

Optik Disk Morfolojik Parametreleri ile Optik Sinir Başı Kan Akımı Arasında İlişki Var Mı?

Özcan Ocakoğlu (*), Nilüfer Köylüoğlu (**), Nevbahar Tamçelik (***), Kazım Devranoğlu (*),
Can Üstündağ (*), Şehirbay Özkan (***)

ÖZET

Amaç: Heidelberg retina tomografi (HRT) kullanılarak elde edilen optik disk topografik parametreleri ile optik sinir başı mikrovasküler kan akımı arasında ilişki olup olmadığının araştırılması

Materyal - Metod: 39 glokomlu göz ile 26 sağlıklı göz çalışmaya alındı. Tüm gözlerde optik disk topografik parametreleri bir tarayıcı laser oftalmoskop olan HRT kullanılarak tespit edildi. Oküler kan akımı ölçümleri için Heidelberg retinal flowmetresi (HRF) kullanıldı. 10 derecelik büyütme sahası içinde 10 x 10 piksellik ölçüm çerçevesi ile optik disk üzerindeki 5 ayrı bölgede (4 nöroretinal rim alanı ve lamina kribroza) mikrovasküler kan akımı (hacim, akım ve hız) ölçümleri yapıldı. HRT ile elde edilen optik disk topografik parametreleri ile HRF ile ölçülen oküler kan akımı değerleri arasında ilişki olup olmadığı Pearson korelasyon analizi ile araştırıldı (Pearson $r > 0.30$, $p < 0.05$).

Sonuçlar: Glokomlu gözlerde, optik disk morfolojik parametrelerinden ortalama retina sinir lifi tabakası kalınlığı (MRNFLt), retina sinir lifi tabakası kesit alanı (RNFLCSA) ve maksimum çukurluk derinliği (MxCD) ile HRF değerlerinden mikrovasküler hacim, akım ve hız parametreleri arasında ilişki bulundu. Normal gözlerde, MRNFLt ve RNFLCSA ile mikrovasküler hacim; MxCD ile hız ilişkili idi ($p < 0.05$).

Yorum: Bu sonuçlar optik disk topografik parametrelerinden bazıları ile (özellikle sinir lifi tabakası kalınlığı ve çukurluk derinliği) mikrovasküler kan akış değerleri arasında ilişki olduğu gözlemlendi. HRF ile ölçülen mikrovasküler kan akımında gözlenen bu değişikliklerin glokomlu gözlerde gelecekteki optik disk hasarının önemli bir öngörücüsü olabileceği düşünüldü.

Anahtar Kelimeler: Optik disk, retina tomografisi, oküler kan akımı, flowmetre

SUMMARY

Is There any Correlation Between Optic Disc Morphologic Parameters and Optic Nerve Head Blood Flow?

Purpose: To determine whether a relationship exists between optic disc topographic parameters obtained by Heidelberg Retina Tomograph (HRT) and optic nerve head blood flow measured with Heidelberg Retina Flowmeter (HRF).

Material - Methods: 39 glaucomatous eyes and 26 healthy eyes were included in the study. The optic disc parameters of each eye were analysed by HRT. Average blood flow from

(*) Doç. Dr., İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

(**) Asist. Dr., İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

(***) Prof. Dr., İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı

Mecmuaya Geliş Tarihi: 19.09.2000

Düzeltilmeden Geliş Tarihi: 02.11.2000

Kabul Tarihi: 24.11.2000

five sites in the optic disc (four rim locations and the cup) was obtained with HRF (10 x 10 pixels frame, 10 degrees field). The correlation between HRT and HRF measurements was assessed by Pearson's correlation analysis (Pearson's $r > 0.30$, $p < 0.05$).

Results: In glaucomatous eyes, we found a statistically significant correlation between MRNFLt, RNFLCSA and MxCD with microvascular blood volume, flow and velocity. In normal eyes, MRNFLt and RNFLCSA were significantly correlated to microvascular volume obtained by HRF. MxCD was also correlated to velocity ($p < 0.05$).

Conclusion: The presence of a direct correlation between neuroretinal blood flow and some optic disc parameters suggests that optic nerve head blood flow measured with HRF may be an important predictor of optic disc changes in glaucoma.

