

Diabetik Retinopati ve Glokomda Oküler Hemodinamik Etkilenmenin Farkı*

Hasan Horoz (*), Semih Ayaçlar (**), Hamiyet Pekel (***), Mustafa Yüzbaşıoğlu (****)

ÖZET

Amaç: Diabetik retinopati (DR) ve glokomda oluşan hemodinamik değişikliklerin farklı damarsal kompartmanlardaki etkilerini araştırmak.

Metod: Kontrol, diabetik retinopati, normotensif (NTG) ve primer açık açılı glokomlu (PAAG) hasta gruplarında Renkli doppler hemodinamik çalışma ile santral retinal, oftalmik, kısa posterior silyer arter nazal ve temporal dallarında sistolik, diyastolik, ortalama hızlar, rezistif ve pulsatilite indeksleri değerlendirildi.

Bulgular: Major etki glokom olgularında kısa posterior silyer, DR'de ise santral retinal arterlerde bulunmuştur. PAAG'de direnç artışı kısa posterior silyer arter nazal dallarında NTG'de ise temporal dallarında daha yüksek bulunmuştur.

Sonuç: Glokom ve DR'de tüm vasküler kompartmanlar etkilenmekle birlikte glokom grubunda kısa posterior silyer, diabetik retinopatide santral retinal arterlerde etkilenme daha belirgindir.

Anahtar Kelimeler: Diabet, retinopati, glokom, doppler, oküler kan akımı

SUMMARY

Differences of Ocular Hemodynamics in Diabetic Retinopathy and Glaucoma

Purpose: We planned that what are the degree of effect on different ocular vascular compartments and differential features in patients with diabetic retinopathy, normotensive glaucoma and primary open angle glaucoma.

Methods: A prospective study compared blood flow velocity in ocular vessels (ophthalmic artery, nasal and temporal branches of posterior ciliary arteries, central retinal vessels) of 24 eyes with diabetic retinopathy, 28 eyes with normotensive glaucoma, 50 eyes with primary open angle glaucoma and 36 matched normal subjects using a Color Doppler imaging unit (Toshiba SSA-270 A with a 7.5 MHz linear array scanning head). We examined the values of systolic, diastolic, mean velocity and resistive and pulsatility index in all patients and normal subjects.

Results: Major effects were found in central retinal artery in diabetic retinopathy group and posterior ciliary arteries in glaucomatous groups. But no significant correlations were found

(*) SSK Göztepe Eğitim Hastanesi Göz Kliniği, Şef Muavini

(**) Uzman Dr., Sonomed Görüntüleme Merkezi

(***) Doçent Dr., Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları ABD

(****) Uzman Dr., SSK Kartal Hastanesi Göz Kliniği

♦ Bu çalışma TOD XXXI.Ulusal Oftalmoloji Kongresi İstanbul 1997'de sunulmuştur.

between glaucomatous and diabetic retinopathy groups. In patients with NTG were found significant increased resistance in temporal branches of posterior ciliary arteries and in patients with PAAG were found significant increased resistance in nasal branches of posterior ciliary artery.

Conclusion: Ocular blood flow velocity and resistive values was different in patients with diabetic retinopathy, NTG, PAAG. Ocular blood flow values were effected in both pathologic groups, but major effects were found in central retinal artery in patients with diabetic retinopathy and posterior ciliary artery in patients with glaucoma. Blood flow in small arteries (posterior ciliary artery and central retinal artery) were damped in patients with NTG. Hemodynamic changes in ophthalmic artery were mild/moderate degree in both pathologic groups.

Key Words: Diabetes, retinopathy, glaucoma, doppler, ocular blood flow

GİRİŞ

Renkli ve Power Doppler sonografik incelemeler oftalmik hemodinaminin tanısında ve tedavinin yönlendirilmesinde giderek artan bir kullanım alanına sahiptir. Bu konuda yapılan çok sayıda çalışma hem oftalmik hastalıkların saptanmasına hem de sistemik hastalıkların değerlendirilmesinde orbitanın bir referans noktası olarak alınmasına yöneliktir (1-2-3-4-5).

