

# Büyük ve küçük çaplı optik disklerde HRT ve OCT sonuçlarının karşılaştırılması

Mustafa CİVELEKLER (\*), Orhan ATEŞ (\*)

## ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmadaki amacımız glokom tanı ve takibinde en sık olarak kullanılan iki yöntemin (OCT ve HRT) büyük ve küçük çaplı disklerde tanı koymadaki etkinliklerini değerlendirmektir.

**Gereç ve Yöntem:** Erken evre glokom tanısı alan veya şüpheli değerlendirilen 55 olgunun 55 gözü çalışma kapsamına alındı. HRT II'de bütün hastaları disk alanlarına  $\geq 2.5 \text{ mm}^2$  olan büyük disk çaplı ve  $<2.5 \text{ mm}^2$  olan küçük disk çaplı olmak üzere iki gruba ayırdık. Peripapiller RSLT kalınlığını değerlendirmek için Optik koherens tomografi, Stratus OCT kullanıldı.

**Bulgular:** Büyük disk çapına sahip hasta sayısı 30 iken, küçük disk çapına sahip hasta sayısı 25 idi. Büyük disk çapına sahip grubun yaş ortalaması  $68.2 \pm 11$ , küçük disk çapına sahip grubun  $63.7 \pm 9$  idi. Kadın/erkek oranı büyük disk çapı olan hasta grubunda 12/18 iken, küçük disk çapı olan hasta grubunda 9/16 idi. Gruplar arasında yaş ve cinsiyet açısından anlamlı fark yoktu. Büyük disk grubunda optik disk başı çevresi sinir lifi tabakasının stratus OCT ile elde edilen ortalama, superior, inferior, nazal ve temporal kadranlarda duyarlılık/seçicilik oranı HRT II ile elde edilen global, temporal, temporal-superior, temporal-inferior, nazal, nazal-süperior, nazal-inferior kadranlardan daha düşük olarak saptandı. Benzer şekilde, küçük disk grubunda optik disk başı çevresinin sinir lifi tabakasının stratus OCT ile elde edilen ortalama, superior, inferior, nazal ve temporal kadranlarda duyarlılık/seçicilik oranı HRTII ile elde edilen global, temporal, temporal-superior, temporal-inferior, nazal, nazal-süperior, nazal-inferior kadranlardan daha düşük olarak saptandı.

**Çıkarım:** Çalışmanın sonucunda hem HRT II hem de OCT ile değerlendirme esnasında disk çapının mutlaka dikkate alınması gerektiği sonucuna varıldı.

## SUMMARY

**Comparison the results of HRT and OCT in big and small optic disc size**

**Purpose:** In this study we aimed to assess the effectiveness of two methods (OCT and HRT), used most frequently in diagnosing and following glaucoma while diagnosing glaucoma of the patients having bigger and smaller disc size.

**Material and Methods:** To an ophthalmologic examination 55 eyes of 55 cases diagnosed as early or suspicious glaucoma were included in the study. In relation with the measurements done with HRT II we separated the patients into two groups: having disc area of  $\geq 2.5 \text{ mm}^2$  as big disc size and  $<2.5 \text{ mm}^2$  as small disc size. For evaluating the RNFL thickness we used Optic Coherens Tomography.

**Result:** Number of patients having bigger disc size was 30, and smaller disc size was 25. Mean age of the group having bigger disc size was  $68.2 \pm 11$ , and the group having smaller size was  $63.7 \pm 9$ . In the group having bigger disc size man/woman ratio was 12/18, in the group having smaller disc size was 9/16. Between groups in relation with the sex and age there wasn't any statistically significant difference. MD and PSD parameters were compared and we found significant difference between bigger and smaller disc size groups ( $p < 0.001$ ). In the bigger disc size group sensitivity/specificity ratio of mean optic nerve head retinal nerve fiber thickness of superior, inferior, nasal and temporal quadrants measured by Stratus OCT were determined fewer than the the ratio of global, temporal, temporal-superior, temporal-inferior, nasal, nasal-superior, nasal-inferior quadrants gained by the HRT II. Similarly in the smaller disc size group sensitivity/specificity ratio of mean optic nerve head retinal nerve fiber thickness of superior, inferior, nasal and temporal quadrants measured by Stratus OCT were determined fewer than the the ratio of global, temporal, temporal-superior, temporal-inferior, nasal, nasal-superior, nasal-inferior quadrants gained by the HRT II.