Key Words: Optic disc, retinal tomography, ocular blood flow, flowmetry

GİRİŞ

Glokomlu gözlerde optik diskin topografik parametreleri ile görme alanı değişiklikleri arasında ilişki varlığını ortaya koyan çeşitli çalışmalar mevcuttur (1,2). Ayrıca görme alanı değişiklikleri ile retina ve nöroretinal rim alanındaki kan akımı arasında bir bağlantı olup olmadığı da incelenmiştir (3,4). Ancak optik diskteki morfolojik değişiklikler ile oküler kan akımı arasındaki ilişkiyi açıklığa kavuşturacak çalışmalar henüz gündemde değildir. Çalışmamızda HRT'de ölçülen optik disk morfolojik parametreleri ile HRF kullanılarak tespit edilen mikrovasküler kan akımı değerleri (hacim, akım ve hız) arasında ilişki varlığı araştırıldı. Amacımız henüz klinikte görülebilir optik disk hasarı oluşmadan önce oküler kan akımında değişiklik olup olmadığını tespit ederek gelecekteki disk hasarının önceden belirlenmesinde oküler kan akımının önemini vurgulamaktır.

MATERYAL - METOD

Çalışmaya 20 açık açılı glokom hastasının 39 gözü (glokom grubu) ve 13 sağlıklı bireyin 26 gözü (kontrol grubu) alındı. Glokom grubu kliniği ve görme alanı bulguları ile erken glokom tanımına uygun hastalardan oluşmuştu. Glokom grubunun çalışmaya alınma kriterleri; iki ya da daha fazla ölçümde GİB'nin 21 mmHg'nin üstünde olması, açık ön kamara açısı, birbirini takip eden en az 2 görme alanında erken glokomatöz kaybın olması ve buna uyan optik disk değişikliklerinin görülmesi, görme alanını ve optik diski etkileyebilecek başka bir patolojinin (kolobom, pit vs) bulunmaması idi. Görme alanlarında fiksasyon noktasına yakın skotomu olanlar çalışmaya alınmadı. Görme alanında erken glokomatöz kayıp kriterleri olarak: 1-Glokom hemifield testinin normal sınırlar dışında oluşu 2-Mean defektin ≤ 10 dB oluşu 3- Tekrarlanan en az 2 görme alanında patern deviyasyon haritasında %5 seviyesinde çökme gösteren 3 ya da daha çok yanyana defektin bulunması alındı (5). Glokom hastalarının tanınması ve ayırımında GİB sevi-

yeleri ve optik disk görünümünden de yararlandı. Cup/Disk oranı 0.6'nın altında olanlar çalışmaya alındı. Kontrol grubu ise hasta grubuna yaşça uyan, sağlıklı hastane çalışanları ve hasta yakınlarından oluşturuldu. Tüm hastalara rutin göz muayenesi yanısıra, Humphrey santral 30-2 eşik testi kullanılarak görme alanı muayeneleri yapıldı, ayrıca pupilla dilatasyonu sonrası Heidelberg Retina Tomografi (HRT) kullanılarak optik disk morfolojik parametreleri tespit edildi. Mikrovasküler kan akım ölçümleri ise Heidelberg Retina flowmetresi (HRF) ile yapıldı.

Optik sinir başının morfolojik parametrelerinin tespitinde Heidelberg Retina Tomografisi (HRT, Heidelberg, Heidelberg Engineering, GmBh, Germany) kullanıldı. HRT, optik diskin ve peripapiller retina bölgesinin üç boyutlu görünümünü elde edebilen ve yüksek tekrarlanabilirlikli analizini yapabilen bir konfokal tarayıcı diod laser oftalmoskopdur (6). 670 nm dalga boyu infrared ışın kullanan bir konfokal tarayıcı laser oftalmoskop olan HRT ile her göz için 10X10 büyütmede alınan 3 görüntünün, bilgisayar ortamında birleştirilmesi ile elde edilen ortalama topografik görüntü üzerinde, sklera halkasının iç kenarı hizasından, optik disk dış sınırı işaretlenmiş ve topografik ölçümler otomatik olarak hesaplanmıştır (Şekil 1). Çalışmaya konu edilen optik disk topografik ölçümleri; disk alanı, çukurluk alanı, çukurluk/disk alanı oranı, rim alanı, çukurluk hacmi, rim hacmi, ortalama çukurluk derinliği, maksimum çukurluk derinliği, çizgi boyu yükseklik değişikliği, çukurluk biçim ölçümü, ortalama retina sinir lifi tabakası kalınlığı ve sinir lifi tabakası kesit alanı'dır.

