

Bilgisayara Uyarlanmış Yeni Bir Renk Körlüğü Testi¹

A NEW COMPUTER ADAPTED COLOR BLINDNESS TEST

Nimet Ü. GÜNDOĞAN*, Nezi Durmazlar**, Ayşegül K. ALTINTAŞ***, Koray GÜMÜŞ****, İrmak DURUR*****, Pınar Ö. GEYİK*****

- * Prof.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji AD,
** Uz.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji AD,
*** Doç.Dr., Dr.M.Ü. Acil Yardım ve Travmatoloji Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği,
**** Dr., Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları AD, ANKARA
***** Dr., Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyodiagnostik AD, ERZURUM
***** MSc., Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyoistatistik AD, ANKARA

Özet

Amaç: Bilgisayar ortamında oluşturulan yeni bir renk körlüğü testinin güvenilirliği ve pratik uygulamadaki değeri açıklanarak tanıtımı amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Farnsworth-Munsell 100 Hue Testi ve Holmgren renk yumakları test yöntemleri modifiye edilerek bilgisayara uyarlanmıştır. Ishihara renk körlüğü testi altın standart olarak kabul edilerek araştırma grupları oluşturulmuştur. Yaşları 19-29 (ortanca yaş 21) olan, renk körleri [(Grup I) n=13 (on iki erkek, bir kız)] inceleme grubunu oluştururken, yaşları 19-28 (ortanca yaş 22) olan renkleri normal gören [(Grup II) n=13 (sekiz erkek, beş kız)] kontrol grubunu oluşturmuştur. Bu farklı iki grupta renk duyarlılığını ayrıntılı olarak incelemek için bireylerin tümüne FM 100 Hue testi daha sonra da bilgisayarda hazırlanan renk körlüğü testi uygulanmıştır. Diğer test sonuçları ile yeni bilgisayar test bulguları karşılaştırılarak yeni testin güvenilirliği, duyarlılığı ve seçiciliği incelenmiştir.

Bulgular: Bilgisayara uygulanan testte ve FM 100 Hue testinde Grup I ve Grup II yi oluşturan bireylerin aldığı hata skorları "iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi" ile analiz edilmiş ve Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0.01). Bilgisayar uygulamalı yeni testin hata skoru sınırı ROC eğrisi [Receiver Operating Characteristic Curve] kullanılarak hesaplanmıştır. Bu değer renk körlüğü tanısı için 23 olarak belirlenmiştir. Geliştirdiğimiz testin, 23 hata skoru ile, %100 seçiciliğe ve %100 duyarlılığa sahip olduğu saptanmıştır.

Sonuç: Yeni geliştirilen bilgisayara uyarlanmış Renk Körlüğü Testinde tanı kriteri 23 hata skorudur. Bu değer renk körlüğünü belirlemedeki duyarlılığı %100, seçiciliği ise %100 olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeni bir renk körlüğü testi,
Bilgisayara uyarlanmış renk körlüğü testi, Modifiye FM 100 Hue testi, Modifiye Holmgren testi

T Klin Tıp Bilimleri 2003, 23:120-128

Summary

Purpose: To present, a new computer adapted color blindness test and explain its reliability and value of practical application.

Materials and Methods: Farnsworth-Munsell 100 Hue and Holmgren tests had been modified and adapted to computer application. Ishihara test is assumed to gold standard in the diagnosis of color blindness. Therefore according to Ishihara test results subjects classified into two groups as Group I colorblind 13 subjects, twelve men and one woman (aged between 19-29 years, median 21), and Group II, control group with 13 subjects eight men and five women (aged between 19-28 years, median 22). In order to investigate color sensitivity in this two groups all subjects were tested with both FM 100 test and Computer Adapted Color Blindness Test. These tests and computer adapted method results were compared with appropriate statistical methods.

Results: The error scores of FM 100 Hue test and Computer Adapted test in two groups were analyzed statistically, by using with independent samples t-test. The difference between two groups were statistically significant in both of them (p<0.01). It is found that cut-off error score was 23 points for New Computer Adapted test by using with Receiver operating characteristic curve (ROC). According to cut-off error score of 23, this new test is 100% sensitivity and 100% specificity.

Conclusion: The cut-off error score of this new computer adapted color blindness test is 23 points. The sensitivity and specificity of this value were found for diagnosis of color blindness of 100% of each.

Key Words: A new test for color blindness,
Computer adopted test for color blindness,
Modify FM 100 hue test,
Modify Holmgren test

T Klin J Med Sci 2003, 23:120-128

Günümüzde, tıp alanının tüm anabilim dallarında bilgisayar kullanımı, teknolojiye paralel ilerlemeye paralel olarak artmaktadır. Yakın zamana kadar bilimsel çalışmalarda bilgisayar kullanımı çalışmanın maliyetini yükselteceği düşüncesi ile engelleyici bir faktör olarak

algılanmıştır. Ancak, teknolojiye hızlı gelişim günümüzde bilgisayarın maliyetini düşürerek her eve girmesini sağlamıştır. Sağladığı sayısız faydalar nedeni ile bilimsel çalışmalarda bilgisayar kullanımı gerekli hale getirmiştir.

Bilgisayar ortamında renk oluşturmada iki önemli faktör vardır; monitörler (bilgisayar ekranı) ve ekran kartları. Bilgisayar teknolojisinde en önemli gelişmelerden biri de ekranda gösterilen renkler ve oluşturulan renklerin kalitesidir. Belli bir dönem sadece monokromatik monitörler kullanımda iken, günümüzde monokromatik ekran kullanımı artık terk edilmiş durumdadır. Renkli (trikromatik) monitor kullanımı tamamen monokromatik ekranların yerini almıştır. Böylece, bilgisayarlarda renk kullanımı 24 bit trikromatik renk çözünürlüğüne ulaşmıştır. Matematiksel olarak hesaplandığında, 24 bit renk çözünürlüğü; bir bilgisayar ekranında 2^{24} (16.777.216 renk) farklı renk elde edilebilmesi anlamına gelmekte, inanılmaz derecede geniş bir renk skalası sunumuna ulaşmaktadır. Bütün bu gelişmeler renk ile ilgili deneylerin bilgisayar ortamında gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamaktadır (1).

