

# Diabetik retinopatide oküler kan akımının renkli Doppler ultrasonografi değerlerinin karşılaştırılması

Demet Kıreşi<sup>1</sup>, Mehmet Sevgili<sup>1</sup>, Saim Açıkgözoğlu<sup>1</sup>, Nazmi Zengin<sup>2</sup>

Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi <sup>1</sup>Radyoloji ve <sup>2</sup>Göz Hastalıkları Anabilim Dalları, Konya

**Amaç:** Proliferatif ve nonproliferatif diabetik retinopatili hastalarda oftalmik arter (OA) ve santral retinal arterdeki (SRA) kan akımı değişikliklerini araştırmak, sonuçları sağlıklı kontrol grubunun bulguları ile karşılaştırmak ve Doppler ultrasonografi bulgularını değerlendirmek. **Yöntem:** Bu araştırmaya 39 diabetik retinopatili [23'ü nonproliferatif retinopati (NPRP), 16'sı proliferatif retinopati (PRP)] hasta ve aynı yaş grubundan 19 sağlıklı birey katıldı. Renkli Doppler ultrasonografi ile OA ve SRA'nın en yüksek sistolik akım hızı (Vp), ortalama akım hızı (Vm), diastol sonu akım hızı (Vd), rezistivite indeksi (RI) ve pulsatilite indeksi (PI) ölçüldü. NPRP, PRP ve kontrol gruplarının sonuçları istatistiksel olarak karşılaştırıldı. **Bulgular:** Sağ ve sol gözler arasında tüm gruplarda anlamlı farklılık saptanmadı. Oftalmik arterin; kontrol grubu ile NPRP ve PRP grupları arasında tüm değerlerde ve NPRP grubu ile PRP grubu arasında Vp ve Vm değerleri dışında tüm değerlerde anlamlı fark vardı. Santral retinal arterin; kontrol grubu ile NPRP grubu arasında ve kontrol grubu ile PRP grubu arasında Vp dışında tüm değerler arasında anlamlı fark mevcuttu. NPRP ile PRP grupları arasında ise PI ve RI değerlerinde anlamlı fark görüldü. **Sonuç:** Diabetik retinopatili hastalarda sağlıklı bireylere göre orbital vasküler yapılar hemodinamik değişiklikler olmaktadır. Bu değişiklikler Doppler ultrasonografi ile ölçülebilir. Bu ölçümlerden Doppler açısına bağımlı olmayan RI ve PI'nin daha güvenli olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Diabetik retinopati, Doppler ultrasonografi, oküler damarlar

## The correlation of colour Doppler ultrasound findings of orbital blood flow in diabetic retinopathy

**Objective:** To measure and investigate the changes of blood flow velocity of ophthalmic artery (OA), central retinal artery (CRA) in proliferative and nonproliferative diabetic retinopathy by colour Doppler imaging, to compare the results with those of the healthy controls, and to evaluate of Doppler ultrasound findings. **Methods:** In this study, we examined 39 patients with diabetic retinopathy (23 patients with nonproliferative and 16 patients with proliferative) and 19 healthy subjects. We measured the peak systolic velocity (PSV), mean velocity (MV), end-diastolic velocity (EDV), resistance index (RI), and pulsatility index (PI) of OA and CRA by color Doppler imaging. The results of each groups was compared with statistical analysis. **Results:** There was no significant difference in the indices of the right eyes compared to those of the left eyes. There was a statistically significant increase in the velocity of the ophthalmic artery in the healthy group compared with the groups NPRP and PRP. Also, a statistically significant difference in EDV, RI, and PI of OA was found in the NPRP group compared with PRP. There were significant differences in all of the measured values except PSV of CRA in the healthy group compared with NPRP and PRP groups. RI and PI values of CRA were found significantly higher in the group PRP than in the NPRP. **Conclusion:** The blood flow values of orbital vascular structures have some hemodynamic differences in DR patients compared with healthy individuals. These differences can be measured by Doppler US. The independent values of Doppler angle such as RI and PI may be more reliance.

