



1993

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

**Üniversite Öğrencilerinde Renkli Görme Yeteneği ile Dominant Göz ve
Görsel Derinlik Algısı İlişkisinin İncelenmesi:
Başkent Üniversitesi Örneği**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Belkıs Koçtekin

Tez danışmanı: Prof. Dr. Nimet Ünay Gündoğan

Ankara, 2010

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ışığı ile yolumu aydınlatan, eğitimimde ve hayatın her alanında engin öngörüsü ve bilgi birikimiyle destek ve katkılarını cömertce sunan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Nimet Ünay Gündoğan'a,

Çalışmaya katılan öğrencilerin muayenelerinin yapılmasını sağlayan Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Ankara Hastanesi Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı Başkanlığı'na,

İstatistiksel değerlendirmeleri büyük bir titizlikle yapan Sayın Dr. A. Canan Yazıcı'ya,

Teze sağladığı katkıları için Sayın Doç. Dr. Ayşegül Koçak Altıntaş'a,

Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü Öğretim Görevlisi Sayın Prof. Dr. Hüseyin Tolunay'a,

Tezin her aşamasında katkı sağlayan arkadaşım ve dostum Uzm. Bio. Ayten Şimşek'e,

Çalışmaya gönüllü olan Başkent Üniversitesinin değerli Tıp Fakültesi öğrencilerine,

Sonsuz sabır ve destekleri için değerli eşim ve sevgili oğlum başta olmak üzere tüm aileme en derin duygularla teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Üniversite Öğrencilerinde Renkli Görme Yeteneği ile DG ve Görsel Derinlik Algısı İlişkisinin İncelenmesi: Başkent Üniversitesi Örneği

Çalışmanın amacı; renkleri ayırt etme yeteneğinin, farklı görme fonksiyonlarında öne çıktığı bildirilen göz dominantlığı faktöründen etkilenip etkilenmediğini ve görsel derinlik algısı ile ilişkisini incelemektir.

Çalışmaya, görme keskinliği tam olan (10/10) ve doğumsal renk görme kusuru bulunmayan yaşları 19-29 yıl arasında değişen, ortalama $\pm$ standart sapma $21,18 \pm 2,52$ olan, 19 kız (% 38) ve 31 erkek (% 62) olmak üzere toplam 50 yüksek öğrenim öğrencisi alınmıştır.

Çalışmada renk ayırt etme yeteneği Farnsworth Munsell 100 Hue Testi (FM100HT) ile incelenmiştir. Test tüm bireylere sırasıyla her iki göz, sağ göz ve sol göz açık olmak üzere üç kez uygulanmıştır. Her bireyin Dominant gözü Gündoğan Metodu ile saptanmıştır. Bireyler belirlenen Dominant gözlerine göre iki gruba ayrılarak hata skorları incelenmiştir. Dominant göz (DG) ve dominant olmayan göz (DOG) arasında renk ayırt etme yeteneği; toplam hata skorları, kırmızı-yeşil ve mavi-sarı bölgesel hata skorları değerlendirilerek incelenmiştir. Bireylere, iki gözle tek görmenin varlığını saptamak ve derinlik algısı duyarlılıklarını belirlemek üzere TNO Test (*Test for Normal Ocularity*) uygulanmıştır. İstatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

Her iki cinsiyette de DG, sol gözde daha yüksek bulunsada aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. FM100HT hata skorları incelendiğinde, DG'ün toplam hata skorları $58,80 \pm 29,92$, kırmızı-yeşil bölgesel hata skorları $24,12 \pm 14,70$ ve mavi-sarı bölgesel hata skorları $34,68 \pm 18,95$ olarak saptanmıştır. DOG'ün toplam hata skorları $68,44 \pm 31,46$, kırmızı-yeşil hata skorları $32,20 \pm 19,21$, mavi-sarı hata skorları $36,24 \pm 17,56$ olarak saptanmıştır. DG ve DOG arasında toplam hata skorları ve kırmızı-yeşil hata skorları bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Renkleri ayırt etme yeteneği ve derinlik algısı arasında bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir ($p=1$).

Çalışmada DG'ün renk algılama yeteneği üstün gözlenmiştir. Bu üstünlüğün kırmızı-yeşil renk bölgesindeki duyarlılığın yüksek olmasından kaynaklandığı saptanmıştır. Görme işlevinde her iki gözünü kullanan bireylerde derinlik algısı ve renkli görme yeteneği arasında ilişki bulunmadığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Derinlik algısı, Dominant göz, Farnsworth Munsell 100 Hue Test (FM100HT), Gündoğan Metodu, Renk ayırt etme yeteneği.

ABSTRACT

Examining The Relation Of Dominant Eye And Visual Depth Perception With Color Vision Ability Among University Students: The Sample of Baskent University

Aim of this study is to find out whether the color vision ability is affected by eye dominance or not which is informed to come to the fore in functions related with vision and to examine the relation of it with visual depth perception.

19 females (38 %) and 31 males (62 %) in all 50 university students who have total visual acuity and do not kongenital impairment of color vision and whose ages are varying between 19-29 and whose mean $\pm$ SD is $21,18 \pm 2,52$ are taken to this study.

In this study, color discrimination is observed by Farnsworth Munsell 100 Hue Test (FM100HT). This test is applied to all of the individuals for 3 times in order by opening both eyes, right eye and left eye. Dominant eye of each individual is determined by the Gündoğan Method. Individuals are seperated into two groups according to their determined dominant eyes and then their error scores are examined. Color discrimination between the dominant and non-dominant eye is examined by evaluating total error scores, red-green (r/g) and blue-yellow (b/y) local error scores. In order to confirm that individuals use both of their eyes in visüel function and to examine their depth perception sensitivity, TNO Test is used. In statistical evaluations, significance level is accepted as $p < 0,05$.

Though in both gender, eye dominance is found higher in the left eye, statistically significant difference is not found among them. When the error scores of FM100HT are evaluated, total error scores of dominant eye are determined as $58,80 \pm 29,92$, r/g local error scores are determined as $24,12 \pm 14,70$ and b/y local error scores are determined as $34,68 \pm 18,95$. Total error scores of non-dominant eye are determined as $68,44 \pm 31,46$, r/g error scores are determined as $32,20 \pm 19,21$, and b/y error scores are determined $36,24 \pm 17,56$. Between the dominant and nondominant eye, statistically significant difference is found in respect to total error scores and r/g error scores ($p < 0,05$). Between color discrimination and depth perception, no relation is established ($p=1$). In this study, color perception ability of the dominant eye is observed superior. It is stated that, the reason of this superiority is the high level of sensibility in r/g color area. It is stated that, no depth perception and color vision ability relation is found. **Key Words:** Color discrimination, Farnsworth Munsell 100 Hue Test, dominant eye, The Gündoğan Method, depth perception.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

Özet	iii
İngilizce Özet	iv
İçindekiler Dizini	v
Kısaltmalar ve Simgeler Dizini	vii
Şekiller Dizini	iii
Tablolar Dizini	ix
1. Giriş	1
2. Genel Bilgiler	4
2.1. Işık	4
2.1.1 Işığın değişkenleri	6
2.1.2 Renk Modelleri	7
2.2 Renkli Görme Fizyolojisi	9
2.2.1 Oküler Gelişimi Etkileyen Faktörler	9
2.2.2 Retinanın Fizyolojik Yapısı	10
2.2.3 Fotoreseptör Hücreler	11
2.2.4 Koni Fotoreseptörleri	14
2.2.5 Fototransdüksiyon	16
2.2.6 Konilerin Gen Dizilimleri	19
2.2.7 Trikrmatik Teori	20
2.2.8 Görmeyi Etkileyen Nöral Retinal Faktörler	20
2.2.9 Renkli Görmeye Kortikal Yollar	23
2.3 Renk Görme Kusurları	25
2.3.1 Kongenital Renk Görme Kusurları	25
2.3.2 Edinsel Renk Görme Kusurları	27
2.4 Renk Görme Testleri	28
2.4.1 RGT'ni Etkileyen Faktörler	29
2.4.2 Görüntüleme testleri	30
2.4.3 Sıralama Testleri	30
2.4.4 Diyagnostik testler	32
2.5 İki Gözle Tek Görme (Binokülerite)	33
2.5.1 Binoküler görmenin aşamaları	33
2.5.2 TNO Test	35
2.6 Dominant Göz	36

3. Gereç ve Yöntem	38
3.1. Bireyler	38
3.2. Renk Ayırt Etme Yeteneğinin Saptanması	39
3.2.1. FM100HT uygulaması	41
3.2.2. Hata Skorlarının Hesaplaması	43
3.3. Dominant gözün saptanması	45
3.4. Normal İki Gözle Görmenin Saptanması	48
3.5. İstatistiksel Analiz	56
4. Bulgular	57
4.1 Gözler arasında renk ayırt etme yeteneğinin incelenmesi	57
4.2 Dominant göz oranlarının saptanması	61
4.3 Renkleri ayırt etme yeteneğinde dominant gözün etkisinin incelenmesi	62
4.4 Bireylerin Renk Ayırt Etme Yeteneklerinin Sınıflandırılması	66
4.5 Derinlik algısı ve renkli görme arasındaki ilişkinin incelenmesi	67
5. Tartışma	71
6. Sonuçlar	82
7. Kaynaklar	83

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

FM100HT	Farnsworth- Munsell 100 Hue Testi
TNO test	Test for Normal Ocularity
RGB	Red-Green-Blue
CMY	Cyan-Magenta-Yellow
RPE	Retina Pigment Epiteli
SWS	Short Wavelength Sensitive
LWS	Long Wavelength Sensitive
MWS	Middle Wavelength Sensitive
PDE	Fosfodiesteraz
V1	Primer visuel korteks
LGN	Lateral Genikulat Nukleus
ERG	Elektroretinogram
RGT	Renk Görme Testleri
CIE	Uluslararası l'Eclairage Komitesi
AO H- R- R Test	American Optical Company Hardy,Rand, and Rittler
YN	Yakın nokta
UN	Uzak nokta
SSS	Santral sinir sistemi
HİG	Her iki göz
SG	Sağ göz
SolG	Sol göz
DG	Dominant göz
DOG	Dominant olmayan göz

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1: Thomas Young'ın çift yarık deneyi	4
Şekil 2.2: Elektromanyetik spektrum	5
Şekil 2.3: HLS renk modelinde tanımlanan ışığın değişkenleri	7
Şekil 2.4: RGB renk modeli	8
Şekil 2.5: CMY renk modeli	8
Şekil 2.6: Retinanın fizyolojik anatomisi	11
Şekil 2.7: Fotoreseptör hücrelerin ana işlevsel bölümleri	12
Şekil 2.8: Rod ve koni hücrelerinin yapısal farklılıkları	13
Şekil 2.9: Fotoreseptörlerin retinadaki dağılımları	14
Şekil 2.10: Fotoreseptörlerin spektral duyarlılıkları	15
Şekil 2.11: Opponent renk teorisi	22
Şekil 2.12: Guth'un Üç Komponent Teorisi'ne göre normal renk görme modeli	23
Şekil 2.13: Renkli görmenin kortikal alanları	24
Şekil 2.14: Kongenital renk görme kusurları	27
Şekil 2.15: CIE diyagramı	28
Şekil 2.16: FM100HT grafik çizimi	32
Şekil 2.17: Binoküler görmede "Eşzamanlı Algı"	33
Şekil 2.18: Binoküler görmede "Füzyon"	34
Şekil 2.19: Binoküler görmede "Derinlik Algısı"	34
Şekil 3.1: FM100HT'de piyonların renk tonlarına göre dizilim sırası	39
Şekil 3.2: FM100HT'de piyonların numaralı dizilim sırası	39
Şekil 3.3: Panellerin ayrı ayrı piyon sıralamaları	40
Şekil 3.4: Çalışmada kullanılan FM100HT sonuç formu	41
Şekil 3.5: Bir göz açık olarak FM100HT uygulaması	43
Şekil 3.6: Gündoğan Metodu ile DG saptanmasında kullanılan test düzeneği ve Yakın Nokta (YN)	45
Şekil 3.7: Gündoğan Metodu'nun şematik çizimi.	46
Şekil 3.8: Uzak noktanın yönlendirilmesi	46
Şekil 3.9: Dominant gözün saptanması	47
Şekil 3.10: Saptanan dominant gözün ve TNO test sonuçlarının kaydedildiği form	48
Şekil 3.11: Yeşil camın geçirgen olduğu dalga boyu aralığı	50

Şekil 3.12: Kırmızı camın geçirgen olduğu dalga boyu aralığı	50
Şekil 3.13: TNO Testte kullanılan test gözlüğü ve renkli tablo no 1	51
Şekil 3.14: Renkli tablo no 2 ve testin uygulaması	52
Şekil 3.15: Renkli tablo no 3'ün görünümü	52
Şekil 3.16: Renkli tablo no 4	53
Şekil 3.17: Renkli tablo no 4-sol göz açık	53
Şekil 3.18: Renkli tablo no 4-sağ göz açık	54
Şekil 3.19: Renkli tablo no 5-7'nin ve görülmesi beklenen eksik diskin görünümü	55
Şekil 4.1: Tüm bireylerde HİG, SG ve SolG FM100HT toplam hata skorları	58
Şekil 4.2: Kız öğrencilerde HİG, SG, SolG FM100HT hata skorları	60
Şekil 4.3: Erkek öğrencilerde HİG, SG, SolG FM100HT hata skorları	60
Şekil 4.4: Tüm bireylerde HİG, SG ve SolG FM100HT toplam, m/s ve k/y hata skorları	61
Şekil 4.5: Kız ve erkek öğrencilerde saptanan dominant göz oranları	61
Şekil 4.6: Tüm bireylerde DG ve DOG FM100HT Toplam hata skorları	63
Şekil 4.7: Tüm bireylerde, DG ve DOG FM100HT hata skorları	64
Şekil 4.8: Kız öğrencilerin DG ve DOG FM100HT hata skorları	64
Şekil 4.9: Erkek öğrencilerin DG ve DOG FM100HT hata skorları	65
Şekil 4.10: Kız, erkek ve tüm bireylerde DG ve DOG FM100HT toplam ve bölgesel hata skorları	66
Şekil 5.1: HİG, SG ve SolG toplam hata skorları	78
Şekil 5.2: DG ve DOG açık uygulanan FM100HT toplam hata skorları m/s bölge hata skoru ve k/y bölge hata skorları	79

TABLULAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1: Skotopik ve Fotopik Görme Özellikleri	19
Tablo 2.2: Kongenital Renk Görme Kusurları	26
Tablo 2.3: Edinsel renk görme kusurları	28
Tablo 2.4: Renk Görme Testleri	29
Tablo3.1: FM100HT’de kullanılan renkli piyonların normal sayısal dizilimi	40
Tablo 3.2: FM100HT’de kullanılan renkli test piyonlarının her öğrenciye uygulanan hatalı dizilimi	42
Tablo 3.3: Örnek skor hesaplaması	44
Tablo 3.4: TNO test tablolarının işlevsel adlandırması ve kullanım amaçları	51
Tablo 3.5: Stereoskopik Duyarlılık Tablolarının değerlendirilmesi	55
Tablo 4.1: Çalışmaya katılan öğrencilerin yaş bilgileri	57
Tablo 4.2: Tüm bireylerde HİG, SG ve SolG FM100HT toplam hata skorları	58
Tablo 4.3: HİG, SG ve SolG’e ait FM100HT toplam ve bölgesel hata skorları	59
Tablo 4.4: Saptanan dominant göz oranlarının cinsiyete göre dağılımı	62
Tablo 4.5: Tüm bireylerde DG ve DOG FM100HT Toplam Hata Skorları	62
Tablo 4.6: DG ve DOG FM100HT toplam hata skorları, m-s bölge hata skorları ve k-y bölge hata skorları	63
Tablo 4.7: Bireylerin renk ayırt etme yeteneklerine göre sınıflandırması	66
Tablo 4.8: TNO testte yer alan renkli tablolarda gizlenen resimleri gören ve görmeyen öğrencilerin oranı	67
Tablo 4.9: TNO testte her bir renkli tabloyu gören kız öğrencilerin iki göz açık HİG açık uygulanan FM100HT hata skorları	69
Tablo 4.10: TNO testte her bir renkli tabloyu gören erkek öğrencilerin HİG, DG ve DOG FM100HT hata skorları.	69
Tablo 4.11: Tüm öğrenciler incelendiğinde TNO testte her renkli tabloyu gören öğrencilerin HİG, DG ve DOG FM100HT hata skorları	70
Tablo 5.1: Sağ göz (SG) ve sol göz (SolG)’e ait FM100HT toplam hata skorları.	74
Tablo 5.2: Ülkemizde yapılan çalışmalarda saptanan dominant göz oranları.	76
Tablo 5.3: DG ve DOG açık uygulanan FM100HT toplam hata skorları	78
Tablo 5.4: DG ve DOG açık uygulanan FM100HT’ inde m/s bölge hata skoru ortalamaları ve k/y bölge hata skoru ortalamaları	79

1. GİRİŞ

Renkli görme; gözün algıladığı spektral aralıkta farklı dalga boylarındaki ışığı veya yüzeyleri fark etme yeteneğidir. Renkli görme için ışık ve yüzey varlığının yanında ışığın algılanması için sağlıklı bir göze ve görsel algıların işlenmesi için nöral sürece ihtiyaç vardır (1).

Normal renkli görme *Trikromatik Teori* ile açıklanmıştır. Bu teoriye göre görme süreci, ışığın retinada bulunan farklı spektral duyarlılığa sahip üç farklı fotopigment tarafından absorbe edilmesiyle başlamaktadır (1-4). Absorbe edilen ışık, göz ile beyin arasında bir dizi nöral aşamalardan geçerek visüel kortekste renk görme alanında işlenmekte ve farklı renk algılarına dönüşmektedir (1,2,5).

Renkli görme yeteneği doğumsal nedenlerle kusurlu olabilmektedir (6,7). En sık görülen doğumsal renk görme kusuru X'e bağlı resesif geçiş gösteren kırmızı-yeşil (k/y) renk görme yetersizliğidir (2-4,6-9). Ishihara Testi (*IPTT=Isokromatik Plate Table Test*), k/y renk görme yetersizliğinin saptanmasında etkinliği kabul edilen ve en yaygın kullanılan testtir (9-12).

Ishihara Test ile renkleri normal gördüğü saptanan kişilerin renk ayırt etme yeteneği, ayrıntılı olarak diğer renk görme testleri ile belirlenir. Bu testlerde, toplam hata skorları ile k/y ve mavi-sarı (m/s) renk bölgelerindeki hata skorları hesaplanarak değerlendirme yapılmaktadır (6,10-12). Renkleri ayırt etme yeteneği normal olan sağlıklı bireylerde bu hata skorlarında farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların nedenleri çeşitlidir. Irk, yaş, eğitim düzeyinin sağlıklı bireylerde normal renkli görmeyi etkilediği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (12-17). Sağlıklı bireylerde ayrıntılı olarak renk ayırt etme yeteneğini belirlemede Farnsworth-Munsell 100 Hue Testi (FM100HT)'nin güvenilir ve üstün olduğu bildirilmiştir (6,10-12). Renkli görmeyle ilgili bireysel farklılıkların araştırıldığı çalışmalarda FM100HT'in tercih edildiği görülmüştür (13-15,17,18). Bu test sonucunda standart olarak hesaplanan hata skorlarına göre renk ayırt etme yeteneği yüksek, orta ve düşük olarak sınıflandırılmaktadır (10,19).

Son yıllarda beynin işlevsel asimetrisi konusunda yoğunlaşan çalışmalarda, DG'ün, beynin işlevsel tercihi ile ilişkisi araştırma konularından biri olmuştur (20,21). Göz dominantlığı, genetik geçiş özelliği gösteren ve bir gözden gelen görsel algıların diğer gözden gelen görsel algılara tercih edilmesindeki eğilim olarak tanımlanmıştır (20-22). Bu tercihin çok sayıda algısal fonksiyonda öne çıktığı ve normal iki gözle görmede gözlerin eşit olmayan fonksiyonel role sahip olduğu açıklanmıştır. DG ile bakıldığında görüntülerin daha net ve büyük görüldüğü, belirlenen retinal görüntülerin ise daha geç kayboldukları bildirilmiştir (22). Bunların yanında görme keskinliği, kontrast duyarlılık, uzamsal dikkat gerektiren ve görsel yönetilen motor fonksiyonlarda DG, DOG'den daha üstün bulunmuştur (22). Tek göz uyarılarak yapılan ileri görüntüleme çalışmalarında DG uyarıldığında oluşan bilateral aktivasyon alanı DOG uyarıldığında oluşan alandan daha geniş bulunmuştur (22,23). DG'ün saptanmasında kullanılan yöntemlerin güvenilir olması ve standart ölçümlerle yapılması doğru gözün dominant olarak tespit edilmesinde önemlidir (22).

Renkli görmede, DG'ün diğerinden daha üstün olarak renkleri algılayıp algılamadığı konusu merak edilen ancak kesin bilgilere ulaşılamayan bir konudur. İncelediğimiz kadarıyla renkli görmede DG'ün diğer göze göre öne çıkıp üstünlük gösterip göstermediği konusunun tam aydınlanmamış olduğu dikkatimizi çekmiştir.

İki ayrı şekil veya hayalin tek bir şekil veya hayal olarak beyin tarafından birleştirilmesi iki gözle tek görme (binoküler) olarak tanımlanır. Binoküler görmenin üç aşaması vardır; eş zamanlı algı, birleştirme ve derinlik algısı. Bu üç aşamadan derinlik algısı, sağ ve sol göz tarafından algılanan görüntüler arasındaki ince farklılıklar nedeniyle oluşmakta ve stereopsis olarak adlandırılmaktadır. Stereopsis, binoküler görmenin en üst aşamasıdır (24,25). Binoküler görmenin varlığı ve stereopsisin derecesi farklı esaslara göre düzenlenmiş testler ile saptanabilmektedir. Bu testlerden TNO testte, renk ayırt etme esasına dayanılarak derinlik algısı 480-15 arc sn arasında altı düzeyde değerlendirilmektedir (26-27).

Kontrast duyarlılığın derinlik algısının artmasına neden olduğu açıklanmışsa da renklerin derinlik algısı ile olan ilişkisi tam olarak açıklanmayan tartışmalı bir konudur (28).

Çalışmada; renkli görme yeteneği ayrıntılı olarak FM100HT ile değerdendirilmiştir. DG, güvenilirliği rapor edilen ve standart ölçümlerin kullanıldığı orjinal Gündoğan Metodu ile saptanmıştır (29). Binoküler görmenin varlığı ve derinlik algısı TNO test ile araştırılmıştır. Yapılan testlerin sonuçlarına göre; sağlıklı bireylerde renkli görme yeteneği ile DG ve görsel derinlik algısı arasındaki ilişkinin incelenmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır.



2. GENEL BİLGİLER

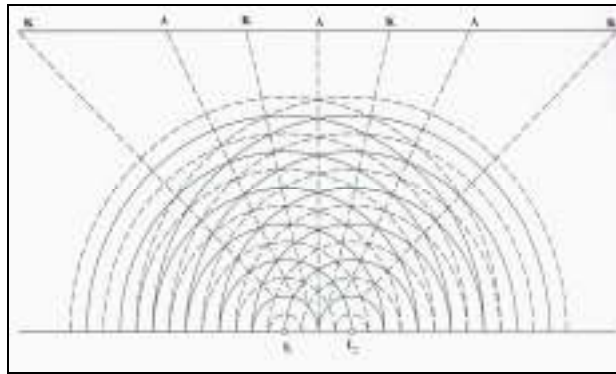
Retinal fotoreseptörler tarafından absorbe edilen belirli dalga boylarındaki ışınlar, retina, optik sinir lifleri ve kortekste işlenerek farklı renk ve şiddette ışık hissi uyandırır (1-3,30). Renkler ile ışığın dalga boyu arasında birebir bağlantı yoktur ancak ışığın dalga boyu genellikle renklerle tanımlanır (12).

2.1. Işık

İngiliz fizikçi Isaac Newton, “Optics” adlı kitabında Işığın Tanecik Teorisi’ ni açıklamıştır. Bu teoriye göre ışık, ışık kaynaklarından yayılan, saydam ortamlarda düz çizgiler halinde hızla ilerleyen sonsuz küçük parçacıklardan oluşur. Newton, prizmanın güneş ışığını gökkuşağındaki renklere ayırdığını gözlemiş ve beyaz ışığı prizmadan geçirmiştir. Oluşan renkleri çember haline getirerek renk çemberini oluşturan ilk bilim adamı olmuştur (31).

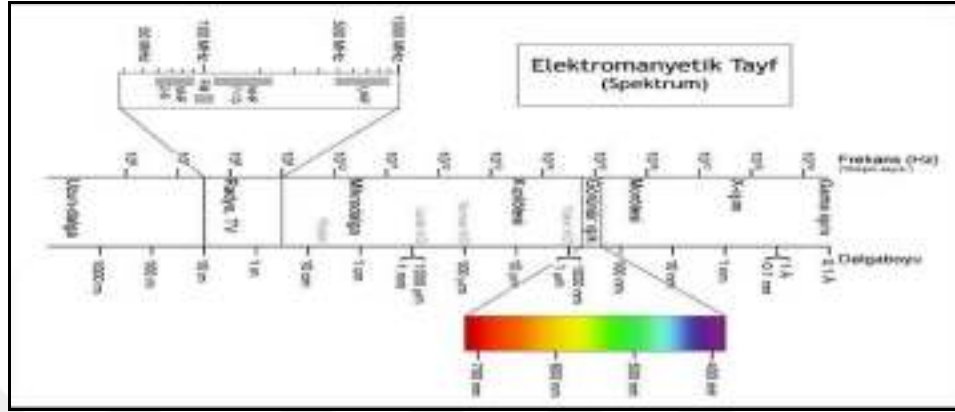
Hollandalı bilim adamı Christian Huygens, 1678 yılında dalga teorisini açıklamıştır. Bu teoriye göre ışık; bir ışık kaynağından dışarıya tüm yönlerde titreşerek yayılmakta ve saydam ortamlarda dalgalar halinde çoğalarak hareket etmektedir. Huygens’in dalga teorisi yansıma (refleksiyon) ve kırılma (refraksiyon) yasalarını açıklamıştır (31).

1801 yılında İngiliz araştırmacı Thomas Young, çift yarık deneyinde monokromatik ışığı yan yana bulunan iki yarıktan geçirerek girişim deseni denilen aydınlık ve karanlık ışın çizgilerinin oluştuğunu göstermiştir (Şekil 2.1). Young, bu girişim modelinde ışığın dalga boyunu ölçmüştür. T. Young’ın buluşu Huygens’in dalga teorisini de desteklemiştir.



Şekil 2.1: Thomas Young’ın çift yarık deneyi
(K, karanlık, A, aydınlık, I₁ ve I₂ ışık kaynağı)

Elektrik ve magnetizma alanlarında çalışmalar yapan James Clerk Maxwell, 1864 yılında yayınlanan “Elektromanyetik Alanın Dinamik Teorisi” adlı kitabında ışığın elektromanyetik bir dalga olduğunu ve görünen ışığın elektromanyetik spektrumdaki yerini aıkladıştır (şekil 2.2) (31).



şekil 2.2: Elektromanyetik spektrum

Elektromanyetik spektrum; gama ışınları, X ışınları, mor ötesi ışınları, görünür ışığ, kırmızıötesi ışınları, mikrodalga ışınları ve radyo dalgalarının dalga boylarına göre lineer sıralanmasıyla oluşur. Bu spektrumda insan gözünün görebildiği dalga boyu aralığı 380-770 nm’lik dar bir alandır. Diğer dalga boyları göz tarafından geçirilmediği ya da retinal fotopigmentlerce absorbe edilemediği için görülmezler (2,30,31).

Max Planck 1900 yılında ışığın enerjisinin, frekans ve Planck sabiti ile doğru orantılı olduğunu aıkladıştır. Planck eşitliğine göre; ışığ frekansa bağlı olarak quantal enerji akımına sahiptir.

E = quantal enerji,

h = Planck sabiti = $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.sn,

ν = radyasyonun frekansı

$$E = h \cdot \nu$$

1905 yılında Albert Einstein, ışığın yayılırken çarptığı metal yüzeylerde fotoelektrik etki yaratarak elektronları kopardığını aıkladıştır.

Max Planck, 1918 yılında ışığın enerji paketçiklerinden oluştuğunu ve dalgalar halinde yayıldığını göstermiştir. 1924’ te Louis de Broglie, bir ışık parçasının dalga boyunun, Planck sabiti ile doğru orantılı ve hızı ile ters orantılı olduğunu açıklamıştır (λ =dalga boyu, p =hız, h = Planck sabiti).

$$\lambda = h / p$$

1926 yılında kimyager Gilbert Lewis ışık quantumlarına “foton” adını vermiştir. 1927 yılında Clinton Davisson ve Lester Germer’in elektronlardan oluşan ışığın dalgalar halinde dağıldığını deneysel olarak göstermeleriyle elektronların dalga özelliği gösterdiği ispatlanmıştır.

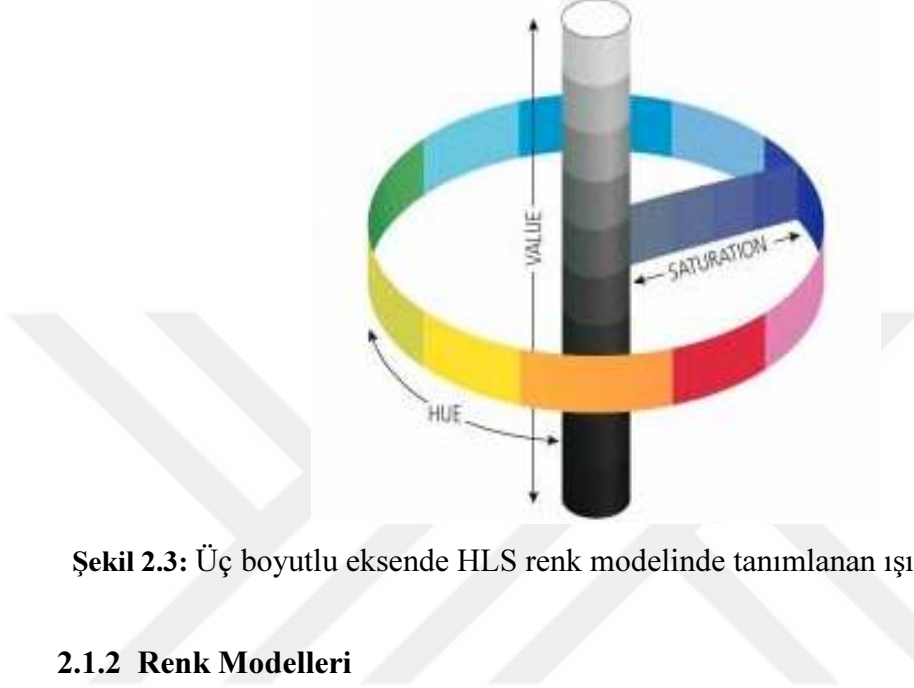
Sonuç olarak ışık; dalga-parçacık şeklinde ikili bir yapı göstermektedir. Diffraksiyon (dağılma) ile interference (girişim) fenomeninde dalga gibi hareket etmekte, fotoelektrik olay sırasında metallerde enerji değişimi olduğunda ise parçacık özelliği göstermektedir (31).

