

Kontrast Duyarlık ve Renk Görme

Ümit Kamış (*), Mehmet Okka (*), Hasan Küçükçelik (**)

ÖZET

Amaç: Kontrast duyarlık ve renk görme fizyolojisi ve klinik uygulamalarını tartışmak.

Metod: Sıklıkla kullanılan Pelli-Robson kontrast duyarlık ve Lanthony yeni renk testi esas alınarak kontur tanıma ve renk algılama mekanizmalarının klinik uygulamalarını gözden geçirmek.

Sonuçlar: Gerek kontrast duyarlık için kullanılan Pelli-Robson testi, gerekse renk görme için kullanılan Lanthony renk testi, görsel algılama mekanizmalarını ortaya çıkarmada faydalı yöntemlerdir.

Tartışma: Görme sisteminin değişik fonksiyonlarının incelenbilmesi ancak kontrast duyarlık ve renk görme mekanizmalarının ortaya konabilmesiyle mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Kontrast duyarlık, renk görme.

SUMMARY

Contrast Sensitivity and Color Vision

Purpose: To discuss the contrast sensitivity and color vision physiology and its clinical applications.

Method: Contour recognition and color vision mechanisms are evaluated by using the frequently applied Pelli-Robson contrast sensitivity and Lanthony new color tests.

Results: The Pelli-Robson test used for contrast sensitivity and Lanthony test for color vision, are both useful methods to evaluate the visual perception mechanisms.

Discussion: Discrimination of different mechanisms of visual system can be achieved by evaluation of contrast sensitivity and color vision mechanisms.

Key Words: Contrast sensitivity, color vision.

Görsel sistemin anatomi ve fizyolojisi

Görme sistemi birbiriyle yakın ilişkili birçok fonksiyonu gerçekleştirir. Nörolojik ve psikofiziksel araştırmalar insan görme sisteminde yüksek çözünürlümlü kontur tanıma, renk algılama ve hareket ve derinlik algılama mekanizmalarının olduğunu ve bu mekanizmaların ba-

zen birlikte, bazen de izole olarak işler olduğunu göstermektedir (1-5).

Bu konuların anlaşılması için retinadan başlayarak görsel algılamanın oluşumuna kadar olan bilgi işlem sürecini (signal processing) bilmek gerekir. Burada konu ile ilişkili olarak, kontrast duyarlık ve renk görme ile il-

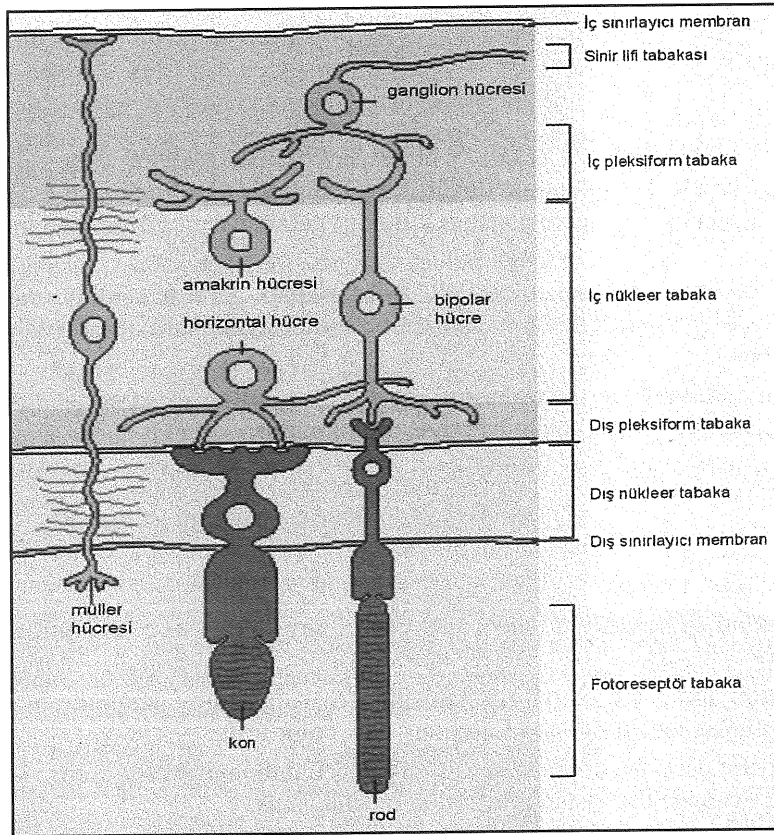
(*) Yrd. Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Konya

(**) Araştırma Görevlisi, Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Konya

gili retinada nöronal düzeyde gelişen olayların mekanizması açıklanacaktır.

Sensoriyel retina üç ana nöron grubundan oluşur; fotoreseptörler, bipolar hücreler ve ganglion hücreleri. Bu üç ana nöron, renk ve kontrast algılamada önemli fonksiyon gösterirler. Dışta fotoreseptörler, ortada bipolar hücreler ve en içte ise ganglion hücreleri şeklinde yerleşim düzeni gösterirler (6-8), Şekil 1.

Şekil 1. Retinadaki nöronal bağlantılar ve tabakalar (8)



Fotoreseptörler ileri derecede özelleşmiş ışığa duyarlı nöroepitelyal hücrelerdir. İki tip fotoreseptör hücre bulunur: rodlar ve konlar. Rod ve konların dört önemli fonksiyonel segmenti mevcuttur: dış segment, iç segment, nukleus ve sinaptik cisim.

Dış segment, ışığa duyarlı fotokimyasal maddeler bulundurur. Bunlara görme pigmentleri de denilmektedir. Görme pigmentleri bir retinoid mollekülü ve buna bağlı bir proteinden (opsin) oluşmaktadır. Retinoid kısım rodlarda ve konlarda aynıdır. Rodlardaki opsin kısmı skotopsin iken, konlarda değişik dalga boylarındaki ışığa duyarlı üç farklı opsin bulunmaktadır (mavi, yeşil, kırmızı). Bu görme pigmentlerinin farklılığından dolayı retinada üç tip kon hücresi bulunurken, rod hücreleri tek

tiptir (6,9-11). Bu üç tip kon hücresi farklı dalga boylarındaki ışığa duyarlıdır:

- Kısa dalga boyuna hassas (short-wave length sensitivite) konlar (maviye duyarlı),
- Orta dalga boyuna hassas (middle-wave length sensitivite) konlar (yeşile duyarlı),
- Uzun dalga boyuna hassas (long-wave length sensitivite) konlar (kırmızıya duyarlı).

Retinada kırmızı ve yeşile duyarlı konların en yoğun olduğu yer foveadır. Mavi renge duyarlı konların en yoğun olduğu yer ise, fovea merkezinin bir derece dışındadır. Yani insan foveası maviye karşı daha az hassastır. Konların duyarlılığı 440 nm (mavi), 540 nm (yeşil) ve 570 nm (kırmızı) dalga boylarında en fazladır (spektral duyarlılık).

Her bir dalga boyu kon pigmentleri tarafından eşit olarak absorbe edilemez. Ancak her bir kon pigmenti geniş spektrumlu bir dalga boyu aralığını absorbe eder. Örneğin kısa dalga boyuna duyarlı kon pigmentleri bu spektrumda büyük çoğunluğu mavi rengi absorbe ederken, diğer spektrum bölgelerinde daha az miktarda mavi rengi absorbe eder.

Bir konun ışığa yanıtı hangi dalga boyunun absorbe edildiği konusunda bize bilgi vermez, sadece absorbe edilen foton sayısı konusunda bilgi verir. Farklı renklerde ama aynı sayıda ışık fotonu absorbe edildiğinde bu konun her iki renge de yanıtı aynıdır.

Farklı konlar farklı ganglion hücrelerine mesajlarını iletmekte ve böylece farklı renklere ait mesajlar beyine iletilmektedir. Ara renklerin seçilmesi ise bu renklerin değişik konları değişik oranlarda uyarmalarına bağlıdır.

Örneğin kırmızı ve yeşil konlar yaklaşık eşit ölçüde uyarıldığında sarıya uyan bir ışık bulunmamasına rağmen spektral duyarlılıkta sarı renk ortaya çıkmaktadır. Yine kırmızı, yeşil ve mavi konların yaklaşık eşit oranda uyarılması beyaz görme duyusunu oluşturur (6,12-15).

Genellikle rodların renk görmeye rol almadığı düşünülür. Oysa rodlar 500 nm civarındaki ışığa maksimum duyarlık gösterirler. Bu, spektrumun koyu yeşil bölümüne uyar. Bu nedenle karanlığa adapte bir göz en çok bu renge hassastır. Rodların renk görmeye katkıları fovea dışında ve mezopik şartlardadır (12,16).

Bipolar hücreler, görme yolunun birinci nöronunu oluştururlar. Bipolar hücrelerin dendritleri dış pleksiform tabakada kon ya da rod hücrelerinin sinaptik cisimleriyle

le, aksonları ise iç pleksiform tabakada ganglion hücreleri ile sinaps yaparlar. İki farklı tipte bipolar hücre bulunmaktadır, depolarize eden bipolar hücre ve hiperpolarize eden bipolar hücreler.