Key words: Diabetic retinopathy, Doppler ultrasonography, ocular vascularity

## Genel Tıp Derg 2008;18(3): 99-104

Diabetik retinopati (DR) gelişmiş ülkelerde en sık görme kaybına neden olan bir hastalıktır. Diabetteki

Yazışma adresi: Dr. Demet Kıreşi, Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, Konya

e-posta: drdemet25@hotmail.com

oküler sirkülasyonun hemodinamiği pek çok kez araştırılmıştır (1,2). Retinal dokunun yetersiz oksijenizasyonu sonucunda dokuda hipoksi gelişmekte ve bu da anjiogenezisi başlatmaktadır. Böylece non-proliferatif retinopatiden (NPRP) proliferatif retinopatiye (PRP) giden dolaşım

bozukluğu ve görme kaybı oluşur (3). Renkli Doppler ultrasonografi (RDUS) orbita damarlarındaki bu hemodinamik değişiklikleri tespit etmek için kullanılan önemli yöntemlerden biridir (4,5). Diğer yöntemler; flöresein anjiyografi, vitreus flörimetri, mavi ışık entoptik fenomen ve lazer Doppler velosimetridir (6,7). Daha önceki çalışmalarda özellikle PDR'li hastalarda oküler damarlardaki değişikliklerin Doppler US ile görüntülenerek tanı ve tedavi sonrası takiplerde kullanılabilmesi belirtilmektedir (8,9). PDR ve NPDR'li hastalarda kontrol gruplarına göre oküler damarlarda RDUS bulgularından hız değerlerinde azalma, RI değerlerinde artışlar bulunmuştur (10-12). Ancak hız ve RI değerlerinin güvenilirliği konusunda birbirleri ile karşılaştırması yapılmamıştır.

Bu çalışmada PDR, NPDR ve sağlıklı kontrol gruplarında oküler vasküler yapıların RDUS bulgularını incelemeyi ve RDUS değerlerinin birbirlerine göre karşılaştırmalarını yapmayı amaçladık.

## Yöntem

Bu çalışmada proliferatif ve nonproliferatif diabetik retinopati tanısı konan hastalarda ve sağlıklı kontrol grubunda orbital vasküler yapıların (oftalmik arter ve santral retinal arter) renkli Doppler ultrasonografi ile araştırılması yapıldı.

Çalışmaya Mart 2002 ile Aralık 2002 tarihleri arasında, fakültemiz Göz Hastalıkları Anabilim Dalı Polikliniğine başvuran hastalar dahil edildi. Diabetik retinopatili olan hastalar arasında kırma kusuru dışında glokom, katarakt, tiroid oftalmopatisi gibi diğer göz hastalıklarına sahip olan hastalar çalışma dışında tutuldu. İncelemeye 39 (16 kadın, 23 erkek) proliferatif ve nonproliferatif diabetik retinopatili hasta ile aynı yaş grubunda sağlıklı 19 gönüllü alındı. Çalışmaya alınan diabetik retinopatili hastaların 23 tanesi non-proliferatif, 16 tanesi proliferatif hastaydı. Klinik olarak sağ-sol göz arasında fark olmayan olgular incelemeye dahil edildi.

İnceleme Hitachi EUB-555 marka renkli Doppler cihazı ile 7,5 mHz'lik lineer proba literatürde belirtilen yöntemle yapıldı (13). Hasta yada kontrol grubundan olduğunu bilmeyen orbita Doppler USG konusunda tecrübeli bir radyolog tarafından uygulandı. Gözler kapalı şekilde, göze ekstrensek

bası uygulamadan, göz kapağına metil selülozlu jel kullanarak paraoküler yaklaşımla değerlendirildi. Transaksiyel, sagittal ve oblik planda göz tarandı. Gri skala ile öncelikle intraoküler, retrobulber ve intraorbital yapılar incelendi. Daha sonra dubleks Doppler modunda renkli inceleme ile arter ve venöz yapıların lokalizasyonu renk kodunda kodlandı. Arter trasesi belirlendikten sonra tripleks Doppler modunda spektral incelemeye geçildi. Uygun örnekleme aralığı seçildi. Daha sonra incelenecek olan gözdeki OA ve SRA'dan Doppler açısı 30-60 derece olacak şekilde örnekleme yapıldı. Her iki arterden sistolik akım hızı (Vp), ortalama akım hızı (Vm) ve diastol sonu akım hızı (Vd) ölçüldü. Hız değerleri ile birlikte açıdan bağımsız rezistivite indeksi (RI) ve pulsatilite indeksi (PI) cihazdaki otomatik programlar ile hesaplandı.