Diabetik retinopati ve glokom Doppler hemodinamik değerlendirmede sıklıkla benzer bulgular verir (1-4). Bu çalışmada benzer hemodinamik değişikliklere yol açan iki patoloji grubunun oftalmik hemodinamide farklı vasküler komponentler üzerindeki etki derecelerini ve bu etkinin farklılıklarını belirlemeğe çalıştık. Sistemik bir hastalık olarak diabetik retinopatide proliferatif ve nonproliferatif grubu birlikte ele aldık. Glokom grubunda ise normotensif ve primer açık açılı glokom olgularını ayrı ayrı değerlendirdik. Çalışmada patoloji gruplarının tüm oftalmik hemodinamiyi etkilemekle birlikte farklı vasküler komponentlerdeki etkilerinin farklı olduğu görülmektedir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Kontrol, diabetik retinopati, normotensif (NTG) ve primer açık açılı glokomlu (PAAG) hasta gruplarında Renkli Doppler hemodinamik çalışma ile santral retinal, oftalmik, kısa posterior silyer arter nazal ve temporal dallarında sistolik, diyastolik, ortalama hızlar, rezistif ve pulsatilite indeksler değerlendirildi.

● Hasta grubu:

1. Kontrol grubu (Normal Grup): Düşük dereceli refraksiyon problemi dışında herhangi bir sistemik yada oküler patolojisi bulunmayan, ortalama göz içi basıncı normal sınırlarda (9-19 mmHg arasında, ort:14.19+3.27 mmHg), görme alanı normal (KOVA AP-340 Automatic Visual Field Plotter cihazının santral treshold programı ile), açlık kan şekeri normal sınırlarda, yaşları 40-

65(ort:52) arasında olan 10'u kadın, 8'i erkek toplam 18 hastada 36 göz incelemeğe alındı.

2. Retinopatili diabetik grup: Diabet dışında sistemik hastalığı olmayan, emetrop ya da düşük refraksiyon kusuru olan, ortalama 9 yıllık diabetli, nonproliferatif ve proliferatif ayrımı yapılmaksızın yaşları 42-66(ort:53) arasında olan 8'i kadın 4'u erkek toplam 12 hastada 24 göz değerlendirildi.

3. Normotensif (NTG) glokom grubu: Bir ay içerisinde toplam 4 gün diüurnal ölçümler sonucu, GİB'ı 21 mmHg ve altında (11-19 mmHg arasında, ortalama GİB:15.96+2.02); tipik glokomatöz görme alanı defektine sahip, başka bir oküler patolojisi ve sistemik hastalığı olmayan olmayan, emetrop ya da düşük refraksiyon kusurlu, sistemik yada topikal tedavi görmeyen 40-63 yaşları arasında (ort:50) olan, 9'u kadın 5'i erkek 14 hastada 28 göz incelendi.

4. Primer açık açılı glokomlular (PAAG grup): GİB'ı 22 mmHG ve üzerinde, optik sinir hasarı ve görme alanı kaybı olup, topikal betoksolol kullanan, başka topikal yada sistemik ajan kullanmayan, ortalama GİB:18.76+2.52 mmHg (13-25 mmHg arasında), herhangi bir sistemik hastalığı ve ileri refraksiyon kusuru olmayan 43-65 yaşları arasında(ort:54) olan 10'u erkek 16'sı kadın 26 hastada 50 göz incelendi.

● İnceleme Tekniği:

Toshiba SSA 270 A 1995 Power Renkli Doppler sonografi cihazı ve 7.5 Mhz broad-band prob kullanılarak transorbital Doppler hemodinamik değerlendirme gerçekleştirildi.

Sonuçlar istatistik olarak Tukey Hs yöntemi ile değerlendirildi.