**Conclusion:** At the end of the study we concluded that while assessing the patients having glaucoma with the help of HRT II and OCT, optic disc size must be taken into account.

**Anahtar kelimeler:** Optik disk çapı, OCT ve HRT II

**Key word:** Optic disc size, OCT and HRT II

Geliş tarihi: 02.04.2009  
Kabul tarihi: 14.08.2009  
Gülhane Tıp Akademisi\*

Son yıllarda çok sayıda yeni görüntüleme yöntemleri glokomlu gözde retinal sinir lifi tabakası ve optik diskin yapısal olarak değerlendirilmesi için ve glokom tanısı koyabilmeye yardım etmek amacıyla kullanılır hale gelmiştir. Konfokal tarayıcı lazer oftalmoskopi (Heidelberg Retina Tomograph II [HRT II]; Heidelberg Engineering, GmbH, Dossenheim, Germany), tarayıcı lazer polarimetre (GDx Variable Corneal and Lens Compensator [VCC]; Carl-Zeiss Meditec, Dublin, CA) ve optik koherens tomografi (Stratus OCT; Carl-Zeiss Meditec, Inc., Dublin, CA) ölçümlerini ışığın farklı özelliklerini kullanarak yapan üç teknolojidir (1,2).

Bu üç yöntemin tanı koymadaki etkinlikleri ile ilgili şimdiye kadar yapılan birçok araştırma mevcuttur. Bu çalışmalar sonucunda bu teknolojilerin etkilendikleri parametreler glokom hastalığının ciddiyeti ve optik diskin büyüklüğüdür. Daha önceki histolojik ve klinik çalışmalarda optik disk büyüklüğünden RSLT tabakası ve optik disk topografi ölçümlerinin etkilenebileceği gösterilmiştir (3,4). Bu nedenden dolayı bu testlerin tanı koymadaki doğrulukları optik disk büyüklüğüne bağlı olarak değişebilir denilebilir. Tabii ki burada göz ardı edilmemesi gereken diğer bir parametre de glokom hastalığının ciddiyetidir. Çünkü erken ve orta evre glokom hastalığında nöral kayıp daha az, ileri evre glokomda ise daha fazla olacağından ileri evre glokomda bu teknolojilerin tanı koymadaki doğrulukları daha fazla olacaktır. HRT'nin dikkate alınan parametreleri rim hacmi (RV), çukurluk şekil ölçümü (CSM) ve yükseklik varyasyon kontürüdür. Normal optik sinir başı bu parametreleri ve hastanın yaşı kullanılarak aşağıdaki formüle göre anormal optik sinir başından ayırt edilmektedir.

Düzeltilmiş CSM (düzCSM) = CSM + (0.001981\*(50-age)

A = (RV\*1.951) + (HVC\*30.125) + (-28.5521\*düzCSM) - 10.083

B = (-9.039\*RV) + (HVC\*37.370) + (-15.442\*düzCSM) - 7.4211

HVC: yükseklik varyasyon kontürü

Eğer A>B ise biz optik sinir başını normal olması gerekmekte iken, eğer A<B ise optik sinir başının glokomatöz olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmadaki amacımız ise bahsettiğimiz yöntemlerden en sık olarak kullanılan iki yöntemin (OCT ve HRT) büyük ve küçük çaplı disklerde tanı koymadaki etkinliklerini değerlendirmektir. Bunun için ise disk alanının her iki testteki tanı koydurucu etkinliğinin doğruluğunu değerlendirebilmek için mantıksal marjinal regresyon modelleri kullandık.

## GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu çalışma retrospektif olarak yapıldı. Çalışmaya alınacak hastalar GATA (Gülhane Askeri Tıp Akademisi/Ankara) Göz Hastalıkları AD. Glokom Birimi'nde takip edilen hastalardan seçildi. Çalışma GATA Etik Kurul Onayı alınarak Helsinki Deklarasyonu'nun ilkelerine uyularak tamamlandı.