Kontrol grubu ve retinopatili gruplarda birbirleri arasında ve sağ-sol göz arasında karşılaştırma yapıldı. Sağ ve sol gözler arasındaki karşılaştırma "t testi" ile yapıldı ve anlamlılık seviyesi  $P < 0.05$  olarak alındı. Üç grup arasında karşılaştırma tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapıldı. Anlamli çıkan sonuçlar post Hoc Tukey HSD ile karşılaştırıldı, anlamlılık seviyesi  $p < 0.05$  olarak alındı.

## Bulgular

Oftalmik arter ve SRA'nın hız değerlerinde kontrol grubuna göre retinopatili gruplarda azalma görüldü. Bu azalma PRP grubunda daha belirgindi. RI ve PI değerlerinde de kontrol grubuna göre retinopatili gruplarda artış görüldü (Tablo 1).

Kontrol grubu ile NPRP grubu, kontrol grubu ile PRP grubu ve NPRP ile PRP gruplarının birbirleri ile OA'nın Vp, Vm, Vd, RI ve PI değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 1); kontrol grubuna göre NPRP'li ve PRP'li gruplar arasında tüm değerlerde anlamlı fark vardı. NPRP ve PRP grupları arasında ise Vd, RI ve PI değerlerinde anlamlı fark görüldü (Tablo 2).

Kontrol grubu ile NPRP grubu, kontrol grubu ile PRP grubu ve NPRP ile PRP gruplarının birbirleri ile SRA'nın Vp, Vm, Vd, RI ve PI değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 2); kontrol grubuna göre NPRP'li ve PRP'li gruplar arasında Vp değerinde anlamlı fark yok iken; Vm, Vd, RI ve PI

**Tablo 1. Sağ ve sol göz oftalmik arter ve santral retinal arterlerinin kontrol, nonproliferatif ve proliferatif retinopatili gruplardaki Doppler ultrasonografi değerlerinin ortalama değerleri**

	Normal (n=19)	Non-proliferatif (n=23)	Proliferatif (n=16)
<b>Sağ OA</b>			
Vp	44.26±9.12	33.52±8.43	31.18±7.12
Vd	16.15±4.66	9.73±3.74	7.68±2.33
Vm	25.31±5.46	18.08±4.83	15.43±4.09
RI	0.63	0.71	0.74
PI	1.14	1.32	1.57
<b>Sol OA</b>			
Vp	44.31±11.10	35.34±7.87	31.37±8.03
Vd	14.68±5.12	10.56±3.69	7.68±2.75
Vm	24.05±6.78	18.47±5.29	15.37±5.31
RI	0.66	0.69	0.75
PI	1.22	1.34	1.65
<b>Sağ SRA</b>			
Vp	14.63±4.29	12.60±4.04	12.56±3.24
Vd	5.94±2.34	4.17±1.87	3.37±1.20
Vm	9.05±2.97	7.21±2.41	6.37±2.06
RI	0.58	0.68	0.72
PI	0.99	1.18	1.40
<b>Sol SRA</b>			
Vp	14.78±4.82	13.00±4.28	12.31±3.68
Vd	6.00±2.82	4.21±1.65	3.31±1.01
Vm	8.89±3.78	7.00±2.39	6.31±2.38
RI	0.59	0.66	0.72
PI	1.01	1.27	1.45