Bu iki farklı tipteki bipolar hücreler, kon ve rodların üzerine ışık düşmesi ile uyarılırlar ve böylece kon ve rodlardan gelen hem pozitif hem de negatif sinyallerin ayrı ayrı bipolar hücreler yoluyla amakrin ve ganglion hücrelerine iletilmesini sağlarlar.

Horizontal ve amakrin hücreler, modülatör hücreler olup fotoreseptörlerden aldıkları elektriksel sinyali düzenledikten sonra ganglion hücrelerine iletirler. Horizontal hücreler dış pleksiform tabakada bir çok fotoreseptör ve bipolar hücreler ile lateral olarak bağlanmışlardır. Horizontal hücreler, kon ve rodlardan serbestleşen transmittre depolarize edici bipolar hücreler gibi cevap verirler. Yani ışıkla uyarılırlar. Bununla beraber lateral olarak komşu oldukları bipolar hücreleri inhibe ederler. Bu nedenle horizontal hücreler, retinanın lateral inhibitör yolunu oluştururlar.

Amakrin hücre uzantıları ise iç pleksiform tabakada bipolar hücre aksonları ve ganglion hücre dentritleriyle birleşir. Amakrin hücre liflerinin çoğu lateral olarak retinanın iç pleksiform tabakasında ilerler ve böylece lateral sinyallerin iletilebileceği bir başka yolu temsil ederler. Ancak horizontal hücrelerdeki inhibitör sinyallere karşın bu kez uyarıcı sinyaller söz konusudur. Amakrin hücrelerin belki de en önemli özelliği bipolar hücreler tarafından uyarıldıklarında, önce çok şiddetli cevap vermelerine karşın, hemen sinyalin sönmesidir. Bu nedenle, amakrin hücrelerin ışık şiddetindeki ani değişimleri bildirmek için beyine güçlü sinyaller gönderdikleri sanılmaktadır.

Ganglion hücreleri, görme yolunun ikinci nöronunu oluştururlar. Aksonları sensoriyel retinanın iç tabakalarına doğru yönelir ve daha sonra retina iç yüzeyine paralel hale gelerek sinir lifi tabakasını meydana getirirler. Retinada sayıları yaklaşık 1 milyon civarındadır. Ganglion hücre aksonlarının oluşturduğu lifler retinada miyelinsiz haldedir, lamina kribrozayı geçtikten sonra miyelimli hale gelirler ve optik sinirle devam ederler.

Depolarize edici bipolar hücreler, başlıca direkt uyarıcı sinyalleri basil ve konlardan ganglion hücrelerine iletirler. Hiperpolarize edici bipolar hücreler ve horizontal hücreler, yanlarda yer alan rod ve konlardan etraftaki bipolar hücrelere ve sonrada ganglion hücrelerine inhibitör mesajları iletirler. Amakrin hücreler ise, retinanın aydınlanma derecesine göre değişen, kısa ömürlü, geçici sinyalleri direkt olarak ganglion hücrelerine iletirler. Böylece her hücre tipi ganglion hücrelerinin uyarılmasında ayrı bir fonksiyon gösterir (6,11,17).

İnsanda en az üç ayrı tipte ganglion hücresi bulunmaktadır.

W hücreleri, ganglion hücrelerinin %40'ını oluştururlar. Küçük çaplı hücrelerdir. Yavaş ileti yaparlar (8 m/sn). Belli yöndeki hareketi fark etme ve karanlıkta görme için gerekli sinyalleri taşırlar.

X hücreleri, ganglion hücrelerinin %55'ini oluştururlar. Bunlara P hücreleri de denir. Orta boydadırlar ve orta hızda ileti yaparlar (14 m/sn). Lateral genikülat cisimde parvosellüler tabakada sinaps yaparlar. Başlıca yüksek spasyal frekanslı kontrast algılanımını sağlarlar. Renk görme mesajlarının iletiminde de rol oynarlar.

Y hücreleri, ganglion hücrelerinin %5'ini oluştururlar. Bunlara M hücreleri de denir. Büyük hücrelerdir ve hızlı ileti yaparlar (50 m/sn). Lateral genikülat cisimde magnosellüler tabakada sinaps yaparlar. Görsel uyarılardaki hızlı değişimler ile hızlı hareket ve ışık şiddetindeki hızlı değişimlere ait mesajları taşıyan hücrelerdir. Düşük spasyal (uzaysal) frekanslı kontrast algılanmasında rol oynarlar. Kontrast algılanım hücreleri olarak da bilinirler.

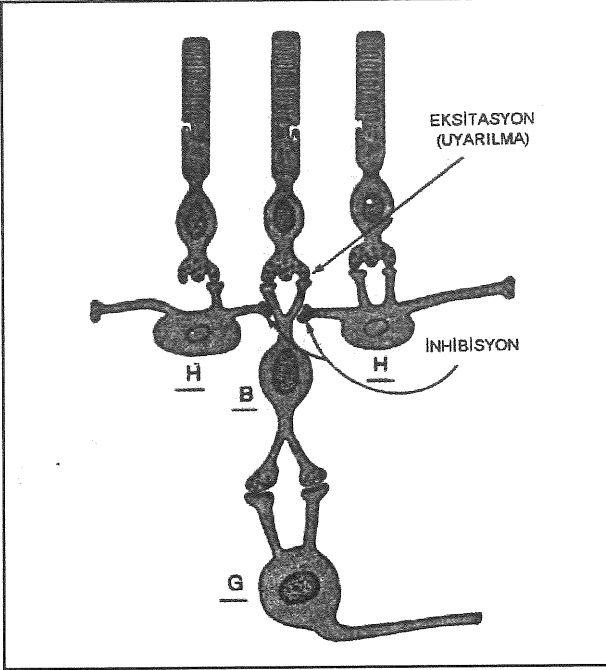
Ganglion hücrelerinin çoğu, görme alanının gerçek aydınlanma düzeyine cevap vermezler. Bunun yerine sadece alandaki kontrast sınırlara cevap verirler.

Tüm retinaya yaygın biçimde bir ışık uygulandığında, yani tüm fotoreseptörler düşen ışıkla eşit olarak uyarıldığında, kontrast tipi ganglion hücreleri ne uyarılır ne de inhibe olur. Bunun nedeni, fotoreseptörlerden depolarize edici bipolar hücreler yoluyla doğrudan iletilen sinyallerin uyarıcı iken, hiperpolarize edici hücreler ve horizontal hücreler yoluyla yanlardan iletilen sinyallerin ise inhibitör olmasıdır. Böylece bir yoldan gelen direkt uyarıcı sinyal, lateral yoldan gelen inhibitör sinyallerle nötralize oluyor gibidir. Böyle bir uyarı aşağıdaki Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2'de ortadaki reseptörün parlak ışıkla uyarıldığı sırada, yanlardaki iki reseptörün karanlıkta kaldığını düşünelim. Bu durumda yanlardaki reseptörlerin karanlıkta kalması, iki horizontal hücrenin inhibe olmasına yol açar. Bu nedenle bu hücrelerin, bipolar hücreler üzerindeki inhibitör etkileri ortadan kalkar ve bipolar hücre daha fazla uyarılır. Halbuki ışık her tarafa düşerse, bipolar hücreye hem uyarıcı hem de inhibitör sinyaller geleceği birbirini nötralize edecektir. Fakat kontrast varsa direkt ve lateral sinyal yolları gerçekte birbirini güçlendirir. Böylece lateral inhibisyonun gözdeki fonksiyonunun, kontrast bildirme ve duyuyu güçlendirmek olduğunu anlayabiliriz.

Retina ganglion hücreleri, ışıkla uyarılabildiği gibi karanlık düştüğü zamanda uyarılırlar. Bu da görüntüdeki

Şekil 2. Retinada rodlar (R), horizontal hücreler (H), bir bipolar hücre (B), ve bir ganglion hücrelerinin (G) tipik yerleşimi. Rodlarla horizontal hücreler arasındaki eksitasyona (uyarılma) karşı, horizontal hücrelerle bipolar hücreler arasındaki sinapslarda inhibisyon (lateral inhibisyon) görülmektedir (6).



herhangi bir kontrast sınırının ganglion hücrelerinde çift uyarılmaya neden olabileceğini gösterir. Bu uyarılmalar, kontrast sınırının aydınlık bölümünün neden olduğu direkt uyarılma ve retinanın lateral olarak karanlık duruma gelmesiyle ortaya çıkan lateral inhibisyonun doğan uyarılmadır.