Optik sinir başının kan akış değerlerinin ölçümünde tarayıcı laser Doppler flowmetre (TLDF) olan Heidelberg Retina Flowmetresi (HRF, Heidelberg, Heidelberg Engineering, GmBh, Germany) kullanıldı (7). TLDF optik siniri başı ve retina gibi göz içi dokularının perfüzyon parametrelerini ölçmek ve kapiller damar yapısını görüntülemek için kullanılan eşzamanlı (konfokal) tarayıcı laser oftalmoskop ile Laser Doppler Flowmetreyi

birleştiren bir cihazdır. Laser Doppler Flowmetri hareket eden kırmızı kan hücrelerinin miktar ve hızını ölçmek için optik Doppler etkisinden faydalanır. HRF 780 nm'lik infrared diod laser kullanarak retina ve optik sinir başını iki boyutlu olarak tarar. Ölçüm alanı 10 x 2.5 ila 20 x 5 derece arasında değiştirilebilir. Bu alan içinde yansıyan ya da dağılan ışığın zamana bağlı değişimi 256 x 64 ayrı noktada ölçülür. Toplam veri alımı süresi 2 saniyedir. Göz bebeğinin genişletilmesi zorunlu değildir. Alınan verilerden iki boyutlu dolaşım haritaları belirlenir ve bu haritalardan bölgesel kan akış özellikleri (hacim, akım ve hız) tespit edilebilir (Şekil 2). Çalışmamızda 10 x 2.5 derecelik saha içinde 10 x 10 piksellik ölçüm çerçevesi kullanılarak ölçümler yapıldı. HRF ile optik sinir başında 5 bölgede (üst nazal, alt nazal, üst temporal, alt temporal ve lamina kribroza bölgeleri) tespit edilen kan akış parametrelerinin (hacim, akım, hız) ortalamaları alındı.

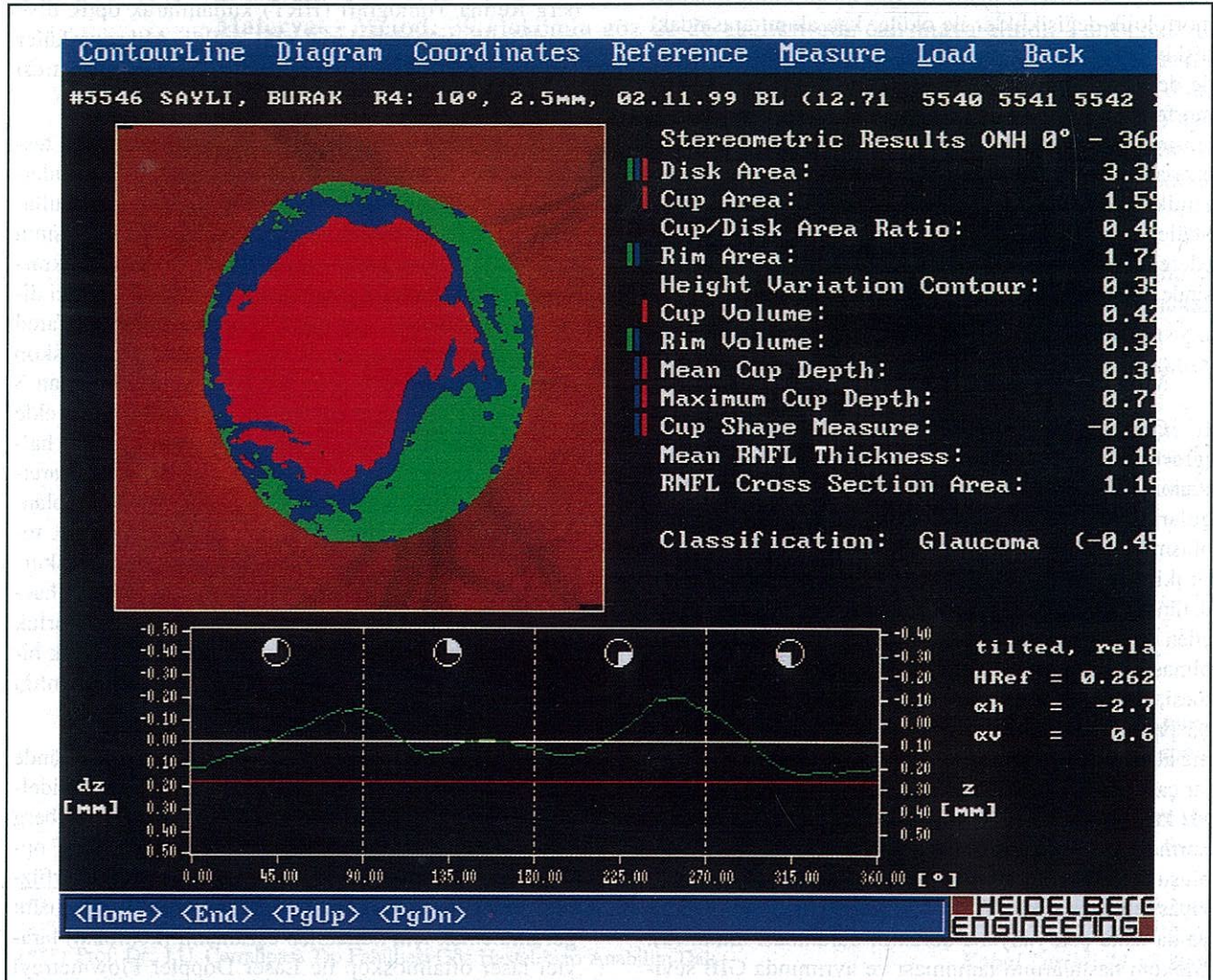
Optik disk topografik parametreleri ile oküler kan akış değerleri glokomlu ve normal gözlerde t testi kullanılarak karşılaştırıldı. HRT ile elde edilen optik disk topografik parametreleri ve HRF kullanılarak ölçülen mikrovasküler kan akış değerleri arasında bir ilişki olup olmadığı Pearson korelasyon analizi yöntemi ile incelendi.