Vp: Sistolik tepe hızı, Vd: Diastol sonu hızı

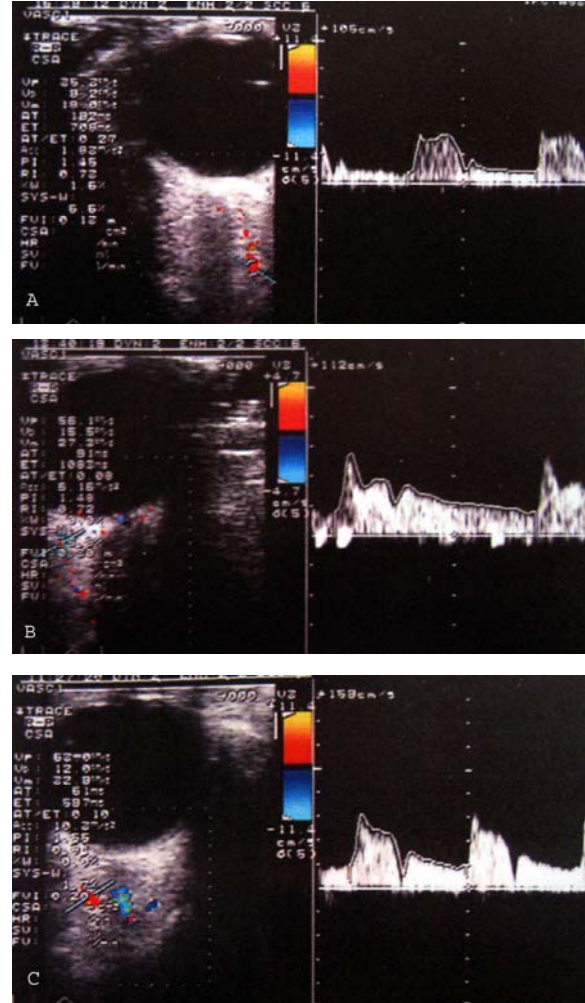
Vm: Ortalama hızı, RI: Resistivite indeksi, PI: Pulsatilite indeksi

**Tablo 2: Tüm gruplar arasındaki oftalmik arter ve santral retinal arterin Doppler değerlerinin karşılaştırılması.**

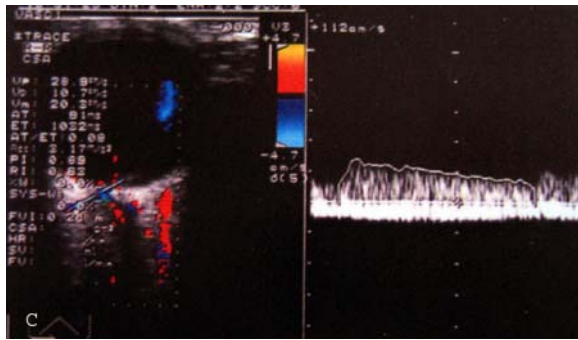
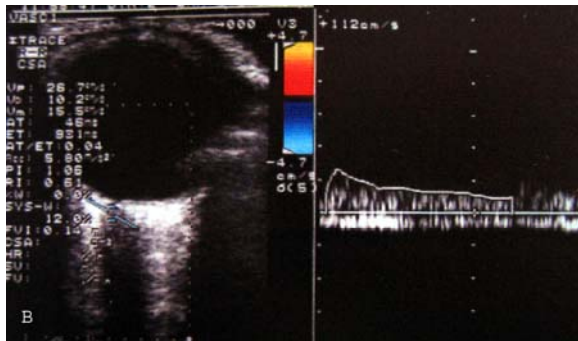
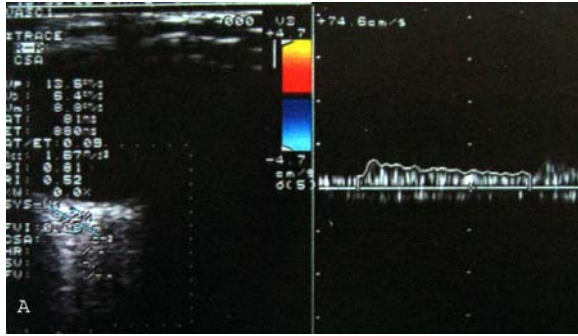
Oftalmik Arter	Vp	Vd	Vm	RI	PI
Kontrol ve NPRP	*	*	*	*	*
Kontrol ve PRP	*	*	*	*	*
NPRP ve PRP		*		*	*
<b>Santral Retinal Arter</b>					
Kontrol ve NPRP		*	*	*	*
Kontrol ve PRP		*	*	*	*
NPRP ve PRP				*	*