Tüm hastaların tıbbi hikayesini, en iyi düzeltilmiş görme keskinliğini, Goldmann applanasyon tonometresi ile göz içi basıncı (GİB) ölçümü, gonyoskopi, 78-D lens ile dilate fundus muayenesini, Humphrey 24-2 otomatik görme alanı tetkikini de içeren kapsamlı bir oftalmolojik muayene ile erken ve orta evre glokom tanısı alan 55 olgunun 55 gözü çalışma kapsamına alındı. Çalışma kapsamına en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EDGK) 20/40 veya daha iyi, sferik refraksiyonu $\pm$ 5.0 D, silindirik refraksiyonu $\pm$ 3.0 D olan ve gonyoskopide açık açığa sahip olan olgular alındı. Gözler tekrarlanabilir anormal görme alan testine sahipse (en azından 2 ardışık ölçüm) ve bu da patern satandard deviasyonun (PSD) % 95 güven aralığının dışında veya optik diskin görünümüne bakılmaksızın Glokom Yarılan Testinde normal limitlerin dışında olması ile tanımlanmıştır. Daha önceden retinal hastalığı, üveiti veya nonglokomatöz optik nöropati mevcut olan hastalar çalışma dışı bırakıldı. Hastaları HRT ile yapılan optik disk analiziyle elde edilen verilere göre büyük disk çapına sahip ( $\geq$ 2.5 mm<sup>2</sup>) ve küçük disk çapına sahip (<2.5 mm<sup>2</sup>) olmak üzere iki gruba ayırdık. Büyük disk çapına

sahip hasta sayısı 30 iken, küçük disk çapına sahip hasta sayısı 25 idi.

Görme alan kaybını değerlendirmek için başka yayınlarda tarif edilmiş olan AGIS. (Advanced Glaucoma Intervention Study) skorlaması kullanıldı (5). Görme alan kaybının değerlendirilmesi total deviasyon grafiğindeki görme alanındaki farklı lokalizasyonlardaki depresyonun yaygınlığına dayandırıldı ve 0'dan (görme alan kaybı yok) 20'ye (son evre görme alan kaybı) kadar derecelendirildi. Normal görme alanı ortalama deviasyon ve patern standard deviasyonun % 95 güvenlik limitleri içerisinde olması ve glokom yarı alan test sonuçlarının normal limitler içerisinde olması olarak kabul edildi.

### Görüntüleme Enstrümanları

#### 1. HRT II Konfokal Tarayıcı Lazer Oftalmoskop:

HRT II (software ver. 1.4.1.5; Heidelberg Engineering GmbH) optik sinir başının üç boyutlu topografik görüntüsünü elde etmek için konfokal tarayıcı lazer prensiplerini kullanmaktadır. HRT II'nin çalışma prensipleri başka yayınlarda ayrıntılı olarak tarif edilmiştir (6). Her bir hasta için üç adet topografik görüntü elde edildi ve birleştirildi. Hastaların görüntüleri pupil dilate edildikten sonra alındı. Daha sonra analiz için kullanılmak üzere tek bir ortalama topografik görüntü elde etmek için otomatik olarak sıraya dizildi. Magnifikasyon hataları hastanın korneal kurvatür ölçümleri kullanılarak düzeltilti. Optik diskin stereoskopik görüntüleri incelenirken, tecrübeli bir teknisyen tarafından ortalama topografik görüntü üzerinden optik diskin sınırları çizildi. Görüntünün iyi kalitede olduğunu anlamak için odaklanmış reflektans görüntüsünün standard sapmasının 50 µm'den daha büyük olmasına dikkat edildi.

HRT II'nin tanı koyma performansını araştırmak için, çalışmamızda Moorfield's regresyon analizi (MRA) tarafından elde edilmiş olan sonuçlar kullanıldı. MRA 112 beyaz hastanın normal gözlerinden