Genetik ve kazanılmış hastalıklarda renk körlüğünün saptanması giderek tıpta önem kazanmaktadır. Renk körlüğü tanısında geleneksel olarak kullanılan en sık yöntem Ishihara'nın Psödoizokromatik Tabloları'dır (IPT) (2,3). Bu yöntemde, bir kitap içinde yer alan renkli tablolar gösterilerek renk körlüğü tespit edilmektedir. Yöntemin en olumsuz yanı, matbu baskı şeklinde hazırlanmış olan renklerin zaman içinde solması ve izokromatik özelliklerini kaybetmeleridir. Ishihara renk körlüğü test kitabının farklı yıllarda yapılan baskılarında renk tablolarının renklerinin değişmesine bağlı, kitaplar arasında farklılıklar oluşmakta, bu da testin güvenilirliğini azaltmaktadır. Bir diğer olumsuzluğu, testin uygulama süresidir. Test olan kişinin kararlılık veya kararsızlığını, renk seçimindeki kolaylığını veya güçlüğünü belirleyememektedir, çünkü test uygulanırken her tablo için geçen süreyi tespit etmek olanaksızdır. Işık kaynağı da standart değildir. Test edilen kişinin oturduğu yere, günün değişik saatlerine göre ışıktaki değişiklik görülmektedir (2,3).

Renk körlüğü tanısında kullanılan diğer bir test yöntemi de Holmgren testidir. Bu yöntemde test edilen kişinin eline kısa kesilmiş çok sayıda farklı renklerdeki iplikçiklerden oluşan renkli iplik yumağı verilmektedir. Renkli yumak içinde bulunan üç standart renk ayrı ayrı zamanlarda test edilen kişiye verilerek renkli yumak içinden bu standart rengi seçmesi istenir. Bu yöntemde kullanılan ipliklerin yapısı, dokunuş özelliği, sertliği, yumuşaklığı, yüzeylerinin kaygan veya pürüzlü oluşu eşit renklerin bir araya getirilmesinde yardımcı olmaktadır. Olaya dokunma duygusu da eşlik ettiğinden şahıs renk körü bile olsa benzer iplikleri doğru olarak yan yana getirebilmektedir. Kişi sadece renk algılamadaki yeteneği ile değil ona eşlik eden dokunma duygusu yardımı ile yanıltıcı sonuçların alınmasına neden olmaktadır. Bundan başka zamanla renkli ipliklerin renklerinin solması aynı

iplik yumağı ile uzun süre yapılan çalışmalarda sorun yaratmaktadır.

Özellikle kazanılmış renk körlüklerinin tanısında kullanılan, önemli renk körlüğü testlerinden bir diğeri de Farnsworth Munsell 100 Hue Testidir (FM 100 Hue Testi). FM 100 Hue testinde ise 85 adet farklı renk bulunmaktadır. Bu renkleri taşıyan piyonlar 4 ayrı kutuda yer almakta, her renk numaralandırılmış olarak düzgün bir sıra içinde bulunmaktadır (4,5). Test verilmeden önce bu düzenli renk sırası bozulmakta, test uygulanırken standartlara göre düzeltilmesi istenmektedir. Zamanla piyonların taşıdığı renkler değişip solmaktadır. Kullanılan renkler matbu olarak basılmış kartonlar üzerinde olduğu için elin teri veya kirinden etkilenmekte renk kalitelerinde bozukluklar oluşmaktadır. Ayrıca testin süresi şahıslara göre değişmekte, zamanı standardize etmek mümkün olmamaktadır.

Yaygın olarak kullanılan bu testlerin olumsuzlukları göz önüne alınarak dijital ortamda yeni bir test geliştirilmiştir. Bu yeni test, sakıncalarını belirttiğimiz geleneksel renk körlüğü testlerinden yararlanılarak, onların modifiye edilmesi ile hazırlanmıştır. Dijital ortamda bu testlerin yukarıda belirttiğimiz olumsuz yönleri ortadan kaldırılmıştır. Örneğin; renklerin solması önlenmiş, renklerin her zaman aynı kalitede kalması sağlanmıştır. Işık ekrana bağlı olduğundan her test için ışık eşit özelliktedir. Işıktaki değişkenlik önlenmiştir. Her renk için cevap verme süresi kayıt edildiğinden test süresi kesin olarak bilinmektedir. Renklerin tanınmasında yalnız görsel algılama söz konusu olduğundan, diğer etkenler ortadan kalkmıştır.

Renklerin sabitliği, ışığın eşit olması, sürenin saptanması ve yalnız görsel olarak renk algılama yeteneğine dayanması testin standardizasyonunu sağlamıştır. Bu da değişik araştırmacıların farklı zamanlarda yapacakları çalışmalarda elde edecekleri bulguların güvenle karşılaştırılacağı anlamını taşıdığından renk körlüğü çalışmalarını için önemlidir.

Renk körlüğü testlerinin temel fikrine sadık kalınarak dijital ortamda geliştirilen "Bilgisayara Uyarlanmış Renk Körlüğü Testi" diğer testlerin olumsuzluklarından arındırılmış, klasik testlerden daha üstün, güvenilir bir testtir. Yapılan literatür araştırmasında benzerine rastlanmamıştır. Geliştirilen bilgisayara uyarlanmış bu test, orijinal ve yeni bir renk körlüğü testidir.

Materyal ve Metot

HÜTF etik kurulunun onayı alınarak yapılan bir çalışmada kısa sürede sonuç almak için Ishihara testi modifiye edilerek farklı bir yöntem olan kitle tarama testi şeklinde Tıp ve Diş Hekimliği Fakültesi öğrencilerine uygulanmıştır (6,7). Bu yöntemle sınıflarda toplu olarak

renk algılama kusuru olan öğrenciler tespit edilmiştir. Tespit edilen renk körü öğrencilerden yaşları 19-29 (ortanca yaş 21) olan n=13 (12 erkek, 1 kız) renk körü öğrenci inceleme grubunu (Grup I) oluşturmuştur. Yaşları 19-28 (ortanca yaş 22) olan n=13 (8 erkek, 5 kız) renkleri normal gören öğrenciler kontrol grubunu (Grup II) oluşturmuştur. Renk görme kusuru olan öğrenciler göremedikleri renkleri öğrenmek istemişlerdir. Renk algılama yeteneklerini saptamak için öğrencilere üç ayrı test uygulanmıştır. Bu bireysel testler: a)Klasik Ishihara testi, b)FM100 Hue (Ton) testi ve c)Bilgisayara uyarlanmış yeni renk körlüğü testi. Testlerin hepsi her iki göz açıkken (binoküler) uygulanmıştır. Bütün öğrencilerin oftalmolojik muayeneleri H.Ü.T.F. göz kliniğinde yapılmıştır. Testler süresince kırma kusuru olan öğrencilerden renksiz gözlüklerini takmaları istenerek görme keskinlikleri tama yükseltilmiştir.