Böylece ganglion hücreleri ile retina arasındaki bu nöronal bağlantı primer görme korteksinin çizgileri fark etmesini sağlar. Primer görme korteksinde görme sinyalleri kaydedilirken başlıca görme alanındaki kontrast dikkate alınmakta, düz alanlar önemli olmamaktadır. Uyarının şiddeti kontrastın derecesi ile belirlenmektedir. Yani uyarının kenar kontrast keskinliği arttıkça, aydınlık ve karanlık alanlar arasındaki şiddet farkı da artarak stimülasyon derecesi yükselir. Böylece görme alanındaki kontrast modeli, görme korteksinin nöronlarını etkiler ve bu model, kabaca retinada oluşan görüntü gibi bir uzay-sal yerleşim gösterir (2,18,19).

Kontrast duyarlık

Kontrast iki görünür bölge arasındaki ortalama aydınlanma farkıdır. Eğer bir görme uyarısı uzayda sabit ise veya zamanla şiddetini değiştiriyorsa bu uyarının

maksimum (I_{max}) ve minimum (I_{min}) şiddetini belirlemek mümkündür. Bu şiddetler arasındaki oran ise kontrast olarak bilinmektedir. Kontrast aşağıda gösterildiği gibi formüle edilebilir.

$$\text{Kontrast} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

Kontrastın en büyük değeri uyarının minimum değeri sıfır ($I_{min}=0$) olduğu zamandır, yani bire eşittir (20-22).

Kontrast, temporal (zamansal) ve spasyal (uzaysal) olmak üzere iki çeşittir. Oftalmolojide uzayda sabit veya belirli bir zaman dilimi içerisinde tekrarlayan uyarıların kullanmak sıklıkla tercih edilmektedir. Bunun basit bir örneği tekrarlayan parlak ışıklardır. Eğer şahıs bu şekilde tekrarlayan parlak ışıklar gibi değişen homojen bir bölgeye bakarsa parlak ışıklar titreşim olarak algılanır ve böylece elde edilen temporal aydınlanma kontrastıdır. Buna karşın değişen aydınlanmada grating de denen bir seri çizgi halinde tekrarlayan bir patern (şekil) görülürse, o zaman bu patern spasyal aydınlanma kontrastı adını almaktadır. Yani temporal aydınlanma kontrastı, belirli bir zaman dilimi içerisinde ortaya çıkan görme sahaları arasındaki aydınlanma farkının ayırt edilmesi iken, spasyal aydınlanma kontrastı, uzayda birbirine bitişik bulunan iki bölge arasında ki aydınlanma farkıdır (21,22).

Bir görme uyarısının varlığının saptanması retina üzerinde oluşturduğu görüntünün büyüklüğüne bağlı olup, bu büyüklük açı-dakika olarak ifade edilmektedir. Bunun için kabul edilen eşik değer ise 1 açı-dakikadır ve retina reseptörünün çapından daha küçüktür. Görme açısı derecesi başına düşen birbiri ardınca gelen çizgilerin sayısı ise frekans (grating siklusu) adını almaktadır ve cycles per degree (cpd) olarak ifade edilmektedir. Yüksek frekans komponentleri çizgi, kenar ve ince detaylar hakkında bilgi verirken, düşük frekans komponentleri büyük objelerin şekil ve pozisyonu hakkında bilgi verir.

Kontrast eşik, verilen bir hedef büyüklüğünün doğru olarak ayırt edilebildiği en düşük kontrast değeridir. Kontrast duyarlık, iki görünür bölge arasındaki aydınlanma farkını ayırt etme gücü olup kontrast eşik değerinin tersi olarak ifade edilmektedir (23,24). Kontrast duyarlığın spasyal frekansın fonksiyonu olarak eğri şeklinde çizdirilmesi, kontrast duyarlık fonksiyonu (KDF) veya modülasyon transfer fonksiyonu (MTF) adını almaktadır (25).

Kontrast duyarlık ölçümü

İnsanda görme sistemi ile ilgili önemli bilgiler veren kontrast duyarlık testi ilk olarak 1956 yılında Scha

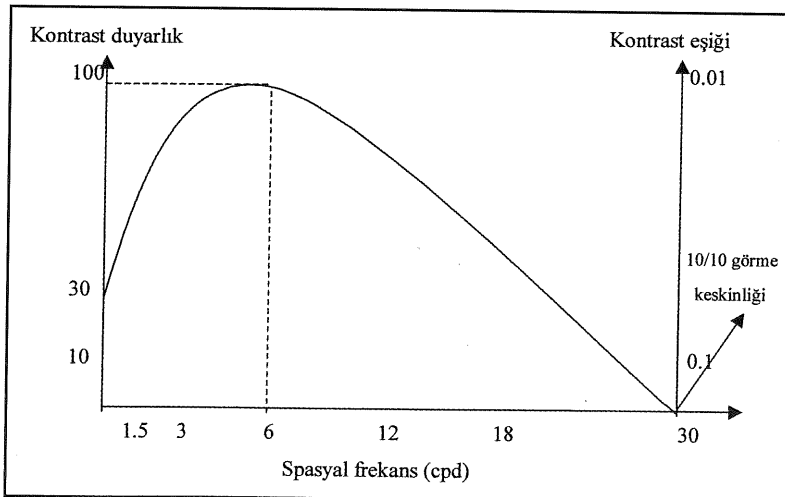
tarafından görme sisteminin fizyolojisini incelemek için kullanılmıştır. 1965 yılında yine aynı amaçla Campell ve Green sinüzoidal gratingleri kullanarak kontrast duyarlılığı ölçmüşlerdir. Daha sonra 1976 yılında Diamond ve Wolner, 1977 yılında Hess ve Garner aynı testi oftalmolojik ve nörolojik hastalıkları incelemek için kullanmışlardır (26). Klinik pratiğe girmesi ise Arden tarafından 1978 yılında yöntemin daha da basitleştirilmesi ile olmuştur (25).

Rutin göz muayenesinde görme sisteminin sadece yüksek spasyal frekans ve %100 kontrastdaki davranışı incelenmektedir. Halbuki görme fonksiyonu göz ve görme yolları tarafından görme mesajının ayrıntılı değerlendirilmesini kapsayan oldukça karmaşık bir işlev olup, görme keskinliği bu mekanizmanın yalnızca bir elemanını oluşturmaktadır. Kontrast duyarlık, renk görme, görme alanı, derinlik hissi, şekil ve hareket algılama gibi fonksiyonlar bu bütünü tamamlamaktadır (22,27).

Rutin göz muayenesinde görme keskinliği ölçümü için homojen beyaz zeminde siyah harf, sayı, şekil kullanılmaktadır. Burada kullanılan kontrast %100'e eşdeğerdir. Görme sisteminin ayırt edebilme gücü şekillerle olabildiği gibi çizgi veya grating adı verilen örneklerle de yapılabilir. Snellen eşelinde 1 dakikalık açı altında görülen cismin grating değeri 30 cpd'dir. Diğer bir deyimle 10/10 görmeyi sağlayan bir dakikalık görme açısı içinde 30 çizgi, titreşim veya grating varsa insan gözü bunu ayırabilir. Ancak burada kullanılan kontrast %100 olmalıdır. Kontrastın düşürülmesi algılamanın kaybolmasına neden olmaktadır.

Genellikle kontrast eşiğinin tersi olarak ifade edilen kontrast duyarlık, çeşitli spasyal frekanslara karşı grafik şeklinde gösterilirse spasyal frekanslı KDF elde edilir, Şekil 3.

Şekil 3. Kontrast duyarlık eğrisi (21)



Bir gözün kontrast duyarlılık eğrisinin saptanabilmesi için iki parametre gereklidir. Bunlar obje ve zemin arasındaki kontrast eşik ile cpd olarak hedef büyüklüğüdür.

Klinik pratikte kontrast duyarlık testi, sıklıkla 3-5 farklı frekansda cpd veya obje büyüklüğünde, 3-8 kontrast düzeyinde yapılarak KDF elde edilmektedir. Eğrinin genel veya spesifik bölgelerinde normalden sapma kontrast duyarlıkta azalmayı göstermektedir. Tipik kontrast duyarlık eğrisinde, insan görme sisteminin kontrastlara maksimum hassasiyeti, retinada oluşan 4-6 cpd'ye yakın imaj büyüklüklerinde olmaktadır. Bu ise 2/10 Snellen görme keskinliği sırasında bulunan optotip büyüklüğüne karşılık gelmektedir. Bu nedenle herhangi bir sebeple gelişen kontrast duyarlıktaki bir azalmada, bireyin Snellen testindeki küçük ve yüksek kontrastlı objeleri algılayabileceğini, buna karşın azalmış kontrasttaki büyük objeleri algılamayacağı söylenebilir. Çok yüksek ve çok düşük frekanslarda kontrast duyarlık giderek azalır. Çok daha yüksek frekanslarda ise grating %100 kontrasta sahipse, yani, obje beyaz zemin üzerinde siyahsa görülebilir. KDF'da bu nokta 10/10 görme keskinliğine karşılık gelmektedir (21,25).

Kontrast duyarlık testinde tekniğin çizimi ve teorisi Snellen görme keskinliğine benzemektedir. Kontrast duyarlık testi santral görmeyi test eden standart bir test olup, değişen kontrast oranlarındaki objelerle hem kontrastı hem de spasyal frekansı ölçer (27,28).