● İncelenen damarlar:

1. Santral retinal arter (SRA)
2. Oftalmik arter (OA)
3. Kısa posterior silyer arter nazal dallar (PSA)

● **İnceleme parametreleri:**

1. Maksimal sistolik hız (Vmax)
2. Minimal diastolik hız (Vmin)
3. Ortalama hız (Vort)
4. Rezistif indeksi (RI) $(V_{max}-V_{min})/V_{max}$
5. Pulsatilité indeksi (PI) $(V_{max}-V_{min})/V_{ort}$

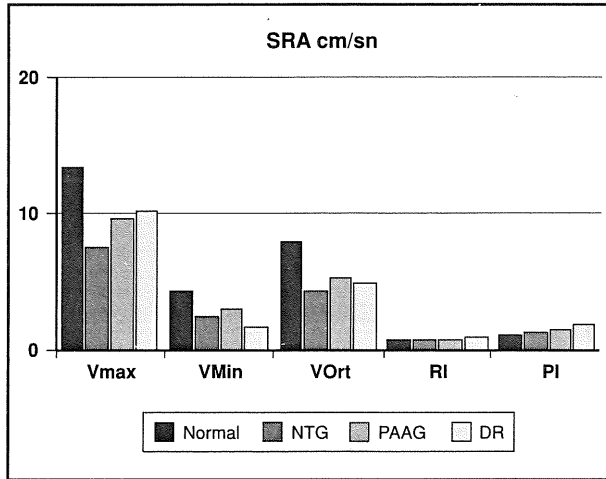
BULGULAR

Majör etki glukom olgularında kısa posterior silyer, DR'de santral retinal arterlerde bulunmuştur. Patoloji gruplarında oftalmik arter hafif/orta derecede etkilenmesine karşın iki patoloji grubu arasında anlamlı fark izlenmemiştir. Glukom gruplarında direnç artışı kısa posterior silyer arter nazal dallarında PAAG'da, temporal dallarında ise NTG'da daha yüksek bulunmuştur.

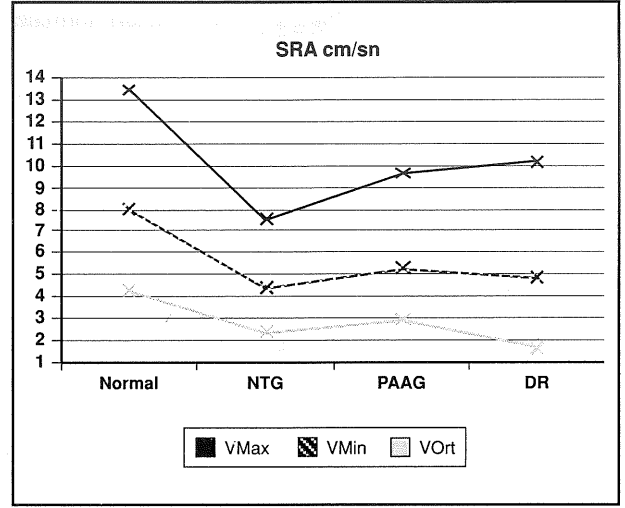
Santral retinal arterde hemodinamik değişikliklerin farklılığı:

Tablo 1'de santral retinal arterde normal,DR,NTG ve PAAG gruplarında Doppler hemodinami akımparametreleri gösterilmektedir.Bu bulgular Grafik 1'de özetlenmiştir.