Klasik Ishihara Testinin Uygulanması

Deneklere iyi aydınlanmış bir odada yaklaşık 1m uzaklıktan Ishihara'nın Psödoizokromatik tablolarının bulunduğu kitap dik olarak tutularak gösterilmiş ve verilen cevaplar özel test kağıdına yazdırılmıştır (2,3,6-8).

Farnsworth Munsell 100 Hue Testinin Uygulanması

Tüm bireylere FM100 Hue Testi uygulanmış, renk gruplarını içeren kutular, zemini siyah olan bir masaya konarak, 40 cm uzaktan flüoresan bir lamba ile aydınlatılmıştır. Zaman sınırlandırılması yapılmadan, bireylerden renkli piyonları sıraya koyması istenmiştir. Her test sonunda sıralama numaraları özel baskı bir FM100 skor tablosuna kaydedilmiş ve hata skorları hesaplanmıştır(5).

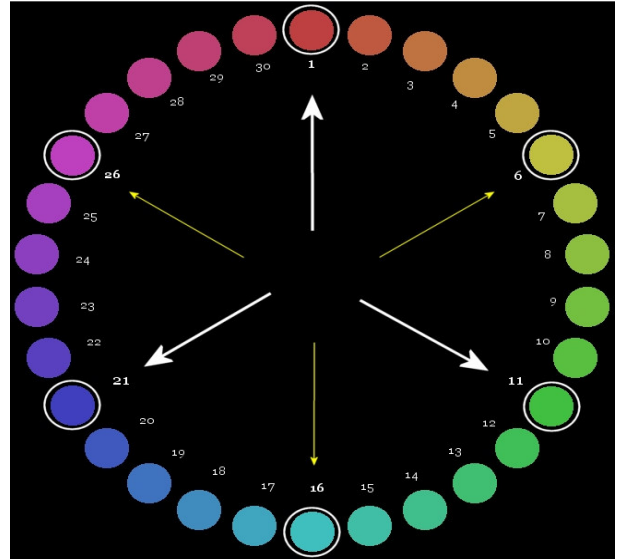
Yeni Bilgisayara Uyarlanmış Testin Tanıtımı

Bilgisayar sistemlerinde kullanılan farklı ekran kartları ve farklı monitörler, ekrana yansıtılan renklerde de farklılık oluşturmaktadır. Bu durumda çalıştırılan programın her bilgisayar ekranında aynı rengi vermesi için ekranların standardizasyonunda kullanılan özel bir program (PRAXIsoft firmasının wiziWYG programı) her test aşamasından önce kullanılarak ekranın parlaklık ve renk standardizasyonu sağlanmıştır (1). Microsoft Windows işletim sisteminde çalışmak üzere, Borland Builder 5 Derleyicisi kullanılarak program yazılmıştır. Bilgisayar düzeni olarak Pentium III işlemci, standard 24 bit ekran kartı ve 85 Hz. Horizontal frekansa sahip 800x600 pixel çözünürlükte ekran kullanılmıştır. Program çalıştırıldığında siyah zemin üzerinde bir çember etrafında düzenli olarak yerleşmiş olan ve birbirinden farklı renkleri içeren 30 adet küçük yuvarlak renkli tabletler ekranda görülmektedir (Şekil 1).

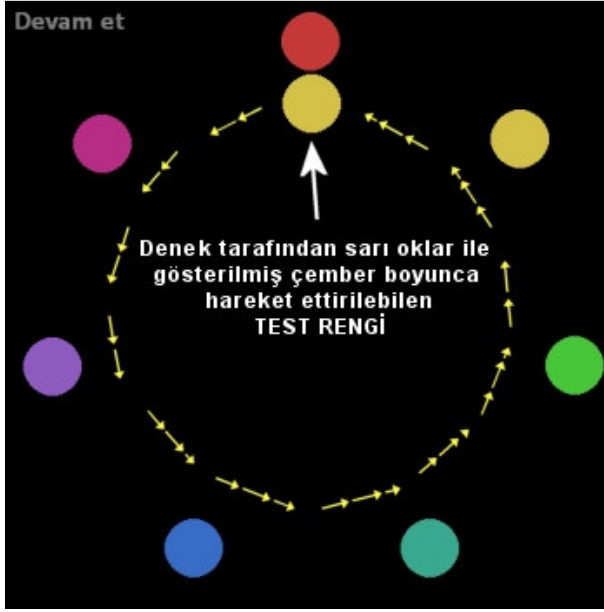
Oluşturulan 30 farklı rengin özelliği Microsoft firmasının RGB sisteminden uyarladığı programlama rutini

kullanılarak, doyumluk ve parlaklıkları değiştirilmeden sabit tutulmuş, sadece ton (hue) komponenti eşit miktarlarda artırılarak oluşturulmuştur. Bu şekilde doyumluk ve parlaklıkları sabit ancak rengin dalga boyunu yansıtan ton (hue) komponentinin farklı olduğu renkler bilgisayar ekranında oluşturulmuştur. Bu şekilde renk körü bireylerin renkleri parlaklık ve doyumluk farkı ile tanımlarına engel olunmuştur.

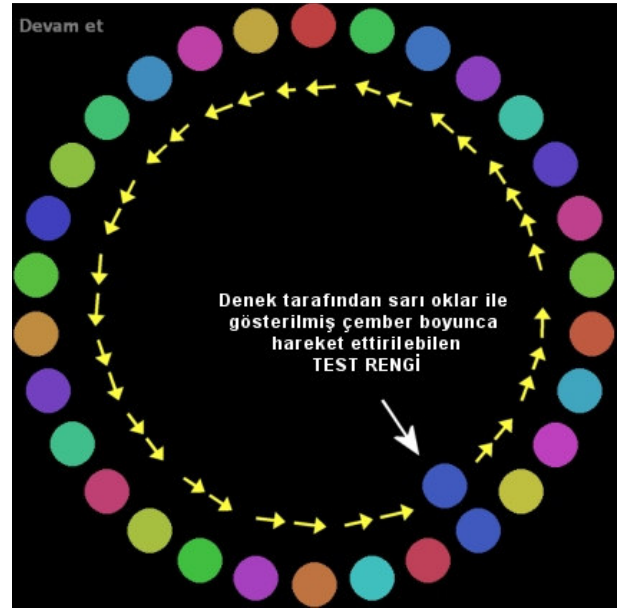
Test ekranındaki renkleri daha iyi açıklamak için renkler numaralandırılmışlardır. Teste alınan 30 rengin çember üzerindeki dizilişinde renkler aralarındaki mesafenin eşit olmasına dikkat edilmiştir. Birden otuz kadar numaralandırılan 30 renkten sırası ile 1., 11. ve 21. renkler kırmızı-yeşil-mavi (k-y-m) [Red-Green-Blue (RGB)] renk modelinin ana renkleridir ve beyaz oklarla gösterilmişlerdir (Şekil 1). Sırası ile diğer renkler 6., 16. ve 26. renkler olup sarı ince oklarla gösterilmiştir ve RGB sisteminin ana renklerinin eşit oranlarda karışımı ile meydana gelmişlerdir. Bir diğer anlamda cam göbeği-mavimsikırmızı-sarı (c-m-s) [Cyan-Magenta-Yellow (CMY)] CYM sisteminin renk modelinin ana renkleridir. Bu işaretlenmiş renklerin arasında 4 adet geçiş rengi bulunmaktadır. Teste başlamadan önce deneklere testi nasıl uygulayacakları ayrıntılı olarak anlatılmıştır.