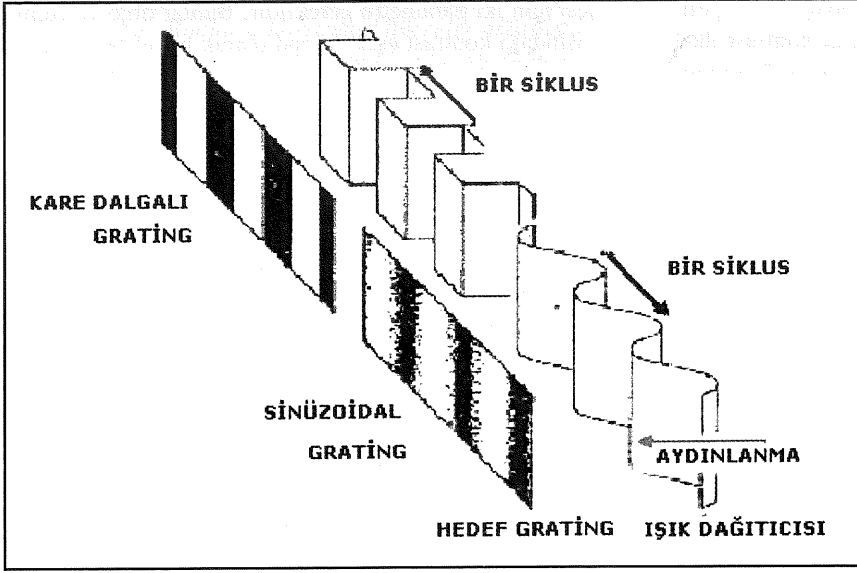
Grating olarak adlandırılan değişen açık ve koyu bantların oluşturdukları tablolar görme kalitesini analiz etmek için geniş çapta kullanılmaktadır. Görme sisteminin uyarılması sinüzoidal (sine-wave) ve kare (square) dalgalı grating adlı örneklerle olmaktadır. Kare dalgalı örneklerde, kontrastta keskin sınırlar oluşturacak şekilde ani değişimler vardır. Sinüzoidal örneklerde ise, keskin sınırlı şekillerde kenar köşe yapısına bağlı ani kontrast değişiklikleri yoktur. Kontrast da maksimumdan minimuma değişim sinüzoidal eğri şeklinde olmaktadır, Şekil 4 (29).

Kontrast duyarlık için kullanılan sinüzoidal grating örnekleri televizyon ekranında bilgisayar yardımıyla veya katot ışınlu tüp ekranında üretilebilirler. Bunlar laboratuvarlarda en yaygın kullanılan metodlardır (21). Alternatif olarak sinüzoidal örnek içeren uzak ve yakın kontrast duyarlık kartları klinik kullanım için basılı şekillerde kullanılmaktadır (25).

Osiloskop ekranında elde edilen sinüzoidal örneklerin kullanılması taşınabilme zorlu-

Osiloskop ekranında elde edilen sinüzoidal örneklerin kullanılması taşınabilme zorlu-

Şekil 4. Kare ve sinüs dalgali grating örnekleri (29)



ğu ve maliyet fazlalığı sebebiyle kullanımı fazla pratik olmamaktadır. Ayrıca kalibrasyonu dikkat gerektiren ve oftalmologların yabancı oldukları test yöntemleridir. Kartlar üzerine basılmış olanların kullanımı ise son derece basit ve hızlıdır (25).

Klinik pratikte kullanılan kontrast duyarlık testleri ve prensipleri

Arden grating kartı: Sinüzoidal grating kontrast testinin çeşitli varyasyonları olmakla beraber temeli Arden grating sistemidir (30). Bu kart da sinüzoidal örnekler özel bir baskı yöntemiyle kağıt levha üzerine geçirilmiştir. Levha sayısı toplam yedidir ve ilk levha tarama içindir. Hastadan 50 cm uzakta tutulan levhalarda sırasıyla 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2 ve 6.4 cpd spasyal frekansa örnekler yer alır. Her sayfada frekans aynı kalmakta ancak kontrast aşağıdan yukarıya artmaktadır. Her bölmede kontrast artışı logaritmik olarak 0.088 logÜ'dir. Çubukların ilk fark edildiği zaman görülebilen levha miktarlarına bağlı olarak her bir levha için 1-20 arası skor verilmiştir. Altı levhanın skorlarının toplamı her bir gözün kontrast duyarlılığını sayısal olarak verir. Normal bireylerde üst limit 82'dir. Test yapılırken ortam aydınlanması 110-150 cd/m² olmalıdır (25).

Vistech VCTS Kartı: Arden grating sistemine benzer. Vistech kartı duvara asılmış 68.6X94 cm'lik beş sıra sirküler grating hedefleri olan bir paneldir. Spasyal frekansları yukarıdan aşağıya artmaktadır. 1.5, 3, 6, 12 ve 18 cpd frekansları içerir. 3 m uzaktan ve 100 cd/m² aydınlanma seviyesinden bakılmak üzere dizayn edilmiştir (31).

Regan kartı: Snellen görme keskinliği testinin basit ve genişletilmiş şekli olup, Snellen kartına göre düşük kontrastlı olmaları ile ayrılan test kartları veya slaytlar kullanılmaktadır. Beyaz kart üzerinde basılmış kontrastları %93, %64, %31, %25 ve %11 olan beş kartı kapsamaktadır. Test 3 m mesafeden yapılır. Her bir harf için 0.00125 logÜ kredi verilir. Ortam aydınlanması 100 cd/m² olmalıdır (32).

Pelli-Robson kontrast kartı: P-R kontrast kartı 64 cm genişliğinde 85 cm uzunluğunda iki kart ve iki skor tabelasından oluşmuştur. Her bir kart kontrast olarak eşit fakat farklı harflerden oluşacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu özellikle iki göz kont-

rast duyarlılığının ayrı ölçülmesini gerektiren durumlarda harf aşinalığını ortadan kaldırarak daha doğru sonuç elde edilmesini sağlar. Her bir kartın kontrast değerleri skor tabelasının bir yüzünde logaritmik kontrast değer olarak verilmiştir. Her bir kart altı harfli sekiz satırdan oluşmuştur. Her bir satırdaki altı harf de arasında üçlü iki grup halinde düzenlenmiştir. Bu her bir üçlü harf grubu aynı kontrastta olup sırasıyla diğer bir üçlü harf grubuna geçerken 0.15 logÜ kontrast azalması olmaktadır. Sol üst köşede başlangıç üçlü harf grubunda kontrast %100 iken sağ en alt köşedeki üçlü harf grubunda kontrast %0.56'ya kadar düşmektedir. Kart için kabul edilebilir aydınlanma değeri 60-120 cd/m² olmalıdır (33,34).

Cambridge low kontrast grating: Cambridge grating sisteminde kare dalgali örnekler vardır. Bu test toplam on sayfa ve bir örnek tablosundan oluşmuştur. Her sayfada tek bir spasyal frekans bulunur. Test kitabı hastadan 6 m uzakta tutulur. Test 100 cd/m²lik aydınlanmada yapılır (35).

Nicolet CS-2000 Contrast sensitivity testing system (OBTRONICS System): Bir video ünitesi, denek yanıt kutusu ve kompüterize kontrol konsolünden oluşmuştur. Kompüter tarafından üretilen vertikal gratingler ekranda ortaya çıkar. 0.5 ile 22.8 cpd arasında altı spasyal frekans test edilir. Standart bakış mesafesi 3 m'dir. Hedef grating aydınlatması 100-115 cd/m² olmalıdır (31).

Kontrast duyarlılığı etkileyen faktörler

Çeşitli yöntemler kullanılarak hastalarda kontrast duyarlılık eşiğinin araştırılması hastalığın erken dönem-

de tanısını kolaylaştırmakta, hastalık sürecinde meydana gelen değişikliklerin patogenezi açıklamada yararlı olabilmektedir (36). Kontrast duyarlılığı etkileyen faktörler aşağıda verilmiştir.

1- Yaş: Kontrast duyarlık fonksiyonu yaş ile birlikte değişimlere uğrar. Kontrast duyarlık fonksiyonu ikinci ayda çok düşük olarak mevcuttur. Altıncı ayda erişkin değerine yaklaşır. 18-29 yaş arasında en yüksek değerine ulaşır. İleri yaşlarda ise yaşlanma ile birlikte kontrast duyarlılıkta azalma izlenir. Yaş ile birlikte azalan kontrast duyarlıktan, lensde meydana gelen sararmaya bağlı göze giren ışığın daha fazla dağılması ve yaşla birlikte retina-beyin sisteminin kontrast artırma yeteneğinin azalması neden olarak gösterilmektedir (29,37).