2.1.1 Işığın değişkenleri

Bir ışık uyarısının belli bir renk olarak adlandırılmasını ışığa ait değişkenler etkilemektedir. HLS Renk Modeli’nde ışığın üç değişkeni belirleyicidir. Bunlar ton (Hue), parlaklık (Lightness) ve doygunluktur (Saturation) (Şekil 2.3).

- **Hue (Ton):** Işığın rengini tanımlayan dominant dalga boyudur. Bir rengin tonu o rengin niteliğini ifade eder. 540 nm lik bir ışık uyarısı yeşil, 570 nm lik ışık uyarısı sarı olarak adlandırılır. Hue değişkeni bir rengin diğerlerinden ayırt edilmesini sağlar.
- **Lightness (Parlaklık):** Objelerden göze yansıyan ışığın foton sayısı ile belirlenir. Parlaklık sıfır olduğunda rengin dalga boyu ne olursa olsun ışık siyah olarak görülür. Rengin doygunluğu değişmeden parlaklık arttırılacak olursa renk siyahla beyaz arasındaki gri tonlarda olacaktır. Parlaklık arttırıldıkça rengin kalitesini doygunluğu belirler. Örneğin mavi-yeşil karışımı bir renk düşük yoğunluklarda, yeşil algılanırken yüksek yoğunlukta mavi olarak algılanır.

- **Saturasyon (Doygunluk):** Işığın uyarısı içinde etkin olan dalga boyu tarafından belirlenir. Tüm ışık aynı dalga boyunda görüldüğünde renk tamamen doymuş olur. Renk, farklı dalga boylarının birleşiminden oluşur veya renge beyaz renk eklenirse dominant dalga boyunun rengi algılanır. Ancak renk doymamıştır (11,12).



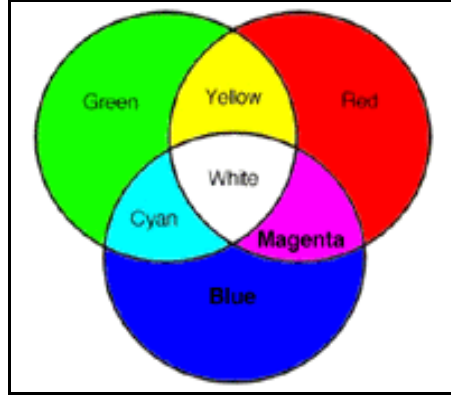
Şekil 2.3: Üç boyutlu eksende HLS renk modelinde tanımlanan ışığın değişkenleri

2.1.2 Renk Modelleri

Renklerin oluşmasında iki renk modeli vardır. Bu modellerde üç farklı renk çeşitli oranlarda karıştırılarak, diğer renkler elde edilir.

RGB Renk Modeli:

RGB renk modelinde kırmızı (Red), yeşil (Green), mavi (Blue) renkler ana renklerdir. İnsan renk algısını en iyi açıklayan renk modelidir. RGB modeline göre tüm renkler, üç monokromatik ışık kaynağından çıkan farklı dalga boylarında ışığın yansımaları ile elde edilmektedir. Birbiri üstüne gelen bölgelerde oluşan farklı renklerin elde edilmesi iki rengin birbirine belli oranlarda eklenmesi ile olmaktadır. Bu şekilde elde edilen renklere Additive Colors (eklenerek elde edilmiş renkler) adı verilmiştir (Şekil 2.4).

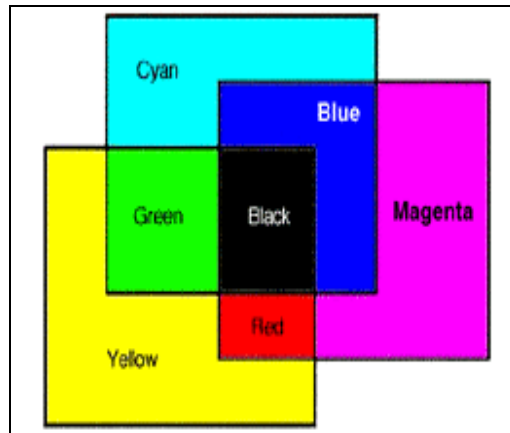


Şekil 2.4: RGB renk modeli

RGB sisteminde %100 doygunlukta üç renk eşit miktarda karıştırıldığında beyaz elde edilmektedir. Karıştırılan renklerin miktarlarında değişiklik yapılırsa, örneğin; yeşili daha çok kırmızısı daha az ve mavisi en az olacak şekilde karıştırılırsa elde edilen renk yeşile daha yakın bir sarı olacaktır. Bu şekilde RGB modeline göre tüm renkler elde edilmektedir (12)

CMY Renk Modeli:

CMY modelinde mavimsi yeşil (Cyan), mavimsi kırmızı (Magenta) ve sarı (Yellow) olmak üzere üç farklı temel renk kullanılır. Renk elde etme yöntemi RGB sisteminden farklıdır. Bu yöntemde renklerin birbirlerinden çıkarılarak elde edilir ve elde edilen renklere Subtractive Colors (çıkarılarak oluşturulmuş renkler) denir (32). Şekil 2.5'te bu şekilde elde edilen renkler görülmektedir. CMY modelinde ana renklerin RGB modelindeki ara renkleri vardır. Bu anlamda CMY ve RGB birbirine benzer modellerdir ancak farklı yöntemlerle elde edilmişlerdir.



Şekil 2.5: CMY renk modeli

Renk çıkarma yöntemini daha iyi anlayabilmek için kare şeklinde olan üç ana renk filtre gibi düşünülebilir. Sarı filtre; üzerine düşen beyaz ışıktan kendisini oluşturan kırmızı ve yeşil ışığı geçirecek, maviyi ise absorbe edecektir. Bu şekilde elde edilen renk monokromatik ışığın eklenmesi şeklinde değil diğerlerinden çıkarılması şeklinde olmaktadır. Örneğin; Şekil 2.5’de sarıdan mavimsi-kırmızı (magenta) çıkartılmış (filtre edilmiş) ve kırmızı elde edilmiştir. Mavimsi-yeşilden (turkuaz), mavimsi-kırmızı çıkartılarak mavi elde edilmiştir. Üç rengin ortak kesişim noktasında, üçünün de birbirinden çıkartılması ile siyah elde edilmiştir. Diğer bir ifadeyle üç ana filtreye gönderilen beyaz ışık üçüncü filtrede tamamen absorbe edilmiş olacak ve siyah görünecektir. İnsan gözü bütün cisimlerin renklerini bu model ile algılar. Örneğin, bir cisim gelen beyaz ışıktan belli dalga boylarını absorbe eder geri kalanını yansıtır, görünen renk yansıyan ışıktaki dalga boyudur (12).

2.2 Renkli Görme Fizyolojisi

2.2.1 Oküler Gelişimi Etkileyen Faktörler

Kornea epiteli, retina ve uveal traktın nöral bileşenlerinin ektodermden, geri kalan oküler dokuların ise mezodermden oluştuğu bilinmektedir. Son araştırmaların sonuçlarına göre; oküler gelişim, embriyonun farklı bölgelerindeki hücre hareketleri ve indükleyici etkilerle gelişen ardışık olayların sonunda tamamlanmaktadır. Bu süreçte büyüme faktörleri, homeoboks genleri ve nöral tomurcuk hücreleri etkindir.

Büyüme faktörleri, gözün bir organ olarak gelişiminde tüm ayarlamaların kontrolünü yapan homeoboks genlerinin fenotipik ifadesini düzenler. Görme keskinliği, gözün tüm dokularının hassas ve doğru düzenlenmesini gerektirir. Bu nedenle genlerin uygun zaman ve miktarda ekspresyonu kritik öneme sahiptir (30). Homeoboks genleri, 180 baz çifti uzunluğundaki geniş DNA segmentlerinden oluşur. Homeoboks şifreleri bu genlerin protein ürünlerinde birbirine benzeyen yaklaşık 60 aminoasitlik sekans kodlar. Homeoboks genleri, drosophila genlerinin model alınmasıyla tanımlanmıştır. 1996 yılında Gehring ve arkadaşları PAX6 geninin insanda özgün göz dokusu genlerinin ekspresyonunda rol oynadığını göstermişlerdir. Retinal öncü hücrelerin, nöronlara diferansiyasyonu buna örnek verilebilir (33,34).

2.2.2 Retinanın Fizyolojik Yapısı

Bir göze düşen sayısız ışık uyaranları, gözün arka kısmını bir halı gibi döşeyen ve yüksek organizasyon gösteren zar yapısındaki retina tarafından kabul edilir (18). Retina dışta retina pigment epiteli ve içte nöral retina olmak üzere 2 ana tabakadan oluşur (2,7,35-37).

Retina Pigment Epiteli (RPE)

Retinanın en dış tabakasıdır ve tek sıra kübik epitel hücrelerinden oluşur. Yoğun damarlı koryokapillaris ile fotoreseptör hücrelerin dış segmentleri arasında yer alır. İnsanlarda her gözde yaklaşık 4-6 milyon RPE hücresi vardır. Fotoreseptör hücrelerin RPE hücrelerine oranı 45 / 1 dir (37).

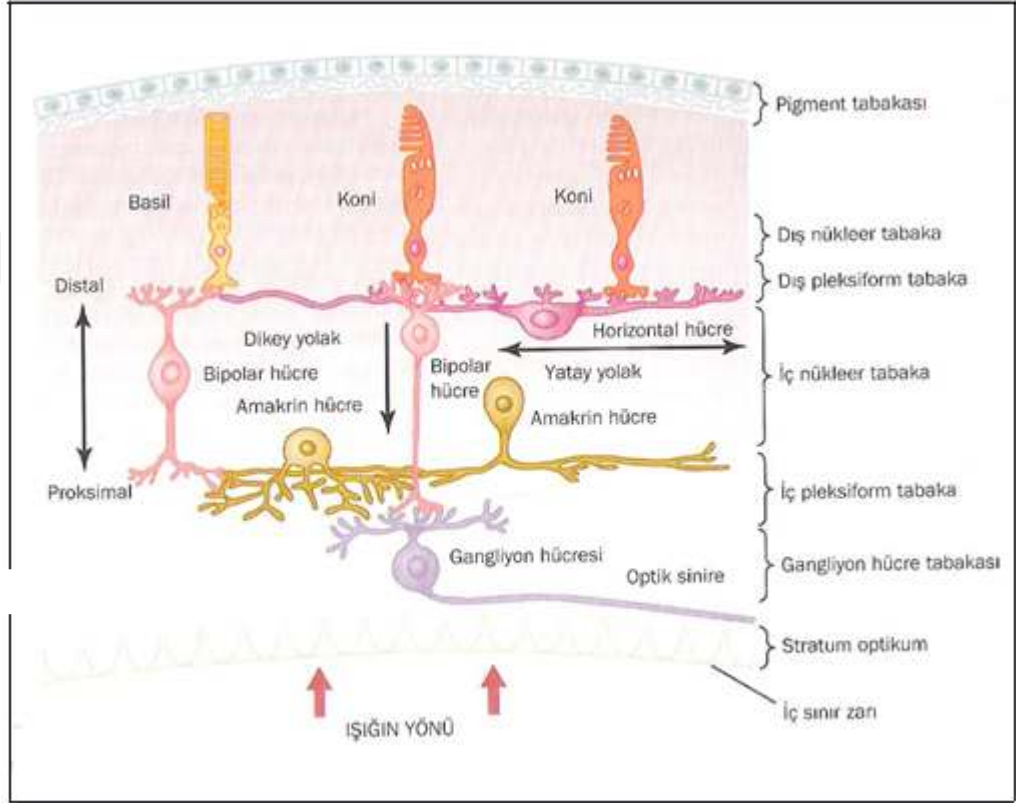
RPE'nin ışığı algılama veya sinirsel fonksiyonu olmamasına karşın çok önemli fizyolojik görevleri vardır. Bunlar; vitamin A metabolizması, kan retina bariyerinin devamı, fotoreseptör dış segmentlerin fagositozu, fokus dışı ışınların pigmentasyon yoluyla emilmesi, ısı değişimi, bazal lamina oluşumu, dış segmentleri saran mukopolisakkarid matriks oluşumu ve aktif transport olarak sayılabilir (7,37).

Nöral Retina

Retinanın nöral tabakasında dört farklı nöron bulunur. Bu nöronlar bipolar hücreler, gangliyon hücreleri, horizontal hücreler ve amakrin hücrelerdir. Retinanın nöral elemanları müller hücreleri denen glial hücreler ile birbirine bağlıdır. Histolojik olarak nöral retina dıştan içe doğru 9 tabakadan meydana gelir (Şekil 2.6).

1. Fotoreseptör tabakası: fotoreseptör hücrelerin iç ve dış segmentlerinden oluşur.
2. Dış sınırlayıcı membran: fotoreseptör ve müller hücrelerinin bağlantı bölgelerini içerir.
3. Dış nükleer tabaka: fotoreseptör hücre çekirdekleri tarafından oluşturulur.
4. Dış pleksiform tabaka: fotoreseptörlerin sinaptik cismi ile horizontal ve bipolar hücre bağlantılarından oluşur.
5. İç nükleer tabaka: bipolar, horizontal, amakrin ve müller hücrelerinin çekirdeklerini içerir.

6. İç pleksiform tabaka: bipolar ve amakrin hücrelerin aksonları ile gangliyon hücrelerinin dendritleri ve bunların sinaptik bağlantılarından oluşur.
7. Gangliyon hücre tabakasında retinanın iç yüzeyinde uzanan gangliyon hücre gövdeleri yer alır.
8. Sinir lifi tabakası: gangliyon hücre aksonlarından meydana gelir.
9. İç sınırlayıcı membranda müller hücrelerinin ayaksı çıkıntıları ve bazal laminayla olan bağlantı yüzeyleri yer alır (2,7,35-37).



Şekil 2.6: Retinanın fizyolojik anatomisi

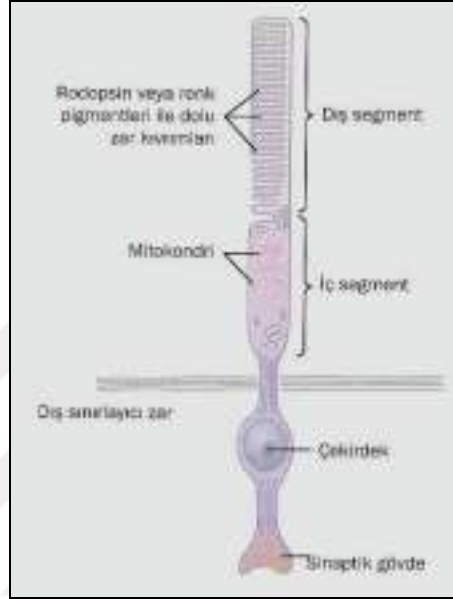
Işık retinaya gözün mercek sistemini ve vitröz ortamını geçtikten sonra iç tarafından girer. Işığın retinanın dış tarafında tüm yol boyunca yerleşmiş fotoreseptör hücrelere ulaşmadan önce gangliyon hücre tabakası, pleksiform tabakalar, nükleer tabaka ve sınırlayıcı zarlardan geçmesi gerekir (35).

2.2.3 Fotoreseptör Hücreler

Fotoreseptörler, elektromanyetik enerjiyi elektriksel akımlara dönüştürebilen özelleşmiş nöroepitelyal hücrelerdir. Görme süreci, ışığın retinal fotoreseptörler tarafından absorpsiyonu ile başlar (35-37). İlk kez 1866 yılında Schultze tarafından

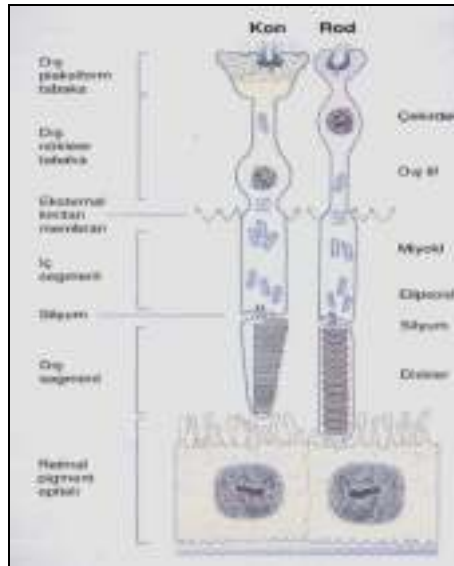
vertebraların retinasında rodlar ve koniler olmak üzere iki çeşit fotoreseptör hücrenin varlığı gösterilmiştir (39).

Bir rod ya da koni hücresinin ana işlevsel bölümleri birbirine benzerdir. Şekil 2.7 de görüldüğü gibi dış segment, iç segment, çekirdek ve sinaptik gövdeden oluşmaktadır.



Şekil 2.7: Fotoreseptör hücrelerin ana işlevsel bölümleri

Ancak görme için özelleşmiş oldukları işlevlere uygun olarak yapısal özellikleri ve retinal dağılımları farklılık gösterir (Şekil 2.8) (35). İki hücre tipinin en belirgin farklılığı dış segment yapılarındadır. Rodların silier plazma membranı ile bağlantılı olmayan ayrı ayrı yassı membran keseciklerinden oluşmuş dış segmentleri konilerden daha uzundur. Bu yassı membran kesecikleri, disk olarak adlandırılırlar. Konilerin dış segmentinde uzunlamasına yerleşmiş diskler silium membranıyla sürekli bağlantı halindedir. Her bir disk, bir sonrakinin başlangıç bölgesine invagine olmuştur. Böyle bir yapılanmada konilerdeki disklerde yan kenarlardan biri oluşmaz ve raf gibi sıralanırlar. Fototransduksiyon işlemi sırasında koni disklerinin açık durumu bu şekilde açıklanır (36)

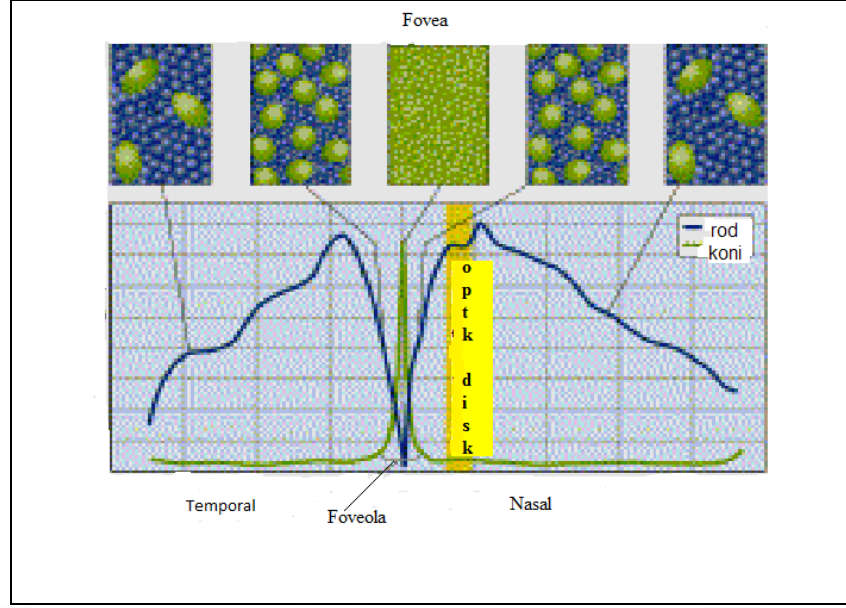


Şekil 2.8: Rod ve koni hücrelerinin yapısal farklılıkları

Dış segmentte ışığa hassas fotokimyasal madde bulunur. Bu rodlarda rodopsin, konilerde renk pigmenti olarak adlandırılan üç renk fotokimyasal maddeden biridir. Bu fotokimyasalların ışığı absorbe etmesiyle fototransduksiyon başlar. Spektral duyarlılıklarındaki farklar dışında işlevleri aynıdır (35).

Rod ve koni hücreleri retinanın her bölgesinde aynı biçimsel özellikte dağılmazlar. Koniler retinanın periferinde 5-8 μm çapında, merkezinde 1,5 μm çapında ve silindir şeklindedirler. Rodların çapları 2-5 μm 'dir ve retinanın merkezinde bulunmazlar (7,35).

Retinanın merkezinde bulunan 1 mm^2 lik alan gözün fovea bölgesidir. Bir cisme dikkatle bakıldığında gözler, bu cisimden gelen ışık ışınlarını fovea üzerine düşürecek şekilde hareket eder. Foveola olarak adlandırılan fovanın 0.3 mm^2 lik merkezi bölümü tümüyle konilerden oluşur (Şekil 2.9) (3,4). Foveolada yer alan koniler, periferdekinin aksine silindir şeklinde gövdeleriyle görüntüdeki ayrıntıları daha iyi saptarlar. Bu düzenleme konilerin spasyal çözünürlüklerini artırır (38).



Şekil 2.9: Fotoresptörlerin retinadaki dağılımları

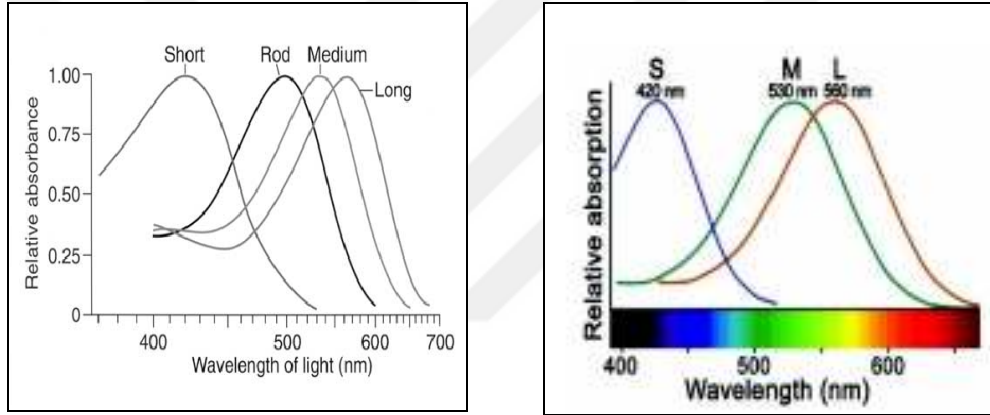
Ayrıca foveada kan damarları, gangliyon hücreleri, hücrelerin iç nükleer tabakası ve plexiform tabakalar doğrudan konilerin üzerinde bulunmayıp yanlara doğru yer değiştirmişlerdir. Böylece ışık, engellenmeden konilere geçer. Retinanın en keskin ve ayrıntılı görme yeteneğine sahip bölgesi foveanın merkezi olur (35-38).

Rod ve koni bilgilerinin retinal gangliyon hücrelerine geçirildiği döngüsel düzenlemede de farklılıklar vardır. Rod ve koni döngüsü arasında dikkati çeken en önemli farklılık konverjensin derecesidir. Her bir rod ve bipolar hücre arasındaki bağlantı rodların sayısı ve amakrin hücrelerle ilişkilidir. Koni sistemi daha az konverjenstir. Böylelikle dominant olarak merkezi görmede etkin olan her bir retinal gangliyon hücresi, sadece tek koni ile bağlantı kuran tek bir bipolar hücreden sinyal alır. Daha fazla konverjens kuran rod sistemi ışığı daha iyi algılar çünkü çok sayıda roddan küçük sinyaller bipolar hücrede büyük bir yanıt oluşturacak şekilde birleştirilir. Bununla birlikte böyle bir konverjens rod sisteminin uzamsal çözünürlüğünü azaltır. Koniler ile bipolar ve gangliyon hücreleri arasında bağlantının olabilmesi için maksimum görme keskinliği gerekir (1,36).

2.2.4 Koni Fotoresptörleri

İnsanlar ve diğer primatlarda normal renkli görme olabilmesi için, üç farklı koni hücresine ihtiyaç vardır. Koni hücreleri, görünen spektrumda duyarlı oldukları maksimum dalga boyu aralığına göre adlandırılırlar. Uzun dalga boyuna duyarlı

olanlar LWS (Long Wavelength Sensitive), orta dalga boyuna duyarlı olanlar MWS (Middle Wavelength Sensitive) ve kısa dalga boyuna duyarlı olanlar SWS (Short Wavelength Sensitive) konilerdir (8,39). Literatürde sıklıkla L, M ve S koniler şeklinde ifade edildikleri görülmektedir. L konileri en fazla düşük frekanslı fotonlara ($\lambda_{\max} \sim 555-565$ nm), M konileri orta frekanslı fotonlara ($\lambda_{\max} \sim 530-537$ nm) ve S konileri yüksek frekanslı fotonlara ($\lambda_{\max} \sim 415-430$ nm) duyarlıdır (3,4,25,30). Diğer bir ifadeyle L konileri, algılandığında kırmızı olarak adlandırılan dalga boyundaki ışığa, M konileri yeşil olarak adlandırılan dalga boyundaki ışığa ve S konileri mavi olarak adlandırılan dalga boyundaki ışığa duyarlıdır (Şekil 2.10). Konilerde ışığa duyarlı renk pigmentleri; L konilerde erytrolabe, M konilerde clorolabe, S konilerde cyanolabe olarak adlandırılmışlardır (12).



Şekil 2.10: Fotoreseptörlerin spektral duyarlılıkları.

Şekil 2.10 incelendiğinde; L ve M konilerin duyarlı oldukları dalga boyu aralığını gösteren eğrilerin kısa dalga boyuna duyarlılık eğrisinin üstüne geldiği görülür. Bu üst üste gelme, belli bir dalga boyunda gelen ışığın tek bir koni sınıfını uyarmadığı anlamını taşır. Spektrumda S konilerin duyarlılığının daha uzun dalga boylarına doğru uzandığı görülmektedir. S konilerin pik duyarlılık gösterdiği ışıktan daha uzun dalga boyunda gelen bir ışık S ve M konilere L konilerinden daha hızlı düşmektedir (39). L ve M konilerinin yapıları % 98 benzerlik gösterir. Ancak S konilerin iç segmenti L ve M konilerinden hafifçe daha uzundur (7,36). L ve M konilerinin sayısal oranının 1:1 ile 1:17 arasında bireysel farklılık gösterdiği belirlenmiş ancak nedeni henüz tam olarak açıklanamamıştır (39).

Fovea bölgesinde en fazla L ve M konilerinin yoğunlaştığı görülür. S konileri retinadaki tüm konilerin sadece % 10 unu oluştururlar. % 5 i foveanın periferinde yerleşik iken kalan % 5 i retinanın periferine dağılmıştır. Foveola ise S konilerinden tamamen yoksundur. Bu da foveada görme keskinliğinin yüksek oluşunu açıklar. Gerçekten retinadaki fotoreseptörlere ulaşan yüksek frekanslı -kısa dalga boylu- fotonlar lens ve makulada seçici olarak azaltılır. Böylece S konilerine ihtiyaç azalır. Bu süzme işlemi, iki yönden görmeyi düzeltir. Birincisi, göz içindeki sıvının kırıcı özelliklerine bağlı olarak daha yüksek frekanslı fotonların izole edilmesi görüntünün belirginleşmesine yardım eder. İkincisi, bu filtrasyonla en yüksek frekanslı fotonlar lens tarafından absorbe edildiğinden sebep oldukları fotoreseptör ve retina hasarı azaltılır. Görüntüler; S konilerinin renk algılamaya katkılarının bu şekilde azalması nedeniyle esas olarak L ve M konileri tarafından üretilir. Kısa dalga boyundaki ışığın filtre edilmesiyle ve serbest radikallerin nötralizasyonu ile görme keskinliği artırılmış olur (30,36).

2.2.5 Fototransdüksiyon

Işığı tutma ve ışık enerjisinin bir kısmını nöral yanıtı çevirme fonksiyonu retinayı diğer özellikleriyle benzediği nöral yapılardan ayırır (3). İlk kez 1968 yılında Wald ve arkadaşları tarafından görmenin fotokimyası açıklanmıştır (40)

Fototransdüksiyon ile ilgili bilinenlerin çoğu ışığa hassas olan rodlarla ilgilidir. Rodlar ışığa tek bir fotonla uyarılabilecek düzeyde yüksek duyarlılık gösterirler (7, 35-38). 510 nm dalga boyundaki yeşil ışığı maksimum düzeyde ve m/s ışığı daha az absorbe ederken, kırmızı ışığa hassas değildir (7,36).

Rodlardaki diskler ışık enerjisini yakalamak ve büyütme için gerekli protein mekanizmasını içerir. Rodopsin, lipid membrana gömülü helikal yapıda 7 ilmek içeren ve serbestçe yayılabilen bir membran proteinidir. Rodopsin, protein yapıdaki opsin ile A vitamininin aldehidi olan retinen1 (11- cis retinal) den meydana gelir (7,35-38,41). 11-cis retinal yedinci membran ilmeğinde 296. konumda bulunan lizine proton yüklü Schiff bazıyla bağlanır. Her bir diskte yaklaşık bir milyon olmak üzere disklerdeki toplam proteinin % 90'ını oluşturur. Dış segmentin membran alanı arttıkça ışığı emen rodopsin moleküllerinin sayısı da artar (36).