Şekil 1. Programda oluşturulan 30 renk numaralanmıştır. Buna göre beyaz kalın oklar ile gösterilen 1, 11 ve 21 nolu renk RGB sisteminin ana renkleri olan kırmızı yeşil ve maviyi göstermektedir. Sarı ince oklar ile gösterilen 6, 16 ve 26 nolu renk CMY renk modelinin sarı, turkuaz (cyan), pembe (magenta) renklerini göstermektedir. Beyaz çember ile işaretlenmiş olan bu renklerin arasında kalan renk geçiş renklerini oluşturmaktadır. İşaretli renklerin arasında kalan geçiş renklerinin sayısı 4'er tane olacak şekilde eşit tutularak 30 renk oluşturulmuştur. Bu şekilde 1 numaralı renkten başlayarak azalan dalga boyu ile renkler oluşturulmuştur. Renklerin dalga boyu azalırken parlaklık ve doyumlukları sabit tutulmuştur.



Şekil 2. Büyük beyaz ok işareti TEST RENGİNİ göstermektedir. Sarı renkli küçük ok işaretleri test esnasında deneğin test rengini hareket ettirebildiği yolu göstermektedir. Deneğin TEST RENGİNİ bu şekilde hareket ettirebilmesi kişinin daha etkin bir şekilde TEST RENGİNİ diğer renklerle karşılaştırabilmesini sağlamaktadır. Test esnasında ok işaretleri ve yazılar görünmemektedir.



Şekil 3. Test sırasında çekilmiş resim. Denek Test rengini sarı oklar boyunca hareket ettirerek, test rengi ile birebir aynı olarak gördüğü rengin üzerine bilgisayarın faresi (mouse) ile tıklamaktadır. 30 renk belli bir sırayla bu şekilde teker teker test edilmektedir. Test esnasında ok işaretleri görünmemektedir.

Yeni Bilgisayar Testinin Uygulanması

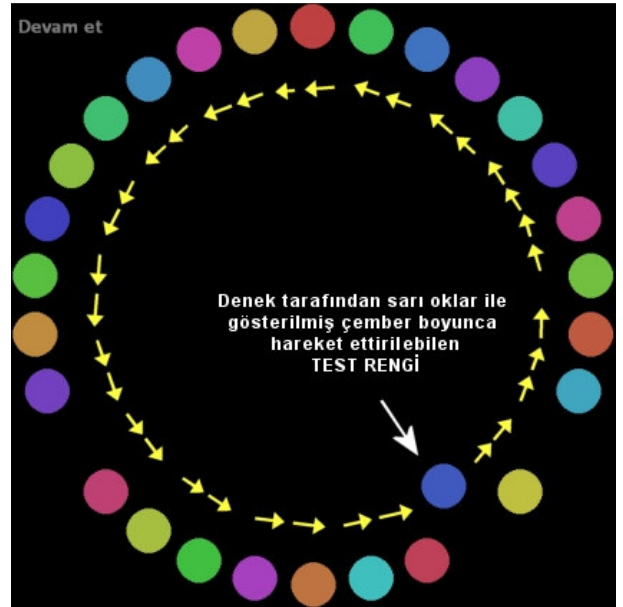
Testin başlangıcında deneklerin teste alışmaları için programda bir tanıtım uygulamasına yer verilmiştir. Bu ön testte renk köru ve normallerin birlikte görebilecekleri ve kolaylıkla ayırabilecekleri, (hue, doygunluk ve parlaklıkları farklı) 7 ayrı renk gösterilmektedir (Şekil-2).

Denekler bilgisayar ekranı karşında oturulup fareyi (mouse) kullanarak test rengini Şekil 2'de gösterildiği şekilde hareket ettirerek örnek renk ile diğer renkleri daha iyi karşılaştırmaları sağlanmıştır. Bu ön test ile alışma gerçekleştirildikten sonra asıl teste geçilmiştir.

Test başlatıldığında Şekil 1'de gösterilmiş olan numaralandırılmış renkler karışık bir düzen içinde bulunmaktadır (Şekil 3). Renkleri karışık bir sıraya konarken yan yana gelen renklerin birbirlerinden uzak dalga boylarına sahip olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 3).

Bu şekilde birbirine yakın dalga boylarındaki renkler 4 ayrı kadrana dağıtılmıştır. Aynı şekilde test rengi de karışık bir sırayla deneğe sunulmaktadır. Burada da ard arda gelen test renginin birbirine yakın dalga boyuna sahip olmamasına dikkat edilmiştir.

Otuz test rengi belli bir sıra ile teker teker ekrana getirilmektedir. Denek her test rengi ile eşdeğer olarak algıladığı rengi veya renkleri işaretlemektedir. Test



Şekil 4. Test esnasında çekilmiş bu resimde denek test rengi ile aynı algıladığı renkleri işaretlemiştir. İşaretlediği renkler kaybolmuş ve bilgisayar hafızasına kaydedilmiştir. Test renginin aynı olan renklerini bulduktan sonra bir sonraki test rengine geçmek için denek sol üst köşede yer alan "Devam et" butonuna basması gerekmektedir. Bu butona basıldığında ekranda daha önce işaretlenmiş olan renkler tekrar yerine getirilerek Test rengi değiştirilmektedir. Bu şekilde belli bir sırayla 30 renk test edilmektedir.

sırasında çekilmiş resimler Şekil 3 ve 4'te izlenmektedir. Denek test rengini resimde görülen sarı oklar ile gösterilmiş yönde dairesel olarak hareket ettirmektedir. Böylece test rengi ile diğer renkleri kolaylıkla karşılaştırmaktadır. Karşılaştırdığı renklerden test rengi ile eşdeğer olarak algıladığı rengin üzerine fareyi tıklararak işaretlemektedir. Test boyunca her test rengine verilen yanıtlar bilgisayarda kaydedilmekte ve test sonunda verilen yanıtlar ile bir hata skoru hesaplanmaktadır.