Yaş ve kontrast duyarlık arasındaki ilişki frekansa spesifiktir. En düşük spasyal frekansda yaş ile ilişki yoktur. Sebebi ise bu frekans değerinde refraksiyon, lens ve pupilla değişikliklerinin kontrast duyarlık üzerine etkisinin minimal olmasıdır. Ancak yaş ile birlikte orta ve özellikle yüksek frekanslarda kontrast duyarlık fonksiyonu azalmaktadır. Bunun nöronal düzeydeki değişikliklere bağlı olduğu düşünülmektedir (29,38).

2- Refraksiyon: Refraksiyonun kontrast duyarlık üzerindeki etkisi başlıca yüksek spasyal frekanslarda olmakla birlikte genel olarak tüm spasyal frekansları etkilemektedir. Düşük diyoptri refraksiyon kusurlarında özellikle yüksek spasyal frekanslar etkilenirken, yüksek diyoptri refraksiyon kusurlarında düşük spasyal frekanslar etkilenir (39,40).

Hipermetropik ambliopide binoküler kontrast duyarlık değerinde azalma olur. Ayrıca refraksiyon kusurlarında kullanılan gözlük, kontak lens gibi optik araçlar aydınlık ortamlarda kromatik, sferik ve silendirik ışık saçılmalarına neden olarak modülasyon transfer fonksiyonunu etkilerler ve kontrast duyarlılıkta azalmaya neden olurlar (40).

3- Ortam aydınlığı: Günlük yaşamda iyi bir görme için 30-300 cd/m² aydınlanma seviyesi gerekmektedir. Uluslararası Oftalmoloji Konseyi'nin kontrast duyarlık testleri için uygun gördüğü aydınlanma seviyesi ise 85-150 cd/m²'dir (29). Kontrast duyarlık testi yapılırken ortamın aydınlanması sabit tutulmalıdır. Düşük aydınlığa düşük spasyal frekans maksimum hassasiyet gösterirken, parlak ışıkta ise yüksek spasyal frekans maksimum hassasiyet gösterir (40).

4- Kornea patolojileri: Kornea ödemi görme keskinliğini azaltmadan kontrast duyarlık fonksiyonunu düşürebilir. Hafif korneal ödem orta ve yüksek spasyal frekanslarda, daha yoğun bir ödem ise özellikle düşük spasyal frekanslarda belirgin olmakla birlikte bütün

spasyal frekansları etkiler. Keratokonus görme keskinliğinin normal olduğu erken dönemlerde düşük spasyal frekanslarda, keratokonik korneal gelişimin olduğu ileri dönemlerde tüm spasyal frekansları etkiler. Kontrast duyarlık fonksiyonu penetran keratoplasti sonrası gelişebilecek bir doku reddinin erken tanısında kullanılabilir. Radyal keratotomi, epikeratofaki gibi refraktif cerrahi girişimlerden sonra da kontrast duyarlılıkta azalma olur (29).

5- Pupillanın çapı: Pupillanın çapı ve desantralizasyonu kontrast duyarlılığını önemli ölçüde etkiler. Kontrast imajı pupillanın çapı ile lineer artış gösterir. Yakın mesafede 2.5 mm'den küçük pupil %100 kontrast imajı oluştururken, 6 mm'lik geniş pupil %75 oranında kontrast imajı oluşturur. Uzak mesafede 2.5 mm'den küçük pupil %70-90 kontrast imajı oluşurken, geniş pupilde %80 oranında kontrast imajı oluşur (29,41,42).

6- Katarakt: Kataraktın gözün optik sistemi üzerindeki en önemli etkisi, tüm katarakt tiplerinde göz içerisindeki ışık dağılımını artırmak suretiyle kontrast duyarlılığı azaltmasıdır. Işığın göz içindeki dağılımı kontrast duyarlılığın etkilenim şeklini belirtir. Eğer geniş açılı dağılım varsa, kontrast duyarlık fonksiyonu tüm spasyal frekanslar için baskılanır. Ancak dar açılı dağılım varsa yalnızca yüksek spasyal frekanslarda baskılanma oluşur.

Arka subkapsüler katarakt kontrast duyarlık üzerine en olumsuz etkiye sahip katarakt tipidir. İlerlemiş kortikal ve nükleer kataraktlar da orta ve yüksek spasyal frekanslarda kontrast duyarlılığı etkilerler (24,29,43).

7- Glokom: Özellikle kronik açık açılı glokomun erken dönemlerinde görme alanı ve optik sinir başı değişikliklerinden çok önce kontrast duyarlık fonksiyonunda değişiklikler izlenmektedir. Glokomun çok erken evrelerinde düşük spasyal frekanslarda kontrast azalması oluşur (27,29).

8- Diabetik retinopati: Retinopatisiz diabetli hastaların %38'inde, retinopatili diabetik hastaların %60'ında kontrast duyarlık fonksiyonunda azalma gösterilmiştir. Diabetli hastalarda retinopatinin ilerlemesiyle paralel olarak kontrast duyarlılıkta azalır (29,44).

9- Makula hastalıkları: Foveal disfonksiyon yüksek spasyal frekanslarda kontrast duyarlılığı etkiler ve bu olay görme keskinliği düşüşü ile birlikte olur. Drusenin ciddiyeti ile kontrast duyarlık kaybı arasında ilişki vardır. Makula lezyonu olmadığı ve makula drusenlerinin hakim olduğu olgularda düşük spasyal kontrast değerlerinde azalma izlenmektedir (27,29).

10- Optik nöropati: Papilla ödemi, optik sinir druseini, ayrıca ethambutol ve akrilamidin oluşturduğu toksik

nöropatide görme keskinliğinde azalma oluşmadan kontrast duyarlılığın azaldığı gösterilmiştir (27,29). Optik nörit, multipl skleroz ve serebral lezyonlarda orta ve düşük spasyal değerlerde kontrast duyarlılık kaybı oluşur (27,45).

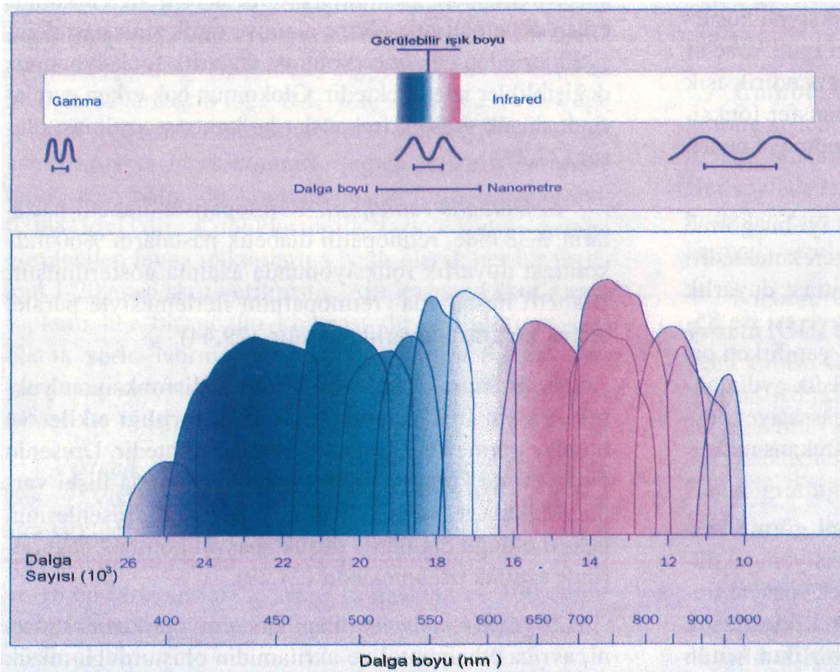
Renk görme

Renk görme kuşlarda, balıklarda, sürüngenlerde, arı gibi bazı böceklerde çok iyi gelişmiştir. Ancak memeli hayvanların çoğu renk görme yeteneğinden mahrumdur. İnsan bu bakımdan bir istisna oluşturur ve yaklaşık olarak 200 renk tonunu birbirinden ayırabilir (46).

Renk subjektif bir algılamadır. İnsanlar renk duyumları için isimler öğrenirler ve renk duyumlarını algıladıklarında da bu isimleri kullanırlar (14). Renk algısı ise ışığın farklı dalga boylarında uyarılarak değişik renkler arasında ayırım yapmamızı sağlayan bir yetenektir (9,12).

Görülebilir her dalga boyundaki ışık özel bir renk hissini doğmasına yol açmaktadır. Normal insan gözü dalga boyu 380-760 nm arasında olan ışığı algılayabilmektedir. Dalga boylarının lineer sıralanması renk spektrumunu oluşturur. Görme sisteminde bu dalga boylarının oluşturduğu renk hissi spektral renklerden oluşup, bunlar; mor (430 nm), mavi (460 nm), yeşil (520 nm), sarı (575 nm), turuncu (600 nm), kırmızı (650 nm)'dir. Spektrumun algılanmasına da spektral duyarlılık denir (6,14,16), Şekil 5.