Karanlıkta rodopsindeki retinen, 11-cis retinal yapısındadır ve yalnız bu formu skotopsinle bağlanarak rodopsini oluşturabilir. Tek bir ışık fotonu rodopsin molekülünde 1-cis retinali etkiler. 11-cis çift bağı kırılarak daha düz bir molekül olan all-trans retinal şekline değişir ve opsinden uzaklaşır. Opsin kendisinde meydana gelen konformasyonel değişiklikle nanosaniyeler içinde batorodopsin, ardından lumirodopsin ve metarodopsin-I'e ve nihayet aktif form olan metarodopsin-II'e dönüşür (4,42). Oluşan metarodopsin-II, rod hücresinin disk ve hücre membranlarında karanlıkta inaktif şekilde bulunan transdüsini uyaran bir enzim gibi işlev görür. Bir G proteini olan transdüsünün uyarılmasıyla cGMP-fosfodiesteraz (PDE) etkinleşir ve cGMP, 5'cGMP'e dönüşürken kanalların açıklığını sağlayan cGMP'nin derişimi azalır (4,35,42). Karanlıkta açık olan katyon kanalları kapanır. Bir rodopsin molekülü 100 transdüsün molekülünü aktive edebilir (38). Böylece her uyarılan rodopsin molekülü için yüzlerce kanal kapanır. Kapanmış bir kanal tekrar açılıncaya kadar bir milyondan fazla katyonun plazmaya geçişi önlenir. Hiperpolarize edici bir potansiyel oluşur. Bu şekilde karanlıkta hücre içi -40 mV olan negativite maksimum ışık etkisiyle -70 ile -80 mV'a yaklaşır (35). Oluşan hiperpolarizasyonun sonunda sinaptik uçtan glutamat salınımı baskılanır ve uyarılar bipolar hücrelere, horizontal hücrelere oradan da amakrin hücrelere geçer (7,35-38).

İyonik denge iç segmentte $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATP az pompası, dış segmentte $\text{Na}^+/\text{K}^+ \text{- Ca}^{++}$ değiştiricisi tarafından sağlanır (7,36).

Konilerin Fototransduksiyonu

Göze giren ışığın ~ %75 i foveaya ulaşır. Foveaya ulaşan fotonların yaklaşık ¼ ü foveolaya düşer ki bu da yaklaşık 30 koniyi etkiler (11).

Bir koninin kendisine ulaşan fotonu absorbe etme olasılığı sırasıyla üç faktöre bağlıdır.

- Fotonun geliş yönü (koninin uzun ekseni boyunca geldiğinde en etkilidir)
- Fotonun frekansı (% 67 en idealdir)
- Koninin tipi (L, M veya S tipi) (36).

Konilerin depolarizasyonu nörotransmitter salınım hızını artırırken, hiperpolarizasyonu nörotransmitter salınım hızını azaltır. Işık hiperpolarizasyona,

karanlık depolarizasyona neden olur. Horizontal ve bipolar hücreleri doğrudan etkileyen fotoreseptörler, etkilerini sinir ucuna invagine olarak glutamatın salınımı veya re-uptake mekanizmalarıyla bu transmitterin ortadan kaldırılmasıyla gösterir. Buna bağlı olarak karanlıkta maksimum düzeyde glutamat nörotransmitteri salınır ve ışığın etkisiyle bu salınım hızı azalır (36).

Niteliksel olarak konilerin fototransduksiyonu rodlara benzer ise de farklılıklar da göstermektedir. Işıkla aktive olan koni opsinleri ile cGMP'i hidrolize eden ve dış segment membranında koniye özgün cGMP bağımlı katyon kanallarını kapatan enzimatik basamaklar başlar. Konilerin fototransduksiyonu göreceli daha az duyarlıdır, fakat hızlıdır ve aydınlatmanın düşük düzeylerine bile çok iyi yanıt verir. Çevre ışık seviyesi ne kadar fazla ise, konilerin cevabı da hız bakımından ve uzaysal olarak o kadar daha doğru olur. Hız ve keskinlik koni vizyonunun tüm aşamalarında önemlidir. Bu durum aydınlatmanın belirli düzeylerinde görmenin daha iyi olmasının bir nedenidir. Koniler olmaz ise okuma yeteneği ve renkli görme kaybolur (36).

Konilerin fototransduksiyonunda ışığa adaptasyon söz konusudur. Birçok faktör ışığa adaptasyona katkıda bulunur. Örneğin yüksek düzeyde aydınlatma fotopigmentleri beyazlatır, dış segmenti ışığa daha az duyarlı hale getirir. Işık seviyeleri yükseldikçe, duyarlılığı azaltan parazit seviyesi de artar. Biyokimyasal ve nöral geri bildirim, konilerin cevabını düzenlemektedir. Bu geri bildirim ışık yoğunluğunun artması ile ve konilerin çok daha fazla ışığı emmesi ile artar. Bu hızlanmadan sorumlu olan biyokimyasal cevap tam açıklanamamıştır (36).

Aynı zamanda, konilerde nöral aktarılan negatif geri bildirim mekanizması da vardır. İç nükleer tabakadaki horizontal hücreler tekrar konilerle, bir inhibitör transmitter olan GABA salınımı ile antagonistik sinaps yaparak negatif geri bildirimde bulunur. Horizontal hücre geri bildirimi güçlü uyarılarda oluşarak konileri aşırı yüklenmeden korur. Bu geri bildirim ile koni cevabı daha hızlı geri döner, koninin yeni uyarıya daha hızlı cevap vermesini sağlar.

Rod ve koni fotoreseptörlerin özellikleriyle ilişkili ortaya çıkan skotopik ve fotopik görmenin karşılaştırması, Tablo 2.1 de sunulmuştur (36).

Tablo 2.1: Skotopik ve Fotopik Görme Özellikleri

Görme sistemi	Skotopik	Fotopik
Fotopik çevre	Karanlık	Aydınlık
Fotoreseptör hücre	Rodlar	Koniler
Spektral duyarlılık	~ 500 nm	Kırmızıya kayar
Mutlak duyarlılık	Yüksek	Düşük
Yanıt hızı	Yavaş	Hızlı
Görme keskinliği	Düşük	Yüksek
Karanlığa adaptasyon	Yavaş	Hızlı
Saturasyona yanıtı	Var	Yok
Visuel pigment	Rodopsin	Renk pigmentleri
Renk ayırtetme	Yok	Var

2.2.6 Konilerin Gen Dizilimleri

1986 yılında Nathans ve arkadaşlarının yaptıkları moleküler genetik çalışmaların sonunda konilerin gen dizilimleri açıklanmıştır (43). Rod pigment geni 3. kromozomun 3q21.3 ve 3q24 lokalizasyonlarında, S koni pigment genleri 7q31.3 ve 7q32. sitogenetik lokalizasyonlarda yer alır. L ve M koni pigmentlerinin sırasıyla OPN1LW ve OPN1MW genleri, X kromozomunun Xq28 bölgesinde baş-kuyruk şeklinde dizilmiştir (30,39).

Fotopigmentlerin spektral özelliklerindeki farklılıklar opsin molekülündeki aminaasit yan zincirleri ile belirlenir. Aminoasitlerin exon 3 te kodlanan 180. ve exon 5 te kodlanan 277. ve 285. lokalizasyonlarının farklı oluşu L ve M pigmentlerinin maksimum absorbe ettiği dalga boyları arasındaki farklılığı açıklar. Toplam 31 nm pik absorbans farklılığı vardır (43). Ek olarak 116, 230, 233 ve 309. lokalizasyonlardaki farklılıklarında minör rol oynadığı bildirilmiştir (39).

2.2.7 Trikromatik Teori

İnsan gözü milyonlarca farklı rengi seçebilme yeteneğine sahiptir. Ancak retinada her bir renk için ayrı algılayıcı bölge yoktur. Trikromatik Teori ile bu soruya açıklık getirilmiştir (30).

1807 yılında Thomas Young ve 1852 yılında Ferdinand von Helmholtz, normal renkli görme için, görünen spektrumda maksimum duyarlılığı farklı olan 3 algılayıcı sistemin gerektiğini açıklamışlardır (30,39). 1972 yılında Rushton tek başına fotopigmentlerin yakalanan dalga boyuna kör olduğunu, farklı spektral duyarlılık gösteren koni hücreleri tarafından yakalanan fotonların oranının uyarı oluşturduğunu ileri sürmüştür (30). Gerçekten de spektrumdaki farklı ışıklar eğer üç koni fotopigmentinden de aynı oranda absorbe edilseydi aynı görünürlerdi. Trikromatik renkli görme yani dalga boylarını ayırt etme yeteneği farklı fotopigmentlerin foton absorpsiyonlarının üç bağımsız karşılaştırmasını gerektirir. Örneğin; 590 nm dalga boyundaki ışık retinaya ulaştığında L ve M konilerinin ikisi de uyarılır fakat L konileri daha fazla uyarılırlar ve 590 nm dalga boyundaki ışık sarı olarak adlandırılır. Sarı renge duyarlı koni yoktur. Sarı olarak adlandırılan rengin sinyali kırmızı ve yeşile duyarlı L ve M konilerinden gelmektedir. Renkli görme için değişkenlerin sayısı üçtür ve üç rengin karışımından oluşan tüm renklerin algılanması bu 3 fizyolojik yanıt sistemi tarafından belirlenir (2,30).

2.2.8 Görmeyi Etkileyen Nöral Retinal Faktörler

Bipolar hücreler;

Optik sinir liflerinden çıkan sinyaller incelendiğinde bölünmüş akımlar şeklinde ilerlediği görülmüş ve bu durum fotoreseptörlerle bipolar hücreler arasındaki sinapslarla ilişkilendirilmiştir. Bu görme sürecinde on-off dikotominin varlığını göstermiştir (44). Işığın etkisiyle oluşan sinapslarla uyarılan bipolar hücreler on-bipolar, inhibe olan hücreler off-bipolar hücreler olarak adlandırılmıştır. Bipolar hücreler yan yana uzandıklarından, oluşan zıt etkiler görüntüdeki kontrast sınırların ayırtedilmesine yardımcı olan lateral inhibisyona katkıda bulunmaktadır (35).

Horizontal hücreler;

Hem bipolar hücreler hem de fotoreseptör hücreler ile bağlantı halindedirler. Fotoreseptörlerden salgılanan nörotransmitterlerle depolarize olarak ışıkla

uyarılırlar. Kendileri ise her zaman yatay-inhibitör sinyaller gönderirler. Bu lateral inhibisyon, renkli görme ve renkleri ayırt etmenin temelini oluşturan görsel kontrastı oluşturur (7,35).

Amakrin hücreler;

Esas olarak bipolar hücreler tarafından uyarılırlar da fotoreseptörlerden de uyarı alırlar. Sayıları 40'tan fazladır ve farklı düzenleyici işlevleri vardır. Görsel sinyalin başlangıcında kuvvetle uyarılırlar ancak kısa sürede etkileri sona erer. Işık şiddetindeki ani değişimlere ve yöne duyarlı oldukları sanılmaktadır. Görsel sinyal retinayı terk etmeden önce yapılan ilk değerlendirmede yardımcı ara nöronlardır (35).

Gangliyon hücreleri;

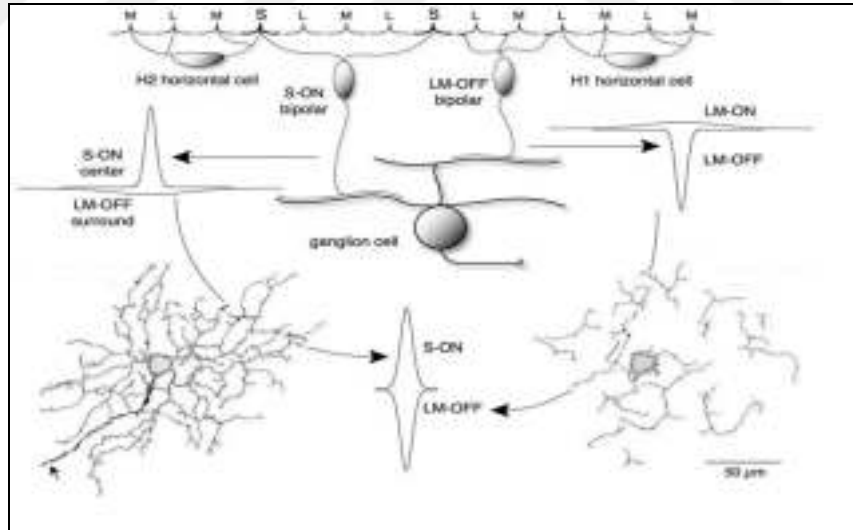
Fotoreseptörlerden gangliyon hücrelerine kadar olan ileti elektrotonik ilettir. Uyarılarını optik sinire geçiren gangliyon hücrelerinden sonra ileti aksiyon potansiyelleri şeklinde olmaktadır. Uyarılmadıkları durumlarda da ortalama 5-40/sn arasında değişen hızlarda sinyallerini iletmeye devam ederler (35). Gelen sinyaller bu temel sinyallerden daha az ise inhibisyon, fazla ise eksitasyon şeklinde beyne iletilir (8,35).

Çoğu gangliyon hücresi ışık şiddetindeki değişikliklerle uyarılarak on ve off bipolar hücrelerden kaynaklanan zıt yönelimli yanıtlar oluştururlar. On gangliyon hücreleri ışık algılama alanının merkezindeyken uyarılır, çevredeyken inhibe olur. Off gangliyon hücresi algılama alanının merkezi karanlıkta iken uyarılır, çevresi karanlıkta iken inhibe olur. Böylelikle aydınlık-karanlık kontrastı sağlanır.

Tek bir gangliyon hücresi, farklı koniler tarafından uyarılır. Bir gangliyon hücresi belli bir koni sınıfından gelen eşik uyarılma şiddetinin üzerinde bir uyarı ile uyarılırken farklı bir koni sınıfı aktive olduğunda ise aynı gangliyon hücresinin uyarılması azalır (3). Tüm fotoreseptörler aynı gangliyon hücresini uyaracak olursa algılanan sinyal farklı renkleri ayırt edemez ve beyaz renk algılanır.

Opponent Teori

1870 yılında Ewald Herring, diğer renklerin karışımı ile elde edilemeyen altı bağımsız renk bulunduğunu ve bu renklerin nasıl görüldüğünü açıklamada trikromatik teorinin yeterli olmadığını ileri sürerek opponent (=karşıt) renk teorisini açıklamıştır. Bu teoriye göre retinal gangliyon hücrelerinin konilerden aldıkları farklı spektral bilgiler üç farklı opponent sistemde karşılaştırılır. Bu sistemleri oluşturan nöronlara cone-opponent nöronlar adı verilmiştir. Cone-opponent nöronlardan oluşan k/y ve m/s opponent sistem 3 koni sınıfindan spektral bilgileri alır ve birbiriyle karşılaştırır (Şekil. 2.11). L ve M koni aktivasyonunu, k/y opponent sistem, (L-M) koni kombinasyonu ile S koni aktivasyonunu m/s opponent sistem karşılaştırır. k/y opponent sistemden çıkan bilgi mavi koni hücreleri ile antagonizma kurar ve m/s opponent hücrelerini oluşturur (45,46). Her bir koni sınıfindan gelen uyarılar birbirlerini inhibe ederler. Böylelikle sadece bir renk çıkışı gerçekleşir (Şekil 2.11). Opponent hücreler ardışık renk kontrastından da sorumlu hücrelerdir. Diğer taraftan uygun oran ve şiddetteki dalga boyları ise yalnızca siyah-beyaz sistemi uyarak beyaz rengi algılatır (1,12).

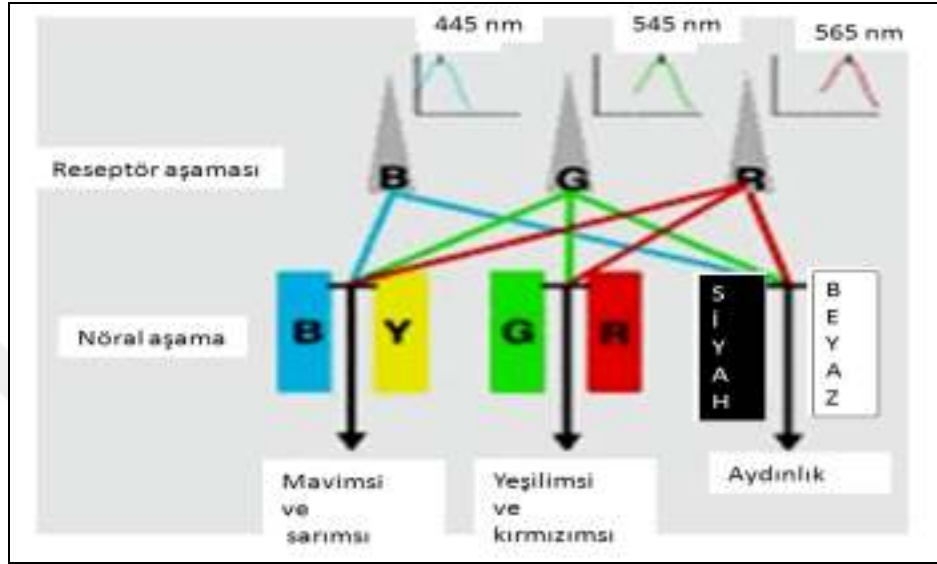


Şekil 2.11: Opponent renk teorisi

Guth'un Üç Komponent Teorisi;

Günümüzde geçerli olan teori ise Young-Helmholtz ve Herring'in teorilerini birlikte içeren Guth'un Üç Komponent Teorisi' dir. Bu teoriye göre retinada üç tip koni

vardır ve bu koni sistemi sinirsel uyarıları iki opponent ve bir non-opponent sisteme gönderir. Opponent sistemde k/y ve m/s sistem uyarılırken non-opponent sistemde akromatik uyarı (beyaz) oluşur. Kısaca trikromatik teorinin renkli görmenin reseptör seviyesinden, opponent renk teorisinin ise visüel sistemde daha üst seviyedeki nöral iletim ile olduğu kabul edilmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12: Guth'un “Üç Komponent Teorisi” ne göre normal renk görme modeli

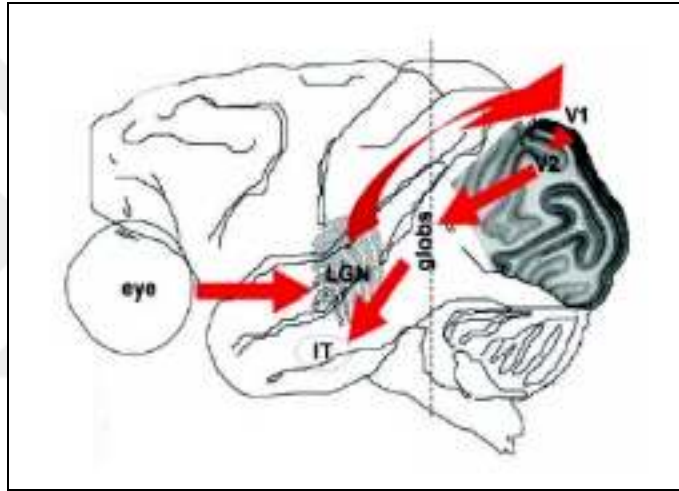
2.2.9 Renkli Görmede Kortikal Yollar

Konilerden başlayarak oluşan renk bilgisini taşıyan retinal sinyaller primer visüel kortekse (V1) talamusta bulunan lateral genikulat nukleustan (LGN) geçerek taşınır. LGN içindeki reseptive alanların retinal gangliyon hücrelerine çok benzediği bilinmekle birlikte renk sinyallerinin ayrıntılarındaki rolü tam açık değildir (1).

V1 anatomik olarak k/y sinyalleri m/s sinyallerden ayıran bölgelere sahiptir. V1’de double-opponent nöronlar visüel alandan gelen sinyalleri kontrast ve aydınlığı belirlemek üzere karşılaştırır. Eş zamanlı renk kontrastlığından ve üç boyutlu görmeden sorumludurlar (1). Eş zamanlı renk kontrastlığı, bir rengin bir başka renk ile kuşatılmasıdır. Çevredeki bir noktanın rengini gözleyerek eş zamanlı renk kontrastı belirlenir. Kırmızı bir çevredeki gri bir nokta yeşil gibi algılanır. Yeşil bir çevredeki gri bir nokta ise kırmızı gibi algılanır. Buradaki kural, nokta renginin

tamamlayıcı çevre rengine eğilim göstermesidir. Bu olay renk görmede önemlidir. Ayrıca rengin etrafını kuşatan renge göre parlaklığı da değişir (1,11).

V1 den çıkan sinyaller ikinci görme merkezine (V2) geçer. 2003 yılında Xiao ve arkadaşları yaptıkları optik görüntüleme çalışmalarında V2 bölgesindeki ince şeritlerde kodlanan renklerin haritasını çıkarmışlardır. V2’de bulunan ince şeritlerin dağılımları glob denilen alt kompartmanlardan geçerek posteriyor inferiyor temporal korteksteki V4 bölgesine gelir (Şekil 2.13). Renk sinyalleri inferiyor temporal korteksin (IT) derin bölgeleri tarafından işlenir. Renk görme merkezinin inferiyor temporal korteksteki anatomik lokalizasyonu -V4 yada V8 bölgesi- henüz kesinlik kazanmamıştır (1, 47).



Şekil 2.13: Renkli görmenin kortikal alanları

Bu şekilde koniler tarafından algılanan rengin, dalga boyu (hue), doygunluğu (saturasyonu), parlaklığı (brightness) retinadan sonra postreseptörel işlenerek aydınlık ve kontrast ayrımı gerçekleştirilir (1).

Primer visual yol; ftopigmentlerin absorbsiyonundan kaynaklanan sinyallerin taşınması için 3 postreseptörel nöronal sistemi içine alır.

- **Luminanse alt sistem;** yüksek spasyal ve temporal duyarlılığa sahip olup M ve L konilerinde tutulan fotonun relatif oranının toplamı tarafından oluşturulan bilgiyi taşır.
- **Kırmızı-yeşil alt sistem;** M ve L konilerinde yakalanan fotonun relatif oranının karşılaştırılmasıyla elde edilen renk kontrastıyla ilgili bilgiyi taşır.

- **Mavi-sarı alt sistem;** M ve L konileri ile S konilerinde tutulan fotonun relatif oranının karşılaştırılmasıyla elde edilen renk kontrastıyla ilgili bilgiyi taşıyan ana sistemdir.

Postreseptörel sistemler tarafından taşınan renk bilgisi, koni fotopigmentlerinin sayısı ile sınırlıdır. Üç normal koni fotopigmentinden bir veya daha fazlasının yokluğunda renkli görme trikromasiden dikromasi ve monokromasiye doğru azalır (1,39,43).

2.3 Renk Görme Kusurları

2.3.1 Kongenital Renk Görme Kusurları

1897 yılında Von Kries tarafından ortaya konulan adlandırmaya göre kongenital renk körlükleri Yunanca terimlerle adlandırılırlar. Renk görme kusurunun saptanma zamanına göre birinci, ikinci ve üçüncü anlamında sırasıyla protan-, deutan- ve tritan- ön ekleri kullanılmıştır (10).

Eğer fotopigment gen kaybı varsa ortaya çıkan renk körlüğü –anopi son eki ile belirtilir. Tek fotopigment gen kaybında dikromatik görme sözkonusudur. L koni gen kaybı olanlara protanop, M koni gen kaybı olanlara deutanop ve S koni gen kaybı olanlara da tritanop denilmektedir. Renk körlüğü ünlü kimyager John Dalton'un anısına Fransızca Daltonien (Daltonizm) olarak ta adlandırılır (1,10). J. Dalton, bazı renkleri farklı gördüğünü gözlemleyerek, bir seri deneylerle uzun dalgaboylarını göremediğini ortaya koydu. Uzun dalga boylarını absorbe eden mavi renkli vitroz jele sahip olduğunu düşünüyordu. Vasiyeti üzerine ölümünden sonra yapılan postmortem incelemelerde Dalton'un hipotezinin doğru olmadığı görülmüşse de gözleri korunmaya devam edilmiştir. 1996 yılında pigment gen dizilimlerinin belirlenmesinin ardından tekrar yapılan inceleme sonunda J. Dalton'un deutanop olduğu anlaşılmıştır (41).

1996 yılında Neitz ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalar renk körlüğünün bazı tiplerinin anlaşılmasına olanak sağlayan hibrid genlerin yapısını ortaya koymuştur. Açıklamalara göre; L ve M pigment gen sekanslarının benzer olması mayoz boyunca onların çapraz over mutasyonlarına zemin hazırlamakta ve k/y renk körlüğüne neden olmaktadır. Bu mutasyonlar ya genlerden birini tam olarak

elimine etmekte ya da sıklıkla L ve M eğrileri arasındaki bölgeyle uyumlu spektral duyarlılığa neden olan L/M hibrid genini oluşturmaktadır. L/M hibrid genine sahip kişilere “anomalili trikromatlar” denir. -anomali son eki renkleri ayırtetmedeki yetersizliği ifade etmektedir. Bunlar deuteranomali, protanomali ve tritanomali şeklinde görülürler. En fazla % 5 oranında k/y renkleri ayırt edemeyen deuteranomali kusuru saptanmıştır (8,43,48).

Tablo 2.2: Kongenital Renk Görme Kusurları

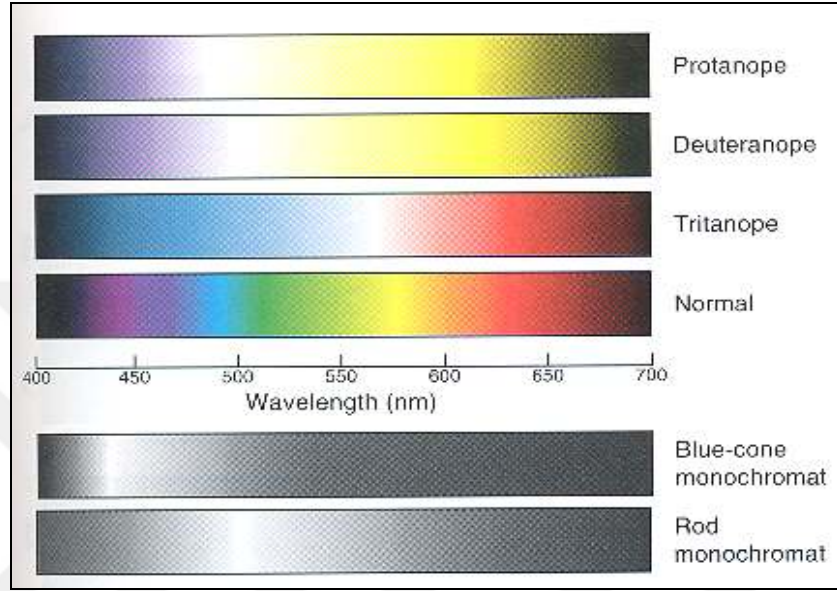
Sınıf	Sıklık	Retinal koniler	Genetik geçiş
Normal		S M L	
Protanopi (ciddi)	%1	S M -	X-çekinik
Protanomali (orta)	%1	S M L	X-çekinik
Deuteranopi (ciddi)	%1	S - L	X-çekinik
Deuteranomali (orta)	%5	S M L	X-çekinik
Tritanopi (orta-ciddi)	1/ 10.000	- M L	Otozomal dominant
Mavi koni monokromasi (çok ciddi)	<1/100.000	S - -	X- çekinik
Akromatopsi (çok ciddi)	1/30.000	- - -	Otozomal çekinik

Tablo 2.2’ de izlendiği gibi renk körlüğü oranı erkeklerde % 8 ve kadınlarda % 0,4 olarak bildirilmiştir (8,39,43).

Normal bir X kromozomu ve L/M hibrid geni taşıyan X kromozomuna sahip kadınlar trikromasi yetmezliği için taşıyıcıdırlar. Bu kadınlar potansiyel tetrakromattırlar (39,43).

Renk ayırt etmenin tam yokluğu *akromatopsi* olarak adlandırılır. Bu kişiler renkleri tonlarına göre değil aydınlık ve doygunluklarına göre ayırt ederler. Rod ve koni monokromatizmi olmak üzere 2 tipi vardır. Rod monokromatizmi 3.kromozomda CNGA3 gen defektinden kaynaklanır. Tüm koni fonksiyonları kayıptır. Nistagmus, fotofobi ve zayıf görme keskinliği ile ilişkilidir. Mavi koni monokromatizminde renkli görme tam olarak kayıptır. X resesif geçiş gösterir. Gerçekte mavi koni pigmentleri vardır, yine de rodlarla görürler. Görme keskinliği belirgin azalmıştır,

fotofobi ve nistagmus eşlik edebilir. Renk ayırtetme testleri ile mavi koni monokromatizmi ve rod monokromatizmi ayırtedilemez. Ancak elektroretinogram (ERG) ile mavi monokromatlarda rezidüel konilerin cevabı gösterilebilir (6,43). Şekil 2.14 te doğumsal renk görme kusurlarının her birinde algılanan renk skalası izlenmektedir.



Şekil 2.14: Kongenital renk görme kusurları

2.3.2 Edinsel Renk Görme Kusurları

Edinsel renk görme kusurları *diskromotopsi* olarak adlandırılır. Kongenital olanlardan farklıdır. En önemli farklılık, edinsel olanların gözlemci tarafından fark edilmesidir. Edinsel kusurlar tek gözde görülürler veya asimetriklerdir. Genellikle görme keskinliğinde azalma, karanlığa uyum zorlukları ile ilişkilidir (6). Sıklıkla mavi renk görme etkilenir (49). Fundus ayrılması, ilerleyici koni distrofileri, maküler dejenerasyonlar, vasküler ve hematolojik hastalıklar, glokom, ailesel dominant optik atrofi, optik sinir hastalıkları, multiple skleroz gibi santral sinir sisteminin demyelinizan hastalıkları, diabetes mellitus gibi sistemik hastalıklar ve kurşun, sigara, alkol gibi toksik ajanlar ile bazı ilaçlar (digoxin, vigabatrin, carbamazepine) retinayı veya optik traktusu etkiler (6,10,11,49-52). Bu hastalıklarla oluşan hasar nonselektiftir. Kongenital kusurlardan farklı öğeler içerir (6,11). Etkilenen bireyler genellikle tritandır ve cinsiyet ayrımı göstermez. Sebebine göre ilerleyici olabilir (10,48). Kongenital diskromatopsi için orjinal

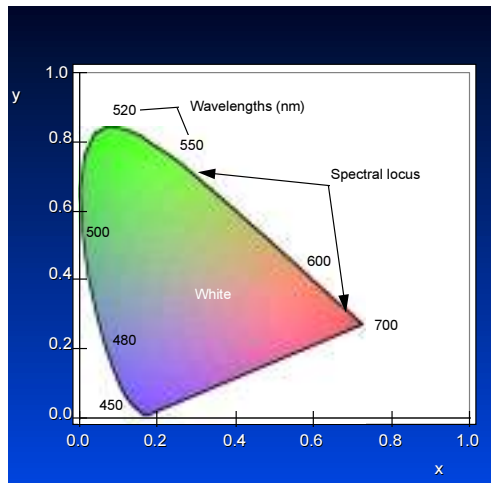
olarak tasarlanmış testler edinsel kusuru olan bireylere uygulandığında değerlendirmede karışıklıklara neden olurlar (6).