elde edilmiş regresyon analizinin güvenlik limitlerine dayanan tahmin edilmiş disk alanı ve yaşla hastaların rim alının karşılaştırılması ile elde edilmiştir (7). Her sektör eğer % 95'lik güvenlik aralığına (GA) denk gelirse normal, % 95-% 99'luk GA'na denk gelirse sınırdaki ve % 99.9'luk GA'nın da altına denk gelirse normal sınırların dışında olarak sınıflandırılmıştır. MRA aynı zamanda global rim alanıyla da ilgili sonuçları vermekte ve en sonunda ise final sınıflamayı vermektedir. Normal MRA klasifikasyonu için bütün sektörlerin ve global rim alanının normal limitler içerisinde olması gerekmektedir. Sınırdaki MRA sınıflaması ise sektörlerden herhangi birisinin veya global rim alanının sınırdaki olarak sınıflanmasını gerektirmekte ve normal limitlerin dışında MRA sınıflaması ise sektörlerden herhangi birisinin veya global rim alanının normal limitlerin dışında olarak sınıflanmasını gerektirmektedir.

HRT II'de bütün hastaları disk alanlarına göre iki gruba ayırdık: ilk grup  $\geq 2.5$  mm<sup>2</sup> olan büyük disk çaplı, ikinci grup:  $< 2.5$  mm<sup>2</sup> olan küçük disk çaplı hastalardan oluşturuldu.

#### 2. Stratus OCT

Ticari olarak mevcut olan optik koherens tomografi, Stratus OCT (software version 4.0; Carl Zeiss Meditec, Inc.), peripapiller RSLT kalınlığını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Optik koherens tomografi düşük koherens tomografinin prensiplerini kullanmaktadır ve B-mod ultrason ile analogtur fakat, oküler yapıların yüksek rezolüsyonlu görüntülerini elde etmek için ses yerine ışığı kullanır (8). OCT'nin işlevinin prensipleri hakkında daha fazla ayrıntılı bilgi birçok yayında mevcuttur (9-11). Fast RNFL algoritması Stratus OCT ile RSLT kalınlık ölçümleri elde etmek için kullanılmaktadır. Her biri optik disk başının etrafında 3.4 mm çapında bir halka boyunca 256 A-taramayı içeren üç adet görüntü elde edilmektedir. Stratus OCT yazılımı tarafından ortalama bir görüntü oluşturulmaktadır. Görüntülerin kalitesi optik disk başı etrafında yerleşmiş halkanın OSB'nı tam ortalayıp ortalaya-

mamasına ve sinyal gücünün yeterli olup olmamasına ( $\geq 6$ ) ve RSLT sınırlarını tespit etmek için kullanılan algoritmaya ait hata sinyalinin olup olmasına göre değerlendirildi.

Çalışmamızda parapapiller RSLT kalınlıklarının parametreleri şunlardı: ortalama ( $360^0$  ölçüm), temporal kadran ( $316-45^0$ ), süperior kadran ( $46-135^0$ ), nazal kadran ( $136-225^0$ ) ve inferior kadran ( $22-315^0$ ).

### İstatiksel analizler

İstatistiksel değerlendirmeler için SPSS 11.1 programı kullanıldı. İki grubun demografik özellikleri ve kontrol grubu ile karşılaştırmaları Man Whitney U ve cinsiyet dağılımı için Ki kare testi ile yapıldı. Gruplarda HRT ve OCT parametrelerinin duyarlılık ve seçiciliklerinin belirlenmesinde ise lojistik regresyon analizi testine başvuruldu.

## BULGULAR

Çalışmamızda 55 hastanın 55 gözünü inceledik. Olgular, büyük disk çapına sahip ( $\geq 2.5 \text{ mm}^2$ ) ve küçük disk çapına sahip ( $< 2.5 \text{ mm}^2$ ) olmak üzere iki gruba ayrıldı. Her iki grubun demografik özellikleri Tablo 1'de görülmektedir. Gruplar arasında

Tablo 1. Her iki grubun demografik özellikleri.

Parametre	Büyük disk grubu (n=30)	Küçük disk grubu (n=25)	P
Yaş, yıl (ort. $\pm$ SS)	68.2 $\pm$ 11	63.7 $\pm$ 9	0.46
Cinsiyet (K/E)	12/18	9/16	0.35
MD (dB)	-3.2 (-6.2; 1.82)	-3.4 (-7.0; 1.69)	0.69
PSD (dB)	3.6 (2.0; 7.39)	3.2 (1.8; 6.8)	0.57
DA (mm <sup>2</sup> )	2.18 $\pm$ 0.23	3.04 $\pm$ 0.43	<0.001

Tablo 2. Büyük disk grubundaki HRT ve OCT duyarlılık ve seçicilik sonuçları.