Hata Skorunun Hesaplanması

Şekil 1'de gösterildiği gibi test esnasında her rengin bir numarası bulunmaktadır. Buna bağlı olarak test hata skoru test rengi olarak belirlenen rengin numarası ile verilen yanıtın renk numarasının farkı olarak hesaplanmaktadır. Böylelikle, test rengi ile bireyin aynı olarak algıladığı renk ne kadar farklı bir renk ise hata skoru da o kadar yüksek olacaktır. Örneğin; 11 numaralı renk, testte standart yeşil rengidir. Birey test rengi olarak 11 numaralı rengi doğru olarak işaretlemişse yanıtı da 11 olacaktır ve hata skoru o renk için 0 (sıfır) olarak hesaplanacaktır.

Bununla birlikte, renk körü olan bireylerden beklediğimiz, test renklerine birden fazla yanıt vermeleridir. Örneğin; 21 numaralı renk, testte standart mavi rengidir. Renk körlüğü bu renk ile birden fazla rengi aynı algılamaktadır. Eğer deneğimiz 21 numaralı test rengine yanıt olarak 21, 22, 23, 24 ve 25 numaralı renkleri vermiş ise, hata skorunu; verilen yanıtların her birinden 21 numaralı test rengini çıkardıktan sonra bulduğumuz değerleri toplayarak elde ederiz. Bu örnekte hata skoru $0+1+2+3+4=10$ olacaktır. Hata skorunu hesaplamada kullandığımız bu yöntem ile verilen her hatalı yanıt hata skorunu yükseltmekte ve o renkte görülen algılama bozukluğunu ifade etmektedir.

Bu yöntemle 1'den 30'a kadar olan test renklerine verilen yanıtlar ile hata skoru hesaplandıktan sonra, renk çemberini oluşturacak şekilde dairesel bir grafikte gösterilmiştir (Şekil 5). Bu şekilde yüksek hata skoru olan bölümlerin renk çemberinin hangi kısmına geldiği görsel olarak da dikkat çekilmiştir. Hata skorlarının dairesel olarak grafik haline getirilmesinde FM 100 Hue testinde kullanılan grafikleme yöntemi esas alınarak yapılmıştır. Bundan başka her test rengi için ve tüm test boyunca geçen süre kaydedilmiştir.

İstatistiksel Değerlendirme

Deney sonuçları, H.Ü.T.F. Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'nın yardımları ile "SPSS 10.0 for Windows" istatistiksel değerlendirme programı kullanılarak analiz edilmiştir. Geliştirdiğimiz Bilgisayar Uygulamasının hata skor hesaplamasının Farnsworth – Munsell 100 Hue testi ile güvenilirliği Chronbach'ın α (alfa) değeri hesaplanarak güvenilirlik katsayısı bulunmuştur. Hem FM 100 Hue testi için hem de geliştirdiğimiz Bilgisayar Uygulaması için renk

körlerini saptayacak hata skoru (*cut – off* değeri) ROC testi (Receiver Operating Characteristic Curve) kullanılarak hesaplanmıştır. Renk körlüklerini tespit etmesi açısından standart test isihara'nın PIT ile geliştirdiğimiz Bilgisayar Uygulamasının sonuçları "iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi" yapılarak analiz edilmiştir. Testin uygulaması süresince geçen zaman ile renkli görme arasındaki ilişki Mann – Whitney U Testi kullanılarak incelenmiştir. Renk körlüklerini kapsayan Grup I'de on iki erkek bir kız bulunurken, kontrol grubu Grup II'de sekiz erkek, beş kız bireyden oluşmuştur. Renk körlüğü olan grupta erkeklerin sayısı kızlara göre belirgin olarak fazlayken, randomize seçilmiş kontrol grubunda da erkek sayısı fazla olarak bulunmuştur. Gruplar arasındaki kız/erkek dağılımı Fisher's Exact testi kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiş, iki grup arasında fark bulunmamıştır.

Bulgular

Deney Gruplarının Genel Özellikleri

Toplam 26 bireyden oluşan iki grup araştırmaya alınmıştır. Gruplardaki erkek-kız dağılımı Fisher's Exact Testi kullanılarak incelenmiş, gruplar benzer bulunmuştur. (Tablo 1, $p>0.05$).

Gruplar arasındaki yaş dağılımı Kolmogrov-Smirnov testine göre normal dağılım gösterdiği bulunmuş ve "İki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi" kullanılarak gruplar arasında yaş dağılımında fark bulunmamıştır ($p>0.05$) (Tablo 2).

Yeni Bilgisayara Uyarlanan Test ile FM100 Hue Testi hata skorlarının karşılaştırılması

Bilgisayara Uyarlanmış Testin hata skorları ile FM 100 Hue Testi hata skorlarının gruplar arasındaki farklılık "İki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi" ile araştırılmış, farkın olmadığı analiz edilmiştir ($p>0.05$, Tablo 3).

Bilgisayara uyarlanmış testinin hata skorlarının, FM 100 Hue Testi ile karşılaştırılarak testin güvenilirliği (Reliability) analizi Cronbach α (alfa) değeri hesaplanarak 0.80 bulunmuştur (Tablo 3).

ROC (Receiver Operating Characteristic Curve) eğrisi kullanılarak Bilgisayar Uygulaması testi ve FM 100 Hue Testinin duyarlılık ve seçicilik tablo 4 ve 5'de özetlenmiştir.

Tablo 4'deki duyarlılık ve seçicilik değerlerinden Bilgisayar Uygulaması testi için renk körlüğü tanısı koyacak hata skoru sınırı (*cut-off point*) 23 olarak belirlenmiştir. 23 Hata skoru renk körlüklerini %100 duyarlı ve %100 özgül olarak belirlenmiştir.