Tablo 2.3: Edinsel renk görme kusurları (*Verriest sınıflandırmasına göre*)

Adı	Alternatif adı	FM100HT ile belirlenen renk ayırt etme kusuru	Görme Keskinliği
Tip I	Edinilmiş k/y Protan benzeri	Kırmızı ve yeşil renkleri orta derecede karıştırırlar. Mavi/sarı renk ayırımında kayıp yok/çok azdır.	Hafiften ciddiye azalır.
Tip II	Edinilmiş k/y Deutan benzeri	Kırmızı ve yeşil renkleri orta dereceden ciddiye kadar karıştırırlar. m/s renk ayırımı orta derecede kayıptır.	Hafiften ciddiye azalır.
Tip III	Edinilmiş m /s tritan benzeri	Mavi ve sarıyı karıştırma orta dereceden ciddiye kadardır. Kırmızı yeşil ayırt etme yetersizliği daha azdır.	Normal ile orta derece arasında azalır.

2.4 Renk Görme Testleri

Renk görme, düzenlemeleri farklı olan çeşitli Renk Görme Testleri (RGT) ile değerlendirilir. Pseudoisokromatik resimler, sıralama testleri, anomoloskoplar ve lantern testleri en yaygın kullanılanlarıdır (11). RGT'nin güvenilirliği Uluslararası l'Eclairage Komitesi (CIE) tarafından saptanmıştır. Bu sistem 2 boyutlu diyagram üzerinde normal bir gözlemcinin trikromatik renk eşlemesini gösterir (Şekil 2.15) (6,10,11)



Şekil 2.15: CIE diyagramı

RGT’i, Tablo 2.4’de izleneceği gibi amaçlarına uygun olarak farklı esaslar göz önüne alınarak tasarlanmışlardır.

Tablo 2.4: Renk Görme Testleri

Test tipi	Fonksiyon	Örnek
Görüntüleme testleri	Hızlı tanı	Pseudoisokromatik testler
Derecelendirme testleri	Renk ayırtetme derecesi	FM100HT
Diagnostik testler	Kusurları sınıflandırır	Anomaloskop
Meslek testleri	Renk ayırt etme yeteneğini belirler	Lantern test, FM100HT

2.4.1 RGT’ni Etkileyen Faktörler

Testlerin özel koşullar altında gerçekleştirilmesi etkinliklerini artırır. Işık, uygulama alanının boyutları, kognitive ve emosyonel durumlar testi etkiler. Test sırasında bu faktörlerin kontrol altına alınması hataları en aza indirir.

Güvenilirlik, testin tekrarlayan uygulamalarıyla belirlenir. Aynı bireye tekrarlanan test sonuçlarında uygunluk varsa testin güvenilirliğinin yüksek olduğu bildirilir. Testin doğruluğu, bireylerin performansının Nagel Anomaloskop gibi altın standart testlerle karşılaştırılmasıyla saptanır (6,10,11,53) .

Testin bulunduğu çevrenin aydınlanma durumu test sonuçlarını etkileyen bir diğer önemli unsurdur. RGT’i, kuzey yarımkürede, ışığın öğleden sonra ve kuzeyden geldiği gün ışığında veya standart aydınlanma komitesinin belirlediği yapay aydınlatma altında uygulanmak üzere düzenlenmiştir. Standart illuminant C aydınlatması gün ışığının ortalama spektral dağılımına yakındır (10,19).

Yüksek aydınlatma seviyeleri renklerin doygunluğunu azaltarak testi olumsuz etkiler. Çok düşük seviyeler ise renk ayırımı bozar. Çalışmalarda 250 ile 1200 lux arasında değişen farklı aydınlanma düzeyleri kullanılmaktadır (10,14).

Görüntü alanının büyüklüğü testi etkileyen önemli bir faktördür ve gözlerin objeden uzaklığı ve objenin büyüklüğünden etkilenir. Büyük alanda -anomalili trikromatlar

bazı görüntüleri doğru görürken, alan çok küçük olursa normal trikromatlar karakteristik olmayan hatalar yapabilirler (10).

2.4.2 Görüntüleme testleri

Ishihara testi (IPTT=İsokromatik Plate Table Test)): İlk kez 1873 yılında Alman J.Stilling tarafından geliştirilmiştir. En yaygın kullanılan ve k-y renk körlüğünü saptamada etkinliği kabul edilmiş olan görüntüleme testidir (9,11,12,23). Test bir kitap şeklinde düzenlenmiştir. Renkli tablolar farklı büyüklükte ve renklerde rasgele noktalardan oluşturulmuştur. Bu tablolara normal kişilerin görebileceği ancak renk körlüğü olan bireylerin göremeyeceği şekilde zeminle isokromatik özellik gösteren renkler kullanılarak hazırlanan resimler yerleştirilmiştir. Bu testler ucuzdur, kolay ulaşılır ve dayanıklıdır. Kongenital k/y renk körlüğünü % 90-95 oranında saptar (9-12). Standart koşullar altında uygulanmalıdır (10).

Orjinal düzenlemesi 38 resimden oluşur. Genellikle 12, 16 veya 24 resimli olanlar kullanılır. Kitabın ilk sayfasında normal ve kusurlu bireylerin doğru okuyabileceği resim vardır. Diğer sayfalarda farklı düzenlenmiş resimler vardır. 38 resim içeren testin skorlanmasında normal bireyler 4 ve daha az hata yaparlar. 38 resimden daha az sayıda resim bulunan düzenlemelerde 2 ve daha az hatalar normal kabul edilir (9,10).

American Optical Company Hardy, Rand, and Rittler (AO H- R- R) Test

Ishihara test, sıklıkla k-y renk körlüğünü saptamada etkin AO H- R- R resimleri ile kombine edilir. İlave olarak k/y renk körlüğü için tanı ve derecelendirme yapılabilir. Bu testin Ishihara testinden farklı olan özelliği tritanlar için tanı koydurucu resim içermesidir. Bu test ile orta dereceden ciddiye kadar olan tritan kusurlular belirlenebilir (10,54).

Diğer görüntü testleri

- Sloan Akromatopsia Test, kongenital akromatopsi için düzenlenmiştir.
- Farnsworth F-2 plate testi: tritanopiyi belirler. (10)

2.4.3 Sıralama Testleri

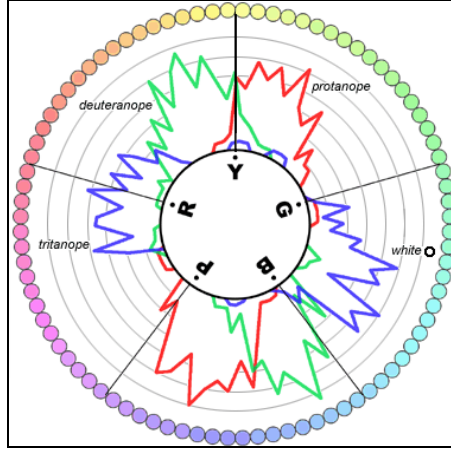
FM100HT :

FM100HT 1957 yılında Dean Farnsworth tarafından düzenlenmiş, 1970 yılında Kinnear, 1988 yılında da Vingrys ve King Smith tarafından geliştirilmiştir (55).

FM100HT; renk görmesi normal insanları renkleri ayırt edebilme yeteneği yönünden sınıflandırma ve renk görme kusuru olanlarda karıştırılan renk zonlarını saptamak üzere düzenlenmiştir. Kongenital renk görme kusurunun derecesi ve tipi belirlenebilir. Francois ve Veriest tarafından edinsel renk görüş bozukluklarının tanısı ve tedavilerin izlenmesinde de yararlı olduğu kanıtlanmıştır (12). Günümüzde en sık bu amaçla optik sinir hastalıkları, senil makulopati, diyabetik retinopati, primer açık açılı glokomda ortaya çıkan edinsel renk görme kusurlarını tanıma ve hastalığın gidişini değerlendirmede kullanılır (49-51).

Bireylerden renkli piyonları renk tonlarına göre sırasıyla dizmesi istenir. Yapılan sıralama hiç hatasız sıralama ile karşılaştırılır. Standart hesaplama yöntemi ile hata skoru hesaplanır. 0-16 arasındaki toplam hata skoru üst düzey renk görüş yeteneği, 20-100 arasındaki toplam hata skoru ortalama renk görüş yeteneği, >100 arasındaki toplam hata skoru, düşük renk görüş yeteneği olarak değerlendirilir (19). Sonuçların kaydedildiği sonuç formunda bulunan grafik üzerinde piyonların numaraları bir çember oluşturacak şekilde en içe yazılır. Hiç hata olmadığında bile skor 2 olarak hesaplanacağından grafikteki en düşük skor 2'dir. Skorlamada en yoğun alanlar 5 ve 10'dadır. Radyal çizgi üzerinde her bir piyon için hata skoru o piyonun numarasının yazılı olduğu noktaya işaretlenir (19,56).

Grafik çizimi yapabilmek için sonuç formunda bulunan işlenmemiş grafik üzerine piyonların hata skorları işaretlenir. İşaretlenen noktaların birleştirilmesiyle ortaya çıkan grafik değerlendirilerek renk görme kusurunun tipi ortaya çıkarılır. Protanlar 62-70, deutanlar 56-61, tritanlar 46-52 arasında orta nokta yaparlar (Şekil 2.16) (6,19).



Şekil 2.16: FM100HT grafik çizimi

Testi uygulayan gözlemciler, bireylerin kontakt lens veya gözlüklerinin varlığına da dikkat etmelidirler (10, 12).

Kognitive ve duygusal faktörler test performansını etkilemektedir. Anksiyete konsantrasyonu ve kognitive yetenekleri etkilemektedir. Uygulayıcı test yapan bireyin anksiyetesini mümkün olduğunca azaltmalıdır (10,15).

Renk görmesi normal bireylerde test sonuçlarını ırk, yaş, eğitim düzeyi, test sırasında sıkılma gibi faktörlerin etkilediği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (14). FM100HT de yaş grupları ve hata skorlarının ilişkisi bir grafikte değerlendirildiğinde U şeklinde bir eğri elde edilmiştir. Bu grafiğe göre en düşük hata skorları 20-30 yaşları arasında elde edilmektedir (49).

Farnsworth D-15 test: Kongenital renk körlüğü olan bireyleri normal bireylerden ayırır. Deutan, protan ve tritanları kendi aralarında hata skorlarına göre sınıflandırır. Uygulamada bireylerden 15 piyonu renk tonlarına göre sıralaması istenir (10,16). Sanayi ve tekstil alanlarında renkleri değerlendiren uzmanların muayenesinde, renk görmenin önemli olduğu pilotluk gibi mesleklerde eğitim için başvuruların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (19,53).

2.4.4 Diyagnostik testler

Nagel anomaloskop: Bireyin renkleri eşleştirerek standart rengi oluşturmasına dayanan bir testtir. Kırmızı yeşil renk körlüğünü belirleme ve sınıflandırmada altın standart bir test olarak bildirilmiştir (10,48).

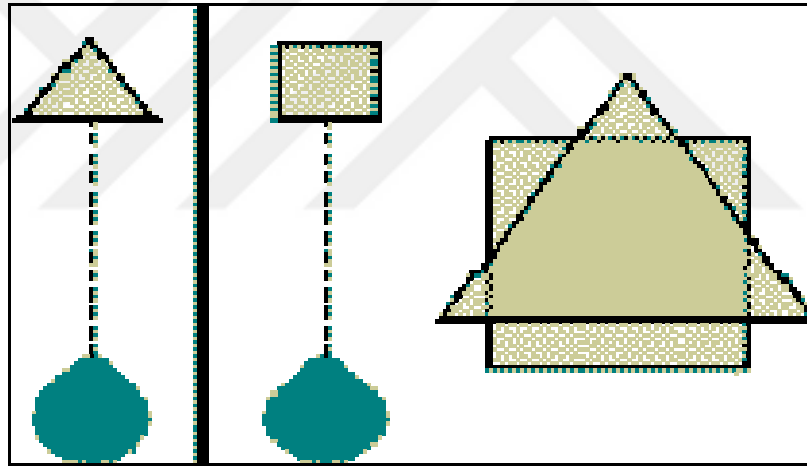
2.5 İki Gözle Tek Görme (Binokülerite)

İnsanlarda iki gözden ayrılan optik sinirler birlikte optik kiazmaya gelirler. Her bir gözün nasalinden gelen lifler optik kiazmada çaprazlaşarak karşı hemisfere ulaşırken, temporalinden gelen lifler çaprazlaşmadan aynı taraftaki hemisfere ulaşır. Bu şekilde beyin her bir yarımına her iki gözden gelen algılar ulaşır. Beyin iki gözden gelen algıları tek bir görüntüde birleştirir. İki ayrı görsel algının tek bir görüntü olarak beyin tarafından birleştirilmesi “binoküler görme” olarak tanımlanır (24).

2.5.1 Binoküler görmenin aşamaları

- **Eşzamanlı algı (Simultane perception)**

İki gözün ayrı ayrı algıladığı görüntülerin üst üste getirilerek algılanması halidir. Binoküler görmenin en temel düzeyini oluşturur (Şekil 2.17).

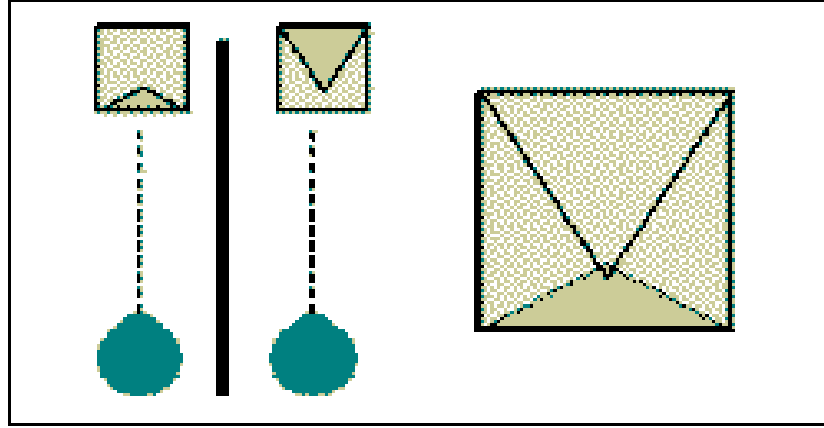


Şekil 2.17: Binoküler görmede “Eşzamanlı Algı”

- **Birleştirme (Füzyon)**

İki gözün ayrı ayrı algıladığı ve aynı nesnenin birbirini tamamlar nitelikteki iki görüntüsünün birleştirilerek o nesnenin eksiksiz ve tam bir görüntüsünün elde edilmesidir. Bu aşamanın iki boyutu vardır. Duyusal füzyon, iki gözden gelen görüntülerin birbirini tamamlar nitelikte olduğunun algılanmasına dayanır (Şekil 2.18). Motor füzyon ise, bu görüntüleri üst üste getirmek amacıyla göz kaslarına gönderilen komutlar yardımıyla gözlerin bakış eksenlerinin ayarlamasını sağlar. Nesnenin konumu ve uzaklığına göre gözler içe veya dışa doğru belli bir açı oluşturarak iki görüntünün üst üste gelmesi sağlanır. Motor füzyon, yani göz

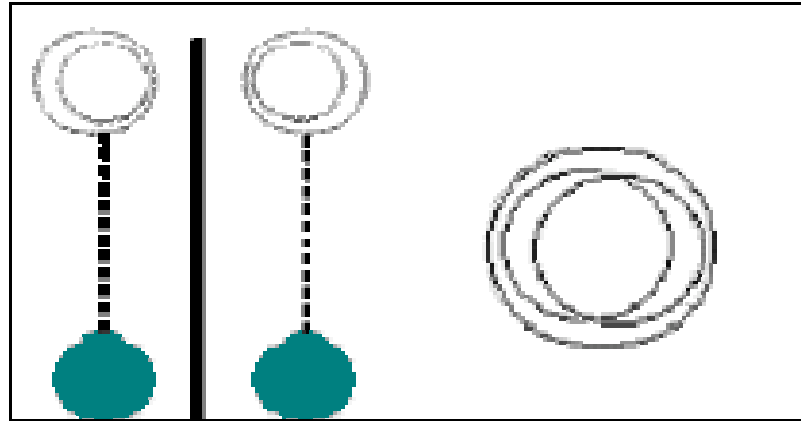
kaslarını nesnelerin görüntülerini birleştirebilecek şekilde kullanabilme yeteneği kişiden kişiye, hatta aynı kişide zaman içinde değişebilen bir kas performansdır.



Şekil 2.18: Binoküler görmede "Füzyon"

- **Derinlik algısı (Stereopsis)**

Binoküler görmenin en üst ve gelişmiş aşamasıdır. Burada iki göz tarafından algılanan ve birbirini tamamlar nitelikte olduğundan birleştirilebilen (füzyon) görüntüler, hafifçe farklı açılardan görüldüğü için birleştirildiğinde derinlik hissi doğar ve nesnenin 3-boyutlu algılanması sağlanır (Şekil 2.19).



Şekil 2.19: Binoküler görmede "Derinlik Algısı"

Diğer yandan tek gözle görme, derinlik algılamasından tamamen yoksun değildir. Çift görme olmadan binoküler görmenin olabilmesi için obje imajlarının her bir retina üzerinde karşılıklı noktalara düşmesi gerekir. Bu durum, gözler bir objeye veya görüntüye odaklanmak üzere hareket ettiğinde her bir gözün fovea centralisi üzerine düşen görsel algı nedeniyle oluşur (24).

Stereoskopik derinlik algılaması, striat ve prestriat kortekste bulunan binoküler stimulusa yanıt veren stereoskopik özelliklere sahip nöronların uyarılmasıyla sağlanır. Bu stereoskopik nöronlar horizontal pozisyon farkı ve görüntülerin algılanma alanları arasındaki yapısal ilişki için özelleşmişlerdir. Birkaç nöron fizyolojik sınırlar içindeki farklılıkları ortaklaşa kapatarak ayar yapar.

1. Eksitator veya inhibitör nöronlar: Yanıtları en üst düzeyde fark olmayacak şekilde (sıfır farklılık) ayarlayan nöronlardır. Bunların her biri hemen yanındaki veya simetrik profildeki görüntüleri ayarlarlar.
2. Ayar yapan nöronlar: Daha büyük farklılıkları düzelteren nöronlardır. Yakın ve uzak ayar yapanlar olmak üzere iki farklı tipte bulunurlar. Bunlar büyükten küçük farklılıklara doğru asimetrik genel eksitator özelliğe sahip olmakla birlikte yaygın olarak sıfır farklılık için inhibitör komponent içerirler.
3. Çapraz stereoskopik nöronlar: Algılama içinde aynı taraftan gelen farklılıklara eksitasyonla ve karşı taraftan gelen farklılığa supresyonla yanıt veren çapraz profile sahiptirler (57).

Stereoskopik nöronlar, rastgele nokta oluşumlardan gelen ve farklı yanıtlar oluşturan çiftleşen retinal imajlar arasındaki yapısal ilişkiyi algılayabilirler (57).

Bir tarama testi olan TNO test, binoküler görmenin varlığını saptamak ve stereopsisi ölçmek amacıyla klinikte kullanılan testlerden biridir (27). Bu testte renk ayırt etme esas alınırken diğer bir test olan Titmus Testinde polarizasyon esas alınmaktadır (26).

2.5.2 TNO Test:

Bu testte kullanılan rastgele nokta stereogramlar ilk kez Aschenbrenner tarafından tasarlanmış ve görsel algılama çalışmaları için en güçlü düzenleme olarak kabul edilmiştir. Test bir kitap şeklinde düzenlenmiştir. Her sayfada renkli tablolar bulunur. Bu renkli tabloların tamamı rastgele nokta stereogramlar şeklinde tasarlanmıştır. Bu stereogramlarda tamamlayıcı renklerin üzerinde çıplak gözle bakıldığında görülemeyen gizlenmiş resimler yer alır. Bu gizli resimler ancak iki gözle görmesi sağlıklı bireylerde ve resimlere iki farklı renkte filtre fonksiyonu gören camlardan oluşan gözlükle bakıldığında görülebilir. Böylece sağ ve sol gözün

ayrı ayrı algıladığı görsel uyarıların santral sinir sisteminde tek ve bütün bir resim algısı olarak birleştirildiği saptanabilir (27).

2.6 Dominant Göz

1903 yılında Rosenbach oküler dominansı araştıran ilk yazar olmuş ve birçok insanın DG'ü olduğunu açıklamıştır (58). Göz dominansı 1976 yılında Porac ve Coren tarafından, genetik geçiş özelliği gösteren ve bir gözden gelen görsel algıların diğer gözden gelen algılara tercih eğilimi olarak tanımlanmıştır (22). Toplumun yaklaşık % 80 inde sağ veya sol göz olmak üzere göz dominantlığı söz konusudur (23).

DG bir yandan beynin işlevsel asimetrisini gösteren en güvenilir objektif ölçü olmakla birlikte (29) diğer yandan bazı görsel fonksiyonlarda öne çıkmaktadır (22). Beynin DG'ün algıladığı görüntüyü kaydettiği diğer gözden geleni baskıladığı açıklanmıştır (24).

Bu tercih çok sayıda algısal etkilere liderlik etmektedir. DG ile bakıldığında görüntüler daha net ve büyük görünür ve belirlenen retinal görüntüler daha geç solarlar (22). Monoküler stimulasyonlu imaj çalışmalarında, DG uyarıldığında bilateral aktivasyon daha geniş alanda tespit edilmiştir (59). DG'ün horizontal düzlemde okurken diğer gözden daha önce aktif olduğu gösterilmiştir. DGden gelen inputların daha duyarlı cevap verebilen veya okumada daha çok dikkati ele geçirebilen, algıyı fark etmede rehberlik eden göz olduğu ileri sürülmüştür (60).

Son çalışmalarda dikkatle ilgili sistemlerin iki göz tarafından farklı aktive olabileceği gösterilerek normal binoküler görmede gözlerin eşit olmayan fonksiyonel role sahip olduğu sonucuna varılmış (22).

Tespit edilen DG'ün üç önemli özelliği vardır.

1. Görme keskinliği, kontrast duyarlılık veya diğer görsel fonksiyonlar daha iyidir.
2. Görmede kullanılan gözdür
3. Rakip uyarıyı en sıklıkla algılayan göz dominant olandır.

DG'ün saptanmasında kullanılan Rosenbach yönteminde, iki göz açık iken işaret parmağı gözün önünde, uzaktaki bir hedefe doğru tutulur. Kişiden bu hedef

noktasına parmağının ucundan bakması istenir. İşaret parmağı ile uzaktaki hedef noktasının görüntüsünün üst üste geldiğinde baş oynatılmadan gözlerden biri sırası ile kapatılıp tek gözle bakılır. Yatay düzlemde görüntünün yerinin değişmediği göz DG kabul edilir (22).

Miles yöntemi, Rosenbach yöntemine benzer uygulanır. Bu yöntemde işaret parmağı ile baş parmak arasında oluşturulan yuvarlak açıklıktan uzakta duran bir noktaya iki gözle bakılır. Gözlerin bu noktaya odaklanması istenir. El yüze doğru yaklaştırılırken o noktayı görmeye devam eden gözün DG olduğu kabul edilir (22,58). Hole in The Card Test’inde bir kart üzerinde oluşturulmuş yuvarlak açıklıktan bakılır. Kart iki el ile tutularak 6 metre mesafedeki uzak noktaya sabit olarak bakılır. Uzak noktanın görüntüsü karttaki açıklıkta sabitlendikten sonra sırasıyla her bir göz kapatılır. Hangi göz açık iken bakıldığında uzak nokta yer değiştirmiyorsa o göz dominant kabul edilir (58).

DG’ü saptamada kullanılan Gündoğan Metodu ve adı geçen yöntemler prensip olarak aynıdır. Gündoğan Metodu’nun bu metodlara göre üstünlükleri bildirilmiştir. Yakın ve uzak noktanın gözlere olan uzaklığı oluşturulan düzenekle sabitlenmiştir. Ayrıca ellerin ve başın hareket etmesi de önlenerek uzak nokta ve yakın nokta üst üste geldikten sonra tek gözün kapatılması işleminde gözler tarafından sabitlenen uzak noktanın yerinde değişiklik oluşmaz. Bunların yanında bir başka üstünlüğü de iki göz arasındaki mesafenin santimetre cinsinden ölçülebilmesi ve güvenilir sayısal değerler elde edilmesidir (29).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma (KA09/14), 2008 Helsinki Bildirgesi etik kurallarına uygun olarak Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu'nun 10.02.2009 tarihli onayı ile gerçekleştirilmiştir.

3.1. Bireyler

Çalışmaya gönüllü olan Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesinde öğrenim gören 19 kız (%35,18) ve 35 (% 64,82) erkek olmak üzere toplam 54 öğrenci çalışma hakkında bilgilendirildi. Yaşları 19-29 yıl ($21,18 \pm 2,52$) arasında değişen öğrencilerin tümü bedensel ve ruhsal açıdan sağlıklıydı.

Öğrencilerin tam göz muayeneleri, Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği'nde gerçekleştirildi. Muayenede görme keskinliği, kırma kusuru, iki göz arasında fark olup olmadığı araştırıldı. Snellen Eşeli'ne göre kırma kusuru saptananların görme keskinliği göz hekimi tarafından gözlük verilerek düzeltildi. Bu düzeltmeden sonra görme keskinliği 10/10'un altında olanlar çalışmaya alınmadı.

Bu öğrencilerde renk körlüğünü saptamak amacı ile 2003 yılında basılmış olan ve doğumsal kırmızı yeşil renk körlüğünü araştırmada üstünlüğü bulunan "Ishihara Renk Körlüğü" kitabı (*Test for colorblindness*) kullanıldı. Bu kitapta yer alan 12 renkli tablonun tamamını veya 10 tanesini hatasız okuyanların renk algılama yeteneği bakımından kusursuz oldukları kabul edildi. İkidenden daha fazla tabloyu değerlendiremeyen bireyler renk körü olarak değerlendirildi.

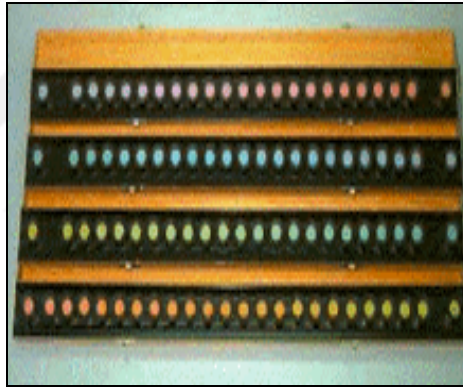
Elde edilen muayene formları incelenerek oküler cerrahi geçirmiş olanlar, doğumsal renk görme kusuru saptananlar, görme keskinliği ve renkli görmeyi etkileyebilecek oküler veya sistemik hastalığı (Diabetes Mellitus, Hipertansiyon) bulunan öğrenciler çalışmaya alınmadı (14,61,62).

Kız öğrencilerin menstrual siklus düzenleri sorgulandı. Menstruel döngüsü 32'den fazla 24'ten az, siklusu düzensiz ve bilinen hormonal bir hastalığı olanlar çalışma dışı tutuldu (62).

3.2. Renk Ayırt Etme Yeteneğinin Saptanması

FM100HT ile sağlıklı bireylerde ayrıntılı olarak renk ayırt etme yeteneği incelenebilmektedir. Renkli görmeyi sınıflandırmada üstün bir test olarak kabul edilmiştir (10-15).

Bir sıralama testi olan bu test, 4 adet tahta kutu, piyonlar ve sonuç formlarından oluşmaktadır. Tahta kutuların her biri, 2 adet birbirine bağlı ve açılıp kapanabilen çerçeveden meydana gelmiştir. Kapağı açılan kutunun içinde piyonların sıralandığı bölmeye panel denilmektedir. İç çapı 1,2 cm, dış yüksekliği 1cm, iç derinliği 0.5 cm olan piyonlar siyah plastikten yapılmıştır. Piyonların ortasındaki 1,2 cm açıklığa renkler ve bu renklerin arka yüzlerine bir tel çemberle sabitleştirilmiş her rengin göstergesi olan sayısal değerlerin yazılı olduğu beyaz bir zemin yerleştirilmiştir. Panellerde bulunan renkli piyonlar, renk çemberini oluşturacak şekilde renk tonlarına göre sırayla dizilmişlerdir (Şekil 3.1).



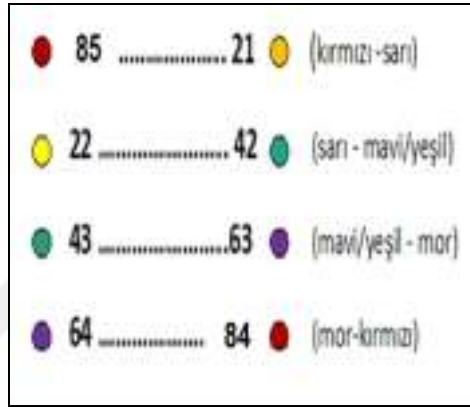
Şekil 3.1: FM100HT'de piyonların renk tonlarına göre dizilim sırası

Renk tonlarına göre sırayla dizilen piyonların arka yüzleri birden başlayarak 85' e kadar numaralandırılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: FM100HT'de piyonların numaralı dizilim sırası

Testte yer alan her bir kutunun başında ve sonunda iki sabit piyon bulunmaktadır. Dört panelde toplam sekiz sabit piyon vardır. Sabit piyonlar dizme işleminde kullanılmayan kılavuz piyonlardır. Diğer piyonlar bu sabit piyonlardan başlayarak renk tonlarına göre sırasıyla dizilirler. Dizme işleminde kullanılan 84 piyonla birlikte dört panelde toplam piyon sayısı 92 dir. İlk panelde 85-21 (kırmızı - sarı), diğerlerinde sırasıyla 22-42 (sarı-mavi/ yeşil), 43-63 (mavi/yeşil - mor), 64-84 (mor-kırmızı) numaralı piyonlar bulunur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Panellerin ayrı ayrı piyon sıralamaları

Tablo 3.1’de izleneceği gibi testin ilk piyonu olan 85 numaralı piyon, dizme işleminde ve skor hesaplamasında kullanılmaz.