Şekil 5. Elektromanyetik spektrum (47), (modifiye edildi)



Renkli bir ışık uyarısının renginin doğru olarak tanımlanması için üç özelliğinin bilinmesi gerekir. Bunlar:

1- Ton (Dominant dalga boyu): Göze ve beyine ulaşan ışığın rengini tanımlayan dominant dalga boyudur. Bir rengin tonu o rengin niteliğini ifade eder.

2- Satürasyon (Doygunluk): Işık uyarısı içinde hakim dalga boyunun ne dereceye kadar etkin olduğuna belirtir. Tüm ışık aynı dalga boyunda görüldüğünde renk tamamen doymuş olur.

3- Parlaklık: Bir objeden göze gelen ışığı (foton sayısını) tanımlar (12,14,16,46).

1802 yılında Thomas Young "Trikrmatik Renk Teorisini" ortaya koymuştur. Bu teoriye göre ana renkler olarak kabul edilen kırmızı, mavi ve yeşilin uygun oranlarda karışımı ile diğer bütün renkler yanında beyaz renk de oluşturulur. İnsan retinasında bu ana renkleri ayırma yeteneğine sahip üç tip fotoreseptör vardır. Fakat Young'un bu teorisi 19. yüzyılın ilk yarısına kadar ki süreçte tam anlamıyla anlaşılammıştır. Daha sonraları önce Hemholtz ve sonra da Maxwell'in çalışmaları ve deneysel destekleri ile trikrmatik teori daha iyi anlaşılmmıştır (14,48,49).

1865 yılında Ewall Herring trikrmatik teoriyi yeterli bulmamış "Opponent (karşıt) Renk Teorisini" ortaya koymuştur (49). Bu teoriye göre altı bağımsız renk mevcuttur ve bu renkler diğer renklerin karışımı ile elde edilemez. Herring'e göre, reseptörlerde fotopigmentler tarafından tutulan ışık, istirahat halindeki fotopigmenti aktive eder ve bu aktivasyon renk görmeden direkt olarak sorumludur. Aktivite siyah-beyaz, kırmızı-yeşil, sarı-mavi olmak üzere üç sistemde yer alır. Kırmızı-yeşil sistemde, uzun dalga boyu kırmızı algılamayı uyarırken, kısa dalga boyu ise yeşil algılamayı uyarır. Mavi-sarı sistemde de uzun dalga boyu sarı duyusunu uyarırken, kısa dalga boyu mavi duyusunu uyarır. Uzun ve kısa dalga boyları belli oranlarda karıştırıldığında ise kırmızı-yeşil sisteme uymayan nötral bir eşitlik oluşur. Bu karışım mavi-sarı sistemi etkileyerek sistemi sarıya kaydırır. Böylece trikrmatisite teorisinin açıklayamadığı sarı rengin algılanması açıklanır. Diğer taraftan, uygun oran ve şiddetteki dalga boyları ise yalnızca siyah-beyaz sistemi uyararak beyaz rengi algılatır.

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 kon vardır ve bunların en yüksek absorpsiyon seviyeleri 447 nm (mavi), 540 nm (yeşil) ve 577 nm (kırmızı)'dır. Bu kon sistemi sinirsel uyarıları iki opponent (karşıt) ve bir non- opponent (karşıt olmayan) sisteme gönderir. Opponent sistemde kırmızı-yeşil ve mavi-sarı uyarılırken, non-opponent sistemde akromatik (beyaz) uyarı oluşur (50).

Renk görme ölçümü

Renk görme ölçümünün (testinin) klinikte kullanılabilir olması için şu kriterleri taşıması gerekir:

- 1- Güvenirlik düzeyinin yüksek olması,
- 2- Hasta tarafından kolay anlaşılır olması,
- 3- Kullanılan aletlerin ucuz olması,
- 4- Test sonuçlarının değerlendirilmesinde uzmanlaşmış hekime gereksinim duyulmamasıdır.

Test ortamı: Renk testleri standart şartlarda yapılmalıdır. Normal pencere ışığı ve oda ışığı renk testleri için yeteri bir aydınlatma sağlamazlar. İnternasyonal Aydınlatma Komisyonu (CIE), aydınlanma için temel bir sınıflama yapmış ve hemen hemen tüm renk testleri buna yandaş olarak dizayn edilmiştir. Bu CIE standart illüminant-C olarak tanımlanmıştır (14,16). Yine standart illüminasyonu sağlamak için "Macbeth Daylighting Corporation" tarafından üretilen "C" lambası tüm dalga boylarını yaklaşık aynı miktarda verir. Bu lamba her zaman bulunamadığından yerine floresan ışığı kullanılabilir (16).

Test mesafesi ve süresi de test sonuçlarını etkiler. Test mesafesi artıkça ve test süresi azaldıkça gözlemcilerin hata skorlarının arttığı ve bazı testlerin bu parametrelere diğerlerinden daha duyarlı olduğu gösterilmiştir (51).

Renkli gözlük camları ve renkli kontakt lensler ışığın spektral özelliklerini bozar ve test sonuçlarının yanlış yorumlanmasına neden olabilir (16).

Klinik pratikte kullanılan renk testleri ve prensipleri

Renk görme testleri başlıca 5 grupta incelenir (12,16,46).

1- Ayırma testleri: Fener ve yün-yumak testleri bu gruba girer. Bunlar en basit renk görme testleridir. Renk defektinin sebebini ve tipini saptayamazlar. Basitçe

renklerin ayırdedilip edilmediği konusunda bilgi verirler (46,52).

2- Levha testleri: Renk görmesi normal kişilerle renk görme defekti olan kişileri ayırırlar. Konjenital kırmızı-yeşil defektini saptamada %90-95 güvenilirlerdir. Bu grupta en yaygın psödoizokromatik levha (PIC) testleri kullanılır. PIC testleri içinde en yaygın kullanılanı ilk kez 1917 de yayınlanan ve en son baskısı 1962 de yapılan Ishihara testidir. Standart Ishihara testi 38 levha içerir. Kısaltılmış ve özel şekiller ile okuma yazması olmayanlar için düzenlenmiş şekilleri de mevcuttur. Levha testleri renk defektinin şiddetini ve tipini saptayamadığı gibi kantitatif değerlendirmede sağlayamazlar (12,16,46).

3- Sıralama testleri: Bir grup renkli piyonun renk tonlarına göre sıralanması esasına dayanırlar. Konjenital ve akkiz renk defektlerinde kullanılırlar. Sıralama testleri üç grupta incelenir.

a) Ton ayırımını esas alan testler: Farnsworth-Munsell 100 ton testi, Farnsworth panel D15 testi, Farnsworth desatüre panel D15 testi, Lanthony yeni renk testi,

b) Parlaklık ayırımını esas alanlar: Verriest parlaklık ayırım testi,

c) Doymuşluk (satürasyon) ayırımını esas alanlar: Sahlgreen satürasyon testi ve Lanthony yeni renk testi.

Farnsworth-Munsell 100 Ton Testi: Sıralama testleri arasında en tanınmış olanıdır. Bu testin amacı renkli görmesi bulunan kişileri yüksek, orta ve düşük renk ayırımı yapabilenler olmak üzere sınıflandırmak ve renk görme defekti bulunanlarda da renk tonu karıştırma zonlarını (aksalarını) ölçmektir.

Farnsworth-Munsell D15 Testi: Birbirinden farklı tonda 15 ayrı renkli piyonun sırası ile dizilebilmesi esasına dayanır. Bu test ağır renk defektlerini hafif renk görme defekti bulunanlardan ve normallerden ayırmak amacıyla geliştirilmiştir. Ancak FM 100 ton testi kadar hasas değildir (12,14,16,50).

Lanthony Yeni Renk Testi: Her biri 15 renkli piyon içeren 4 kutu ve 10 gri piyon olmak üzere 70 piyondan oluşmuştur. Her bir kutudaki piyonların parlaklıkları aynı olup doymuşluk seviyeleri farklıdır. Bu test konjenital ve akkiz renk defektlerinin her ikisinde de kullanılabilir. Uygulaması kolaydır. Sonuçların değerlendirilmesinde kadran analizi gibi komplike yöntemlere ihtiyaç duyulmaz. Hem renk defektinin tipini (aksını), hem de seperasyon testinin sonucunda nötral bölgeyi ve kantitatif olarak da hata skorunu elde etmek mümkündür (52).

4- Anomaloskoplar: Spektral eşlemeyi esas alarak yapılmış cihazlardır. Nagel anomaloskopu daha yaygın kullanım alanı bulmuştur. Daha önceki renk testlerinin aksine değerlendirmesi güç olup eğitilmiş eleman gereklidir (16,53).

5- Bilgisayarlı sistemler: Fener, levha, sıralama ve anomaloskop gibi klasik renk testlerinin bilgisayarla uygulanabilen ve/veya bilgisayarla değerlendirilebilen şekilleriyle, tamamen bilgisayar ve grafik sistemlerinden geliştirilmiş yöntemleri kapsar. Bu testler daha önce anlatılan testlere oranla daha güvenli olmasına karşın, pahalı ve uzmanlaşmış eleman gerektirmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır (53).