\*: p<0.05

değerlerinde anlamlı farklılıklar görüldü. NPRP ile PRP grupları arasındaki Vp, Vd ve Vm değerlerinde PRP grubunda NPRP gruba göre istatistiksel olarak anlamlı olmayan hız azalması mevcuttu. RI ve PI değerlerinde ise PRP grubunda NPRP grubuna göre anlamlı artış vardı (Tablo 2). Tüm gruplarda sağ ve sol göz arasında Doppler değerlerinde anlamlı farklılık yoktu.



**Şekil 1. Oftalmik arterin sağlıklı (A), nonproliferatif (B) ve proliferatif retinopatili (C) olgulardaki Doppler US bulguları. Tipik dik maksimum sistolik hız, dikrotik çentik ve düşük diastolik akım hız deseni görülen oftalmik arterde RI değerlerinde proliferatif retinopatili olguda artış mevcuttu.**



*Şekil 2. Santral retinal arterin sağlıklı (A), nonproliferatif (B) ve proliferatif retinopatili (C) olgulardaki Doppler US bulguları. Sistolik hızda yavaş yükselme gösteren pulsatil devamlı dalga deseni izlenmektedir. Normal bireylere göre RI değerlerinde retinopatili olgularda artış görülmektedir.*

## Tartışma

Ülkemizde diabetes mellitusun görülme sıklığı % 1-2'dir. Diabetik retinopati ise bu hastalığın en sık görülen kronik mikrovasküler komplikasyonudur (14,15). Diabetik retinopatide bazı risk faktörleri bulunmaktadır. En önemli faktörlerden biri diabetin süresidir. Hastalık ne kadar uzun süredir mevcutsa retinopati gelişme oranı o kadar artmaktadır (16). Diğer önemli bir faktör de metabolik kontrolün kötü

oluşudur. Diabet ne kadar kötü kontrol edilirse retinopati o kadar erken gelişmektedir (17). Diabetik retinopatinin seyrini ağırlaştıran diğer önemli bir faktör de gebeliktir. Ayrıca kontrolsüz hipertansiyon, renal hastalıklar, şişmanlık, hiperlipidemi, sigara kullanımı ve anemi de retinopati gelişiminde etkili olumsuz faktörlerdendir (14,15,17).

Diabetik retinopati, retinadaki prekapiller arteriyel, kapiller ve venülleri etkileyen bir mikroanjyopatidir. Bununla birlikte daha büyük damarların da tutulumu söz konusu olabilir. Retinopatide hem mikrovasküler oklüzyonlar hem de sızıntıya ait bulgular vardır. Diabetik retinopati; basit diabetik retinopati, makülopati, preproliferatif retinopati, proliferatif retinopati ve ileri dönem diabetik göz hastalığı olarak farklı klinik tablolarla karşımıza çıkabilir (18,19).

Sağlıklı ve hasta bireylerde retinal ve oftalmik dolaşım fiziolojisinin incelenmesinde minimum rahatsızlık veren, riski az olan, ucuz ve tekrarlanabilir bir yöntem olan RDUS, son yıllarda ön plana çıkan bir yöntem olmuştur. Biyolojik yan etkisinin olmaması bir diğer avantajıdır. Ayrıca eş zamanlı olarak anatomik ve fonksiyonel bilgi elde edilebilir. Pulse Doppler ile oküler vasküler yapıların rakamsal değerlendirmesi de yapılabilir (20,21). Orbital vasküler yapılardan başlıca; oftalmik arter, santral retinal arter, posterior silier arter ve oftalmik ven RDUS ile değerlendirilmektedir (16). Diabetik retinopatide vasküler yapılarda gelişen fibrozis nedeniyle orbital arterlerde akım hızı azalmaktadır (5).