Tablo 3.1: FM100HT’de kullanılan renkli piyonların normal sayısal dizilimi

Sabit piyonlar	Sabit Piyonlar Arasında Hatasız Normal Dizilen Piyon Sıralaması
85 - 21	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20-21
22 - 42	22 - 23 - 24 - 25 - 26 - 27 - 28 - 29 - 30 - 31 - 32 - 33 - 34 - 35 - 36 - 37 - 38 - 39 - 40 - 41 - 42
43 - 63	43 - 44 - 45 - 46 - 47 - 48 - 49 - 50 - 51 - 52 - 53 - 54 - 55 - 56 - 57 - 58 - 59 - 60 - 61 - 62 - 63
64 - 84	64 - 65 - 66 - 67 - 68 - 69 - 70 - 71 - 72 - 73 - 74 - 75 - 76 - 77 - 78 - 79 - 80 - 81 - 82 - 83 - 84

Hata skorlarının gösterildiği ve test sonucunu belirleyen sonuç formları; panellerdeki piyonların normal sıralı dizileri, birey tarafından dizilen piyonların sıralaması ve diğer kişisel bilgilerin bulunduğu formlardır. Renk dizilimi kişi tarafından gerçekleştirildikten sonra tahta kutular kapatılıp ters çevrilir ve

piyonların dizilim sırasını belirlemek üzere arkalarındaki beyaz zeminde görülen sayısal değerler bu test formuna yazılır. Bireyin piyonları sıralama dizisinin normal dizilim sırası ile karşılaştırılmasıyla hata skoru saptanarak renkleri ayırt etme yeteneği değerlendirilir. Hata skoru 0 ile 16 arasında değişen bireylerin renkli görme yeteneğinin üst düzeyde olduğu, hata skoru 20-100 arasında olanların renk ayırt etme yeteneğinin orta düzeyde olduğu, hata skoru 100 ün üzerinde saptananların renk ayırt etme yeteneğinin düşük düzeyde olduğu kabul edilir (6,47). Çalışmada test sonuçlarının kayıt edildiği test sonuç formlarına, kişisel bilgiler, saptanan DG, iki göz açık, sağ göz açık ve sol göz açık olmak üzere dizilen piyonların sıralamaları ve bu sıralamaların hata skorları kaydedilmiştir (Şekil 3.4).

BASKENT ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI
FARNWORTH 100 HUE TESTİ
Hazırlayan: Yrd. Dr. Hüseyin Özyıldırım

Adı Soyadı: _____ Yaşı: _____ Cinsiyeti: _____
Boy Rengi: _____ Göz Rengi: _____ El Tercih: _____
Doğum Tarihi ve Yeri: _____ Ailede Renk Körlüğü Var mı? _____
Daha Önce Renkli Görüşmede İlgili Bilgi Var mı? _____

Normal Sıra

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Hata Skoru

Doğru Sıra

Hata Skoru

Doğru Sıra

Hata Skoru

Doğru Sıra

Hata Skoru

Doğru Sıra

Hata Skoru

Bu testi glaukoma olarak kullanın.

Şekil 3.4: Çalışmada kullanılan FM100HT sonuç formu

3.2.1. FM100HT uygulaması

Testin başlangıcında her bireyin teste aynı yanlış dizilimle başlamasını sağlamak amacıyla önceden hatalı bir dizilim hazırlandı. Bu dizilim bireyler teste başlamadan önce sıralanarak renkli piyonların karışık ve yanlış dizilimleri öğrenciye sunuldu.

Her teste aynı hatalı dizilim verilerek teste bir standart uygulama disiplini getirildi. Bireye uygulanan bu hatalı dizilim Tablo 3.2 de izlenmektedir.

Tablo 3.2: FM100HT’de kullanılan renkli test piyonlarının her öğrenciye uygulanan hatalı dizilimi

Sabit piyonlar	Standart Hatalı Dizilim
85 -21	2 – 7 – 16 – 9 – 20 – 13 – 5 – 19 – 14 – 17 – 3 – 11 – 15 – 6 – 2 – 8 – 18 – 4 – 10 – 1 - 12
22- 42	36 – 32 – 23 – 37 – 40 – 31 – 24 – 28 – 35 – 41 – 39 – 33 – 26 – 30 – 38 – 27 – 34 – 42 – 22 -29 - 25
43- 63	61 – 45 – 57 – 60 – 51 – 49 – 62 – 53 – 43 – 56 – 48 – 59 – 44 – 55 – 52 – 47 – 63 – 58 – 54 – 50 - 46
64- 84	81 – 72 – 77 – 66 – 79 – 73 – 84 – 69 – 65 – 80 – 78 – 68 – 75 – 64 – 70 – 83 – 71 – 76 – 67 – 82 - 74

Tüm testler sessiz bir ortamda gerçekleştirildi. Test düzeneği kuzeyden gün ışığıyla aydınlanan pencere önünde ve siyah zemin üzerinde hazırlandı. Testler 13:⁰⁰-14:⁰⁰ saatleri arasında, günün aynı zaman diliminde gerçekleştirildi. Güneşli olmayan bulutlu havalarda test yapılmadı. Gözlük kullanan öğrenciler test sırasında renksiz gözlüklerini kullandılar (10).

Hatalı dizilen piyonların bulunduğu tahta kutular siyah zemin oluşturulan masanın üzerine piyonların renkli yüzleri üstte olacak şekilde ve bireylerden okuma mesafesi (~50cm) uzaklığında yerleştirildi (10). 85-21 nolu piyonları içeren ilk panel açılarak teste başlandı. Bireylerden piyonları horizontal düzlemde kılavuz piyonlardan başlayarak renk tonlarına göre dizmeleri istendi.

FM100HT’in standart uygulamasında her panel için 2 dakikalık sürenin yeterli olacağı bildirilmiştir (14,19). Çalışmada kesinleşmiş sürenin yaratacağı stresin dikkati olumsuz yönde etkileyeceği düşünülerek öğrencilere test süresinde kısıtlama getirilmediği belirtildi. Ancak testlerin genel olarak bu süreden daha kısa sürede tamamlandığı gözlemlendi.

Bireyler arasında eşitlik sağlamak amacıyla testler her bireye aynı deney sıralaması izlenerek uygulandı. Testler önce iki gözle, ardından sağ göz ve en son sol göz

olmak üzere uygulandı. Tek gözle test uygulanırken diğer göz kapatıldı. Şekil 3.5’te sağ göz açık yapılan uygulama gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Bir göz açık olarak FM100HT uygulaması

Kız öğrencilerde renkli görme ölçümlerinin yapıldığı hormonal değişim dönemleri özenle seçilerek ölçüm yapılan dönemlerin siklusun 5-20. günler arasında olmasına dikkat edildi (62).

Tüm bireylerin DGleri, her bireye üç ayrı FM100HT uygulandıktan sonra saptandı.

3.2.2. Hata Skorlarının Hesaplaması

Her piyon için tek tek hata skorunun saptanması

Hata skoru hesaplanırken her piyonun doğru sıralamadaki yeri tek tek değerlendirilir. Her piyon için iki yanında bulunan piyonların numaraları arasındaki aritmetik farkın toplamı olan sayısal değer, o piyon için hata skorunu belirler. Bu durumda normal dizilen piyonlarda hata skorunun sıfır değil 2 olacağı dikkate alındı.

Tablo 3.3’ te piyonlar birey tarafından yanlış sıralandığında hata skorunun, doğru sıralamaya göre nasıl hesaplandığı izlenmektedir. Bu örnekte...5-6-7-8-9-10...şeklinde sıralanması gereken normal piyon sırası ..5-6-7-13-11-9.. olarak sıralanmış ise 6. piyon için hata skoru; bir önceki 5 numaralı piyon ile aralarındaki sayısal fark olan 1 ve bir sonraki 7 numaralı piyon ile aralarındaki sayısal fark olan

1'in toplamı olan 2' dir. Normalde 8 numaralı piyonun olması gereken yerde sıralanan 13 numaralı piyon için hata skoru; bir önceki 7 numaralı piyon ile aralarındaki sayısal fark olan 6 ve bir sonraki piyon olan 11 numaralı piyon ile aralarındaki sayısal fark olan 2'nin toplamı olan 8'dir.

Tablo 3.3: Örnek skor hesaplaması

Doğru sıralama	5	6	7	8	9	10
Dizilen sıra	5	6	7	13	11	9
Hesaplama		1 + 1	1 + 6	6 + 2	2 + 2	
Hata skoru		2	7	8	4	

Toplam hata skorunun hesaplanması

Toplam hata skoruna ulaşmak için öncelikle m/s arasındaki renkleri görmeyi değerlendiren 1-12, 34-54 ve 76-85. piyonların hata skoru, daha sonra k/yarasındaki renkleri görmeyi değerlendiren 13-33 ve 55-75. piyonların hata skorları saptanır. Her birinde 42 piyon bulunmaktadır. Böylece toplam dizilen piyon sayısı olan 84 sayısal değerine ulaşılmaktadır.

Toplam hata skorunu belirlemek için; m/s (m/s) bölge ve k/y(k/y) bölgelerin hata skorundan her birinde bulunan 42 piyonun 2 katı olan 84 sayısı çıkarılır. Elde edilen sonuçlar toplanır. Hesaplama 2 katının çıkarılmasındaki amaç doğru dizilen piyonların hata skoru olan 2 sayısının toplam skora eklenmesini önlemektir (14,19).

Çalışmada bireyler panellerdeki dizme işlemini tamamladıktan sonra tahta kutular ters çevrilerek piyon dizilimleri skor formlarına kaydedilmiştir. Üç testin sonunda kayıtlar bilgisayar ortamında excell programına aktarılmıştır. Standart hesaplama göre hata skoru hesaplaması formüle edilen bu programda her bireyin toplam hata skorları, m/s hata skorları ve k/y hata skorları hesaplanmıştır.

3.3. Dominant gözün saptanması

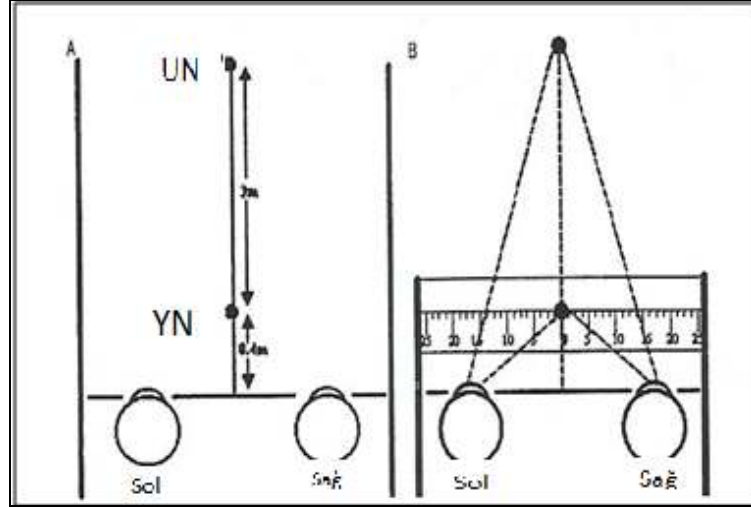
Çalışmada DGü belirlemek amacıyla Rosenbach ve Miles'tan esinlenerek düzenlenen Modifiye Gündoğan Metodu kullanıldı (29).

Bu yöntemin uygulanmasında birey bir tabureye oturtulur. Çenesini ve alnını hazırlanmış olan desteklere yerleştirmesi sağlanır ve baş elastik bandajla tespit edilir. Böylece başın hareket etmesi önlenir. Eller masanın iki yanında bulunan sabit tutma bölgelerini sıkıca kavrar. Böylece ellerin hareketi kesin olarak kısıtlanır. Bireylere, test süresince başlangıç duruşunu korumaları gerektiği vurgulanır. Hareket ederse teste yeniden başlanır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Gündoğan metodu ile DG'ün saptanmasında kullanılan test düzeneği ve Yakın Nokta (YN)

DG'ü belirlemek için 3 mm çapında iki siyah referans noktası kullanılmaktadır. Birinci nokta gözden 40 cm uzakta ve sisteme yatay olarak eklenen saydam cam pano üzerinde bulunan yakın noktadır (YN) (Şekil.3.6). Şahsın iki gözü açık olarak uzağa bakarken iki gözü birleştiren yatay çizginin tam ortasından geçen ve karşıya doğru uzanan dik hayali çizginin saydam cam panoyu kestiği yerde YN sabit olarak bulunur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Gündoğan Metodu'nun şematik çizimi.
(Yakın nokta(YN), uzak nokta (UN)) (29)

YN'nın iki yanında sıfır noktaları birbirine bitişik olan saydam iki ince cetvel yerleştirilmiştir. İkinci referans noktası, YN'dan 3 metre uzakta karşı duvarda göz hizasında beyaz zemin üzerinde bulunan uzak noktadır (UN). Bu nokta sabit değildir ve bireyin yönlendirmelerine göre gözlemci tarafından her yöne hareket ettirilebilir. Deney şahsından sürekli UN' a bakarak YN ile UN üst üste gelecek şekilde gözlemciyi yönlendirmesi, YN ve UN üst üste geldiğinde ise bildirmesi ve hiç hareket etmemesi istenir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Uzak noktanın yönlendirilmesi

Bu şekilde UN hareket ettirilerek iki noktanın üst üste gelmesi sağlandığında bireyden hiç hareket etmeden sürekli olarak aynı noktaya bakması istenir. Gözlemci deney şahsından önce bir gözünü kapatmasını ister. Yatay düzlemde iki nokta arasında uzaklaşmanın olup olmadığını sorar. Uzaklık var ise saydam panodaki cetvelden yararlanarak bu uzaklığın kaç cm olduğunu söylemesini ister. Ardından diğer göz kapatılarak aynı işlem tekrarlanır (Şekil 3.8). Bilgiler deney formuna kayıt edilir.

Gözlerden biri kapatılarak tek göz ile bakıldığında YN ile UN arasında horizontal planda hiç ayrılma yoksa, bu iki noktanın üst üste gelme durumu devam ediyorsa bu durumda açık olan göz DG'dür. Bu test düzeneğinde her iki göz için ayrı ayrı ölçüm yapıldığında YN ile UN arasında cm olarak ölçülen ayrılma mesafesi karşılaştırılabilmektedir. Bu referans noktalarının birbirinden uzaklaşma mesafesi en az olan göz DG'dür. Örneğin; sağ göz için 1 cm sol göz için 5,5 cm saptanmış ise DG sağ gözdür.



Şekil 3.9: DG'ün saptanması

Saptanan DG çalışma için düzenlenen test sonuç formlarına kaydedildi (Şekil. 3.10).



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

(KA09/14 No'lu proje)

Ad Soyad:

Doğum Tarihi:

Sistemik bir hastalığınız var mı?

Gözle ilgili bir hastalığınız var mı?

Oküler cerrahi geçirdiniz mi?

DOMİNANT GÖZ TESPİTİ

METOD: GÜNDOĞAN Metodu

Sağ göz:cm.

Sol göz:cm.

İki nokta arasındaki mesafe:cm.

Dominant göz:

TNO TEST

Resim 1	
Resim 2	
Resim 3	
Resim 4	
Resim 5	
Resim 6	
Resim 7	
Sonuç	
Değerlendirme	

imza

Şekil. 3.10: Saptanan DG'ün ve TNO test sonuçlarının kaydedildiği form.

3.4. Normal İki Gözle Görmenin Saptanması

Renk ayırt etme yeteneğini belirlemek amacıyla FM100HT tamamlandıktan sonra ikinci test olarak binoküler görme varlığını ve düzeyini saptamada kullanılan TNO test* uygulandı. Bu test, sadece binoküler görüşle görülebilen, her biri gizlenmiş test öğeleri içeren üç boyutlu resimlerin bulunduğu bir kitap şeklinde düzenlenmiştir. TNO test kitabında bulunan renkli tabloların tamamı rastgele nokta stereogramlar şeklinde tasarlanmıştır (27).

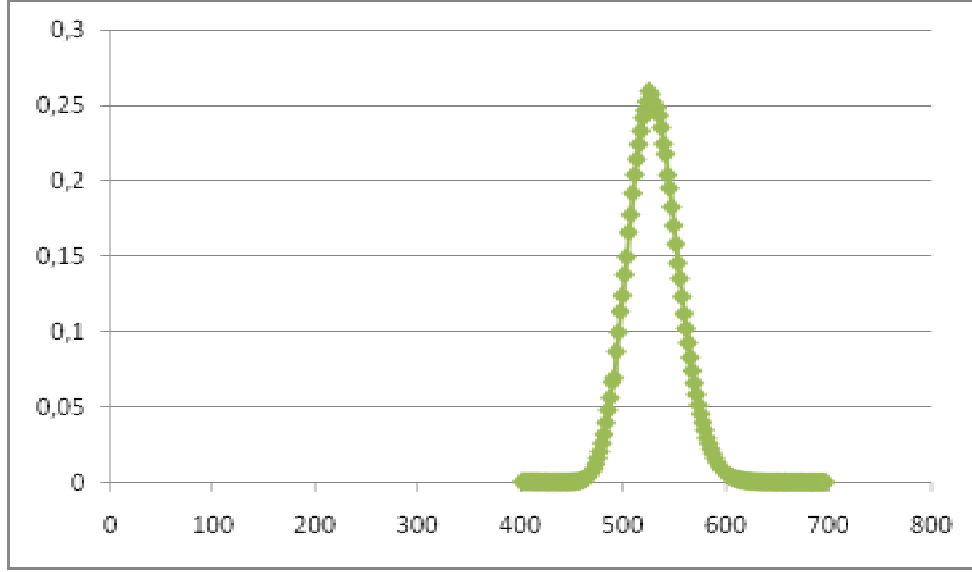
**(TNO test for stereoscopic vision, Schairer OphthalTechnik, Alexanderstr.55-70182 Stuttgart)*

Bu renkli tablolarda çıplak gözle bakıldığında gizlenmiş, görünmeyen şekiller vardır ve bunlar tamamlayıcı renklerden oluşan zemin üzerinde bulunur. Bu renkli tabloların bu şekilde hazırlanmasının amacı her iki gözün önüne ışığı farklı geçiren iki farklı renkte filtreli camlar konulduğunda renkli tablodaki gizlenmiş resimlerin fark edilmesini sağlamaktır. Bu durumda renkli tablolara bakarken tablolardaki renklerden bir tanesine büyük ölçüde geçirgen olan filtreli cam gizlenmiş olan diğer resmin de görülmesini sağlar. Eğer şahıs bu gözlük uygulandıktan sonra gizli resmi göremiyorsa görme işleminde iki göz açık iken tek gözünden gelen algıların santral sinir sistemine (SSS) ulaştığı anlaşılr. Sağ ve sol gözün ayrı ayrı algıladığı görsel uyarıların SSS’de tek ve bütün bir resim algısı olarak birleştirildiği saptanabilir.

TNO testinde filtre olarak camlarından biri yeşil diğeri kırmızı renkte özel bir test gözlüğü kullanılmaktadır. Tablolarda yer alan gizlenmiş şekiller, iki göz açık iken bu test gözlüğü takılıp bakıldığında algılanabilmektedir. Yeşil cam sağ gözün önünde, kırmızı cam sol gözün önünde yer alır. Her biri geçirgen olmadıkları dalga boylarına karşı filtre oluşturur. Böylece gözlük uygulandığında her bir göze farklı dalga boyunda ışınların ulaşması sağlanmaktadır.

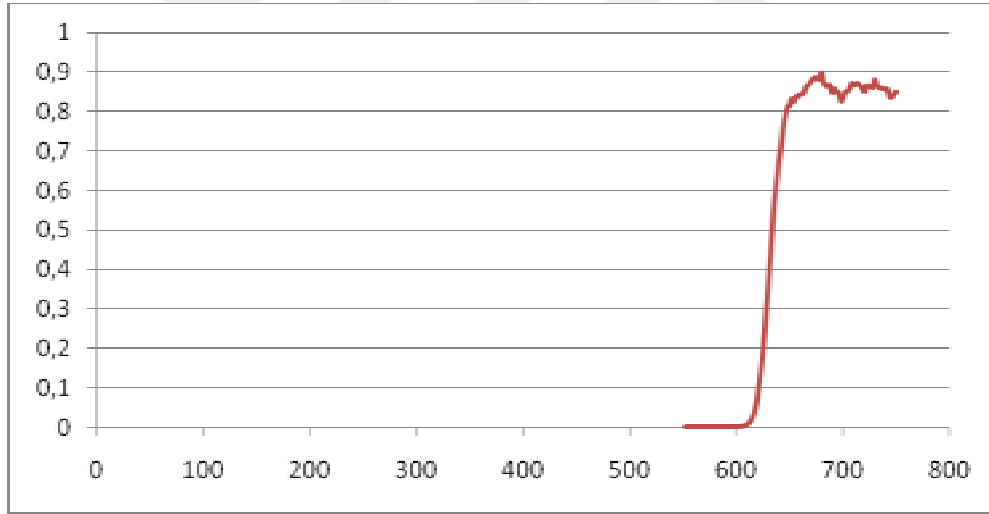
Bu gözlükle hareketsiz bir resme veya hareket eden stereoskopik bir cisme bakıldığında bu cismin veya resmin sol parçası kırmızı filtreden geçen uzun dalga boyunda gelen ışınların etkisiyle görülürken, sağ parçası yeşil filtreden geçen orta dalga boyunda gelen ışınların etkisiyle görülür. Oluşan iki farklı görüntü üst üste gelerek bir kontrastlama yaratır. Bu esaslara göre TNO test uygulandığında binoküler görmenin aşamalarını oluşturan eş zamanlı algı, birleştirme ve derinlik algısının varlığı belirlenebilmektedir. TNO test uygulamasında tüm renkli tablolara bu test gözlüğü kullanılarak bakılmaktadır.

Çalışmada kullanılan test gözlüğünün camlarının geçirgen olduğu dalga boyu aralıkları, Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü’nde ölçülmüştür. Bu ölçümlere göre yeşil renkli gözlük camı, duyarlılık tepe noktası 526 nm olmak üzere orta dalga boylarında ışığa geçirgendir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Yeşil camın geçirgen olduğu dalga boyu aralığı
(402-698 nm)

Kırmızı renkli gözlük camının ise duyarlılık tepe noktası 668 nm olmak uzun dalga boylarına geçirgen olduğu saptanmıştır (Şekil 3.12).



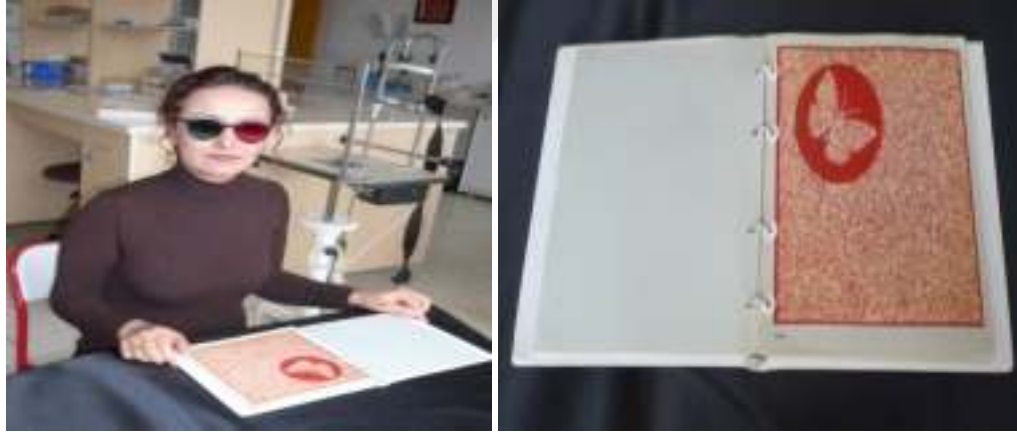
Şekil 3.12: Kırmızı camın geçirgen olduğu dalga boyu aralığı.
(552-750 nm)

Kırma kusuru olan öğrencilerde görme keskinliklerinin devamlılığını sağlamak amacıyla renksiz beyaz camlı gözlüklerinin üzerine test gözlüğü uygulanmıştır (10). TNO test kitapçığında kullanım amaçlarına uygun tasarlanmış toplam 7 renkli tablo bulunmaktadır. Tablo 3.4'de bu renkli tabloların kullanım amaçları ve işlevsel adlandırmaları görülmektedir.

Tablo 3.4: TNO test tablolarının işlevsel adlandırması ve kullanım amaçları

	İşlevsel adlandırma	Kullanım amacı
Renkli tablo no 1,2 ve 3	Binokülerite Tarama Testleri	Binoküler görme ve stereopsisin varlığını saptar
Renkli tablo no 4	Supresyon Testi	Baskılanan gözü belirler.
Renkli tablo no 5,6 ve 7	Stereoskopik Duyarlılık Testi	Stereoskopik duyarlılık düzeyini saptar. (480,240,120,60,30,15 arcsn)

Renkli tablo no 1: Bu tabloya test gözlüğü olmadan bakıldığında bir adet kelebek görülmektedir. Test gözlüğü uygulandığında bu kelebeğin zeminden daha yukarıda algılanması ve karşı köşesinde daha küçük boyutta ve derinlik hissi ile birlikte ikinci bir kelebeğin görülmesi kişinin binoküler görmeye sahip olduğunu kanıtlar (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: TNO Testte kullanılan test gözlüğü ve renkli tablo no 1

Renkli tablo no 2: Bu renkli tablo içinde birer adet farklı büyüklükte yuvarlak disklerin yer aldığı dört eşit parçaya ayrılmıştır. Test gözlüğü olmadan bakıldığında sarı zemin üzerinde kırmızı renkli 2 adet disk görülür. Test gözlüğü uygulandığında ise binoküler gören bireyler diğer karelerde bu kez kırmızı zemin üzerinde sarı renkte, diğerleri ile aynı büyüklükte 2 disk daha görürler. Böylece fark edilen disklerin sayısı dörde ulaşır. Dört diskin fark edilmesi binoküler görmenin sağlıklı olduğunu gösterir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Renkli tablo no 2 ve testin uygulaması

Renkli tablo no 3: Gözlüksüz bakıldığında rastgele nokta stereogramlarla oluşturulmuş kare şeklindeki kırmızı zemin üzerinde, sarı renkli bir artı işareti (+) görülmektedir (Şekil 3.15). Test gözlüğü uygulandığında ise artı işaretinin çevresinde dört farklı geometrik şekil (daire, kare, üçgen ve eşkenar dörtgen) belirlemektedir. Test uygulanırken test gözlüğünü kullanan bireye artı işaretinin çevresinde gördüğü geometrik şekilleri adlandırması istenir. Derinlik algısının varlığı ve doğru adlandırma durumunda o bireyin binoküler gördüğü saptanır.

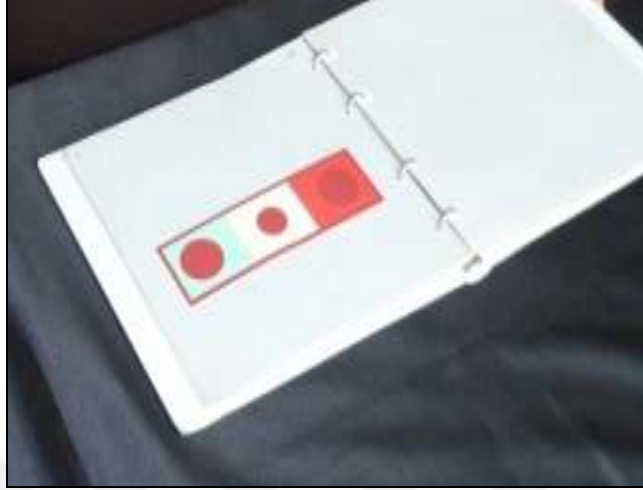


Şekil 3.15: Renkli tablo no 3

İki gözle görme sağlıklı değilse; bu ilk üç resim içinde bulunan ve ancak test gözlüğü uygulandığında görülebilen gizlenmiş öğeler görülemez.

Renkli tablo no 4: Supresyon testi olan bu teste test gözlüğü uygulanmadan bakıldığında dikdörtgen şeklinde bir alanın üç eşit kareye bölündüğü görülür. Her

bir karenin zemin rengi soldan sağa doğru kırmızı, sarı ve yeşil olmak üzere farklıdır. Bu zeminlerin üzerinde, ortadaki karede küçük yanlardaki karelerde büyük olmak üzere birer adet kırmızı renkli disk bulunmaktadır. Bu diskler hem gözlük ile hem de gözlük olmadan görülmektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Renkli tablo no 4

İki gözle görmesi sağlıklı kişilerde gözlük uygulandıktan sonra ve sağ gözün görmesi engellendiğinde resmin sağ tarafındaki yeşil zemin üzerinde bulunan kırmızı yuvarlak diskin görüntüsü zemin ile eşdeğer özellik kazanır ve ayırt edilemez (Şekil 3.17).

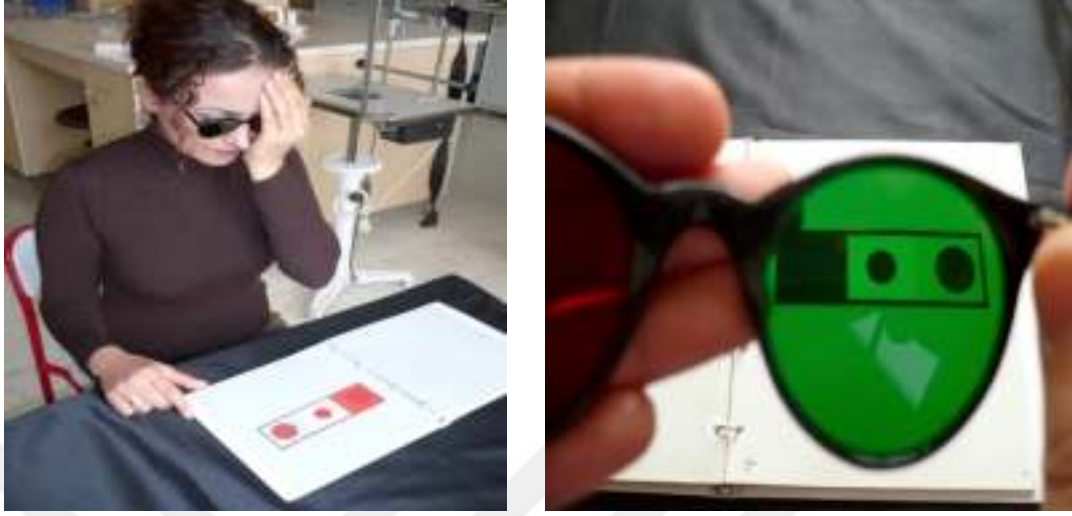


Şekil 3.17: Renkli tablo no 4-sol göz açık

(Binoküler gören bireylerde 4. renkli tabloya bakarken sağ gözün görmesi engellendiğinde sağ tarafta bulunan yeşil zemin üzerindeki kırmızı renkli diskin zeminden ayırt edilemeyen görünümü izlenmektedir)

Aynı şekilde sol gözün görmesi engellendiğinde sol taraftaki kırmızı zemin üzerindeki daha koyu kırmızı renkli diskin görüntüsü kaybolur (Şekil 3.18). Çünkü

sadece bu disklerin yer aldığı kırmızı veya yeşil zeminden yansıyan ışık, kırmızı ve yeşil cam filtreden geçer. Böylece tamamlayıcı renklerden oluşan zeminden yansıyan ışık etkin olarak absorbe edilmektedir.

