, Baker R. Behaviour of neurons in the abducens nucleus of the alert cat. II. Internuclear neurons. *Neuroscience* 1986; 17:953-973.
- 71- 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.
- 72- Mays LE. Neural control of vergence eye movements: Convergence and divergence neurons in midbrain. *J Neurophysiol* 1984; 51:1091-1108.
- 73- Mays LE, Porter JD. Neural control of vergence eye movements: Activity of abducens and oculomotor neurons. *J Neurophysiol* 1984; 52:743-761.

- 74- Luschei ES, Fuchs AF. Activity of brain stem neurons during eye movements of alert monkey. *J Neurophysiol* 1978; 35:445-461.
- 75- Ono H, Nakamizo S, Steinbach MJ. Nonadditivity of vergence and saccadic eye movements. *Vision Res* 1978; 18:511-519.
- 76- Brandt DE, Leeson CR. Structural differences of fast and slow fibers in humans extraocular muscle. *Am J Ophthalmol* 1966; 62:478-487.
- 77- Bach-y-Rita P. Neurophysiology of extraocular muscles. *Invest Ophthalmol* 6:229-234.
- 78- Robinson DA. A quantitative analysis of extraocular muscle cooperation and squint. 1975; 14:801-820.
- 79- Boeder P. The co-operation of extraocular muscles. *Br J Ophthalmol* 1962; 46:469-481.
- 80- Fuchs AF, Binder MD. Fatigue resistance of human extraocular muscles. *J Neurophysiol* 1983; 49:28-34.
- 81- Miller JM. Functional anatomy of normal human rectus muscles. *Vision Res.* 1989; 29:223-240.
- 82- Lukas JR, Aigner M, Blumer R, Heinzl H, Mayr R. Number and distribution of neuromuscular spindles in human extraocular muscles. *Invest Ophthalmol Vi Sci* 1994; 35:4317-4327.

11. TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez hazırlamam sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Anabilim Dalı Başkanımız ve aynı zamanda Tez Danışmanım Prof. Dr. Süleyman İlhan'a ve Anabilim Dalımızın diğer Öğretim Üyelerine ve çalışanlarına saygı ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca tezimin istatistiksel analizindeki katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Bülent Oğuz Genç ve Yrd. Doç. Dr. Emine Genç'e, grafiklerin yapılmasındaki katkısından dolayı Doç. Dr. Tahir Kemal Şahin'e, tez yazımındaki katkılarından dolayı Biyofizik Yüksek Lisans Öğrencisi Barkın İlhan ve poliklinik hemşiremiz Saadet Cömert'e teşekkür ederim.