Grafik 1. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında SRA Doppler Akım Parametreleri

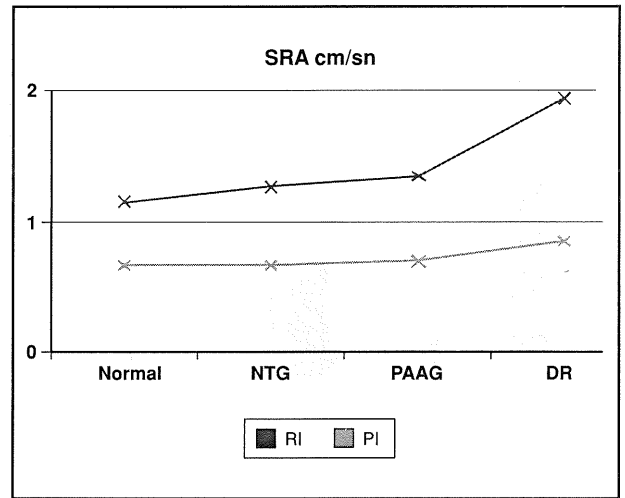


Grafik 2. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında SRA Doppler Akım Hız Parametreleri



Tanımlanan değerler akım hızları ve akım dirençleri açısından ayrı ayrı grafik olarak grafik 2 ve grafik 3'de sunulmaktadır. Değişiklikleri daha çarpıcı olarak görmek olası olmaktadır.

Grafik 3. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında SRA Doppler Akım Direnç Parametreleri



Tablo 1. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında SRA Doppler Akım Parametreleri

SRA cm/sm	Vmax	Vmin	Vort	RI	PI
Normal	13.5±3.91	4.27±1.13	7.97±1.82	0.66±0.08	1.15±0.29
NTG	7.57±1.31	2.35±0.48	4.33±0.99	0.67±0.09	1.26±0.28
PAAG	9.62±2.73	2.94±1.21	5.26±1.75	0.69±0.08	1.35±0.47
DR	10.17±3.21	1.62±1.21	4.83±1.86	0.85±0.1	1.95±0.72

Özetle tablo ve grafiklerde santral retinal arter hemodinamik verilerinden şu sonuçlar elde edilmektedir:

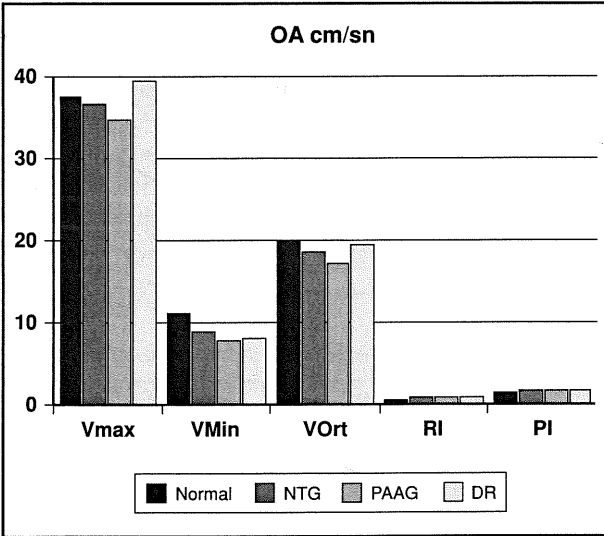
1. Her üç patoloji grubunda da akım hızları normale göre düşmektedir.
2. NTG'da her üç hız parametresinde de değerler orantılı olarak azalmakta ve akım yavaşlayan karakter kazanmaktadır.
3. PAAG'da akım hızları orantılı olarak azalmaktadır.
4. DR'de hızlar orantısız azalmakta ve diyastolik komponentte azalma en belirgindir.
5. Direnç değerleri açısından NTG ve PAAG'da normale göre minimal artışa karşılık DR'de belirgin artış gözlenmektedir.

Bu bulgulardan iki önemli sonuç elde edilmektedir:

1. Santral retinal arter akımı her üç patoloji grubunda da hız değerleri açısından etkilenmekle birlikte direnç değerleri açısından yalnızca DR'de anlamlı artış göstermektedir.