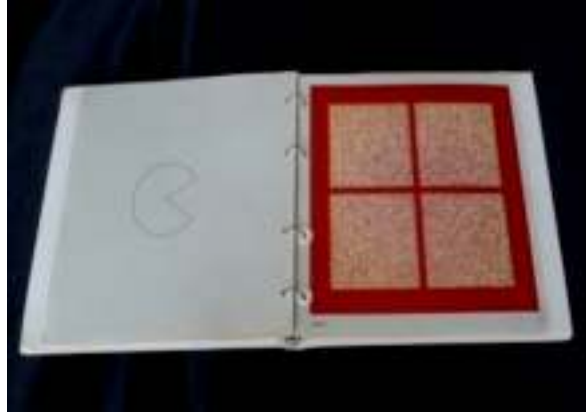


Şekil 3.18: Renkli tablo no 4-sol göz açık

(Binoküler gören bireylerde renkli tablo no 4'e bakarken sol gözün görmesi engellendiğinde sol tarafta bulunan kırmızı zemin üzerinde yer alan daha koyu kırmızı renkli diskin zeminden ayırt edilemeyen görünümü izlenmektedir)

Binoküler görmesi sağlıklı olmayan monoküler bireyler test gözlüğünü kullanarak her iki göz açık iken tabloya baktığında, üç yuvarlak diskten ortadaki ve onun bir yanındaki olmak üzere iki disk görür. Yanlarda görülen diskin yeri fonksiyonel işleve sahip olan gözü belirler. Ortadaki diskin sağındaki büyük diskin görülmesi, sağ gözün işlevsel fonksiyon gösterdiğini, bu durumda sol gözün SSS düzeyinde fonksiyon dışı bırakılarak baskılanan göz olduğu anlaşılır.

Renkli tablo no 5-7: Bu grupta yer alan renkli tabloların hepsi de sarı-kırmızı renklerden oluşan rastgele nokta stereogram özellik gösteren dört eşit parçaya ayrılarak hazırlanmıştır. Her karenin içinde bir parçası eksik ve açıklıkları farklı yönlerde doğru olan, sadece test gözlüğü ile görülebilen yuvarlak diskler yer alır. Testi yapan gözlemci, bireye şekillerdeki açıklıkların hangi yönde olduğunu sorar (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: Renkli tablo no 5-7
(Resmin sol tarafında, bir parçası eksik diskin görünümü izlenmektedir)

Bu renkli tabloların her birinde iki derinlik seviyesi bulunmaktadır. Bu nedenle birbirini izleyen üç tabloda derinlik algılamasıyla ilgili olarak 6 stereopsis seviyesi elde edilmektedir. Açı olarak derinlik derecesi 480-15 arc sn aralığında değiştiğinden 5. renkli tablodan 7. renkli tabloya doğru derinlik duygusunun hassasiyeti artmaktadır. Bu nedenle çalışmada giderek artan hassasiyeti de belirtmek üzere birden altıya kadar artı (+) işareti ile derecelendirilmiştir (Tablo 3.5)

Tablo 3.5: Stereoskopik Duyarlılık Tablolarının değerlendirilmesi
(SD; Stereoskopik Duyarlılık)

Görülen Diskler	SD Derecesi
İlk 4 tabloyu doğru görme	İki gözle tek görme
İlk 4 tablo ve 5. renkli tabloda üstte yer alan 2 diski doğru görme	+ (480 arc sn)
5. renkli tablodaki 4 diskin tamamını doğru görme	++ (240 arc sn)
5. renkli tablo ve 6. renkli tabloda üstte yer alan 2 diski doğru görme	+++ (120 arc sn)
6. renkli tablodaki 4 diskin tamamını doğru görme	++++ (60 arc sn)
6. renkli tablo ve 7. renkli tabloda üstte yer alan 2 diski doğru görme	+++++ (30 arc sn)
7. renkli tablodaki 4 diskin tamamını doğru görme	++++++ (15 arc sn)

Ancak çok üst düzeyde derinlik algısına sahip bireyler 7. renkli tablodaki disklerin açıklık yönlerini tam olarak saptamaktadırlar. Özetle 5,6 ve 7. renkli tablolar gözün stereoskopik duyarlılığını saptamada önemli ipuçları veren tablolardır.

Testin sonunda belirtilen ilkelere göre ilk 4 testi geçen öğrenciler binoküler görmeye sahip bireyler olarak kabul edildi.

Çalışmada kullanılan tüm testler, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Laboratuvarında her test bireysel olarak ve ayrı ayrı olmak üzere gerçekleştirildi.

3.5 İstatistiksel Analiz

Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uyumu Shapiro-Wilk testi ile kontrol edildi. Varyansların homojenliği ise Levene testi ile analiz edildi. Parametrik testlerin ön şartlarının yerine gelmediği görüldüğünden bağımsız iki grup karşılaştırmalarında Mann-Whitney U testi kullanıldı. Bağımlı iki grup karşılaştırmaları Wilcoxon testi ile gerçekleştirildi. Bağımlı üç veya daha fazla grubun karşılaştırılması amacıyla Friedman testi ve ardından çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Bonferroni - Dunn testi kullanıldı. Sonuçlar ortalama±standart sapma ve ortanca değer olarak ifade edildi. Kategorik verilerin analizinde Fisher Exact test kullanıldı. Sonuçlar n ve % olarak ifade edildi. $p < 0.05$ düzeyi istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Veri seti SPSS programı (SPSS version 17.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak değerlendirildi.

4. BULGULAR

Çalışmaya 19 kız (% 35,18) ve 35 (% 64,82) erkek olmak üzere toplam 54 öğrenci ile başlanmıştır. Göz muayenesinde uygulanan Ishihara Testi'nin sonucunda iki erkek öğrenci renk körlüğü tanısı almış ve bu öğrenciler çalışmanın dışında tutulmuştur. Çalışmanın daha ileri aşamasında TNO test uygulamasında farklı iki öğrencinin görme işlevinde bir gözlerini kullandıklarının saptanması üzerine bu öğrencilerin FM100HT sonuçları istatistiksel olarak değerlendirmeye alınmamıştır. Sonuç olarak; çalışmada yaş ortalaması $21,18 \pm 2,52$ olan, 19 kız (% 38) ve 31 erkek (% 62) öğrenci olmak üzere toplam 50 öğrencinin test sonuçları değerlendirilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Çalışmaya katılan öğrencilerin yaş bilgileri

(Veriler ortalama $\pm$ standart sapma, ortanca ve minimummaksimum olarak verilmiştir.)

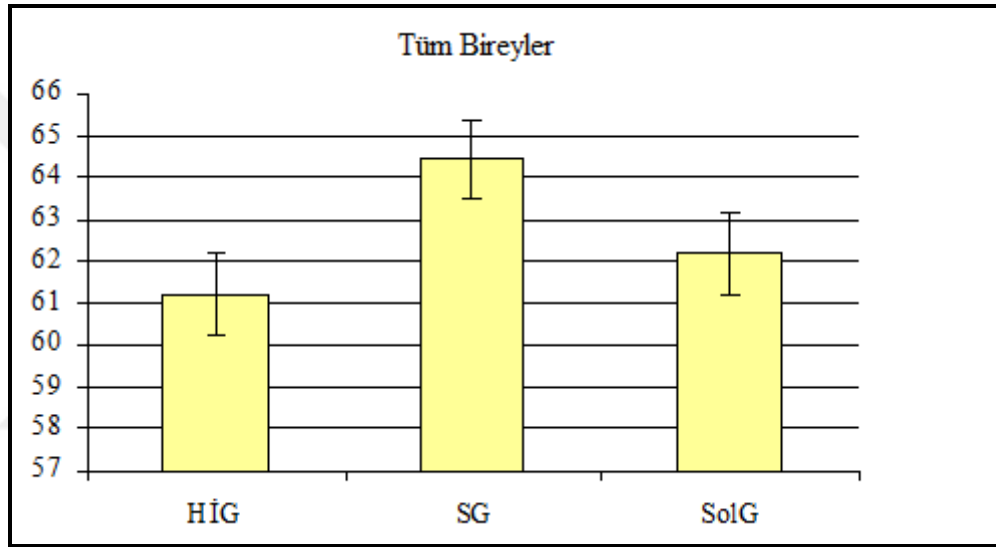
Cinsiyet	Yaş
Kız (n=19)	$21,42 \pm 3,11$ (20,00) (19-29)
Erkek (n=31)	$21,03 \pm 2,12$ (20,00) (19-28)
Tüm bireyler (n=50)	$21,18 \pm 2,52$ (20,00) (19-29)

4.1 Gözler arasında renk ayırt etme yeteneğinde farklılığın incelenmesi

Çalışmada DG saptanmadan önce tüm bireylere FM100HT her iki göz (HİG), sağ göz (SG) ve sol göz (SolG) açık olarak uygulanmıştır. Bu uygulamalara ait FM100HT toplam hata skorları Tablo 4.2 ve Şekil 4.1'de verilmiştir. HİG, SG ve SolG uygulama grupları toplam hata skorları bakımından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır ($p=0,506$)

Tablo 4.2: Tüm bireylerde HİG, SG ve SolG FM100HT toplam hata skorları
(veriler ortalama $\pm$ standart sapma ve ortanca değerler olarak verilmiştir)

HİG-ths <i>n=50</i>	SG-ths <i>n=50</i>	SolG-ths <i>n=50</i>	<i>p</i>
61,22 $\pm$ 30,32 (58,50)	64,44 $\pm$ 31,09 (59,00)	62,18 $\pm$ 31,39 (62,00)	0,506



Şekil 4.1. Tüm bireylerde HİG, SG ve SolG FM100HT toplam hata skorları

Tüm bireylerde, kız öğrencilerde ve erkek öğrencilerde; HİG, SG ve SolG açık uygulanan FM100HT’inde bireylerin yaptıkları dizilime göre toplam hata skoru, m/s bölge hata skoru ve k/y bölge hata skorları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen sayısal değerler Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3: HİG, SG ve SolG'e ait FM100HT toplam ve bölgesel hata skorları (veriler ortalama $\pm$ standart sapma ve ortanca değerler olarak verilmiştir)

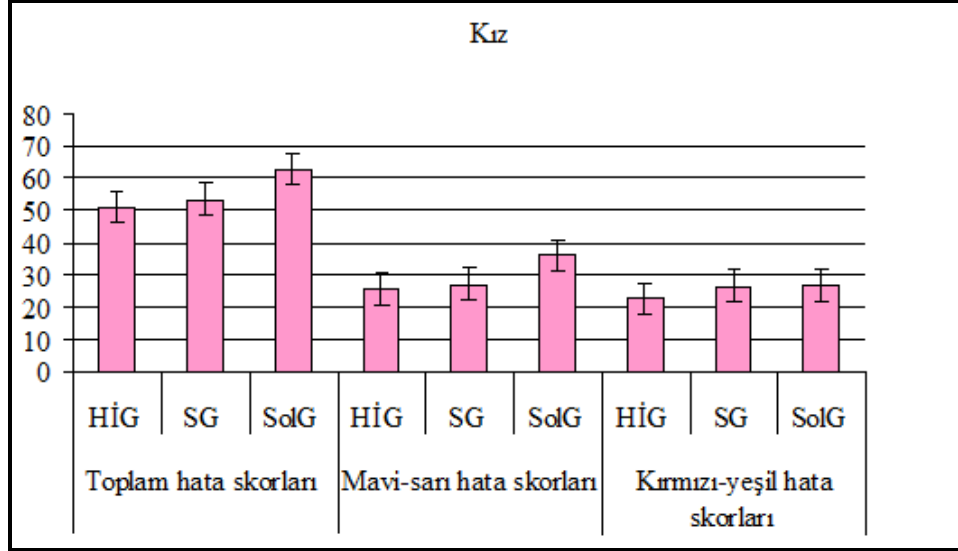
	Toplam hata skorları				Mavi-sarı hata skorları				Kırmızı-yeşil hata skorları			
	HİG	SG	SolG	<i>p</i>	HİG	SG	SolG	<i>p</i>	HİG	SG	SolG	<i>p</i>
Kız (n=19)	51,05 $\pm$ 28,84 (47,00)	53,42 $\pm$ 32,46 (48,00)	62,52 $\pm$ 34,03 (66,00)	0,611	25,52 $\pm$ 18,32 (28,00)	27,10 $\pm$ 14,49 (25,00)	35,94 $\pm$ 20,12 (36,00)	0,210	22,52 $\pm$ 31,13 (23,00)	26,31 $\pm$ 22,40 (19,00)	26,57 $\pm$ 16,47 (26,00)	0,698
Erkek (n=31)	67,45 $\pm$ 29,95 (61,00)	71,19 $\pm$ 28,68 (73,00)	61,96 $\pm$ 30,24 (60,00)	0,098	40,25 $\pm$ 18,83 (39,00)	39,48 $\pm$ 18,36 (39,00)	35,54 $\pm$ 18,00 (31,00)	0,452	27,19 $\pm$ 14,30 (24,00)	31,70 $\pm$ 16,37 (30,00)	26,41 $\pm$ 16,49 (24,00)	0,032
Tüm bireyler (n=50)	61,22 $\pm$ 30,32 (58,50)	64,44 $\pm$ 31,09 (59,00)	62,18 $\pm$ 31,39 (62,00)	0,506	35,80 $\pm$ 19,32 (36,50)	34,78 $\pm$ 17,90 (33,50)	35,70 $\pm$ 18,63 (33,00)	0,646	25,42 $\pm$ 14,65 (24,00)	29,66 $\pm$ 18,85 (26,50)	26,48 $\pm$ 16,31 (25,00)	0,073

Kız öğrenciler, toplam hata skorları bakımından HİG, SG, SolG grup ortalamaları karşılaştırıldığında istatistiksel anlamda fark saptanmamıştır ($p=0,611$). Mavi sarı bölgesel hata skorları ve kırmızı yeşil bölgesel hata skorları bakımından da HİG, SG, SolG arasında istatistiksel fark saptanmamıştır ($p=0,210$, $p=0,698$) (Şekil 4.2).

Erkek öğrencilerde, toplam hata skorları ve mavi sarı bölgesel hata skorları bakımından HİG, SG, SolG grup ortalamaları karşılaştırıldığında istatistiksel anlamda fark saptanmamıştır ($p=0,098$ ve $p=0,452$). k/y hata skorları HİG, SG, SolG arasında karşılaştırıldığında ise sağ gözün hata skorları HİG ve SolG'e göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,032$) (Şekil 4.3).

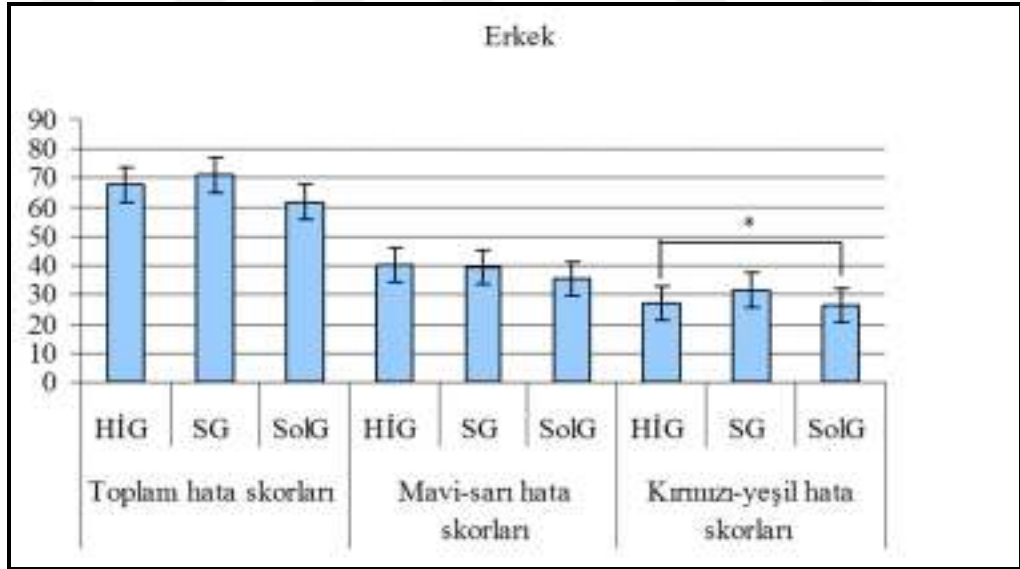
Cinsiyet ayrımı yapılmadan tüm bireylerde toplam hata skorları bakımından HİG, SG, SolG grup ortalamaları karşılaştırıldığında istatistiksel anlamda fark saptanmamıştır ($p=0,506$). Aynı şekilde m/s bölgesel hata skorları ve k/y bölgesel hata skorları bakımından da HİG, SG, SolG arasında istatistiksel fark saptanmamıştır ($p=0,646$, $p=0,073$) (Şekil 4.4).

Kız öğrencilerde tüm hata skorları HİG, SG ve SolG grup ortalamaları arasında karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel fark saptanmamıştır (Şekil 4.2)



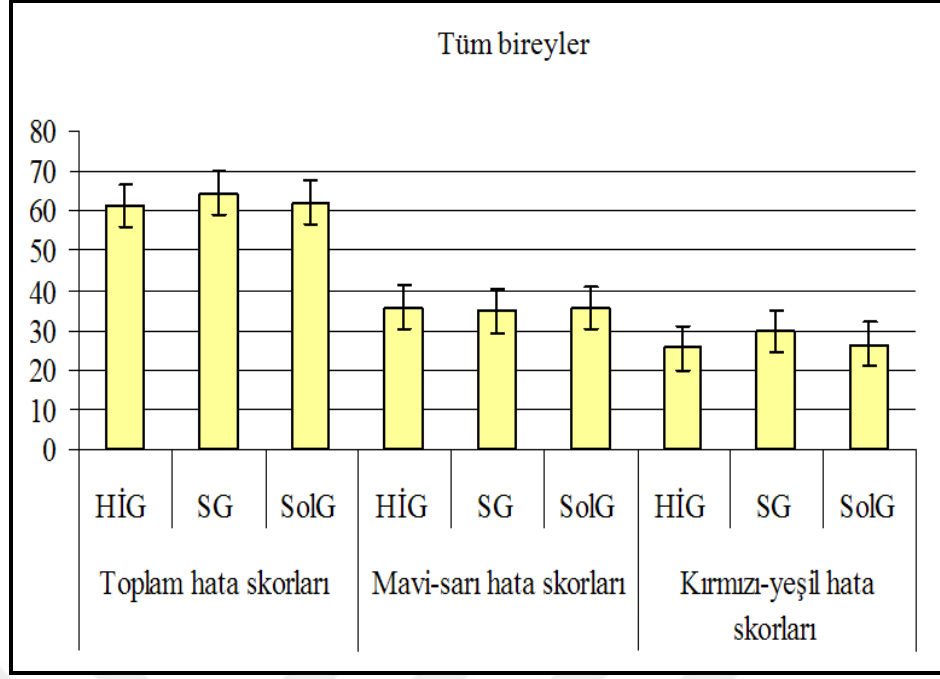
Şekil 4.2: Kız öğrencilerde HİG, SG, SolG FM100HT hata skorları

Erkek öğrencilerde tüm hata skorları ortalamaları HİG, SG ve SolG grupları arasında karşılaştırıldığında sadece k/y hata skorları arasında istatistiksel fark saptanmıştır ($p < 0,05$). Toplam hata skorları ortalamaları ve m/s hata skorları ortalamaları bakımından HİG, SG ve SolG uygulamaları arasında fark görülmemiştir.



Şekil 4.3: Erkek öğrencilerde HİG, SG, SolG FM100HT hata skorları

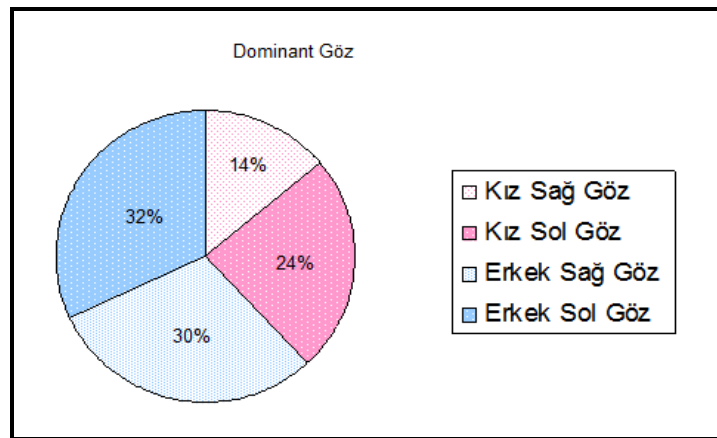
Çalışmaya katılan tüm bireylerde toplam hata skorları, mavi sarı bölgesel hata skorları ve kırmızı yeşil bölgesel hata skorları bakımından HİG, SG, SolG grup ortalamaları karşılaştırıldığında istatistiksel anlamda fark saptanmamıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Tüm bireylerde HİG, SG ve SolG FM100HT toplam, m-s ve k-y hata skorları

4.2 DG oranlarının saptanması

Tüm öğrencilere her iki göz, sağ göz ve sol göz açık olarak uygulanan FM100HT ardından DG'lerinin saptanması amacıyla Gündoğan Metodu uygulanmıştır. Bu yöntemle göre kızlarda % 36,8 oranında sağ göz, % 63,2 oranında sol göz, erkeklerde % 44,0 sağ göz, % 56,0 sol göz DG olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.4). Her iki cinsiyette de sol göz dominantlığı daha yüksek gözlenmiştir. Ancak istatistiksel olarak cinsiyetle DG'ün sağ veya sol olması arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($p=0,559$).



Şekil 4.5: Kız ve erkek öğrencilerde saptanan DG oranları

Tablo 4.4. Saptanan DG oranlarının cinsiyete göre dağılımı

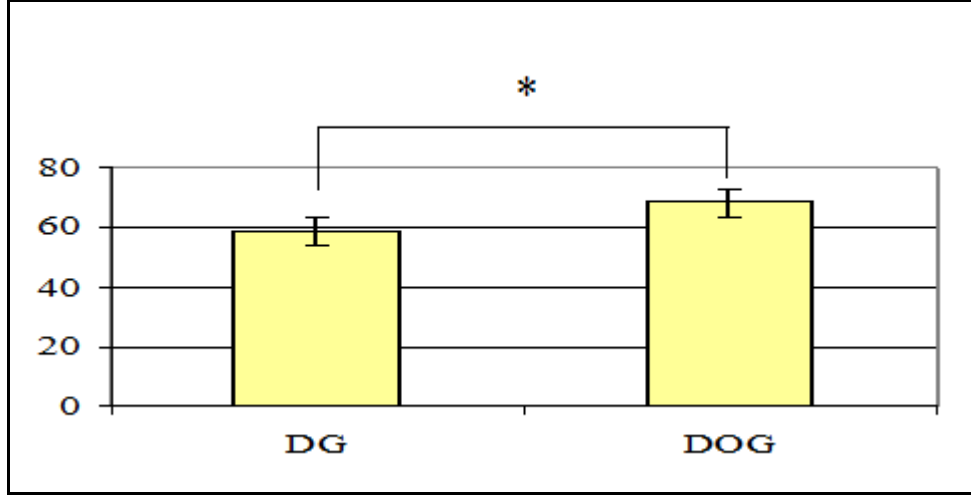
	Kız		Erkek		Toplam		<i>p</i>
	n	%	n	%	n	%	
Sağ göz dominant	7	36,8	15	48,4	22	44,0	0,425
Sol göz dominant	12	63,2	16	51,6	28	56,0	

4. 3 Renkleri ayırt etme yeteneğinde DG'ün etkisinin incelenmesi

Çalışmada her bireyin DG'ünün saptanmasının ardından, önceden SG ve SolG açık uygulanmış olan FM100HT hata skorları, DG (DG) ve DOG (DOG) hata skorları olarak gruplandırılmıştır. Tüm bireylerde DG ve DOG için hesaplanan FM100HT toplam hata skorları Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5: Tüm bireylerde DG ve DOG FM100HT Toplam Hata Skorları
(veriler ortalama $\pm$ standart sapma ve ortanca değerler olarak verilmiştir.)

<i>DG</i> (n=50)	<i>DOG</i> (n=50)	<i>p</i>
58,80 $\pm$ 29,92 (51,00)	68,44 $\pm$ 31,46 (69,50)	0,025



* $p < 0,05$

Şekil 4.6: Tüm bireylerde DG ve DOG FM100HT Toplam hata skorları

DG ve DOG'n FM100HT toplam hata skorları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde DG toplam hata skoları ortalaması DOG'den istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük saptanmıştır ($p < 0,05$).

Uygulanan FM100HT'nin sonuçları; DG ve DOG'e ait toplam hata skoru, m/s hata skoru ve k/y hata skoru ortalamaları tüm bireylerde, kız öğrencilerde ve erkek öğrencilerde incelendiğinde elde edilen değerler Tablo 4.6'da verilmiştir.

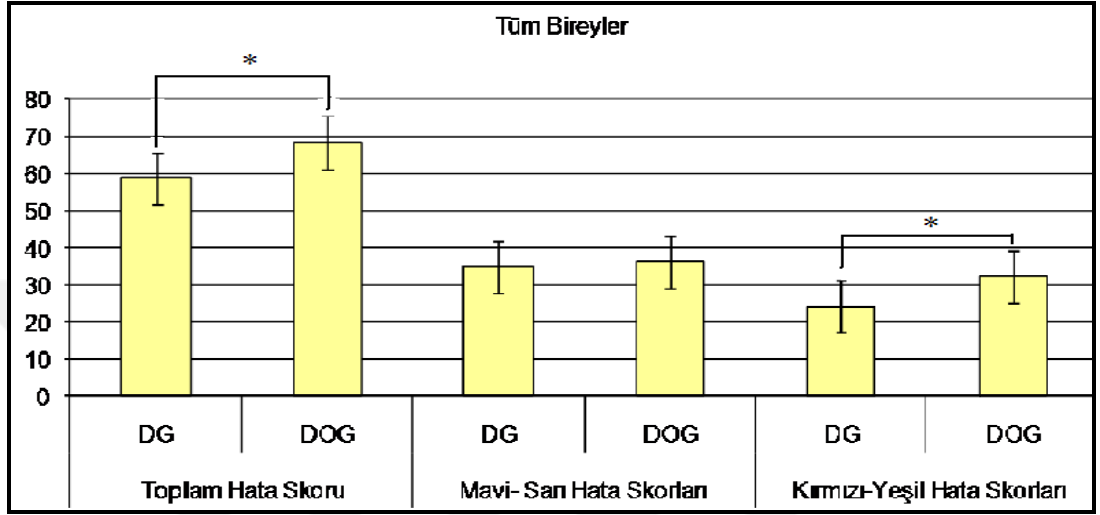
Tablo 4.6: DG ve DOG FM100HT toplam hata skorları, m/s bölge hata skorları ve k/yblge hata skorları

(veriler ortalama $\pm$ standart sapma ve ortanca değerler olarak verilmiştir)

	Toplam hata skorları			Mavi-sarı hata skorları			Kırmızı-yeşil hata skorları		
	DG	DOG	<i>p</i>	DG	DOG	<i>p</i>	DG	DOG	<i>p</i>
Kız (n=19)	51,52±31,13 (46,00)	64,42±34,62 (70,00)	0,074	29,63±18,62 (26,00)	33,42±17,38 (33,00)	0,533	21,89±15,06* (18,00)	31,00±22,42 (27,00)	0,043
Erkek (n=31)	63,25±28,76 (58,00)	70,90±29,68 (69,00)	0,153	37,77±18,78 (36,00)	37,96±17,73 (39,00)	0,943	25,48±14,55* (24,00)	32,93±17,31 (34,00)	0,014
Tüm bireyler (n=50)	58,80±29,92* (51,00)	68,44±31,46 (69,50)	0,025	34,68±18,95 (31,00)	36,24±17,56 (39,00)	0,739	24,12±14,70** (23,00)	32,20±19,21 (30,50)	0,002

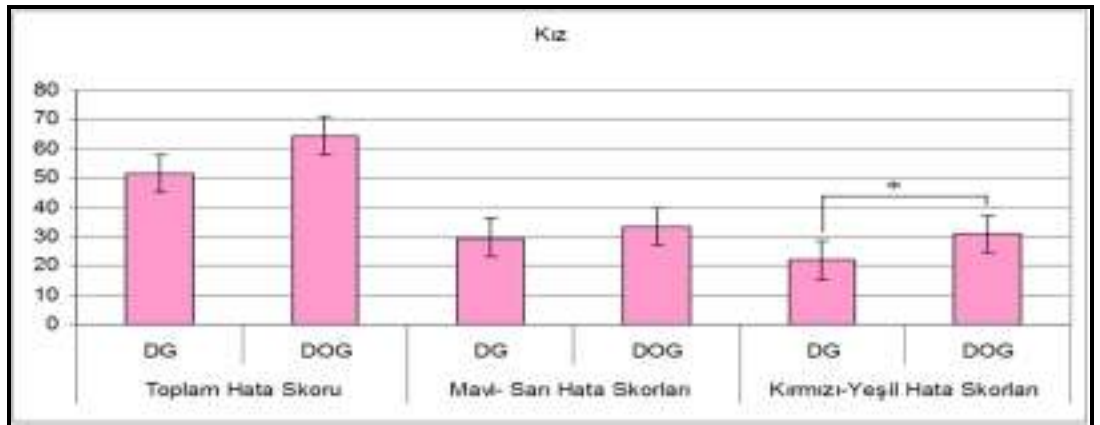
* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

Cinsiyet ayrımı gözetilmeden tüm bireylerde m-s hata skorları bakımından DG ve DOG grup ortalamaları karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,739$). Buna karşın aynı şekilde yapılan istatistiksel karşılaştırmada toplam hata skorları ve k/y hata skorları bakımından DG ve DOG karşılaştırıldığında DOG hata skorlarının istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$ ve $p<0,01$) (Şekil 4.7 ve Tablo 4.6).