Renk görmeyi etkileyen optik faktörler

Saydam lens: Lens kısa dalga boylarındaki ışınları absorbe etmektedir. Genç bir kimse için bu durum 450 nm'den daha kısa dalga boyları için geçerlidir ve lens bu nedenle saydam görünür. Yaşlı kimselerde absorpsiyon 550 veya 600 nm'ye kadar çıkabildiğinden mavi ışınlar absorbe olmakta kırmızı ve yeşil ışınların geçmesiyle lens sarı renkte görünmektedir.

Makula pigmenti: Makula lutea olarak adlandırılan merkezi retina bölümünde karotenoid pigment ksantofile bağlı olup fovea çevresinde 5 derecelik alana uzanır. Bu pigment mollekülleri öyle bir biçimde düzenlenmiştir ki radyal yönde polarize olan mavi ışığı tanjansiyel yönde kine göre daha fazla absorbe ederler.

Kromatik aberasyon: Lensde kısa dalga boylarının uzun dalga boylarına oranla daha fazla kırılmaya uğraması kromatik aberasyona sebep olur. Mavi dalga boyundaki ışınlar yeşil dalga boyundakilere, yeşil olanlar ise kırmızıya göre daha yakın odaklaşma gösterirler. Bu nedenle miyoplar uzağa bakarken mavi dalga boyları odak dışı kalabilir.

Stiles Crawford etkisi: Pupilla kenarına yakın giren ışınlar, pupillanın merkezinden giren ışınlarla göre daha az etkilidirler. Bu durum Stiles Crawford etkisi olarak bilinir ve reseptörlerin şekline ve bunların değişik kırma indeksi gösteren bir ortam içinde yer almalarına bağlı bulunur. Reseptörlerin uzun ve ince olmaları nedeniyle kendilerine dik gelen huzmeye, oblik gelen ışınlarla göre daha yoğun cevap göstermeleri de bu olayda etkilidir (14,16).

Renk görmeyi etkileyen nöral faktörler

Renk algılanmasını reseptörlerin kendi özelliklerinin yanı sıra, retinadaki reseptörlerin sinir sistemindeki

diğer hücrelerle olan bağlantıları da etkilemektedir. Bu nöral faktörlerden özellikle iki tanesi önem arz etmektedir.

1- Eş zamanlı renk kontrastlığı (simultaneous color contrast): Bir rengin bir başka renk ile kuşatılmasıdır. Burada kural rengi kuşatan rengin bütünleyicisine doğru eğilimli olmasıdır. Bu olay renk görmede önemli bir fenomendir. Ayrıca rengin etrafını kuşatan renge göre parlaklığı da değişir. Bu olayda çift opponent renk hücreleri sorumludur.

2- Birbirini izleyen renk kontrastlığı (successive color contrast): Birbirini izleyen renklere bakıldığında imaj sonrası renkler oluşur. İmaj sonrası renkler, primer imajın bütünleyicisine doğru olma eğilimindedir. Bu fenomen normal görmede önemli değildir. Çünkü göz sürekli hareket halinde olduğundan imaj sonrası görünüm oluşacak kadar uzun bir süre objeye bakamaz. Bu olayda opponent renk hücreleri sorumludur (14,16,46).

Renk görme defektleri

Konjenital ve akkiz olmak üzere iki tip renk görme defekti mevcuttur.

Konjenital renk görme defektleri

X kromozomuna bağlı resesif geçiş gösterirler. Hemen her zaman kırmızı-yeşil tipte olup erkeklerde %8, kadınlarda %0.4 oranında görülür. Üç grupta incelenir:

1- Kural dışı trikromatlar: Her üç tip kon pigmenti de mevcuttur. Fakat birisi fonksiyonel olarak patolojiktir. Bu da disfonksiyonel olan pigmentin tipine göre üçe ayrılır:

a) Protanomali: Kırmızı renge duyarlı kon pigment fonksiyonunda bozukluk vardır.

b) Döytaranomali: Yeşil dalga boyuna duyarlı pigment fonksiyonunda bozukluk vardır.

c) Tritanomali: Mavi renge duyarlı pigment fonksiyonunda bozukluk vardır.

2- Dikromatlar: Üç tip kon pigmentinden birisi tamamıyla afonksiyoneldir veya hiç yoktur. Üç grupta incelenir:

a) Protanopi: Kırmızı dalga boyuna duyarlı pigment kaybı mevcuttur. Tüm renkleri yeşil ve mavinin karışımları şeklinde görürler. Kırmızı rengi ise siyah olarak algırlar.

b) Döyaranopi: En çok karşılaşılan dikromatizm tipidir. Yeşil dalga boyuna duyarlı pigment kaybı mevcuttur.

c) Tritanopi: Mavi dalga boyuna duyarlı pigment kaybı mevcuttur. En nadir görülen dikromatizm tipidir.

3- *Monokromatlar*: Farklı iki tipi mevcuttur.

a) Rod monokromatlar (tipik akromatopsi): Nadir görülür. Retinada fonksiyonel kon pigmentlerinin konjenital yokluğu söz konusudur. Görme keskinliğinde azalma (0.5/10-1/10), fotofobi, nistagmus, makula hipoplazisi gibi bulgular tabloda mevcuttur. Elektoretinografinin tanıda değeri yüksektir.

b) Kon monokromatlar (atipik akromatopsi): Görme 5/10 civarındadır. Görme alanı ve elektoretinografi sonuçları normaldir. Yalnızca bir tip kon pigmenti vardır. Bu da 500 nm'ye duyarlı mavi kon pigmentidir. Nistagmus ve fotofobi görülmez (12,14,16).

Akkiz renk görme defektleri

Akkiz renk görme defektleri görme sistemini etkileyen patolojiler sonucu ortaya çıkar. Bunların başlıcaları retina ve optik sinirin travmatik, toksik, inflamatuvar, metabolik, demyelinizan, dejeneratif, vasküler ve tümoral orijinli hastalıklarıdır. Akkiz renk görme defektinde genellikle mavi-sarı eksen etkilenir ve cinsiyet farkı görülmez.

Köllner kuralına göre retina fotoreseptörlerini etkileyen retina veya optik sinir hastalıklarında ortaya çıkan renk görme kusuru mavi-sarı eksen etkilemektedir. Süreç ilerleyip hasar ganglion hücreleri seviyesine ulaştığında ise kırmızı-yeşil eksen renk görme kusuru ortaya çıkmaktadır. Bu kural bütün akkiz diskromatopsiler için geçerli olmasa da genel bir kuraldır (6,12,14).

Akkiz renk görme defekt çeşitleri:

1- *Kırmızı-yeşil algılama defektleri*: İki tipi mevcuttur.

Tip 1- Önce protanopiyi, ilerledikçe de akromatopsiyi (monokromatları) taklit eder. Makula etkilenmiştir.

Tip 2- Dikromatik dönemde duetoranopiyi taklit eder. Optik sinir etkilenmiştir.

2- *Mavi-sarı algılama defektleri*: Akkiz renk görme defektlerinin en çok izlendiği akstır. Katarakt ve katarakt cerrahisi sonrası gelişen kistoid maküler ödemde sıklıkla bu aksda defekt izlenir (12,14,54).

Konjenital ve akkiz renk görme defektleri arasındaki farklar

1- Konjenital renk görme defektleri genellikle bilateral ve simetrikdir. Akkiz renk defektleri ise sıklıkla bir gözü daha fazla etkiler.

2- Konjenital renk görme defektli hastalar renkleri doğru olarak isimlendirirler. Oysa akkiz renk defektli hastalar tipik olarak yanlış renk isimleri kullanırlar ve ya bilinen objelerde renk görünümünün değiştiğini ifade ederler.

3- Konjenital renk görme defekti sabit olup bulgu ve belirtilerde ilerleme yoktur. Akkiz renk defektleri ise değişken olup, şiddeti birlikte bulunan patolojiye ve bunun lokalizasyonuna bağlıdır.

4- Konjenital renk defektlerinde sıklıkla kırmızı-yeşil, akkiz renk defektlerinde ise mavi-sarı renk defektine rastlanır.

5- Konjenital renk defektlerinde fundus muayenesinde ya minimal ya da hiçbir bulgu yokken, akkiz renk defektlerinde altaki patolojik olayla uyumlu fundus bulguları sıklıkla eşlik eder.

6- Konjenital renk defektlerinde rod kromatizmi hariç elektoretinografik inceleme normaldir. Akkiz defektlerde ise elektoretinografi değişiklikleri dikkat çeker (12,54).