Çalışmalarda diabet zemininde pulsatil kan akımının azaldığı, arttığı ya da değişmediği sonuçları bulunmuştur (21,22). Oftalmik arterde RI değerlerinin retinopatili olgularda kontrol grubuna göre yüksek olduğu bildirilmektedir (4,20,21). Tamaki ve ark (23) koroidal kan akımındaki azalmanın artmış vasküler direnç ve azalmış perfüzyon basıncına bağlı olarak diabetin şiddeti ile doğru orantılı olduğunu belirtmektedirler.

Doppler US incelemelerinde ideal Doppler sinyalinin alınması ve doğru hız ölçümlerinin elde edilmesi için 30-60 derecelik Doppler açısı kullanılmalıdır. Uygun açı değeri elde edilmezse hız değerleri yanlış ölçülür, bu nedenle hız değerleri açığa bağımlı parametrelerdir. Rezistivite ya da pulsatilité indeks değerleri ise hız değerlerinin birbirlerine çeşitli

formüllerle hesaplanan oranlarıdır ve Doppler açısına bağımlı olmayan değerlerdir (24). Açığa bağımlı hız ölçümlerinde gerek kullanıcıdan gerekse de incelenen vasküler yapının konumundan dolayı uygun açı değeri tam olarak elde edilemeyebilir ve ölçümler hatalı olabilir. Normal ve non-proliferatif retinopatili hasta grubunda santral retinal arterin açıdan bağımsız RI değerlerini karşılaştırdıklarında retinopatinin şiddeti ile paralellik gösteren artış olduğu bulunmuştur (3,10). Bizim çalışmamızda tüm açıdan bağımsız değerlerde hem oftalmik hem de santral retinal arterde diabetli gruplarda kontrol grubuna göre anlamlı artışlar görüldü. Bunun yanında hasta grubunda bazı hız değerlerinde düşüşler olmasına rağmen bu düşüşler istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı.

Tamaki ve arkadaşlarının (23) çalışmasında diabetik retinopatili ve kontrol gruplarının Vp, Vd ve RI değerlerinin sağ ve sol gözdeki karşılaştırılmasında anlamlı fark görülmemiştir. Bizim çalışmamızda da tüm gruplarda sağ-sol gözler arasında anlamlı farklılık görülmemiştir.

Gracner (11) oküler damarlardan PSA, SRA ve OA'nın akım hız değerlerinin diabetli hasta gruplarında kontrol grubuna göre azaldığını belirtmiş diabetin progresyonunda hız değerlerindeki değişikliklerin önemli olduğunu vurgulamışlardır. Rezistivite indeksi değerinde de hasta grubunda kontrol grubuna göre anlamlı artışlar bulmuşlardır. Çalışmamızda da benzer şekilde OA'deki tüm hız değerlerinde hasta grubunda kontrol grubuna göre anlamlı azalma görüldü. SRA'da ise Vp değerinde azalma tespit edilmekle birlikte bu azalmada istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. Diğer hız değerlerinde ise anlamlı azalmalar görüldü. Rezistivite indeks değerleri diabetli gruplarda sağlıklı gruplara göre anlamlı olarak artmıştı. PRP'li grubun RI değerleri de NPRP'li gruba göre istatistiksel olarak anlamlı oranda yüksekti. Bu sonuç, RI değerinin hastalığın progresyonu ile birlikte artış gösteren güvenli bir kantitatif veri olabileceğini gösterdi.