2. NTG'de akım hızları yavaşlayan karakterdedir.

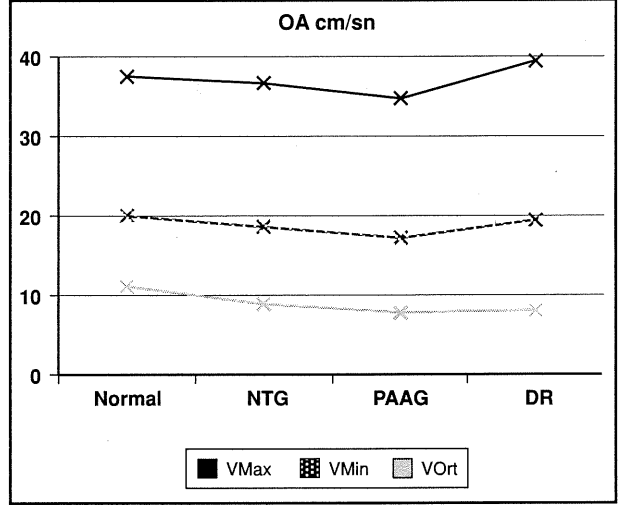
Grafik 4. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında OA Doppler Akım Parametreleri



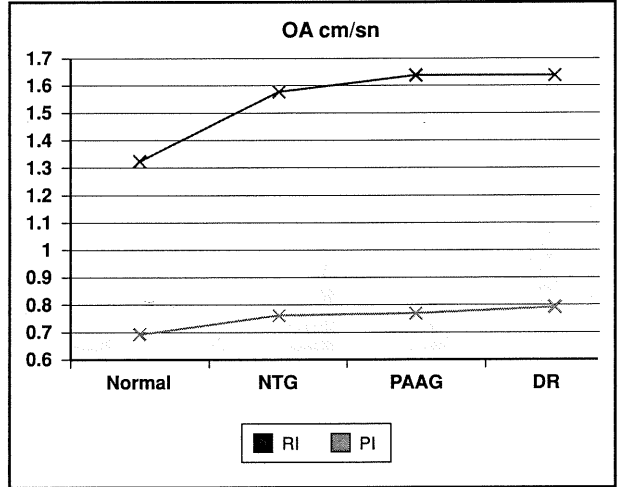
Oftalmik arterde hemodinamik değişikliklerin farklılığı:

Oftalmik arterde (OA) patoloji grupları ve normal grupta hemodinamik değerler tablo 2'de, bunların grafik sunumu grafik 3'de ve hız/direnç parametrelerinin özetleri grafik 5 ve grafik 6'da gösterilmektedir.

Grafik 5. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında OA Doppler Akım Hız Parametreleri



Grafik 6. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında OA Doppler Akım Direnç Parametreleri



Tablo 2. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında OA Doppler Akım Parametreleri

OA cm/sn	Vmax	Vmin	Vort	RI	PI
Normal	37.38±5.19	11.08±2.98	20.11±2.95	0.69±0.007	1.32±0.301
NTG	36.75±5.63	8.89±3.60	18.64±3.63	0.76±0.079	1.58±0.48
PAAG	34.74±8.06	7.9±3.05	17.1±0.74	0.77±0.0057	1.64±0.532
DR	39.46±12.27	8.12±3.05	19.42±6.37	0.79±0.06	1.64±0.29

Bulguları özetlersek:

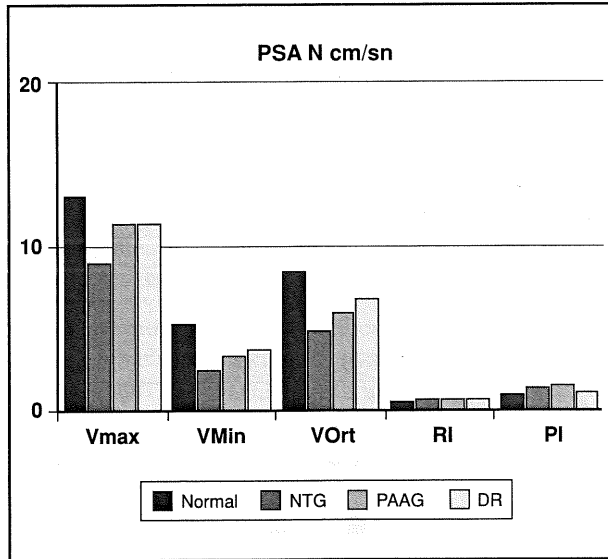
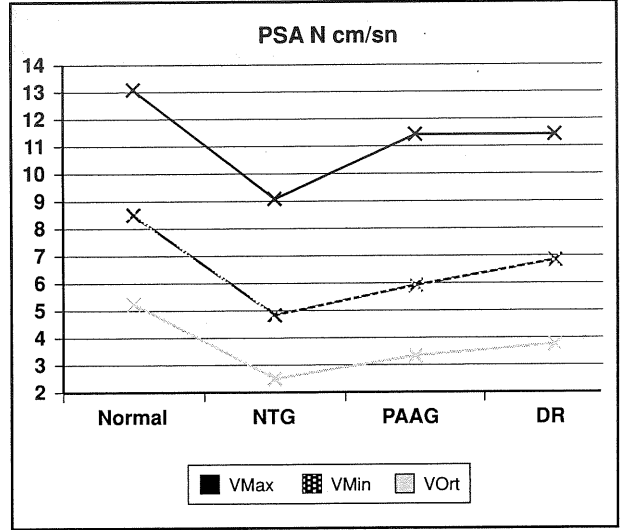
1. Normal gruba göre NTG ve PAAG'da akım hızlarında tüm komponentlerde, DR'de daha çok diyastolik komponentte azalma gözlenmektedir.

2. Akım dirençleri açısından üç patoloji grubunda da hafif yükselme mevcuttur.

3. Patoloji grupları arasındaki farklılık istatistiki olarak anlamlı değildir. Her üç patolojik grupta oftalmik arteri yaklaşık aynı oranda ve hafif derecede etkilemektedir.

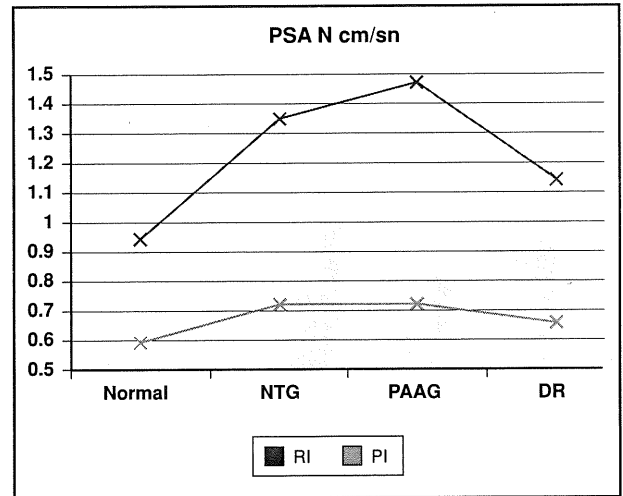
Posterior silyer Arter Nazal dallarda hemodinamik değişikliklerin farklılığı:

Posterior silyer arter nazal dallarda patoloji grupları ve normal grupta hemodinamik değerler tablo 3'de, bunların grafik sunumu grafik 7'de ve hız/direnç parametrelerinin özetleri grafik 8 ve grafik 9'da gösterilmektedir.

Grafik 7. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında PSA Nazal Doppler Akım Parametreleri**Grafik 8. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında PSA Nazal Doppler Akım Hız Parametreleri**

Tablo 3, grafik 7,8 ve 9'daki değerlerden elde olunan sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1. Akım hızları en belirgin olarak NTG'da, daha az oranda PAAG'da, hafif oranda da DR'de azalmaktadır.