Stratus OCT	Duyarlılık/Seçicilik (%)	HRT II	Duyarlılık/Seçicilik (%)
Ortalama kalınlık	65/71	MRA sınıflama	76/84
Superior kalınlık	63/72	MRA global	52/91
İnferior kalınlık	69/78	MRA temporal	22/98
Temporal kalınlık	48/79	MRA temp/sup	39/91
Nazal kalınlık	41/77	MRA temp/inf	49/92
		MRA nazal	37/89
		MRA nazal/sup	48/92
		MRA nazal/inf	51/89

Tablo 3. Küçük disk grubundaki HRT ve OCT duyarlılık ve seçicilik sonuçları.

Stratus OCT	Duyarlılık/Seçicilik (%)	HRT II	Duyarlılık/Seçicilik (%)
Ortalama kalınlık	81/91	MRA sınıflama	66/81
Superior kalınlık	78/86	MRA global	52/83
İnferior kalınlık	81/89	MRA temporal	18/88
Temporal kalınlık	59/87	MRA temp/sup	37/90
Nazal kalınlık	67/88	MRA temp/inf	44/89
		MRA nazal	35/88
		MRA nazal/sup	46/85
		MRA nazal/inf	51/89

yaş ve cinsiyet yönünden anlamlı bir fark yoktu ( $p>0.001$ ). Her iki grubun mean deviasyon (MD) ve patern satandard deviasyon (PSD) değerleri karşılaştırıldığında aralarında anlamlı fark yoktu (Tablo 1). Büyük disk grubunda optik disk başı çevresinin sinir lifi tabakasının Stratus OCT ve HRT II ile karşılaştırılması neticesinde elde edilen bulgular Tablo 2'de gösterilmiştir. Stratus OCT ile elde edilen ortalama, superior, inferior, nazal ve temporal kadranlarda duyarlılık/seçicilik oranı HRT II ile elde edilen global, temporal, temporal-superior, temporal-inferior, nazal, nazal-süperior, nazal-inferior kadranlardan daha düşük olarak saptandı ( $p<0.001$ ). Küçük disk grubunda optik disk başı çevresinin sinir lifi tabakasının Stratus OCT ve HRT II ile karşılaştırılması neticesinde ise elde edilen bulgular Tablo 3'de özetlenmiştir. Benzer şekilde stratus OCT ile elde edilen ortalama, superior, inferior, nazal ve temporal kadranlarda duyarlılık/seçicilik oranı HRT II ile elde edilen global, temporal, temporal-superior, temporal-inferior, nazal, nazal-süperior, nazal-inferior kadranlardan daha düşük olarak saptandı ( $p<0.001$ ).

## TARTIŞMA

Optik diskin glokomatöz olup olmadığını tespit etmede karşılaşılan problemlerden bir tanesi de optik sinir başının büyüklük ve morfolojik olarak aşırı derecede değişkenlik göstermesidir. OSB'nın stereofotograflar ile dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi eğer tecrübeli bir gözlemci tarafından yapılırsa, takiplerde optik disk başındaki ufak değişiklikler bile gözden kaçmamakta ve bu halen daha en iyi yöntem olarak gözükmektedir.

Bilgisayarlı enstrümanların kullanım alanına girmesiyle OSB'nın daha doğru analizi mümkün olmakta ve değişiklikleri tespit etmek için daha duyarlı aletler oldukları düşünülmektedir. Tüm bunlara rağmen halen daha patolojik ve normal diski ayırmada zorluklar yaşanmaktadır. Liev ve ark. OSB'nın sınırlarını belirlemede OCT'nin doğruluğunu değerlendirmek için Heidelberg Retinal Tomografi (HRT) ve yeni Stratus Optik Koherens Tomografi'nin (OCT) Disk Modu'nun morfometrik parametreleri ve teşhis performansını çalışmışlar. Stratus OCT Disk protokolünü glokomatöz ve normal optik sinir başlarını ayırmada genel olarak iyi olduğu sonucuna varmışlar (12).