SONUÇLAR

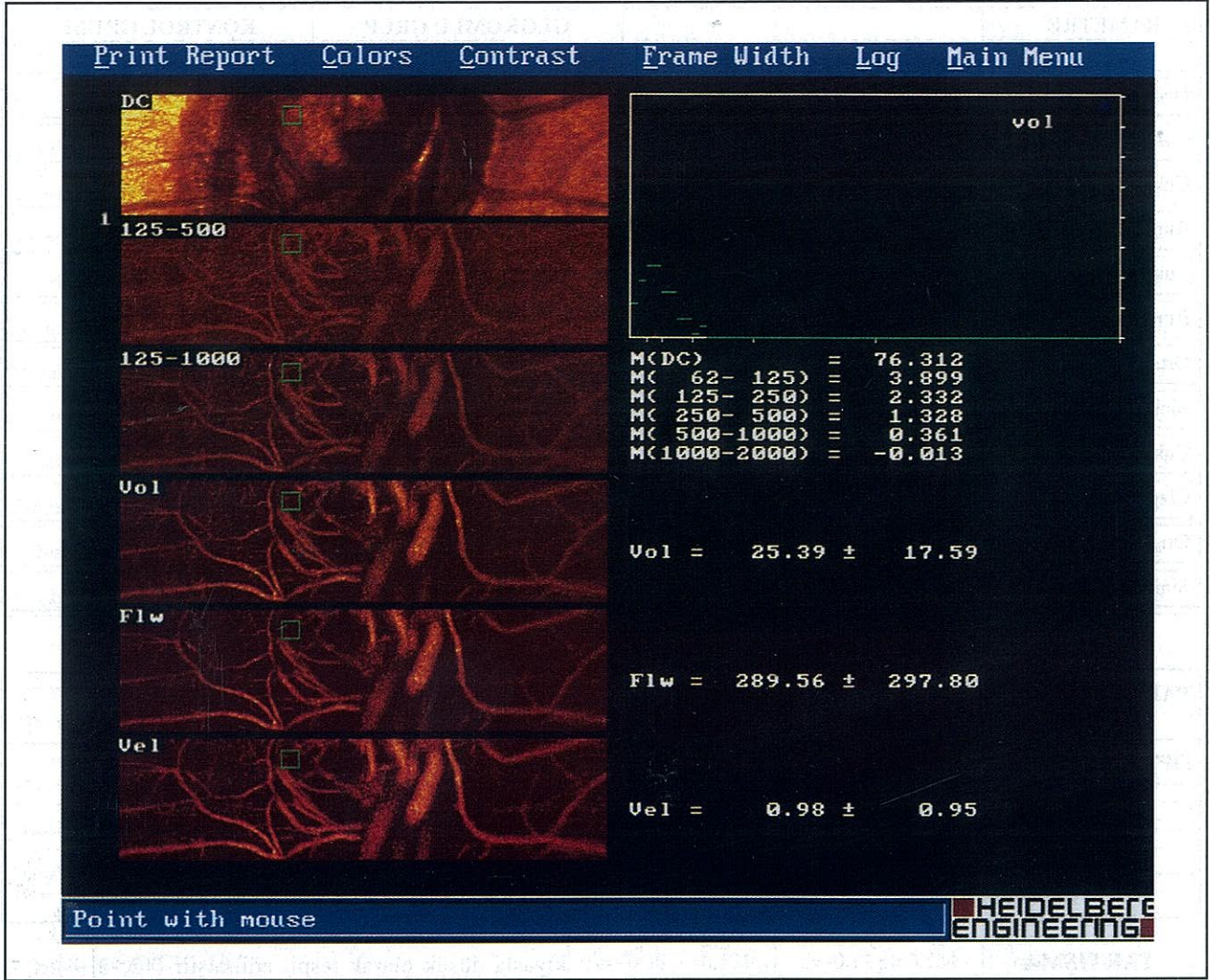
Glokomlu grubu oluşturan 12 erkek 8 kadın toplam 20 hastanın yaş ortalamaları 53.89 ± 7.3 olup, sağlıklı bireylerden oluşan 8 kadın, 5 erkek toplam 13 şahsın yaş ortalamalarından (50.38 ± 7.2) farklı bulunmadı. Olguların göz içi basınç ortalamaları sırasıyla 20.12 ± 3.8 mmHg ve 19.18 ± 4.2 mmHg olup gruplararası farklılık göstermedi (Tablo 1).