Şekil 4.7: Tüm bireylerde, DG ve DOG FM100HT hata skorları

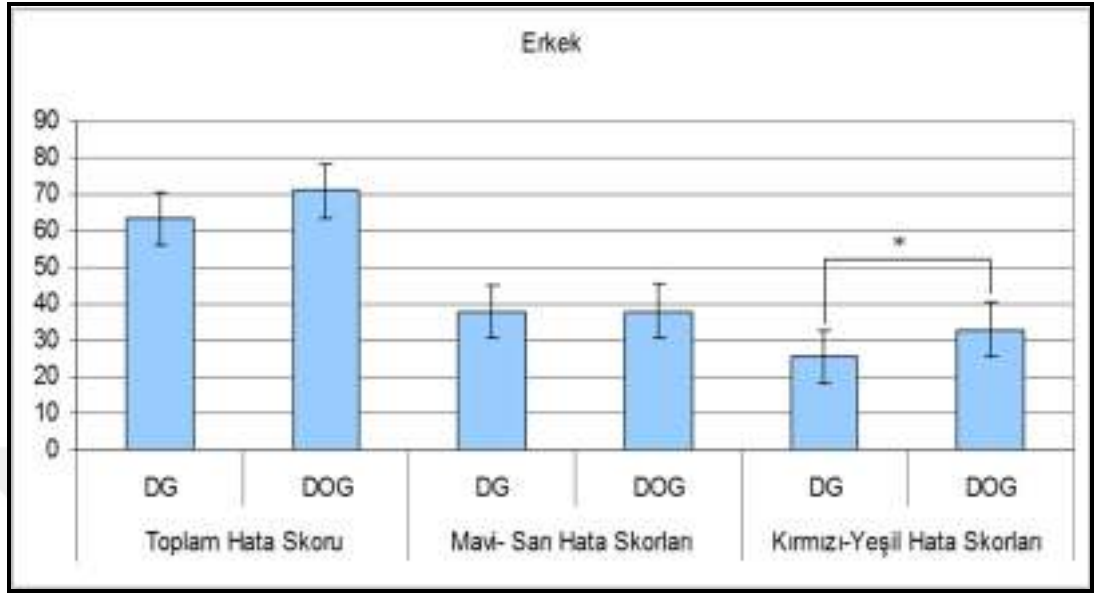
Kız öğrencilerde toplam hata skorları ve m-s hata skorları bakımından DG ve DOG grup ortalamaları karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmazken, k/y hata skorları bakımından ise DOG hata skorları ortalamasının istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla olduğu saptanmıştır ($p<0,05$) (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Kız öğrencilerin DG ve DOG FM100HT hata skorları

Erkek öğrencilerin toplam hata skorları ve m-s hata skorları bakımından DG ve DOG grup ortalamaları karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak

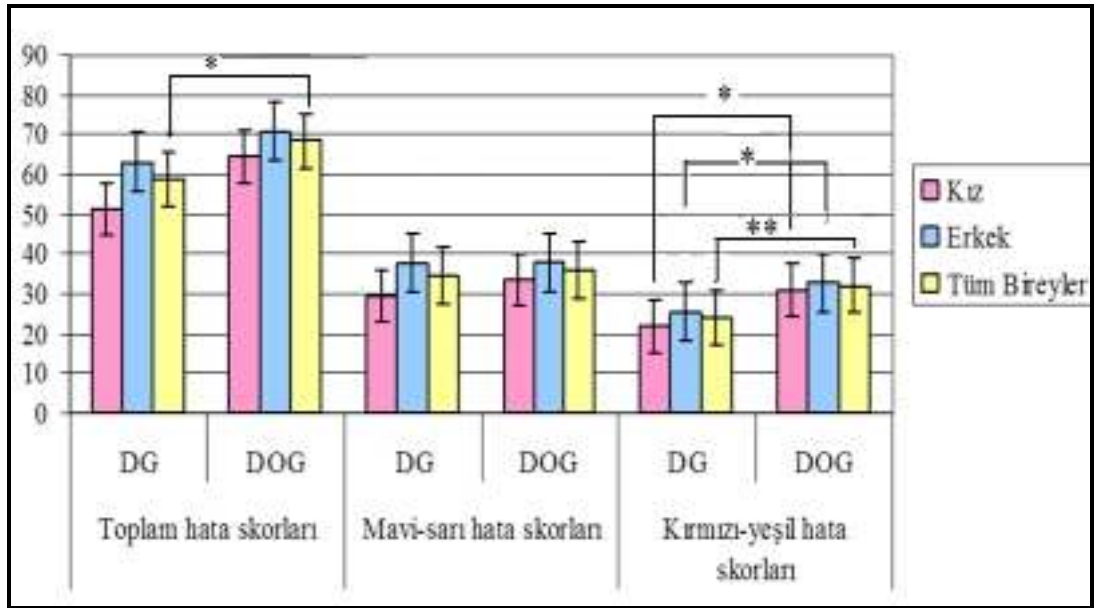
anlamli bulunmamıştır. k/y hata skorları bakımından DG ve DOG incelendiğinde ise aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$) (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Erkek öğrencilerin DG ve DOG FM100HT hata skorları

Erkek öğrencilerde toplam hata skorları ve m-s hata skorları bakımından DG ve DOG grup ortalamaları karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,153$ ve $p=0,943$). Aynı şekilde k-y hata skorları bakımından DG ve DOG incelendiğinde ise aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$) (Şekil 4.9).

Tüm bireylere ait tüm uygulamalarda elde edilen toplam ve bölgesel hata skorları şekil 4.10’da bir arada sunulmuştur.



Şekil 4.10: Kız, erkek ve tüm bireylerde DG ve DOG FM100HT toplam ve bölgesel hata skorları (* $p<0,05$, ** $p<0,01$)

4.4 Bireylerin Renk Ayırt Etme Yeteneklerinin Sınıflandırılması

Çalışmaya katılan bireylerin HİG'e ait toplam hata skorları renk ayırt etme yeteneklerini sınıflandırma amacıyla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin sonunda öğrencilerin renk ayırt etme yetenekleri, % 6 oranında yüksek, % 86 oranında orta ve % 8 oranında düşük saptanmıştır. Cinsiyetin renk ayırt etme yeteneğine göre dağılımı istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bulunmamıştır ($p=0,087$).

Tablo 4.7: Çalışmaya katılan bireylerin renk ayırt etme yeteneklerine göre sınıflandırması

Renk Ayırt Etme Yeteneği - ths	HİG		
	Kız n=19	Erkek n=31	Tüm bireyler n= 50
YÜKSEK (0-20)	2 (%10,52)	1 (% 3,2)	3 (% 6)
ORTA (20-100)	17 (% 89,47)	26 (%83,87)	43 (% 86)
DÜŞÜK (>100)	0 (% 0)	4 (%12,90)	4 (% 8)

4.5 Derinlik algısı ve renkli görme arasındaki ilişkinin incelenmesi

Derinlik algısı ve renk ayırt etme yeteneği arasında ilişki olup olmadığını incelemek üzere Tablo 4.8 de görüleceği gibi öncelikle TNO testte yer alan her bir renkli tabloyu gören ve görmeyen öğrencilerin sayıları belirlendi.

Tablo 4.8: TNO testte yer alan renkli tablolarda gizlenen resimleri gören ve görmeyen öğrencilerin oranı.

Renkli tablo no		Kız (n=19)		Erkek (n=35)		Toplam (n=54)	
		Gören	Görmeyen	Gören	Görmeyen	Gören	Görmeyen
Renkli tablo no-1		19 (% 100)	0	33 (% 94,28)	2 (%5,71)	52 (%96,29)	2 (%3,70)
Renkli tablo no-2		19 (% 100)	0	33 (% 94,28)	2 (%5,71)	52 (%96,29)	2 (%3,70)
Renkli tablo no-3		19 (% 100)	0	33 (% 94,28)	2 (%5,71)	52 (%96,29)	2 (%3,70)
Renkli tablo no-4		19 (% 100)	0	33 (% 94,28)	2 (%5,71)	52 (%96,29)	2 (%3,70)
Renkli tablo no-5	SD: 1+ 480arcsn	19 (% 100)	0	32 (% 91,42)	3 (%8,57)	51 (94,44)	3 (%5,55)
	SD: 2+ 240arcsn	19 (% 100)	0	31 (%88,57)	4 (%11,42)	50 (%92,59)	4 (%7,40)
Renkli tablo no-6	SD: 3+ 120arcsn	17(%89,47)	2 (%10,52)	29 (%82,85)	6 (%17,14)	46 (%85,18)	8 (%14,81)
	SD: 4+ 60arcsn	16(%84,21)	3 (%15,78)	29 (%82,85)	6 (%17,14)	45 (%83,33)	9 (%16,66)
Renkli tablo no-7	SD:5+ 30arcsn	0	19 (% 100)	1 (%2,8)	34(%97,14)	1(%1,85)	53(%98,14)
	SD:6+ 15arcsn	0	19 (% 100)	0	35(%100)	0	54 (%100)

Kız öğrencilerin tamamı aynı zamanda tarama testleri olan renkli tablo no-1, no-2, no-3 ve supresyon testi olan renkli tablo no 4'te yer alan gizli resimleri görmüşlerdir. Bu durumda tüm kız öğrencilerin binoküler gördükleri belirlenmiştir. Yapılan incelemeye göre 19 kız öğrenciden iki öğrencinin, ilk beş renkli tabloyu ve altıncı renkli tabloda yer alan gizli resimlerden üstte yer alan ikisini görebildikleri, diğerlerini göremedikleri saptandı. Üç kız öğrenci ise tüm renkli tablolardan 6.

renkli tabloda yer alan gizli resimlerden altta yer alan ikisine kadar görebildi, diğerlerini göremedi. Renkli tablo no 7’de yer alan gizli resimlerin ise kız öğrenciler tarafından görülemediği saptandı.

Erkek öğrencilerden iki öğrenci TNO testte yer alan renkli tabloların hiçbirisini göremedi ve monoküler gördükleri saptandı. Aynı zamanda DG’ünde saptanmasını sağlayan supresyon testinde bu öğrencilerin sol gözlerinin fonksiyonel işlev gördüğü sağ gözlerinin baskılandığı anlaşıldı. Bir öğrencinin tarama testlerini ve supresyon testini geçtiği ancak diğer renkli tablolardan hiçbirisini göremediği belirlendi. Bu öğrenci görsel derinlik algısını değerlendiren testlerden hiçbirisini göremediğinden derinlik algısına sahip olmadığı belirlendi. Bir başka erkek öğrencinin beşinci renkli tabloda yer alan resimleri gördüğü ancak 240 arc sn lik resmi atladığı saptandı. İki öğrencinin de altıncı renkli tabloda yer alan tüm gizli resimleri gördüğü 60 arc sn’lik stereopsisi görmediği ve sadece bir öğrencinin yedinci renkli tabloda altta yer alan iki resme kadar tüm gizli resimleri görerek üst düzey stereopsise sahip olduğu belirlendi.

Her bir renkli tabloyu gören öğrenciler arasında iki göz, DG ve DOG’e ait FM100HT toplam hata skorları karşılaştırılmıştır. Stereoskopik duyarlılık testlerinden yedinci renkli tablonun alt bölümünde yer alan 2 gizlenmiş resim hiçbir öğrenci tarafından görülemediğinden ve üstte yer alan 2 resim ise ancak bir öğrenci tarafından görülebildiği için bu resimlerin yer aldığı derecelendirme olan SD5+ ve SD6+ derinlik algısına sahip öğrencilerin FM100HT hata skorlarının incelenmesi karşılaştırılacak gruplardaki birey sayılarının uygunsuzluğu nedeniyle istatistiksel olarak uygun görülmemiştir.

Tablo 4.9’da kız öğrencilerin TNO testte saptanan derinlik algısı ve FM100HT ile saptanan renk ayırt etme yeteneğinin karşılaştırması, HİG, DG ve DOG açık uygulanan FM100HT toplam hata skorları kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 4.9: TNO testte her bir renkli tabloyu gören kız öğrencilerin iki göz açık HİG açık uygulanan FM100HT hata skorları.
(Tarama testleri (TT), Supresyon Testi (ST), Stereoskopik Duyarlılık (SD)), toplam hata skoru (ths)

	TT'ni görenlerin FM100HT-ths (n=19)	ST'ni görenlerin FM100HT-ths (n=19)	SD + görenlerin FM100HT-ths (n=19)	SD ++ görenlerin FM100HT-ths (n=19)	SD +++ görenlerin FM100HT-ths (n=17)	SD ++++ görenlerin FM100HT-ths (n=16)
HİG	51,05±28,84 (47,00)	51,05±28,84 (47,00)	51,05±28,84 (47,00)	51,05±28,84 (47,00)	49,58±29,74 (41,00)	51,18±29,95 (44,00)
DG	51,63±30,94 (46,00)	51,63±30,94 (46,00)	51,63±30,94 (46,00)	51,63±30,94 (46,00)	49,17±29,87 (46,00)	50,06±30,62 (48,00)
DOG	64,42±34,62 (70,00)	64,42±34,62 (70,00)	64,42±34,62 (70,00)	64,42±34,62 (70,00)	63,29±34,26 (70,00)	62,87±35,34 (66,50)

Erkek öğrencilerin TNO test ve FM100HT toplam hata skorları karşılaştırması Tablo 4.10 da görülmektedir.

Tablo 4.10: TNO testte her bir renkli tabloyu gören erkek öğrencilerin HİG, DG ve DOG FM100HT hata skorları.
(Tarama testleri (TT), supresyon Testi (ST), stereoskopik duyarlılık (SD)), toplam hata skoru (ths)

	TT'ni görenlerin FM100HT- ths (n=31)	ST'ni görenlerin FM100HT- ths (n=31)	SD 1+ görenlerin FM100HT-ths (n=30)	SD2+ görenlerin FM100HT- ths (n=30)	SD3+ görenlerin FM100HT- ths (n=28)	SD4+ görenlerin FM100HT- ths (n=28)
HİG	67,45±29,95 (61,00)	67,45±29,95 (61,00)	67,83±30,38 (63,00)	67,83±30,38 (63,00)	67,53±30,46 (63,00)	67,53±30,46 (63,00)
DG	63,77±28,24 (58,00)	63,77±28,24 (58,00)	64,03±28,69 (59,50)	64,03±28,69 (59,50)	64,14±28,77 (59,50)	64,14±28,77 (59,50)
DOG	70,38±30,30 (69,00)	70,38±30,30 (69,00)	70,38±30,30 (69,00)	70,43±30,82 (71,00)	68,03±30,19 (68,00)	68,03±30,19 (68,00)

Tüm öğrencilerin TNO test ve FM100HT toplam hata skorları karşılaştırması Tablo 4.11 de görülmektedir.

Tablo 4.11: Tüm öğrenciler incelendiğinde TNO testte her renkli tabloyu gören öğrencilerin HİG, DG ve DOG FM100HT hata skorları. (Tarama testleri (TT), supresyon Testi (ST), stereoskopik duyarlılık (SD)), toplam hata skoru (ths)

	TT'ni görenlerin FM100HT-ths (n=50)	ST'ni görenlerin FM100HT-ths (n=50)	SD1+ görenlerin FM100HT-ths (n=49)	SD2+ görenlerin FM100HT-ths (n=49)	SD3+ görenlerin FM100HT-ths (n=45)	SD4+ görenlerin FM100HT-ths (n=44)	p
HİG	61,22±30,32 (58,50)	61,22±30,32 (58,50)	61,32±30,63 (59,00)	61,32±30,63 (59,00)	60,75±31,12 (59,00)	61,59±30,96 (60,00)	1,000
DG	59,16±29,59 (51,00)	59,16±29,59 (51,00)	59,22±29,89 (51,00)	59,22±29,89 (51,00)	58,48±29,77 (51,00)	59,02±29,90 (51,00)	1,000
DOG	68,12±31,80 (69,50)	68,12±31,80 (69,50)	68,10±32,13 (70,00)	68,10±32,13 (70,00)	66,24±31,49 (69,00)	66,15±31,85 (68,00)	1,000
p	0,267	0,267	0,335	0,335	0,534	0,591	

Tüm öğrencilerde ilk 3 renkli tablonun yer aldığı tarama testlerini ve supresyon testini gören öğrencilerin HİG, DG ve DOG toplam hata skorları arasında fark saptanmamıştır (p=0,267, p=0,267). Stereoskopik duyarlılığı 1+ ve 2+ olan öğrencilerin HİG, DG ve DOG grup karşılaştırmalarında toplam hata skorları bakımından fark saptanmamıştır (p=0,335,p=0,335). Stereoskopik duyarlılığı 3+ olan öğrencilerin HİG, DG ve DOG grup karşılaştırmalarında toplam hata skorları bakımından fark saptanmamıştır (p=0,534). Stereoskopik duyarlılığı 4+ olan öğrencilerin HİG, DG ve DOG grup karşılaştırmalarında toplam hata skorları bakımından fark saptanmamıştır (p=0,591).

Tüm öğrencilerde HİG, DG ve DOG gruplarının stereoskopik duyarlılığı 1+ ve 4+ olan öğrenciler arasında toplam hata skorları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır (p=1,000).

5.TARTIŞMA

Sağlıklı bireylerin renkleri ayırt etme yeteneği ırk, yaş, cinsiyet, eğitim düzeyinden etkilenmektedir. Bu fizyolojik farklılıklar renk görme testlerinin hata skorlarında farklılıklara neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda renk ayırt etme yeteneği beyaz ırkta diğerlerine göre daha üstün bulunmuştur (63,64). Bu farklılığın nedenlerinden birisi olarak makuladaki pigment yoğunluklarının farklı olması gösterilmiştir (65). Bizim çalışmamız da renk ayırt etme yeteneği diğer ırklara göre üstün olan beyaz ırka mensup Türk Toplumunda yaşayan bireyler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Renkli görme yeteneğinin FM100HT kullanılarak araştırıldığı çalışmalarda en yüksek renk ayırt etme yeteneği 20-29 yaş aralığında saptanmıştır (14-17). Artan yaş ile birlikte m/s renk algılama yeteneğinde azalma görüldüğü bildirilmiştir (6,52). Bu duruma makulada yer alan Lutein ve Zeaxanthin pigmentlerinde yaşa bağlı azalmanın neden olduğu açıklanmıştır (67,68). Bu bilgiler ışığında çalışmamıza katılan bireylerin yaş ortalamalarına dikkat edilmiştir. Yaşları 19-29 yıl (ortalama $\pm$ SD;21,03 $\pm$ 2,52) arasında değişen bireyler çalışmaya alınmıştır.

Çalışmada cinsiyet ayrımı yapılmadan her iki cinse ait bireyler çalışmaya alınmıştır. Literatürü incelediğimizde doğumsal renk körlüğü olmayan sağlıklı bireyler üzerinde renkli görme ile ilgili yapılan çalışmalarda renk ayırt etme yeteneği bakımından kadın erkek cinsiyet farkının olmadığı gözlenmiştir (14,61). Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda doğal olarak trikromatik görmeye sahip sağlıklı bireylerin dışında renk görme yeteneği tetrakromat olarak isimlendirilen renk körü olmayan fakat genetik olarak k/y renk körlüğü taşıyıcısı olan kadınlardan söz edilmektedir. Bu kadınlar kırmızı pigment geninde bulunan polimorfizm nedeniyle heterozigottur ve farklı spektral duyarlılık gösteren 4 koniye (S,M ve iki L koni) sahiptirler. Buna bağlı olarak daha geniş bir aralıkta renk ayırt edebilme imkânına sahip oldukları düşünülmektedir. Bu tetrakromasi özelliği oldukça nadirdir. Bununla birlikte Jordan ve Mollon'un trikromat kadınlar ile tetrakromat kadınların renk ayırt etme yeteneklerini karşılaştırdığı çalışmada tam tetrakromatların hiçbirisi trikromat kadınlardan üstün saptanmamıştır (69). Bu da renkli görme yeteneğinin cinsiyet farkına göre değişmediği konusunda önemli bir göstergedir.

Kadınlarda renkli görme ve diğer görmeyle ilgili fonksiyonların hormonal döngüden etkilendiği bildirilmiştir (70). Çalışmamızda bu konu dikkate alınarak siklusu 24 günden az ve 32 günden fazla olanlar çalışmanın dışında tutulmuştur. Son araştırmalarda renk ayırt etme yeteneğinin siklusun ovulasyon döneminde başlangıç ve bitiş dönemlerinden daha üstün olduğu gösterilmiştir (62). Çalışmamızda hormonal düzeyler nicelik olarak saptanmamışsa da çalışmaya katılan siklusu düzenli bireylerin testleri 5-20. günler arasında yapılmıştır. DG'ün renk ayırt etme yeteneğine etkisini araştırırken bu konuya dikkat etme nedenimiz kadınlarda menstruel döngünün başlangıç ve bitiş dönemlerinde renkli görmeyi azaltan hormonal etkilerden bireyleri korumak ve renkli görmenin diğer dönemlerden daha iyi olduğu dönemde testlerimizi yapmaktır.

Kişinin eğitim düzeyi günlük yaşamda karmaşık olayları anlayıp çözümlemede etkili olabilir. İlk kez Karaca'nın çalışmasında eğitim düzeyi arttıkça FM100HT hata skorlarının azaldığı saptanmıştır. En düşük hata skorları en iyi eğitim almış grupta en yüksek hata skorları ise en az eğitim almış grupta belirlenmiştir. Kişinin eğitim düzeyi arttıkça testi daha iyi anladığı dolayısı ile hata skorunun azaldığı açıklanmıştır (14). Biz de çalışmamızda bu görüşe katılarak yüksek öğrenim gören bireylerle çalıştık.

Renklerin normal görülebilmesi için görme keskinliğinin sağlıklı olması ön koşuldur (37). Çalışmaya katılan tüm bireyler Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Kliniği'nde muayene edilerek görme keskinlikleri değerlendirilmiştir. Görme keskinliği tam (10/10) olanlara veya düzeltilerek tama ulaştırılanlara FM100HT uygulanmıştır. Ayrıca muayene edilen bireyler Ishihara'nın pseudoizokromatik tabloları ile değerlendirilerek doğumsal renk körlüğü saptananlar çalışma dışı bırakılmıştır. Ishihara testi doğumsal renk körlüğünün saptanmasında en güvenilir kabul edilen ve en sık kullanılan renk görme testidir (6,10,11,14,26).

Literatür incelendiğinde renk ayırt etme yeteneği ile ilgili çalışmalarda farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Örnek olarak renk ayırt etme yeteneğini FM100HT ve F-D15 testleri kullanarak sağ ve sol göz arasında hata skorlarını değerlendiren çalışmalar gösterilebilir. Standart sonuçların elde edilmemesinde uygulanan yöntem ve çalışma koşulları önemli olmaktadır. Uygulama yöntemleri

nedeniyle sonuçların farklı çıkmasında, kullanılan testin özellikleri, testin iki göz açık veya bir göz açık olarak uygulanması ve uygulamaların göz sırası öne çıkmaktadır (14-17).

Önceden yapılmış çalışmalarda test ortamının aydınlatılması incelendiğinde 200-1300 lux arasında değişen geniş bir aralıkta farklı aydınlanma düzeylerinin kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca kullanılan ışık kaynağının göze geliş yönünde de standart bir uygulamaya rastlanmamıştır. Konilere ulaşan fotonun absorbe edilme olasılığı fotonun konilere geliş yönüyle ilgilidir. Konilerin uzun eksen boyunca gelen ışığın en etkili olduğu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra yüksek düzeyde aydınlatmanın fotopigmentleri beyazlattığı ve konilerde dış segmentin ışığa duyarlılığını azalttığı bildirilmiştir (36,37). Kullanılan ışık kaynağının göze olduğu kadar teste uzaklığı ve geliş yönünün de önemli olduğu bildirilmiştir (10). Ancak yapılan çalışmalarda bu koşullara dikkat edilmediği ve standart bir uygulamanın olmadığı görülmüştür. Kullanılan ışık kaynağının renklerin parlaklığını etkilediği ve uzun süren testlerde sıcaklığın etkisiyle piyonların renk kalitesinde değişmeye neden olacağı öngörülmüştür. Bu nedenle çalışma ortamımızın aydınlatılması düzenlenirken doğal gün ışığından yararlanmanın daha uygun olacağı düşünülmüştür. Literatürde belirtilen seçeneklerden yapay aydınlatma değil doğal gün ışığı tercih edilmiştir. Literatürde önerilen koşullar yerine getirilerek her test günün aynı saatlerinde (saat 13⁰⁰-14⁰⁰ arasında) ve kuzeyden aydınlanan pencere önünde uygulanmıştır. Bulutlu havalarda test yapılmamıştır (10,19).

Yapay aydınlatma ile yapılan çalışmalardan, Karaca'nın çalışmasında, iki adet 1300 lüx gücünde floresan lambası kullanılarak FM100HT toplam hata skorlarında referans değerlerin edinilmesi amaçlanmıştır. Tüm yaş gruplarındaki bireylerin DGleri saptanmadan, önce sağ sonra sol göz açık olarak FM100HT uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda sağ göz toplam hata skorları ortalaması 66,23±31,34 ve sol göz toplam hata skorları ortalaması 54,27±29,81 saptanmış ve sol gözün renk görme yeteneğinin üstün olduğu görülmüştür. Aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu fark, test önce sağ göz daha sonra sol göze uygulandığı için öğrenme etkisi şeklinde açıklanmıştır (14). Yapay aydınlatma kullanılan Mantjarvi'nin çalışmasında ise 1000 lüx gücünde Macbeth Easel lambası kullanılmış, sağ ve sol göz arasında fark saptanmamıştır (17). Giufree'nin,

çalışmasında 250 lüks gücünde aydınlatma kullanılmış sağ ve sol gözün FM100HT toplam hata skorları arasında fark görülmemiştir (62). Gün ışığında yaptığımız renkli görme yeteneğini ayrıntılı olarak inceleyen çalışmamızda sağ gözün ve sol gözün toplam hata skorları belirlenmiş ve aralarında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır ($p=0,428$) (Tablo 5.1). Hem toplam hata skoru ortalamaları hem de sağ ve sol göz arasında fark saptanmaması literatürde yapay aydınlatma kullanan çalışmalarla uyum göstermiştir.

Tablo 5.1: Sağ göz (SG) ve sol göz (SolG)’e ait FM100HT toplam hata skorları.
(veriler ortalama $\pm$ standart sapma ve ortanca değerler olarak verilmiştir)

	Toplam hata skorları		<i>p</i>
	SG	SolG	
Kız (n=19)	53,42 $\pm$ 32,46 (48,00)	62,52 $\pm$ 34,03 (66,00)	0,316
Erkek (n=31)	71,19 $\pm$ 28,68 (73,00)	61,96 $\pm$ 30,24 (60,00)	0,053
Toplam (n=50)	64,44 $\pm$ 31,09 (59,00)	62,18 $\pm$ 31,39 (62,00)	0,428

Literatür incelendiğinde önceden yapılmış renkli görme ile ilgili çalışmalarda sağ ve sol göz değerlendirilmekle beraber konunun DG’ün renk ayırt etme yeteneği açısından incelenmediği görülmüştür.

Beynin işlevsel asimetrisini belirlemede DG’ün önemine değinen çalışmalar vardır (20,21,29). Göz dominantlığı Porac ve Coren tarafından, genetik geçiş özelliği gösteren ve bir gözden gelen görsel inputların diğer gözden gelen inputlara tercih eğilimi olarak tanımlanmıştır (71). Beynin işlevsel asimetrisini saptamak amacıyla 179 sağlıklı tıp fakültesi öğrencisi üzerinde 2008 yılında Gündoğan ve ark. tarafından yapılan araştırmada DG iki farklı yöntem ile saptanmıştır (29). Bu çalışmada McManus ve Gündoğan’a ait her iki yöntemin DG’ün saptanmasında

güvenilir ve uyumlu olduğu gösterilmiştir. Bu yüzden çalışmamızda DG'ün araştırılmasında Gündoğan yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin diğer test yöntemlerinden üstün bulunmasının nedeni test düzeneğinde yakın ve uzak nokta mesafelerinin gözlere uzaklığının sabit olması ve bireyin baş ve el hareketinin kesin olarak engellenmiş olmasıdır. Böylece birey tarafından hayali bir çizgi üzerinde üst üste getirilen yakın ve uzak noktanın kişinin baş ve el hareketiyle yer değiştirmesi önlenmektedir. Ek olarak üst üste gelen yakın ve uzak noktanın bir göz kapanınca yer değiştirme mesafesi sayısal değerlerle ölçülebilmektedir. Olga ve ark.'nın yaptığı araştırmada DG'ün saptanmasında önerilen Hole in The Card Test'in temel prensibi de çalışmada kullandığımız Gündoğan Metodu ile aynıdır (29,58). Çalışmanın bir sonraki aşamasında tüm bireylere TNO test uygulanmıştır. Bu testin 4. renkli tablosu DG'ü saptama özelliğine sahiptir. Öğrencilerden ikisinin bir gözlerinin baskılandığı ve dominant olan sol gözlerini görme işlevinde kullandıkları belirlenmiştir. Aynı öğrencilerin Gündoğan Metodu ile sol gözlerinin dominant saptanmış olması, çalışmada uygulanan yöntemlerin güvenilirliğini kanıtlayan bir bulgu olarak değerlendirilmiştir.

Son çalışmalar incelendiğinde DG'ü saptamak amacıyla gözler arasındaki supresyonu belirleyen yeni yöntemler geliştirilmekte olduğu görülmüştür (65).

DG'ü saptayan çalışmalarda gözlerden birinin dominant olma oranı yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. Eser ve ark., sağ gözün dominantlık oranını % 80, sol gözün dominantlık oranını % 20 bulmuşlardır (73). Gündoğan ve ark.'nın çalışmasında da sağ göz dominantlığı % 61,45 sol gözün ise % 38,55 saptanmıştır (29). Aygül ve ark., ise 141 birey üzerinde yaptıkları çalışmada sağ göz dominantlığını % 79,4 bulmuşlardır (74). Bir ön çalışma olan araştırmamızda sol göz % 56 ve sağ göz % 44 oranında dominant bulunmakla beraber sağlıklı bireylerde yaptığımız çalışmada istatistiksel olarak fark saptanmamıştır ($p=0,559$) (Tablo:5.2).