Naithani ve ark. yaptıkları çalışmada erken ve hafif derecedeki glokomlu hastalarda OCT ve HRT ile glokomatöz hasarı tespit etmek OSB ve peripapiller retina sinir lifi tabakasındaki değişiklikleri incelemişler. Bu olgularda glokomatöz hasarı tespit etmek için OCT'ye dayalı otomatik sınıflandırmalar ile HRT ile yapılmış sınıflandırılmayı karşılaştırmışlar (13). Çalışmanın sonucunda her bir grup çalışmasında OCT ve HRT analizleri ile yapılmış disk alanı ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamış. Glokomatöz gözlerden sağlıklı gözleri ayırmada OCT'ye dayalı otomatik sınıflandırılmaların HRT sınıflandırılmalarından daha başarılı olduğu sonucuna varmışlar (13).

Disk büyüklüğü ile glokom gelişme riski arasındaki ilişki konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Tuulonen ve ark., bazı hastalarda büyük disklerin ekstraselüler matriksin özelliklerine bağlı olarak düşük göz içi basınçlarında bile tahribata uğrayabileceklerini belirtmişlerdir (14). Chi ve ark. glokomun çok daha sık gözleendiği ve ciddi seyrettiği siyah Amerikalılarda disk alanının diğer ırklara göre daha büyük olduğunu göstermişlerdir (15). Optik disk büyüklüğü ile glokomatöz hasar oluşumunun korelasyonunu inceleyen Jonas ve ark. ise glokomatöz hasarın optik disk büyüklüğünden bağımsız olduğunu bildirmişlerdir (16). Bizim kliniğimizde daha önceden Bayer ve ark. tarafından HRT II'nin parametrelerinin erken ve orta derecede

glokomlu olgularla normal olguları ayırt etmede etkinliğini test etmek için yaptıkları çalışmada glokom grubunda disk büyüklüğünün kontrol grubuna göre daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir (17). Çukurluk/disk oranının spesifitesinin ve sensitivitesinin başka çalışmalarda % 98'den % 83'e ve % 94'den % 24'e kadar değiştiği bildirilmiştir (18-20).

Daha önceki yapılan çalışmalarda OCT ve HRT II'nin glokom tanısını koymadaki etkinlikleri değerlendirilirken optik disk başının da göz önüne alınması gerekliliği vurgulanmıştır (20-23). Iester ve ark. 60 normal ve 93 glokomlu hastada yaptıkları çalışmada disk çaplarını <2 mm<sup>2</sup>, 2-3 mm<sup>2</sup>, >3 mm<sup>2</sup> olarak ayırmışlar. HRT II ile yapılan ölçümlerde duyarlılık disk alanı arttıkça % 65'ten % 79 ve % 83'e yükselmiş (20-21). Ford ve ark. 104 glokomlu ve 48 normal hastada yaptıkları çalışmada hastaları üç grupta incelemişler ve küçük disk çapına sahip hastalara oranla büyük disk çapına sahip hastalarda Moorfields Regresyon analizinin daha yüksek sensitiviteye sahip olduğunu bulmuşlar (20-23).

Çalışmamızda HRT II'nin Moorfields Regresyon analizi kullanılarak elde edilen sınıflamada büyük disklerde yüksek, küçük disklerde düşük oranda duyarlılığa sahip olduğunu gördük. Bunun tam tersi olarak da OCT'nin glokom tespitinde büyük disklerde düşük, küçük disklerde ise yüksek duyarlılığa sahip olduğunu gösterdik. Sonuç olarak HRT II ve OCT'nin tanı koymadaki etkinliği önemli derecede disk çapından etkilenmektedir. HRT II ile takip edilen küçük disk çaplı olgularda dikkatli olmak ve daha ziyade değişim analizi ile takip etmek gerekmektedir. Hem HRT II hem de OCT ile değerlendirme esnasında disk çapı mutlaka dikkate alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, et al. Comparison of the GDx VCC scanning laser polarimeter, HRT II confocal scanning laser ophthalmoscope, and stratus OCT optical coherence tomograph for the detection of glaucoma. Arch Ophthalmol 2004;122(6):827-837.
2. Zangwill LM, Bowd C, Berry CC, et al. Discriminating

between normal and glaucomatous eyes using the Heidelberg Retina Tomograph, GDx Nerve Fiber Analyzer, and Optical Coherence Tomograph. *Arch Ophthalmol* 2001;19(7):985-993.