Çalışmaya alınan tüm gözlerin HRT ve HRF değerleri ortalamaları Tablo 2 ve Tablo 3'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Glokomlu optik diskin HRT ile elde edilen stereometrik parametreleri



Şekil 2. Aynı göze ait HRF ile elde edilen optik disk kan akımı ölçümleri



Kontrol grubunda HRF ile ölçülen kan akış ölçüm değerleri (hacim 19.89 ± 2.02 , akım 387.91 ± 30.5 ve hız 1.53 ± 0.14) glokom grubunda ölçülen değerlerden anlamlı olarak yüksek bulundu (sırasıyla 15.51 ± 6.81 , 351.75 ± 116.9 , 1.28 ± 0.45 , $p < 0.05$)

Glokomlu ve normal gözlerde HRF ile elde edilen oküler kan akım değerleri (hacim, akım ve hız) ile optik disk morfolojik parametreleri (disk alanı, çukurluk alanı, çukurluk/disk alanı oranı, rim alanı, çukurluk hacmi, rim hacmi, ortalama çukurluk derinliği, maksimum çukurluk derinliği, çizgi boyu yükseklik değişikliği, çukurluk biçim ölçümü, ortalama retina sinir lifi tabakası kalınlığı ve sinir lifi tabakası kesit alanı) arasında ilişki olup olmadığı Pearson korelasyon analizi ile incelendi. Glokomlu gözlerde MRNLf, RNFLCSA ve MxCD ile hacim, akım ve hız parametreleri arasında anlamlı bir bağıntı varlığı bulundu ($r > 0.30$, $p < 0.05$). Bu ilişki

Tablo 1. Olguların ameliyat öncesi GİB na göre dağılımları

	GLOKOMLU GRUP n=39	KONTROL GRUBU n=29	P SİG.
ORT.YAŞ (±SD)	53.89 ± 7.3	50.38 ± 7.2	P<0.05
KADIN/ERKEK	12/8	8/5	
GİB (mmHg)	20.12 ± 3.8	19.18 ± 4.2	P<0.05

MxCD ile negatif, MNRLf ve RNFLCSA ile pozitif yönde idi. Normal gözlerde de rim volümü, MRNLf ve RNFLCSA ile mikrovasküler volüm, MxCD ile hız arasında glokomlu gözlerle benzer yönde anlamlı korelasyon tespit edildi (Tablo 4 ve Tablo 5).