Güven ve ark (5) diabetik retinopatili gruplarda oküler damarların akım hızlarında bazı değişikliklerin olduğunu ancak bu değişikliklerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirttiklerini. Bu nedenle hız değerlerinin yeterli güvenilirlikte olmadığını belirtilerek diabetik

retinopatide hemodinamik değişikliklerin daha fazla araştırılması gerektiği vurgulanmaktadır. Biz de çalışmamızda oftalmik arterde açığa bağımlı hız değerlerinin yanında açıdan bağımsız olan RI ve PI değerlerini ölçtük. Oftalmik arterde hem açığa bağımlı hemde açıdan bağımsız değerlerde anlamlı değişiklikler görülürken SRA'da daha çok açıdan bağımsız değerlerde anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Goebel ve ark. (8) diabetik hastalarda orbital kan akımında hız değerlerinde bazı değişiklikler olmasına rağmen bu değişikliklerin anlamsız olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte RDUS'nin orbital kan akımını değerlendirmede yetersiz olmasına rağmen kataraktlı ve vitreus hemorajili olgularda fundus değerlendirmesinin ya da flöresein anjiyografisinin yapılamadığı durumlarda kullanılabilirliğini düşünmektedirler.

Diabetik retinopatide SRA'nın hız değerlerinde, özellikle de Vp değerinde azalma görülür. Hız değerlerinde retinopatili ve non retinopatili gruplar arasında da önemli farklılıklar mevcuttur (5). Retinayı besleyen ana damar olan SRA'daki bu hemodinamik değişiklik retinal vasküler bozukluğun en önemli göstergesi olarak düşünülebilir (20). Bu arada Vm'nin doku perfüzyonunu daha iyi gösterdiği bu nedenle hemodinaminin değerlendirilmesinde daha faydalı olduğu bildirilmiştir (25). Çalışmamızda SRA'nın hız değerlerinde kontrol grubu ile retinopatili gruplar karşılaştırıldığında tüm hız değerlerinde azalma mevcuttu ancak bu azalma Vd ve Vm değerinde istatistiksel olarak anlamlıydı. PRP ve NPRP'li grupların SRA hız değerlerinin arasında ise değişiklik görülmeyle birlikte istatistiksel olarak anlamlılık yoktu.

Çalışmamızda SRA'nın açıdan bağımsız RI ve PI değerlerinde retinopatili grupta kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı artışlar tespit edildi. Bu değerlerdeki değişiklikler Gobel ve arkadaşlarının çalışmasında (8) önemsiz bulunmuştur. Bunun yanında Baydar ve arkadaşları (20) SRA'deki RI değerlerinde nonretinopatili grupta kontrol grubuna göre azalma bulmuşlar ve bu azalmanın vasküler dirence erken kompensasyonel cevap olduğunu düşünmüşlerdir. Retinopatili gruplarda ise RI değerinde önemli artışlar bulmuşlar ve bu artışın azalmış retinal kan akımına ve perfüzyon azalmasına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Doppler USG diabetik retinopatide retinal vasküler yapıların bilinen klasik yöntemlerle değerlendirilemediği durumlarda kullanılabilir. Oküler vasküler yapıların hemodinamik değerlendirmesinde hız değerlerinden ziyade açıdan bağımsız indeks değerlerinin kullanılması daha güvenli olacaktır.