Tablo 5'de incelenen gruplarının FM 100 Hue testindeki hata skorları ile ROC testi kullanılarak hata skorlarının duyarlılığı ve seçiciliği gösterilmiştir. Buna göre 96 hata skorunun üzerindeki değerler renk körlüğü tanısı,

Birey
No: 18 **Ö.T.P.**

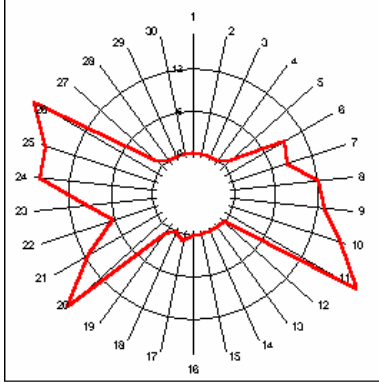
Yaş: 25
Cinsiyet: Erkek

Bilgisayar Uygulamalı Renk Körlüğü Testi HATA Skoru 179
Farnsworth - Munsell 100 Hue Testi HATA Skoru 159
Ishihara Psödoizokromatik Test Levhaları HATA Skoru 15 Döteranopi

Bilgisayar Uyarlanan Renk Körlüğü Testinde Bireyin Yanıtları:

Renk Sırası:	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	
Yanıtlar:	1	2	3	4	4	11	8	5	8	8	8	12	13	14	15	16	18	18	19	23	21	21	23	27	24	27	27	28	29	30	
					5	6	7	8	10	10	6						17		18	25	23	23	24	21	22	22	28				
					7	11	10	7	7	11										20	22	20	22	23	20	20					
					9	6	7	11	11	10										26	24	22	26	25	26	25					
					9	9	6	6	7											24	25	24	25	20	25	23					
						6	9	9	5											20		21	26	23	21						
						11	5	5	9															24	21						
																								22							
Hata Skoru:	0	0	0	0	1	9	8	12	13	16	21	0	0	0	0	0	1	0	1	18	11	6	9	16	16	20	1	0	0	0	
Zaman (sn.):	32	10	16	29	19	13	9	26	16	14	18	14	30	14	16	14	33	15	10	18	10	20	19	22	13	19	13	12	14	19	
Total test süresi :											08:25																				

Bilgisayar Uygulamalı Renk Körlüğü testinin Hata Skor Grafiği



Şekil 5. Yukardaki örneklerde görüldüğü gibi bireyin yanıtı ve hata skoru grafiği bilgisayar tarafından birlikte yazdırılarak sonuçlandırılmıştır.

%85 duyarlık ve %100 seçicilik ile belirleyeceği saptanmıştır.

Yeni Bilgisayar Uyarlanmış Test ile Klasik Ishihara Test sonuçlarının karşılaştırılması

Bireylere Ishihara Renk Körlüğü testine göre renk körü veya normal olarak değerlendirilmişlerdir (Tablo 3). Ishihara testine göre ayrılmış iki grup arasındaki Bilgisayar Uygulamalı Testinde aldığı hata skorlarının ortalamaları “iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi” ile analiz

edilmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.01$, $t=-4.492$). FM 100 Hue testinin hata skorlarının gruplar arası farkı aynı test kullanılarak istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$, $t=-4.445$).

Yeni Bilgisayara Uyarlanan Testte deneyin toplam süresi kontrol grubu için (ortanca değer) 8 dakika, 15 saniye (495 sn.), Renk körü grubu için (ortanca değer) 8 dakika, 54 saniye (534 sn.) olarak bulunmuştur (Tablo 3). Gruplar arası

Tablo 1. Gruplar arasında erkek – kız dağılımı

CİNSİYET	GRUPLAR		TOPLAM
	Kontrol Grubu	Renk Körü Grubu	
Erkek	8 %40	12 %60	20 %100
Kız	5 %83.3	1 %16.7	6 %100
TOPLAM	13 %50	13 %50	26 %100

Tablo 2. Gruplar arasında yaş dağılımı

YAŞ	Renk Körü Grubu (n=13)	Kontrol Grubu (n=13)
Minimum	19	19
Maksimum	29	28
Ortanca (Median)	21	22
Ortalama ±St. Sapma	22,31±3.50	22,31±3.07

fark Mann-Whittney U testi ile değerlendirilmiş ve anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$, $z=-0.897$).

Her deneğin Bilgisayar Uygulaması testinde aldığı sonuçlar örnek olarak Şekil 5’de izlenmektedir. Her deneğin

yaşı, cinsiyeti, her test rengine verdiği yanıtlar ve her bir test rengi için geçen süre ile toplam test süresi, Ishihara Test sonucu ve FM 100 Hue testi hata skoru kaydedilmiştir. Bilgisayar Uygulamalı testin hata skoru renk çemberi üzerinde grafik olarak gösterilmiştir. Birden otuza kadar olan tüm renk dizisi bir daire üzerinde düzen içinde numara sırası ile gösterilerek hata skorlarının grafiği çizilmiştir (Şekil 5).

Tartışma

Dijital ortamda, FM 100 Hue Testi ve Holmgren testlerinden modifiye ederek geliştirdiğimiz “Bilgisayar Uygulamalı Renk Körlüğü testi”, diğer renk körlüğü testleri ile uyumlu olarak renk körlerinin tanısını gerçekleştirmede başarılı olduğu görülmüştür.

Akraba evliliğinin çok sık görüldüğü ülkemizde sekse bağlı çekinik kalıtsal bir durum olan renk körlüğü olgularının, görülme sıklığının akraba evliliklerinin bu denli sık olmadığı toplumlardan daha yüksek bulunacağı düşünülmektedir (9). Bu yüzden konunun daha etkin ve yaygın olarak araştırılması gerektiği açıktır. Rastgele seçilen bir sınıfta yapılmış olan bir başka araştırmada erkeklerde renk körlüğü oranı %13.6 gibi yüksek bir oranda tespit edilmiştir (6,7). Bu durum görüşümüzü desteklemektedir. Renk körlerini tespit etmek için kullandığımız Ishihara’nın Psödoizokromatik test tabloları

Tablo 3. Bilgisayar Uygulaması Testinde ve FM 100 Hue testinde deneklerin gösterdiği hata skorlarının incelenmesi