Tablo 2. *Glokomlu ve kontrol gözlerde HRT ile elde edilen optik disk morfolojik parametreleri*

PARAMETRE	GLOKOMLU GRUP N=39	KONTROL GRUBU N=26
Disk Alanı (DA) mm ²	2,47 ± 0,42	2,57 ± 0,42
Çukurluk alanı (CA) mm ²	1,05 ± 0,48	0,72 ± 0,49
Çukurluk /Disk oranı (C/D area)	0,41 ± 0,15	0,27 ± 0,15
Rim alanı (RA) mm ²	1,99 ± 11,5	1,84 ± 0,37
Çukurluk hacmi (CV) mm ³	0,34 ± 0,23	0,23 ± 0,24
Rim hacmi (RV) mm ³	0,31 ± 0,13	0,45 ± 0,18
Ort.çukurluk derinliği (mCD)mm	0,34 ± 0,16	0,24 ± 0,1
Maksimum çukurluk derinliği (MxCD)mm	0,72 ± 0,18	0,57 ± 0,29
Çukurluk biçim ölçümü (CSM)	-0,130 ± 0,10	-0,199 ± 0,08
Çizgiboyu yükseklik değişikliği (HVC)	0,348 ± 0,11	0,428 ± 0,16
Ort.Sinir Lifi Kalınlığı (mRNFLt) mm	0,202 ± 0,06	0,232 (0,05
Sinir Lif Tabakası kesit alanı (RNFLcsA) mm ²	1,11 ± 0,32	1,31 ± 0,33

Tablo 3. *Glokomlu ve kontrol gözlerde HRF ile tespit edilen optik disk kan akış parametreleri*

PARAMETRE	GLOKOMLU GRUP N=39	KONTROL GRUBU N=26	P DEĞERİ
OPTİK SİNİR BAŞI			
HACİM (VOLÜME)	15.51 ± 6.81	19.89 ± 2.02	P=4.28175E-082*
AKIM (FLOW)	351.75 ± 116.9	387.91 ± 30.5	P=0.0041764*
HIZ (VELOSITE)	1.28 ± 0.45	1.53 ± 0.14	P=0.000129*

TARTIŞMA

Glokomlu gözlerde optik sinir hasarının genellikle görme alanı kaybından önce meydana geldiği kabul edilir (8,9). Bu nedenle optik sinir başının doğru ve tekrarlanabilirliği yüksek bir yöntemle değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Glokomlu gözlerde oküler kan akımı ile ilgili olarak yapılan pek çok çalışmada oküler kan akımının normal gözlere göre azaldığı kanısı uyanmıştır (10,11). Ancak oküler kan akım çalışmalarındaki en büyük güçlük tekrarlanabilirliği düşük yöntemler olmasıdır. Tarayıcı laser oftalmoskopi prensibi kullanılarak optik siniri ve retinayı tarayan yeni yöntemlerin bulunması gerek optik diskin morfolojik incelenmesinde gerekse diskin ve retinanın kan akımının tespitinde yeni ufuklar açmıştır. Özellikle optik Doppler prensibini tarayıcı laser oftalmoskopi ile birleştiren Heidelberg retina flowmetresi mikrovasküler kan akımını yüksek tekrarlanabilirlikli olarak ölçebilen bir yöntem olarak kullanıma girmiştir. Bu yöntem kullanıldığında glokomlu gözlerin oküler kan akımı normallere

kıyasla düşük olarak tespit edilmiştir (12,13,14). Çalışmamızda oküler kan akımındaki değişiklikler glokomlu ve sağlıklı gözlerde araştırılmış ve optik disk topografisindeki değişiklikler ile ilgisi incelenmiştir. Glokomlu gözlerde HRT parametrelerinden maksimum çukurluk derinliğindeki artış ile mikrovasküler kan akış değerlerinin (hacim $r=-0.33$, $p=0.036$; akım $r=-0.46$, $p=0.033$; hız $r=-0.44$ $p=0.005$) azaldığını tespit ettik. Bu sonuç Michelson ve ark. (15) optik disk parametrelerinden C/D oranı arttığı zaman oküler kan akımında bir azalma olduğu görüşü ile uyumludur. Retina sinir lifi tabakasındaki incelenin işareti olarak MRNFLt ve RNFLCsa gibi HRT parametrelerindeki azalma ile akış değerlerindeki azalmayı uyumlu bulduk (sırasıyla MRNFLt ile hacim $r=0.37$, $p=0.020$ ve hız $r=0.34$, $p=0.034$, RNFLCsa ile hacim $r=0.40$, $p=0.011$ ve hız $r=0.36$, $p=0.023$). Ancak Feye ve ark. (16) retina sinir lifi tabakasının incelendiği gözlerde özellikle temporal kadranlarda kan akış hızının arttığını iddia etmiştir. Yazarlar görme alanı kaybı olmayan oküler hipertansif