**3. Jonas JB, Schmidt AM, Muller-Bergh JA, et al.** Human optic nerve fiber count and optic disc size. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33(6):2012-18.

**4. Varma R, Skaf M, Barron E.** Retinal nerve fiber layer thickness in normal human eyes. *Ophthalmology* 1996;103(12):2114-2119.

**5. Advanced Glaucoma Intervention Study.** 2. Visual field test scoring and reliability. *Ophthalmology* 1994;101(8):1445-1455.

**6. Weinreb RN.** Laser scanning tomography to diagnose and monitor glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 1993;4(2):3-6.

**7. Wollstein G, Garway-Heath DF, Hitchings RA.** Identification of early glaucoma cases with the scanning laser ophthalmoscope. *Ophthalmology* 1998;105(8):1557-1563.

**8. Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al.** Optical coherence tomography. *Science* 1991;22;254(5035):1178-1181.

**9. Zangwill LM, Medeiros FA, Bowd C, et al.** Optic nerve imaging: recent advances. In: Krieglstein GK, Weinreb RN, eds. *Essentials in Ophthalmology: Glaucoma* New York: Springer; 2004:63-91.

**10. Medeiros FA, Zangwill LM, Bowd C, et al.** Comparison of the GDx VCC scanning laser polarimeter, HRT II confocal scanning laser ophthalmoscope, and stratus OCT optical coherence tomograph for the detection of glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2004;122(6):827-837.

**11. Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al.** Optical coherence tomography. *Science* 1991;22;254 (5035):1178-1181.

**12. Iliev ME, Meyenberg A, Garweg JG.** Morphometric assessment of normal, suspect and glaucomatous optic discs with Stratus OCT and HRT II. *Eye* 2006;20(11):1288-1299.

**13. Naithani P, Sihota R, Sony P, et al.** Evaluation of optical

coherence tomography and heidelberg retinal tomography parameters in detecting early and moderate glaucoma. *Ophthalmol Vis Sci* 2007;48(7):3138-3145.

**14. Tuulonen A, Airaksinen PJ.** Optic disc size in exfoliative, primary open angle, and low -tension glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1992;110(2):211-213.

**15. Chi T, Ritch R, Stickler D, Pitman B, et al.** Racial differences in optic nerve head parameters. *Arch Ophthalmol* 1989;107(6):836-839.

**16. Jonas JB, Fernandez MC, Naumann GO.** Correlation of the optic disc size to glaucoma susceptibility. *Ophthalmology* 1991;98(5):675-80.

**17. Bayer A, Erdurman C, Uysal Y, et al.** Glokomlu olgularla normal olgulari ayirt etmede konfokal tarayici lazer tomografi. *MN Oftalmoloji* 2003;10: 241-244.

**18. Vitale S, Smith TD, Quigley T, et al.** Screening performance of functional and structural measurements of neural damage in open-angle glaucoma: a case-control study from the Baltimore Eye Survey. *J Glaucoma* 2000;9(5):346-356.

**19. Airaksinen PJ, Drance SM, Douglas GR, et al.:** Diffuse and localized nreve fiber loss in glaucoma *Am J Ophthalmol* 98(5):566-571, 1984.

**20. Iester M, Mikelberg FS, Drance SM.** The effect of optic disc size on diagnostic precision with the Heidelberg retina tomograph. *Ophthalmology* 1997;104(3):545-548.

**21. Iester M, Jonas JB, Mardin CY, et al.** Discriminant analysis models for early detection of glaucomatous optic disc changes. *Br J Ophthalmol* 2000;84(5):464-8.

**22. Ford BA, Artes PH, McCormick TA, et al.** Comparison of data analysis tools for detection of glaucoma with the Heidelberg Retina Tomograph. *Ophthalmology* 2003;110(6):1145-1150.

**23. Bathija R, Zangwill L, Berry CC, et al.** Detection of early glaucomatous structural damage with confocal scanning laser tomography. *J Glaucoma* 1998;7(2):121-127.