## Kaynaklar

1. Konno S, Feke GT, Yoshida A, Fujio N, Goger DG, Buzney SM. Retinal blood flow changes in type I diabetes. A long-term follow-up study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1996;37: 1140-8.
2. Falck A, Laatikainen L. Retinal vasodilation and hyperglycaemia in diabetic children and adolescents. *Acta Ophthalmol Scand* 1995;73:119-24.
3. Evans DW, Harris A, Danis RP, Arend O, Martin BJ. Altered retrolubar vascular reactivity in early diabetic retinopathy. *Br J Ophthalmol* 1997; 81: 279-82.
4. Gil Hernandez MA, Abreu Reyes P, Quintero M, Ayala E. Doppler ultrasound in type I diabetes: Preliminary results. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2001; 76: 175-80.
5. Guven D, Ozdemir H, Hasanreisoglu B. Hemodynamic alterations in diabetic retinopathy. *Ophthalmology* 1996; 103: 1245-9.
6. Grunwald JE, DuPont J, Riva CE. Retinal haemodynamics in patients with early diabetes mellitus. *Br J Ophthalmol* 1996; 80: 327-31.
7. Denninghoff KR, Smith MH, Hillman L. Retinal imaging techniques in diabetes. *Diabetes Technol Ther* 2000; 2: 111-3.
8. Goebel W, Lieb WE, Ho A, Sergott RC, Farhoumand R, Grehn F. Color Doppler imaging: A new technique to assess orbital blood flow in patients with diabetic retinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1995; 36: 864-70.
9. Mendivil A. Ocular blood flow velocities in patients with proliferative diabetic retinopathy after panretinal photocoagulation. *Surv Ophthalmol* 1997; 42 Suppl 1: 89-95.
10. Arai T, Numata K, Tanaka K, Kiba T, Kawasaki S, Saito T, et al. Ocular arterial flow hemodynamics in patients with diabetes mellitus. *J Ultrasound Med* 1998; 17: 675-81.
11. Gracner T. Ocular blood flow velocity determined by color Doppler imaging in diabetic retinopathy. *Ophthalmologica* 2004; 218: 237-42.
12. MacKinnon JR, McKillop G, O'Brien C, Swa K, Butt Z, Nelson P. Colour Doppler imaging of the ocular circulation in diabetic retinopathy. *Acta Ophthalmol Scand* 2000 78: 386-9.
13. Erickson SJ, Hendrix LE, Massaro BM, Harris GJ, Lewandowski MF, Foley WD, et al. Color Doppler flow imaging of the normal and abnormal orbit. *Radiology* 1989; 173: 511-6.
14. Klein R, Klein BE, Moss SE, Davis MD, DeMets DL. The Wisconsin epidemiologic study of diabetic retinopathy. III. Prevalence and risk of diabetic retinopathy when age at diagnosis is 30 or more years. *Arch Ophthalmol* 1984; 102: 527-32.
15. Klein R, Klein BE, Moss SE, Davis MD, DeMets DL. The Wisconsin epidemiologic study of diabetic retinopathy. II. Prevalence and risk of diabetic retinopathy when age at diagnosis is less than 30 years. *Arch Ophthalmol* 1984; 102: 520-6.
16. Dimitrova G, Kato S, Yamashita H, Tamaki Y, Nagahara M, Fukushima H, et al. Relation between retrolubar circulation and progression of diabetic retinopathy. *Br J Ophthalmol* 2003; 87: 622-5.
17. Özçetin H. Retina hastalıkları. İçinde: Özçetin H, editör. *Klinik Göz Hastalıkları*. Bursa: Nobel; 2003. p.231-312.
18. Kohner EM. Diabetic retinopathy. *BMJ* 1993; 307: 1195-9.
19. Kohner EM. The retinal blood flow in diabetes. *Diabete Metab* 1993; 19: 401-4.
20. Baydar S, Adapinar B, Kebapci N, Bal C, Topbas S. Colour Doppler ultrasound evaluation of orbital vessels in diabetic retinopathy. *Australas Radiol* 2007; 51: 230-5.
21. MacKinnon JR, O'Brien C, Swa K, Aspinall P, Butt Z, Cameron D. Pulsatile ocular blood flow in untreated diabetic retinopathy. *Acta Ophthalmol Scand* 1997; 75: 661-4.
22. Schmidt KG, von Ruckmann A, Kemkes-Matthes B, Hammes HP. Ocular pulse amplitude in diabetes mellitus. *Br J Ophthalmol* 2000; 84: 1282-4.
23. Tamaki Y, Nagahara M, Yamashita H, Kikuchi M. Blood velocity in the ophthalmic artery determined by color Doppler imaging in normal subjects and diabetics. *Jpn J Ophthalmol* 1993; 37: 385-92.
24. Gülsoy UK. Ultrasonografi Fiziği. İçinde: Oyar O, Gülsoy UK editörler. *Tıbbi Görüntüleme Fiziği*. Ankara: Tisamat; 2003. p. 167-230.
25. Mendivil A, Cuartero V, Mendivil MP. Ocular blood flow velocities in patients with proliferative diabetic retinopathy and healthy volunteers: a prospective study. *Br J Ophthalmol* 1995; 79: 413-6.