Tablo 4. Glokomlu gözlerde HRT ve HRF parametrelerinin korelasyon analizi (pearson's $r > 0.30$, $p < 0.05$)

HRT VE HRF PARAMETRELERİNİN İLİŞKİSİ	HACİM	AKIM	HIZ
Disk Alanı (DA) mm ²	r= -0,01 p =0,922	r= -0,02 p =0,879	r= -0,06 p =0,724
Çukurluk alanı (CA) mm ²	r= -0,01 p =0,926	r= -0,06 p =0,685	r= 0,002 p =0,987
Çukurluk /Disk oranı (C/D area)	r= 0,12 p =0,942	r= -0,12 p =0,448	r= 0,06 p =0,679
Rim alanı (RA) mm ²	r= -0,02 p =0,901	r= -0,13 p =0,422	r= -0,09 p =0,584
Çukurluk hacmi (CV) mm ³	r= -0,04 p =0,799	r= -0,11 p =0,471	r= 0,03 p =0,834
Rim hacmi (RV) mm ³	r= 0,16 p =0,325	r= -0,02 p =0,883	r= 0,07 p =0,630
Ort.çukurluk derinliği (mCD) mm	r= 0,13 p =0,414	r= 0,11 p =0,481	r= 0,07 p =0,662
Maksimum çukurluk derinliği (MxCD) mm	r= -0,33 p =0,036	r= -0,46 p =0,003	r= -0,44 p =0,005
Çukurluk biçim ölçümü (CSM)	r= 0,13 p =0,399	r= 0,02 p =0,859	r= 0,009 p =0,953
Çizgi boyu yükseklik değişikliği (HVC)	r= -0,19 p =0,059	r= -0,16 p =0,341	r= 0,23 p =0,152
Ort.Sinir Lifi Kalınlığı (mRNFLt) mm	r= 0,37 p =0,020	r= 0,21 p =0,191	r= 0,34 p =0,034
Sinir Lif Tabakası kesit alanı (RNFLcsA) mm ²	r= 0,40 p =0,011	r= 0,23 p =0,153	r= 0,36 p =0,023

Tablo 5. Kontrol gözlerde HRT ve HRF parametrelerinin korelasyon analizi (pearson's $r > 0.30$, $p < 0.05$)

HRT VE HRF PARAMETRELERİNİN İLİŞKİSİ	HACİM	AKIM	HIZ
Disk Alanı (DA) mm ²	r= 0,04 p =0,832	r= -0,17 p =0,382	r= 0,06 p =0,737
Çukurluk alanı (CA) mm ²	r= -0,20 p =0,316	r= -0,17 p =0,395	r= 0,01 p =0,927
Çukurluk /Disk oranı (C/D area)	r= -0,22 p =0,278	r= -0,13 p =0,521	r= 0,02 p =0,918
Rim alanı (RA) mm ²	r= 0,22 p =0,116	r= 0,01 p =0,933	r= 0,04 p =0,835
Çukurluk hacmi (CV) mm ³	r= -0,28 p =0,131	r= -0,12 p =0,534	r= 0,03 p =0,854
Rim hacmi (RV) mm ³	r= 0,41 p =0,037	r= 0,04 p =0,836	r= 0,14 p =0,488
Ort.çukurluk derinliği (mCD)mm	r= -0,05 p =0,807	r= 0,04 p =0,832	r= 0,25 p =0,200
Maksimum çukurluk derinliği (MxCD)mm	r= -0,19 p =0,349	r= -0,01 p =0,938	r= -0,39 p =0,049
Çukurluk biçim ölçümü (CSM)	r= -0,22 p =0,262	r= 0,11 p =0,589	r= 0,11 p =0,572
Çizgi boyu yükseklik değişikliği (HVC)	r= -0,16 p =0,425	r= -0,16 p =0,432	r= -0,38 p =0,055
Ort.Sinir Lifi Kalınlığı (mRNFLt) mm	r= 0,37 p =0,056	r= 0,12 p =0,543	r= 0,27 p =0,182
Sinir Lif Tabakası kesit alanı (RNFLcsA) mm ²	r= 0,40 p =0,04	r= 0,07 p =0,713	r= 0,27 p =0,168