Denek No:	Denek	Cinsiyeti	Yaşı	Total Test Süresi (sn.)*	Bilgisayar Uygulaması Hata Skoru	FM 100 Testi Hata Skoru	Ishihara Test Sonucu
1	P.D.	E	23	542.8	19	92	Normal
2	A.K.	E	19	323.5	4	26	Normal
3	Y.Ç.	K	19	755.3	3	3	Normal
4	Ö.A.	E	22	495.4	6	39	Normal
5	M.S.	E	20	494.8	5	32	Normal
6	H.Y.	E	20	388.3	2	72	Normal
7	E.G.	E	19	695.7	3	42	Normal
8	Ç.M.Ü.	E	22	1347.7	6	26	Normal
9	C.P.	E	22	290.6	14	55	Normal
10	B.E.	K	20	539.7	1	42	Normal
11	E.İ.	K	28	335.3	1	42	Normal
12	E.B.	K	28	540.4	2	58	Normal
13	S.B.	K	28	183.4	2	35	Normal
14	K.K.	E	22	662.0	75	170	Protanopi
15	B.G.	K	20	534.6	42	47	Döteranomali
16	A.E.	E	19	586.9	40	15	Döteranomali
17	A.S.	E	19	413.8	27	116	Döteranomali
18	Ö.T.P.	E	25	527.0	179	159	Döteranomali
19	M.E.	E	21	661.0	185	258	Döteranomali
20	A.D.	E	20	534.5	34	106	Döteranomali
21	S.T.	E	21	440.2	42	146	Döteranomali
22	S.A.	E	24	604.4	112	236	Döteranomali
23	M.K.	E	26	544.0	137	282	Döteranomali
24	G.Y.	E	29	758.8	203	129	Protanopia
25	V.S.	E	24	457.2	251	101	Protanopia
26	A.Ç.	E	20	384.4	32	103	Protanopia

* Total test süresi, Bilgisayar Uygulaması Testinde geçen süredir.

Tablo 4. Bilgisayar Uygulaması testinin hesaplanan özgüllük ve duyarlılığının hata skorlarına göre değerleri

Bilgisayar Uygulaması Testi		
Hata Skoru	Sensitivite (Duyarlılığı)	Spesifite (Özgünlüğü)
.00	1.00	0.00
1.50	1.00	0.23
2.50	1.00	0.46
3.50	1.00	0.54
4.50	1.00	0.62
5.50	1.00	0.69
10.00	1.00	0.85
16.50	1.00	0.92
23.00	1.00	1.00
29.50	0.92	1.00
33.00	0.85	1.00
37.00	0.77	1.00
41.00	0.69	1.00
58.50	0.54	1.00
93.50	0.46	1.00
124.50	0.39	1.00
161.00	0.31	1.00
194.00	0.23	1.00
211.50	0.15	1.00
235.50	0.08	1.00
252.00	0.00	1.00

* FM 100 Hue testinde hata skoru sınırı 96.5 olduğu zaman testin duyarlılığı %85 (0.85), özgünlüğü %100 (1.00) olmaktadır.

seks kromozomuna bağlı kalıtsal resesif bir geçiş gösteren k-y renk körlüğünün taranmasında en çok kullanılan ve klinik uygulaması olan bir yöntemdir (2). Bu yüzden çalışmamızda renk görme hatalarının tespitinde kullanılmıştır.

Bilgisayara uyarlayarak geliştirdiğimiz renk körlüğü testi, Ishihara testine göre duyarlılığı ve özgünlüğü araştırıldığında %100 uyumlu sonuçlar vermiştir. Geliştirdiğimiz testin, FM 100 Hue testi ile güvenilirlik (Reliability) değeri olan Crombach'ın alfa değeri tespit edilmiştir. Bu değer %80 olarak bulunmuştur. Ishihara testi sonuçlarına göre FM 100 Hue testinin özgünlüğü %85 iken, bizim testimizin Ishihara'ya göre özgünlüğü %100 olarak bulunmuştur. Diğer taraftan FM 100 Hue testinin hata skoru sınırı 96 iken geliştirdiğimiz testin hata skoru sınırı 23'tür. Bu da geliştirdiğimiz testin renk körlüğünü saptanmasında daha duyarlı olduğunu göstermiştir.

Kontrol grubunda yer alan, 1 ve 5 numaralı bireylerimiz, kontrol grubunda olmalarına rağmen yüksek FM 100 Hue testi hata skoru almışlardır. Renk görmesi normal olan 1 nolu birey Bilgisayar uygulamalı testimizden de yüksek bir hata skoru almıştır. Fakat yine renkleri normal gören 5 nolu birey geliştirdiğimiz Bilgisayar uygulamalı testimizde, Ishihara test sonucu ile uyumlu

Tablo 5. FM 100 Hue Testinin hesaplanan özgüllük ve duyarlılığının hata skorlarına göre değerleri

FM 100 Hue Testi		
Hata Skoru	Sensitivite (Duyarlılığı)	Spesifite (Özgünlüğü)
2.00	1.00	0.00
9.00	1.00	0.08
20.50	0.92	0.08
29.00	0.92	0.23
33.50	0.92	0.31
37.00	0.92	0.39
40.50	0.92	0.46
44.50	0.92	0.69
51.00	0.85	0.69
56.50	0.85	0.77
65.00	0.85	0.85
82.00	0.85	0.92
*96.50	0.85	1.00
102.00	0.77	1.00
104.50	0.67	1.00
111.00	0.62	1.00
122.50	0.54	1.00
137.50	0.46	1.00
152.50	0.39	1.00
164.50	0.31	1.00
203.00	0.23	1.00
247.00	0.15	1.00
270.00	0.08	1.00
203.00	0.00	1.00

oldukça düşük bir hata skoru almıştır. Ancak FM 100 Hue testinde elde ettiği hata skoru diğer kontrol grubundaki bireylerin hata skorundan daha yüksektir. Bu bireylerin FM 100 Hue testi grafiğini incelediğimizde genel olarak tüm renklerde yüksek bir hata skoru görülmüştür. Grafiğinde özgün bir dağılım izlenmemiştir. Bu durum, kişinin teste ilgisinin azlığı veya testin uzun olmasına bağlı olarak dikkatinin dağıtması şeklinde yorumlanmıştır (4).

Kırmızı-yeşil renk körlerinin protanopi veya döteropi gibi gösterdikleri farklı özelliklerinin ayırt edilmesinde Ishihara testi kullanılmıştır. Bilgisayar ortamında uyarladığımız yeni renk körlüğü testi k-y renk körlerinin kırmızı yada yeşil renk duyarlılığındaki kaybı belirlemede henüz yeterli bulunmamıştır. Çalışmamızın ileri aşamalarında bu konunun gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Bu konuda dikkatimizi çeken ve diğer araştırmacıların bulguları ile uygunluk içinde olan önemli bir bulgumuz da protanop olarak belirlediğimiz renk körü olgularımızın, döteranop'lara göre daha yüksek hata skoru almış olmalarıdır (10). Bilgisayara uyarladığımız test programı içinde k-y renk körlerinin bu renklerden hangisine karşı duyarlılığının azaldığı veya kaybolduğu saptamak amacı ile yaptığımız çalışmalar yoğun olarak devam

etmektedir. Bu konudan kısa sürede içinde sonuç alınacağını ümit etmekteyiz.