Tablo 5.2: Ülkemizde yapılan çalışmalarda saptanan DG oranları. (Sağ göz dominant (sağDG), sol göz dominant (solDG))

	n	Yaş	Erkek		Kız	
			Sağ DG n (%)	Sol DG n (%)	Sağ DG n (%)	Sol DG n (%)
Eser ve ark. (2008)	300	31,48 ±5,73	240 (80)	60 (20)	0	0
Aygül ve ark. (2005)	141	30,1 ± 9,3	54 (80,6)	13 (19,4)	58 (78,4)	16 (21,6)
Gündoğan ve ark. (2008)	179	19,37±1,62	48 (69,6)	21 (30,4)	62 (56,4)	48 (43,6)
Koçtekin ve ark. (2010)	50	21,18±2,52	15 (48,4)	16 (51,6)	7 (36,8)	12 (63,2)

Gelişen teknolojinin katkısıyla günümüzde görüntüleme yöntemleri kullanılarak, DG'ün visüel kortekste aktivasyon alanları incelenmiştir. Rombouts, 26 gönüllünün 22 sinde fonksiyonel MR görüntüleme yöntemini kullanarak, DG'ün aktive ettiği primer visüel korteks alanının, DOG'ün aktive ettiği alandan daha büyük olduğunu belirlemiştir (59). Benzer bir çalışma Erdoğan ve ark. tarafından gerçekleştirilmiş ve MR ile visüel kortekste DG'ün aktivasyon alanının DOG den daha fazla olduğu gösterilmiştir (23). Oishi ve ark., saptadıkları DG'ün konjuge göz hareketlerini okuma mesafesi uzaklığında ve horizontal düzlemde videookulografik ölçümlerle incelemiştir. DG'ün DOGden daha önce aktive olduğu ve daha hızlı olduğu gösterilmiştir (60).

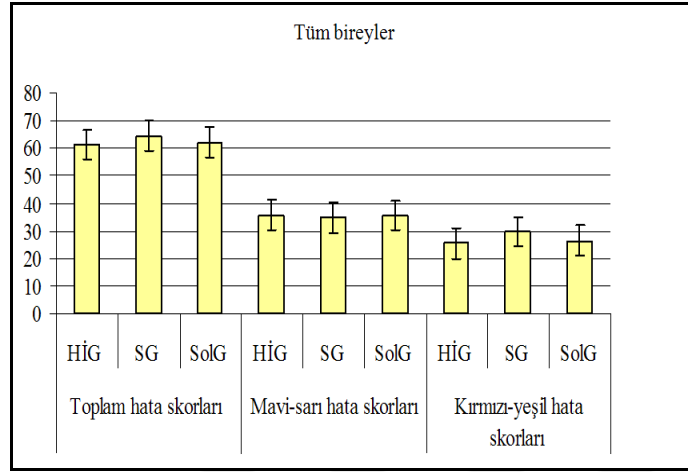
Göz dominantlığının görme fonksiyonlarına etkisini araştıran çalışmalarda, DG, görme keskinliği (75), görsel yönetilen motor fonksiyonlar (76) ve spasyal dikkat gibi görme ile ilgili fonksiyonlarda (77) DOG den daha üstün bulunmuştur. Ancak bu konuda DG'ün ayrıntılı olarak tüm visüel fonksiyonlarda üstünlüğünün tam olarak aydınlatılmamış olması dikkatimizi çekmiştir. Bu yüzden çalışma konusu olarak renkli görme yeteneğinin DG ile ilişkisinin incelenmesi çalışmamızın amacını oluşturmuştur.

Yaptığımız incelemeye göre Türk Toplumu'nda ve FM100HT kullanılarak DG'ün renk ayırt etme ile ilişkisi ilk kez yapılmıştır. Testlerin uygulama aşamasında her bireye önce iki gözü, sonra sağ gözü ve en son sol gözü açık iken test uygulanmıştır. Böylelikle bireylerin DG'lerinin farkında olmamaları sağlanarak DG'ün renk ayırt etme yeteneği şartlanmaya bağlı duygusal etkilerden korunmuştur.

Standart hata skoru hesaplamaları, bilgisayar ortamında excell programında hatasız olarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bireylerin DGleri saptanarak her bireyin hata skorları her iki göz, DG ve DOG hata skorları şeklinde sınıflandırılmıştır.

Çalışmamızda olduğu gibi aynı bireylere birden fazla aynı testin uygulandığı çalışmalarda öğrenmenin test sonuçlarına etkisi tartışma konusudur. Costa'nın çalışmasında testler arasında öğrenme etkisi görülmediği açıklanırken Karaca'nın ve Hovis'in çalışmasında öğrenme etkisinden bahsedilmiştir (14,16,61). Bireyler piyonları, her piyonda gördükleri rengi zihinsel bir sorgulama sürecinden geçirdikten sonra sıralamaktadırlar. Kısa süreli bellek oluşturularak gerçekleştirilen bu bellek türü sıklıkla saniyeler ile birkaç dakika arasında etkili olmaktadır. Eğer aynı bilgi zihinde birçok kez ve uzun süre yinelenirse kısa süreli belleğin uzun süreli belleğe dönüşümü ve pekiştirmenin oluşacağı bildirilmiştir (78). Çalışmanın gereç ve yöntem bölümünde açıklandığı gibi her panelin dizilme süresi ortalama iki dakikadır ve hemen ardından farklı renkte piyonların yer aldığı diğer paneldeki piyonlar sıralanmaktadır (19). Ard arda uygulanan FM100HT'leri arasında iki gün ara verilmiştir. Başlangıçta iki göz açık uygulanan testten iki gün sonra aynı işlem sağ göze iki gün sonrada sol göze uygulanmıştır. Bir öğrenciye toplam test uygulama süresi yaklaşık bir haftadır. Testin kısa sürmesi ve testler arasında iki günlük uzun bir zaman aralığının bulunması öğrenme faktörünün çalışmanın dışında tutulmasını sağlamıştır. Uygulama sırasına göre toplam hata skorları tüm bireylerde incelendiğinde; iki göz açık iken $61,22 \pm 30,32$, daha sonra uygulanan sağ göz açık iken $64,44 \pm 31,09$ ve en son olarak sol göz açık iken $62,18 \pm 31,39$ saptanmıştır (Şekil 5.1). Sırasıyla her iki göz, sağ göz ve sol göze uygulanan testlerin toplam hata skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamış olması çalışmamızda öğrenme faktörünün etkisinin olmadığını göstermiştir (14,16,61). Ard arda yapılan testlerde yorulmaya bağlı hata skorlarında artış olduğu

bildirilmiştir (61). Çalışmada iki test arasında bırakılan zaman aralığı bu etkinin görülmesini önlemiştir.



Şekil 5.1: HİG, SG ve SolG toplam hata skorları

Bireylerde saptanan DG hata skorları DOG'un hata skorları ile karşılaştırıldığında; toplam hata skorları arasında istatistiksel anlamda fark bulunmuştur ($p<0,05$). DG açık uygulanan testin toplam hata skorları daha düşük saptanarak DG'nin renkleri ayırt etme yeteneğinin DOG'e göre yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 5.2). DG'nin renk ayırt etme yeteneğindeki bu üstünlüğü öğrenme faktöründen bağımsızdır. DOG'un hata skorlarının yüksek olması da yorulma etkisinden bağımsız görülmektedir.

Tablo 5.3: DG ve DOG açık uygulanan FM100HT toplam hata skorları
(veriler ortalama $\pm$ standart hata ve ortanca değerler olarak verilmiştir)

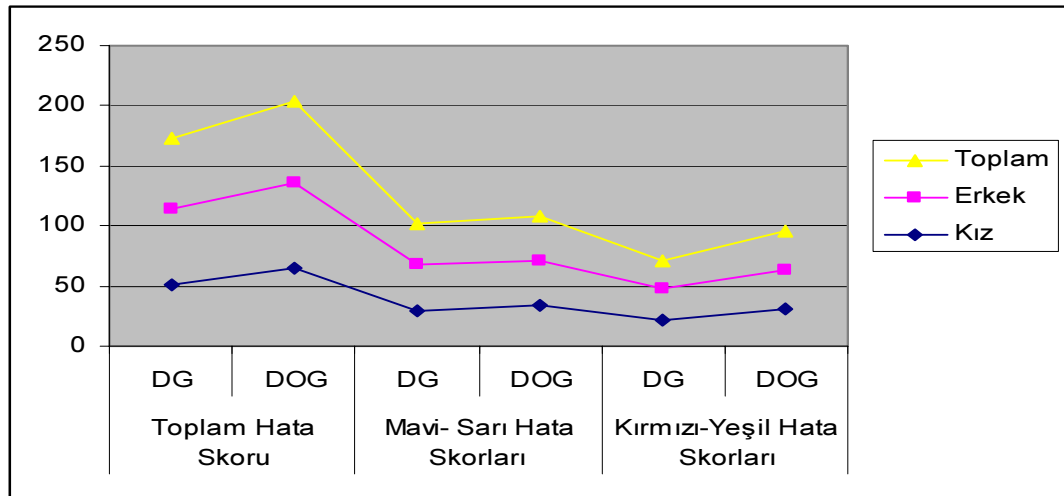
	Toplam Hata Skorları	
	DG	DOG
Kız (n=19)	51,52 $\pm$ 31,13 (46,00)	64,42 $\pm$ 34,62 (70,00)
Erkek (n=31)	63,25 $\pm$ 28,76 (58,00)	70,90 $\pm$ 29,68 (69,00)
Tüm bireyler (n=50)	58,80 $\pm$ 29,92 (51,00)	68,44 $\pm$ 31,46 (69,50)

DG ve DOG'un k/y ve m/s bölgedeki renkleri ayırt etme yeteneğini belirlemek amacıyla bu renklere ait bölgesel hata skorları hesaplanmıştır. Bölgesel hata skorları karşılaştırıldığında DG ve DOG arasında m/s bölgesel hata skorları ortalamaları arasında fark bulunmamıştır. Ancak DG'e ait k/y hata skorları ortalaması DOG'e göre anlamlı düzeyde düşük saptanarak DG'ün k/y akstaki duyarlılığının üstün olduğunu göstermiştir (Tablo 5.3, Şekil 5.1).

Tablo 5.4: DG ve DOG açık uygulanan FM100HT' inde m/s bölge hata skoru ortalamaları ve k/y bölge hata skoru ortalamaları.

(veriler ortalama $\pm$ standart hata ve ortanca değerler olarak verilmiştir)

	m/s hata skorları		k/yhata skorları	
	DG	DOG	DG	DOG
Kız (n=19)	29,63 $\pm$ 18,62 (26,00)	33,42 $\pm$ 17,38 (33,00)	21,89 $\pm$ 15,06 (18,00)	31,00 $\pm$ 22,42 (27,00)
Erkek (n=31)	37,77 $\pm$ 18,78 (36,00)	37,96 $\pm$ 17,73 (39,00)	25,48 $\pm$ 14,55 (24,00)	32,93 $\pm$ 17,31 (34,00)
Tüm bireyler (n=50)	34,68 $\pm$ 18,95 (31,00)	36,24 $\pm$ 17,56 (39,00)	24,12 $\pm$ 14,70 (23,00)	32,20 $\pm$ 19,21 (30,50)



Şekil 5.2: DG ve DOG açık uygulanan FM100HT toplam hata skorları (m/s bölge hata skoru ve k/y bölge hata skoru izlendiğinde DG'e ait toplam hata skoru ve k/y hata skoru anlamlı olarak düşük saptanmıştır ($p < 0,01$))

Sağlıklı ve genç bireylerde yaptığımız çalışmada; DG ve DOG m/s hata skorları arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Literatürde mavi sarı hata skorlarının edinsel renk görme kusurlarında ve ilerleyen yaşa bağlı olarak arttığı bildirilmiştir (6,52).

DG'ün renk ayırt etme yeteneğindeki üstünlüğü, k/y bölgedeki piyonların (13-33 ve 55-75 nolu piyonlar) dizilişinde saptanan hata skorlarındaki azlıktan anlaşılmaktadır. Buna bağlı olarak DGde k/y bölgedeki renkler daha iyi ayırt edilerek algılamada üstünlük sağlanmaktadır. k/y bölgedeki renkleri ayırt etme yeteneğinin düşük olması sıklıkla doğumsal renk görme kusurlarında rastlanılan bir durum olarak bildirilmiştir (79). Çalışmamızın başlangıcında doğumsal k/y renk görme yetersizliği olan bu bireyler çalışma dışına alınmıştır. Bunun yanında çalışmada elde edilen toplam hata skorları ortalamalarının, normal renk ayırt etme yeteneğinde görülen 0 ile 100 arasındaki toplam hata skoru sayısal değerlerine uyum gösterdiği görülmüştür (Tablo 5.2). Bu nedenlerle k/y aks hata skorlarında DG ile DOG arasında saptanan farklılık, DG'ün k/yrenk görme yeteneğinde üstün olduğunu göstermektedir.

Bu bulgu DG'ün k/y renk dizilimindeki algılama yeteneğinin üstün olduğunu gösterirken gelişen görüntüleme tekniklerinin yardımı ile ileride yapılacak çalışmalarda serebral görme merkezindeki değişikliklerin belirlenmesi ile daha açıklayıcı bilgilere ulaşılabileceği ümit edilmektedir.

Çalışmamızda renkleri ayrıntılı olarak görme yeteneği ve TNO test ile belirlenen derinlik algısı arasında ilişki olmadığı gözlenmiştir. İki gözle görme algısında kontrast duyarlılığın etkili olduğu gösterilmiştir. Renklerin binoküler görme üzerinde etkili olup olmadığı uzun yıllar boyunca tartışılmıştır (28). Yaygın görüş renklerin binoküler görmeyi sağlamada etkisiz olduğu yönünde oluşmuştur. Ancak son 10 yılda yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar bulunmuştur. Bu konudaki çelişkinin uygun çalışma modellerinin bulunmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Ouden ve ark.'nın çalışmasında, görme sisteminin binoküler eşleştirmede renkleri kullandığı ve derinlik algılamasının miktarını belirlediği bildirilmiştir (28). Ts'o ve ark. makak maymunlarında V2 bölgesinde renkler ve binoküler farklılık için ayar yapan nöronların varlığını öne sürmüşlerdir (80,81). Renk algısı ile derinlik algısı arasında ilişkinin varlığını işaret eden çalışmalar

artarken yaptığımız araştırmalar, renk ayırt etme yeteneğinin düzeyi ile derinlik algılama düzeyleri arasındaki ilişkinin henüz tam olarak belirlenmediği yönünde sonuçlanmıştır. Bu nedenle çalışmamızda FM100HT ve TNO test kullanılarak konunun araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada TNO testin diğer bir test olan Titmus Teste tercih edilmesinin nedeni testin esasının renk ayırımına dayanmasıdır. Bu kitapçıkta renkli tablolar içindeki her resmin yarım imajı birbirini tamamlayan yeşil ve kırmızı renklerden oluşmaktadır. Kırmızı yeşil gözlük takılarak bu imajlara bakıldığında binoküler görmesi olan bireyler resimdeki derinlik hissini algılamaktadır (82). Titmus test ise polarizasyon esasına göre düzenlenmiştir (26). Bu amaçla çalışma sürecinde elde edilen iki göz açık uygulanan FM100HT toplam hata skorları, renk görme kusuru bulunmayan bireylerin normal renk ayırt etme aralığına uyan hata skorları değerlerine göre sınıflandırılarak istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Farklı renk görme yeteneğine sahip bireylerden oluşturulan yüksek, orta ve düşük renk ayırt etme yeteneğine sahip üç grubun bireyleri içinde ve SD1+ (480 arc sn), SD2+ (240 arc sn), SD3+ (120 arc sn) ve SD4+ (60 arc sn) gören bireylerin toplam hata skorları ortalamaları bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ($p = 1,000$).

Karşılaştırma iki göz açık uygulanan FM100HT'ne ait toplam hata skorlarına göre, farklı derinlik düzeylerini gören öğrenciler arasında karşılaştırılmasıyla yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonunda derinlik algısı ve toplam hata skorları ortalamaları arasında fark olmadığı bulunmuştur. İleride yapılacak çalışmalarla farklı renk görme yeteneğine sahip bireylerin farklı derinlik algısına sahip olup olmadıklarının araştırılmasının konuya açıklık getireceği düşünülmektedir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma doğumsal renk görme kusuru bulunmayan ve görme keskinliği tam olan sağlıklı, genç ve yüksek öğrenim gören bireylerde uygulanmıştır. Çalışmaya yaşları 19-29 arasında değişen toplam 50 öğrenci alınmıştır. Amacı sağlıklı bireylerde renkleri ayırt etme yeteneğinin DG ve derinlik algısı ile ilişkisini incelemek olan çalışmada; DG Gündoğan Metod'u ile renk ayırt etme yeteneği FM100HT ile ve derinlik algısı TNO test ile saptanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgularımız;

- Renk ayırt etme yeteneği, sağ göz, sol göz ve her iki gözle bakıldığında değişmemektedir.
- Sol göz dominantlığı oransal olarak yüksek bulunmuşsa da DG ile cinsiyet faktörü arasında ilişki gözlenmemiştir.
- Görme işlevinde her iki gözünü kullanan bireylerde renkleri ayırt etme yeteneği ve derinlik algısı arasında ilişki olmadığı bulunmuştur. Benzer çalışma şartlarında birey sayısının fazla olduğu grup karşılaştırmalarının açıklayıcı olacağı düşünülmektedir.
- Görme işlevinde her iki gözünü kullanan bireylerde DG'ün derinlik algısının, DOG ve iki gözle algılamaya göre üstünlüğü saptanmamıştır. Renkleri ayırt etme yeteneğinin DG ve derinlik algısı ile ilişkisinin ileride geliştirilecek uygun çalışma modelleri ile araştırılmasının konuya açıklık getirmesi gerekmektedir.
- FM100HT hata skorları ile değerlendirildiğinde DG'ün renk ayırt etme yeteneğinin DOG'e göre saptanan üstünlüğünün DG'ün kırmızı- yeşil renk dizilimindeki hataların az olmasından kaynaklandığı görülmüştür. İleri görüntüleme teknikleri ile serebral görme merkezi ve serebral renkli görme merkezindeki farklılıkların belirlenmesinin konuya açıklık getireceği ümit edilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bevil R. Conway, Color vision, cones, and color coding in the cortex, The Neuroscientist, 15:274-290, 2009.
2. Schwartz S. H., Visual Perception, A Clinical Orientation, Second edition, Color Vision: (93-110), Appleton&Lange, Stamford, Connecticut, 1999
3. Gegenfurtner K.R., Kiper D.C, color vision, Annu rev neurosci, 26:181-206, 2003
4. Nathans J., The evolution and physiology of human color vision: insights from molecular genetic studies of visual pigments, Neuron, 24 (299-312), 1999
5. Shapley R., Neural mechanisms for color perception in the primary visual cortex, Current opinion in neurobiology, 12: 426-432
6. Adler's physiology of the eye, William M, Hart Jr, Ninth edition, 22:(708-721), Mosby-Year Book, Inc., USA, 1992
7. Ganong W. F, Review of Medical Physiology, Los altos, California: Lange medical publication, 1997
8. Deeb S., Molecular genetics of colour vision deficiencies, Clin Exp Optom, 87:4-5: 224-229, 2004
9. Gündoğan N.U., Durmazlar N, Gümüş K., Özdemir Geyik P., Altıntaş A.G., Projected color slides as a method for mass screening test for color vision deficiency (a preliminary study), Intern J. Neuroscience, 115(1105-1117), 2005
10. Melamud A., Hangstrom S., Traboulsi E., Color vision testing, Ophtalmic Genetics 5(3), 159-187, 2004
11. Okka B, Diabetik retinopatide Farnsworth-Munsell 100 ton renk testi sonuçları. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoloji (Tıp) Anabilim Dalı, Konya, 1997.
12. Durmazlar N, Gündoğan NÜ, Renk körlüğünün saptanmasında bilgisayara uyarlanmış yeni bir yöntem, Uzmanlık Tezi, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Ankara, 2002
13. Kinnear PR, Sahrai A: New Farnsworth-Munsell 100 Hue test norms of normal observers for each year of age 5-22 and for age decades 30-70. Br J ophthalmol, 86:1408-1411, 2002
14. Abdullah Karaca, A. Osman Saatçi, Canan Kaynak, The result of farnsworth- munsell 100 hue test in Turkish population, Ret-Vit 13:119-123, 2005
15. Verriest et al. A new assesment of the normal ranges of the farnsworth-munsell 100 hue test scores, Am J Ophtalmol May 93(5): 635-42, 1982

16. Hovis JK, Ramaswamy S, Anderson M, Vis Neurosci., Repeatability indices for the Farnsworth D-15 test., 21(3):449-53.,2004
17. Mantyjarvi M., Normal test scores in the Farnsworth- Munsell 100 hue test, Documenta ophtalmologica, 102:73-80, 2001
18. R.R.Hidajat, Hidayat J.R., McLay J.L., Elder M.J., Goode D.H., A fast siystem for reporting the Farnsworth- Munsell 100 hue colour vision test, Documenta Ophtalmologica, 109:109-114, 2004
19. Farnsworth D., The Farnsworth-Munsell 100-hue test for the examination of color discrimination. Manual. Munsell color, Macbeth, division of Kollmorgen Instruments Corp., New Windsor, New York 12553, USA.,1957
20. Gündoğan N Ü., El tercihi ve Dominant Göz, Türkiye Klinikleri J Med Sci 25(2) 2005
21. McManus IC, Porac C, Bryden MP, Boucher R. Eye dominance, Writing hand, and throwing hand., Laterality, 4:173-92,1999
22. Shneur E., Hochstein S., Eye dominance effects in future search, Vision research, 46, 4258-4269, 2006
23. Erdoğan AR., Ozdikici M, Right and left visüel cortex areas in healty subjects with right and left-eye dominance, Intern J. Neuroscience. 112: 517-523. 2002
24. Frank L. Pedrotti, S.J., Leno M. Pedrotti, Leno S. Pedrotti., Introduction to Optics. Third Edition, 19 (425-427), Pearson education, USA, 2007
25. Schwartz S. H., Visual Perception, A Clinical Orientation, Second edition, Depht Perception: (235-239), Appleton&Lange, Stamford, Connecticut, 1999
26. Altıntaş Koçak A., Koçak İ., Duman S., Renk görme defektli olgularda TNO ve Titmus testlerinin karşılaştırmalı sonucu., MN Oftalmoloji, cilt 4 sayı 6, 1997
27. TNO test for stereoscopic vision, Schairer OphthaLTechnik, Alexanderstr.55-70182 Stuttgart
28. H.E.M den Ouden., R van Ee and E.H.F de Haan., Colour helps to solve the binocular matching problem, J Physiol 567.2 (665-671), 2005
29. Gündoğan N.Ü., Yazıcı A.C., Şimşek A., A study on dominant eye, International journal of ophthalmology 8 (10),1980-86, 2008
30. Gegenfurtner K.R., Sharpe L.T., Color vision genes to perception, Cambridge university press, 1999
31. Frank L. Pedrotti, S.J., Leno M. Pedrotti, Leno S. Pedrotti. Introduction to Optics. Third Edition, page, 1-6, 2007

32. Kalb H., The organization of the retina and visual system, <http://webvision.med.utah.edu/>
33. Cook B & Zelhof A.C, Photoreceptors in evolution and disease, *Nature Genetics* 40, 1275-1276, 2008.
34. Karen B. Larsen, Melissa Lutterodt, Martin F. Rath and Morten Moller, Expression of the homeobox genes *PAX6*, *OTX2*, and *OTX1* in the early human fetal retina, *Int J Dev Neurosci.* 27(5), 485-492, 2009
35. Guyton A.C, Hall J.E, Tıbbi Fizyoloji, Göz II, Retinanın reseptör ve sinirsel işlevi, 626-637, 11.basım, Yüce & Nobel, 2006
36. Ebrey T., Koutalos Y., Vertebrate photoreceptors, *Progress in Retinal Eye Research*, volume 20, issue 1, pages 49-94, 2001
37. Mustafi D, Engel A.H, Palczewski K, Structure of cone photoreceptors, *Progress in Retinal and Eye Research* 28: 289-302, 2009
38. American Academy of Ophthalmology, Oftalmolojinin Esas ve İlkeleri, cilt 2, kısım1 anatomi, göz, retina, sayfa 76-86, 2008
39. Deeb S., Genetics of variation in human color vision and the retinal cone mosaic, *current opinion in genetics & development* , 16:301-307, 2006
40. Gary D. Haynie, Shizuo Mukai, Genetics of color vision, page 141-152
41. Nelson L.D., Cox M.M., *Lehninger principles of biochemistry*, third edition, 2000
42. Mustafi D, Engel A.H, Palczewski K, Structure of cone photoreceptors, *Progress in Retinal and Eye Research* 28: 289-302, 2009
43. Nathans J., The evolution and physiology of human color vision: Insights from molecular genetic studies of visual pigments, *Neuron* 24: 299-312, 1999
44. Gerald Westheimer, The ON-OFF dichotomy in visual processing: From receptors to perception, *Prog Retin Eye Res.* 26(6):636-48. , 2. 2007
45. Packer OS, Verweij J, Li PH, Schnapf JL, Dacey DM , Blue-yellow opponency in primate S cone photoreceptors., *J Neurosci.* 13;30(2):568-72., 2010
46. Dacey D.M., Primate Retina: Cell Types, Circuits and Colour Opponency, *Progress in Retinal and Eye Research*, 19(5):647-648, 2000.
47. Kusunoki M, Moutoussis K, Zeki S, Effect of background colors on the tuning of color-selective cells in monkey area V4, *J Neurophysiol.*;95(5):3047-59., 2006
48. Amparo M., Luque Maria Jose, Capilla P., Gomez J., Fez M.D., Detection and assessment of color vision anomalies and deficiencies in children, *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 38(4) 195-208, 2001.

49. R.R.Hidajat, Hidayat J.R., McLay J.L., Elder M.J., Goode D.H., A fast system for reporting the Farnsworth- Munsell 100 hue colour vision test, *Documenta Ophthalmologica*, 109:109-114, 2004
50. Liris,N, Reetta K., Mantjyjarvi M., color vision in epilepsy patients treated with vigabatrin or carbamazepine monotherapy, *American academy of ophthalmology*, 107:884-888, 2000
51. Franca B. Barton MS, Donal S.Fong MD, Classification of Farnsworth-Munsell 100-hue test results in the early treatment diabetic retinopathy study, *American journal Of Ophthalmology*, 138(1):119-124,2004
52. Vivanne C.Smith, Pocorny J., Arlene S., Color-axis determination on the Farnsworth-Munsell 100- hue test, *American journal Of Ophthalmology*,100:176-182.1985
53. Birch J.,Failure of concordance of the Farnsworth D15 test and the Nagel anomaloscope matching range in anomalous trichromatism. *Vis Neurosci*. 2008 May-Jun; 25(3):451-3, 2008
54. Birch J.,Clinical use of the American Optical Company (Hardy, Rand and Rittler) pseudoisochromatic plates for red-green colour deficiency., *Ophthalmic Physiol Opt.*;17(3):248-54., 1997
55. Craven B. J. ,a method for increasing the scoring efficiency of the Farnsworth-munsell 100 Hue test, *ophtal. Physiol opt*. 17 (2): 153*157, 1997
56. Lugo M, Tiedeman JS, Computerized scoring and graphing of the Farnsworth-Munsell 100-hue color vision test, *Am J Ophthalmol.*, 15;101(4):469-74., 1986
57. Poggio GE, Mechanisms of stereopsis in monkey visual cortex, *cereb cortex*,5(3):193-204,1995
58. Olga S. Et al., Ocular dominance diagnosis and its influence in monovision, *Am J Ophthalmol*; 144:209-216, 2007
59. Rombouts SA, Barkhof F, Sprenger M, Valk J., Scheltens P, The functional basis of ocular dominance: functional MRI (fMRI) findings., *Neurosci Left*, 221 (1): 1-4,1996
60. Oishi A, Tobimatsu S, Arakawa K, Taniwaki T, Kira J. Ocular dominance in conjugate eye movements at reading distance. *Neurosci Res*. Jul;52(3):263-8., 2005
61. Costa MF, absence of binocular summation, eye dominance, and learning effects in color discrimination, *vis neurosci*, 23(3-4) 461-9
62. Giuffre G., Changes in color Discrimination during the menstrual cycle, *ophthalmologica*, 221:1
63. Woo GC, Are ethnic differences in the F-M 100 scores related to macular pigmentation?, *clin exp optom*, 85(6): 372-7

64. Kaimbo Wa Kaimbo D, Spileers W, Missotten L., The Farnsworth-Munsell 100 Hue test in the Bantu population. Preliminary results, J Fr Ophtalmol.,17(11):664-7, 1994
65. Bone RA, Sparrock JM, Comparison of macular pigment densities in human eyes,Vision Res.,11(10):1057-64., 1971
66. Hammond BR, Caruso AM, Macular pigment optical density in a Southwestern sample., Invest ophtalmol vis sci, 41: 1492-1497, 2000
67. Canovas R, Cypel M, Farah ME, Belfort R Jr., Macular pigments, Arq Bras Oftalmol., 72(6):839-44, 2009
68. Szostak WB, Szostak-Wegierek D, Nutrition in prevention of age-related macular degeneration, Przegl Lek.,65(6):308-112008
69. Jordan G, Mollon JD., A study of women heterozygous for colour deficiencies., Vision Res. 33(11):1495-508. 1993
70. Eisner A, visual sensitivity across the menstrual cycle. Vis neurosci, 21:513-531,2004
71. Porac C, Coren S. The Dominant Eye, Psychol Bull., 83(5):880-897,1976.
72. Eunice Y, A new interocular suppression technique for measuring sensory eye dominance, invest ophtalmol vis sci,51(1):588-593 ,2010
73. Eser İ, Türkiye’de baskın göz oranı, Türk oftalmoloji gazetesi, 38:1,60-63, 2008
74. Aygöl R., handedness,eyedness,and crossed hand-eye dominance in male and female patients with migraine with and without aura: a pilot study., percept motor skills, 100: 1137-42, 2005
75. Kitahara K, Physiology and pathology of visual information processing, Nippon Ganka Gakkai Zasshi, 111(3):160-91, 2007
76. Coren S., Sensorimotor performance as a function of eye dominance and handedness., Percept Mot Skills., 88(2):424-6., 1999
77. Sugiyama Y, Lee MS, Relation of eye dominance with performance and subjective ratings in golf putting., Percept Mot Skills.,100 (3):761-6., 2005
78. Guyton A.C, Hall J.E, Tıbbi Fizyoloji, beyin korteksi, beynin zihinsel işlevleri, öğrenme ve bellek, 57:(723-725),11.basım,Yüce & Nobel, 2006
79. Colorblindness,partial,deutan series;CBD, <http://ncbi.nlm.nih.gov/entrez/> 2006
80. Roe AW, Ts'o DY., J Neurophysiol.,82(5):2719-30., Specificity of color connectivity between primate V1 and V2,1999

81. Landisman CE, Ts'o DY., J Neurophysiol. Jun;87(6):3138-51.,Color processing in macaque striate cortex: electrophysiological properties.,.02
82. Altıntaş Koçak A, mikrotopya olgularında stereopsis, T. Oft. Gaz. 24,109-112,1994