gözlerde bu sonuca ulaşmıştır, bizim çalışma grubumuz ise görme alanında erken glokomatöz kaybı olan, glokom tanısı almış gözlerden oluşmuştur. Feke hızdaki bu artışın bir kompensatuvar mekanizma olabileceğini ileri sürmüştür. Çalışmamızdan çıkan bir başka sonuç olan normal gözlerde de sinir lifi tabakası kalınlığı parametreleri (mRNFLt ve RNFLCSA) ile mikrovasküler hacim arası ilişki varlığı dikkat çekicidir (mRNFLt için

hacim $r=0.37$, $p=0.056$; RNFLCSA için hacim $r=0.40$, $p=0.04$). Bu bize sinir lifi tabakasında meydana gelebilecek kayıpların oküler kan akımındaki azalma ile ilgili olabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgunun hem gelecekteki optik diskte hasar görülebilecek bölgelerinin önceden belirlenebilmesi, hem de görme alanında olası kayıpları öngörmesi açısından kıymetli olduğunu düşünmekteyiz.

Sonuç olarak glokomlu gözlerde optik diskin topografik parametrelerinden özellikle çukur derinliği ve sinir lifi tabakası kalınlığıyla ilgili olanlar (MxCD, MRNLF, RNLFCSA) ile oküler kan akımı değerleri arasında bir ilişki varlığı gözlenmiştir. Oküler mikroperfüzyondaki bu değişikliklerin gelecekteki glokomatöz optik diskte olabilecek hasarın yerleşimi ile görme alanında ortaya çıkabilecek kayıpların açıklanmasında yeri olduğunu düşünmekteyiz. Bir ön çalışma niteliğindeki çalışmamız bu konuda daha ileri araştırmalara ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

1. Brigatti L, Caprioli J: Correlation of visual field with scanning confocal laser optic disc measurements in glaucoma Arch Ophthalmol 1995;113:1191-4
2. Iester M, Mikelberg FS, Courtright P, Drance SM: Correlation between the visual field indices and Heidelberg retina tomograph parameters J Glaucoma 1997;6:78-82
3. Grunwald JE, Piltz JE, Hariprasad SM, DuPont J: Optic nerve and choroidal circulation in glaucoma Invest Ophthalmol Vis Sci 1998;39:2329-36,
4. Michelson G, Langhans MJ, Haranzy J, Dichtl A: Visual field detect and perfusion of the juxtapapillary retina and the neuroretinal rim area in primary open angle glaucoma Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1998;236:80-5
5. Bathija R, Zangwill L, Berry CC, Sample PA, Weinreb RN: Detection of early glaucomatous structural damage with confocal scanning laser tomography J Glaucoma 1998;7:121-127
6. Heidelberg Retina Tomography Operation Manual Software version 2.01 Heidelberg Engineering GmbH; 1994;22
7. Heidelberg Retina Flowmeter, Operation Software release 1.02, Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Germany, July 1995;Rev.1.02-1
8. Sommer A, Pollack I, Maumenee AE: Optic disc parameters and onset of glaucomatous field loss I.Methods and progressive changes in disc morphology Arch Ophthalmol 1979;97:1444-8
9. Pederson JE, Anderson DR: The mode of progressive disc cupping in ocular hypertension and glaucoma Arch Ophthalmol 1980;98:490-5
10. Hayreh SS:Evaluation of optic nerve head circulation: Review of the methods used J Glaucoma 1997;6:319-330
11. Klaver JHA, Greeve EL, Gosling H, Geijssen HC, Heuvelmans JHA: Blood and plasma viscosity measurements in patients with glaucoma Br J Ophthalmol 1985;69:765-770
12. Grunwald JE, Piltz J, Hariprasad SM, DuPont J: Optic nerve and choroidal circulation in glaucoma Invest Ophthalmol Vis Sci 1998;39:2329-36
13. Kerr J, Nelson P, O'Brien C: A comparison of ocular blood flow in untreated primary open angle glaucoma and ocular hypertension Am J Ophthalmol 1998;126:42-51
14. Ocakoglu Ö, Tamçelik N, Üstündağ C, Devranoğlu K, Köylüoğlu N, Suyugül N, Özkan Ş: Erken glokomda optik sinir başı ve peripapiller retina kan akımının tarayıcı laser Doppler flowmetri ile incelenmesi T Oft Gaz 2000;30:409-416
15. Michelson G, Langhans MJ, Groh MJM: Perfusion of the juxtapapillary retina and the neuroretinal rim area in primary open angle glaucoma J Glaucoma 1996;5:91-98
16. Feke GR, Schwartz B, Takaroni T: Optic nerve head circulation in untreated ocular hypertension Br J Ophthalmol 1995;79:1088-1092