Geliştirdiğimiz bilgisayar testinde, renk körü olanlarda testin ortalama süresi, kontrol grubunun ortalama süresinden daha uzun olarak bulunmuştur. Ancak, renk körü ve kontrol grupları arasında test süreleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Deneklerin her test rengi için geçirdikleri süreler arasında da anlamlı bir fark saptanamamıştır. Renkleri algılamada yetersiz olanların test sürelerinin daha uzun süreceği öngörümüzü bulgularımız desteklememiştir. Ancak, bu konuda karar vermek için daha geniş bir gruba içeren çalışma sonuçlarına gereksinim olduğu düşünülmüştür.

Göz bulgusu veren bazı sistemik hastalıklarda, hasta takibinde renk görme testlerinin kullanılması son zamanlarda oldukça fazla dikkat çeken bir konu olmuştur. Bu konuda yapılmış olan çalışmalar literatürde yer almıştır (11,12). Şizofreni'de dopaminerjik hipoaktivitenin mavimsarı renk ekseninde (tritanomali) algılama kusuru oluşturduğunu belirtmiştir (12). Bu araştırmacılar Gilles de la Tourette sendromu olarak tanımladıkları olgularda renkli görmeyi değerlendirmişlerdir. Renkli görmeyi bozan ve üzerinde en çok çalışılan hastalık Diabetes Mellitus olmuştur. Hastalığın ileri dönemlerinde geri dönüşsüz göz bulgularının ortaya çıktığı bir çok araştırmacı tarafından saptanmıştır (13-15). Bu bilgiler, klinik çalışmalarda hastaların etkin bir şekilde takibinde renkli görme testlerinin önemini ileride artacağını düşündürmüştür. Edinsel hastalıklara eşlik eden renkli görme kusurlarını saptamak amacı ile renk görme testi olarak FM 100 hue testi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarımıza dayanarak, kısa sürede sonuç vermesi, güvenilirliği ve yüksek değerde özgül özelliği ile bilgisayara uyarlanmış bu yeni testin, doğumsal renk körlüğünün tespitinde olduğu kadar edinsel renk körlüklerinin tanı ve takibinde güvenle kullanılacağı düşünülmüştür. Klinikle işbirliği yapılarak edinsel hastalıkların takibinde bilgisayara uyarlanmış bu yeni testin kullanılması bu konuda değerli bilgilerin ortaya çıkmasını sağlayacağı konusunu gündeme getirilmiştir.

Sonuç

Geleneksel renk körlüğü testlerinin temel fikrine sadık kalınarak dijital ortamda geliştirilen, diğer testlerin olumsuzluklarını ortadan kaldırılan, bilgisayara uyarlanan yeni renk körlüğü testinin hata skoru standardize edilmiştir. Altın standart kabul edilen Ishihara testi ile %100, FM 100 Hue testi ile %80 uyumlu bulunmuştur. Bu özellikler testin

güvenirliliğini belirlemiştir. İncelediğimiz literatürde benzer bir yönteme rastlanmadığından "Bilgisayara Uyarlanmış yeni Bir Renk Körlüğü Testi" adlı testin orijinal bir yöntem olarak tanıtımı amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Arden G, Gündüz K, Perry S. Color vision testing with a computer graphics system: preliminary results, *Doc Ophthalmol* 1988;Jun;69(2):167-74
2. Birch J. Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour efficiency. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1997;Sep;17(5):403-8.
3. Ishihara S. *Ishihara's Tests For Colour-Blindness* 38 Plates Edition Tokyo Kyoto.1990
4. Carl J, John J. Comparison of the Farnsworth munsell 100 hue test, the Farnsworth D15 and the L'anthony D-15 desaturated color tests, *Arch Ophtalmol* 1993; 111: 639-41
5. Winston JV., Martin DA. Heckenlively JR., Computer analysis of farnsworth munsell 100 hue test, *Documenta Ophthalmologica* 1986: 62: 61-72
6. Gündoğan NÜ, Durmazlar N, Gümüş, K Durur I, Geyik PÖ. Renk körlüğünün saptanmasında yeni bir yöntem; Kitle tarama testi. *Ç.Ü. Tıp Fak. Dergisi.* 2002;27:71-9.
7. Gündoğan NÜ, Durmazlar N, Gümüş, K Durur I, Geyik PÖ. Renk körlüğünün saptanmasında yeni bir yöntem; Ishihara testinin bilgisayara uyarlanması (104 vakanın değerlendirildiği ön çalışma). *Ç.Ü. Tıp Fak. Dergisi.* 2002;27:80-7.
8. Ganley JP, Lian MC. Projected color slides as a method for mass screening of red-green color deficient individuals . *Ophthalmic Epidemiology*; 1997: 4: 213-21.
9. Tunçbilek E. Clinical outcomes of consanguineous marriages in Turkey. *The Turkish Journal of pediatrics.* 2001;43:277-9.
10. Schwartz SH, Visual Perception, a clinical orientation, Schwartz SH, ed. Stamford, Connecticut, Appleton and Lange, chapter 6, pp145, 1999.
11. Shuwairi SM, Golomb AC, McCarley RW, O'Donnel BF. Color discrimination in schizophrenia, *Schizophrenia Research* 2002: 55:197-204.
12. Melun JP, Morin LM, Muise JG, DesRosiers M. Color vision deficiencies in Gilles de la Tourette syndrome, *Journal of the Neurological Sciences* 2001: 186: 107 - 10
13. Dasbach EJ, Fryback DG, Newcomb PA, Klein R. Klein BEK, Cost effectiveness of strategies detecting diabetic retinopathy. *Medical Care* 29, 1991: 20-39.
14. Galal MI, Whitaker D. Early detection of changes in visual function in diabetes mellitus, *Ophtalmol. Physiol. Opt.* 1998: 18 (1): 3-12.
15. Javitt JC, Joseph KC, Richard GF, Donald MS, Alfred S. Detecting and treating retinopathy in patients with type I diabetes mellitus. *Ophthalmology* 1990: 97: 483-93.

Geliş Tarihi: 17.10.2002

Yazışma Adresi: Dr. Nimet GÜNDOĞAN
Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi
Fizyoloji AD, ANKARA

[§]H.Ü.T.F. Araştırma Birimi'nin desteği ile gerçekleştirilmiştir (Proje No: 01 01 101 014).