KAYNAKLAR

1. Wilson HR, Berger JR: A four mechanism model for threshold spatial vision. *Vision Res* 1979; 19: 19-32.
2. Cohen AI: The retina. Synaptic connections of the retina. In: Hart WM, ed. *Adler's physiology of the eye*. Mosby, St Louis, 1992; 579-616.
3. Newell FW: *Ophthalmology. Principles and concepts*. 6th ed, Mosby, St Louis, 1986; 23-104.
4. Kozart DM: Anatomic correlates of the retina. In: Duane TD, Jaeger EA, eds. *Clinical ophthalmology*. Harper & Row, Philadelphia, 1991; Vol 3, Ch 1, 1-13.
5. Docheux RF, Raviola E: Functional anatomy of the retina. In: Albert DM, Jakobiec FA, eds. *Principles and practice of ophthalmology*. Saunders, Philadelphia, 1994; Vol 1, Ch 18, 285-309.
6. Guyton AC, Hall JE: The eye: II. Receptor and neural function of the retina. In: Guyton AC, Hall JE, eds. *Textbook of medical physiology*. Saunders, Pennsylvania, 1996; 637-650.
7. Schubert HD: Structure and function of the neural retina. In: Yanoff M, Duker JS, eds. *Ophthalmology*, Mosby, London, 1999; Ch 1, 4.
8. Snell RS, Lemp MA: *Clinical anatomy of the eye*. Blackwell Scientific, Oxford, 1989; 119-194.

9. Miller SJH: Parson's diseases of the eye. 18th ed, Churchill Livingstone, Edinburgh, 1989; 3-69.
10. Saari SJ: The biochemistry of sensory transduction in vertebrate photoreceptors. In: Hart WM, ed. Adler's physiology of the eye. Mosby, St. Louis, 1992; 460-484.
11. Roof DJ, Heth CA: Photoreceptors and retinal pigment epithelium: transduction and renewal mechanisms. In: Albert DM, Jacobiec FA, eds. Principles and practice of ophthalmology. Saunders, Philadelphia, 1994; Vol 1, Ch 19, 309-332.
12. Swanson WH: Color vision. *Ophthalmol Clin North Am* 1989; 2: 391-413.
13. Anthony J, Adams W A, Verdon B, Spivey E: Color vision. In: Tasman W, Jaeger EA, eds. Duane's foundations of clinical ophthalmology. Harper (Row, Philadelphia, 1999; Vol 2, Ch 19, 1-43.
14. Daw NW: Color vision. In: Hart WM, ed. Adler's physiology of the eye. Mosby, St Louis, 1992; 545-561.
15. Reichel E: Hereditary cone dysfunction syndromes. In: Albert DM, Jacobiec FA, eds. Principles and practice of ophthalmology. Saunders, Philadelphia, 1994; Vol 2, Ch 107, 1238-1248.
16. Benson WE: An introduction to color vision. In: Duane TD, Jaeger EA, eds. Clinical ophthalmology. Harper (Row, Philadelphia, 1986; Vol 3, Ch 6, 1-19
17. Falk G: Retinal physiology. In: Heckenlively JR, Arden GB, eds. Principles and practice of clinical electrophysiology of vision. Mosby, St Louis, 1991; 69-84.
18. Guyton AC, Hall JE: The eye: III. Neurophysiology of vision. In: Guyton AC, Hall JE, eds. Textbook of medical physiology. Saunders, Pennsylvania, 1996; 651-665.
19. Gouras P, Charles S: Physiology of the retina. In: Duane TD, Jaeger EA, eds. Clinical ophthalmology. Harper & Row, Philadelphia, 1985; Vol 3, Ch 1, 1-13.
20. Johnson AC: Evaluation of visual function. In: Tasman W, Jaeger EA, eds. Duane's foundation of clinical ophthalmology. Harper & Row, Philadelphia, 1999; Vol 2, Ch 17, 1-20.
21. Masket S: Glare disability and contrast sensitivity function in the evaluation of symptomatic cataract. In: Stamper RL, Obstbaum SA, eds. *Ophthalmology Clinics of North America* 1991; 365-381.
22. Arden GB: Psychoophysical testing. Measurement of contrast sensitivity. In: Heckenlively JR, Arden GB, eds. Principles and practice of clinical electrophysiology of vision. Mosby, St. Louis, 1991; 365-381.
23. Hamer RD, Mayer DL: The development of spatial vision. In: Albert DM, Jacobiec FA, eds. Principles and practice of ophthalmology. Saunders, Philadelphia, 1994; Vol 1, Ch 35, 578-591.
24. American Acedemy of Ophthalmology. Contrast sensitivity and glare testing in the evaluation of anterior segment disease. *Ophthalmology* 1990; 97: 1233-1237.
25. Arden GB: The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. *Br J Ophthalmol* 1978; 62: 198-209.
26. Bradley A, Thomas T, Kalaher M, Hoerres M: Effects of spherical and astigmatic defocus on acuity and contrast sensitivity: a comparison of three clinical charts. *Optom Vis Sci* 1991; 68: 418-426.
27. Arden GB, Gücükoğlu AG: Grating test of contrast sensitivity in patients with retrobulbar neuritis. *Arch Ophthalmol* 1978; 96: 1626-1629.
28. Westheimer G: Visual acuity. In: Hart WM, ed. Adler's physiology of the eye. Mosby, St. Louis, 1992; 530-543.
29. Miller D: Glare and contrast sensitivity testing In: Tasman W, Jaeger EA, eds. Duane's foundations of clinical ophthalmology. Harper & Row, Philadelphia, 1993; Vol 1, Ch 35, pp. 1-19.
30. Arden GB: Testing contrast sensitivity in clinical practice. *Clin Vis Sci* 1988; 2: 213-224.
31. Corvin TR, Richman JE: Three clinical test of the spatial contrast sensitivity function: a comparison. *Am J Optom Physiol Opt* 1986; 63: 413-418.
32. Regan D, Neima D: Low contrast letter charts as a test of visual function. *Ophthalmology* 1983; 90: 1192-1200.
33. Pelli DG, Robson JG, Wilkins AJ: The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clin Vis Sci* 1988; 2: 187-199.
34. Pelli-Robson contrast sensitivity chart. Test manual.
35. Wilkins AJ, Robson JG: Cambridge low contrast grating instruction for use. Clemente Clarke International Ltd. London.
36. Wright CE, Drasdo N: The influence of age on the spatial and temporal sensitivity function. *Doc Ophthalmol* 1985; 59: 385-395.
37. Skalka HW: Effect of age on Arden grating acuity. *Br J Ophthalmol* 1980; 64: 21-23.
38. Ross JE, Clarke DD, Bron AJ: Effect of age on contrast sensitivity function: uniocular and binocular findings. *Br J Ophthalmol* 1985; 69: 51-56.
39. Pardhan S, Gilchrist J: The importance of measuring binocular contrast sensitivity in unilateral cataract. *Eye* 1991; 5: 31-35.
40. Weingeist TA, Liesegang TJ, Grand MG, eds: American Academy of Ophthalmology, Basic and Clinical Science Course 1999-2000; Vol 3, Ch. 3, 98-120.
41. Walsh G, Charman WN: The effect of pupil centration and diameter on ocular performance. *Vision Res* 1988; 28: 659-665.
42. Maraini G: Influence of type and severity of pure forms of age-related cataract on visual acuity and contrast sensitivity. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994; 35: 262-267.
43. Elliot DB, Gilchrist J, Whitaker D: Contrast sensitivity changes with three types of cataract morphology: are these techniques necessary in a clinical evaluation of cataract? *Ophthalm Physiol Opt* 1989; 9: 25-30.
44. Ghafour IM, Foulds WS, Allan D, Mc Lure E: Contrast sensitivity in diabetic patients with and without background retinopathy. *Br J Ophthalmol* 1982; 66: 492-495.

45. Jonathan D, Roy W, Pameles M, et al: Contrast sensitivity and other vision tests in the optic neuritis treatment trial. *Am J Ophthalmol* 1996; 121: 547-553.
46. Gündüz K, Arden GB, Perry S: Yeni bir renk muayene yöntemi. *T Oft Gaz* 1988; 18: 139-145.
47. Folk JC, Pulido JS: Laser photocoagulation of the retina and choroid. San Francisco, 1997; Ch 1, 2.
48. Katz M: The human eye as an optical system. In: Duane TD, Jaeger EA, eds. *Clinical ophthalmology*. Harper & Row, Philadelphia, 1986; Vol 1, Ch 33, 1-52.
49. Marmor FM: Clinical physiology of the retina In: Peyman GA, Sanders DR, Goldberg MF, eds. *Principles and practice of ophthalmology*. Saunders, Philadelphia 1980; Vol. 2, Ch. 12, 823-856.
50. Graham BV: Mechanism of color vision. *J Am Optom Ass* 1974; 45: 25-30.
51. Mark R, Gerald M, Porter J, Eileen T: Effects of viewing conditions on standard measures of acquired and congenital color defects. *Optom Vis Sci* 1989; 68: 29-33.
52. Lanthony new color test according to Munsell. Test manual.
53. Gündüz K, Arden GB, Perry S: Color vision defects in ocular hypertension and glaucoma. Quantification with a computer-driven color television system. *Arch Ophthalmol* 1988; 106: 929-935.
54. Pocermy J, Smith CV: Color vision and night vision In: Stephan JR, ed. *Retina*. Mosby, St. Louis, 1989; Vol 1, Ch 11, 109-126.