Grafik 9. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında PSA Nazal Doppler Akım Direnç Parametreleri**Tablo 3. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında PSA Nazal Doppler Akım Parametreleri**

PSA N cm/sm	Vmax	Vmin	Vort	RI	PI
Normal	13.04±3.48	5.22±0.98	8.5±1.4	0.59±0.053	1.942±0.198
NTG	9.07±1.76	2.46±0.74	4.85±1.0	0.72±0.09	1.348±0.468
PAAG	11.42±2.73	3.32±1.37	5.92±1.71	0.72±0.09	1.471±0.590
DR	11.38±2.96	3.79±1.18	6.83±2.18	0.66±0.06	1.14±0.23

2. NTG'de akım hızları yavaşlayan karakterdedir.
3. NTG ve PAAG'da akım dirençleri belirgin olarak yüksek, DR'de hafif yüksektir.
4. Akım direnci nazal tarafta PAAG'da NTG'ya göre hafif yüksektir.

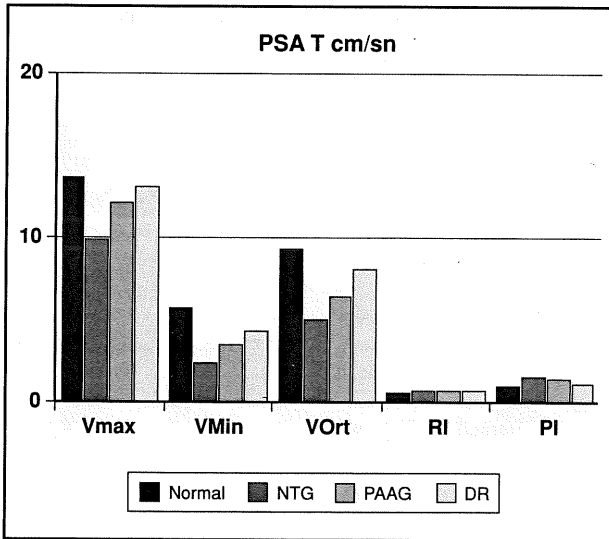
Posterior silyer Arter Temporal dallarda hemodinamik değişikliklerin farklılığı:

Posterior silyer arter temporal dallarda patoloji grupları ve normal grupta hemodinamik değerler tablo 4'de, bunların grafik sunumu grafik 10'da ve hız/direnç parametrelerinin özetleri grafik 11 ve grafik 12'de gösterilmektedir.

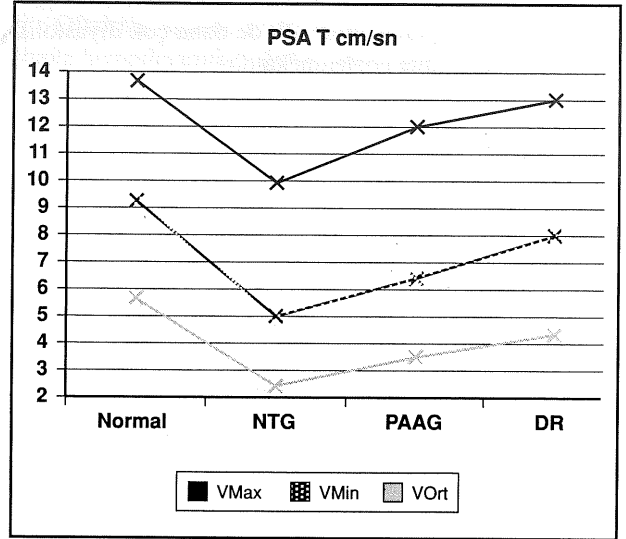
Tablo 4, grafik 10,11 ve 12'den elde edilen bulgular özetlenirse:

1. Akım hızları en belirgin olarak NTG'da, daha az oranda PAAG'da, hafif oranda da DR'de azalmaktadır.
2. NTG'de akım hızları yavaşlayan karakterdedir.
3. NTG ve PAAG'da akım dirençleri belirgin olarak yüksek, DR'de hafif yüksektir.

Grafik 10. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında PSA Temporal Doppler Akım Parametreleri

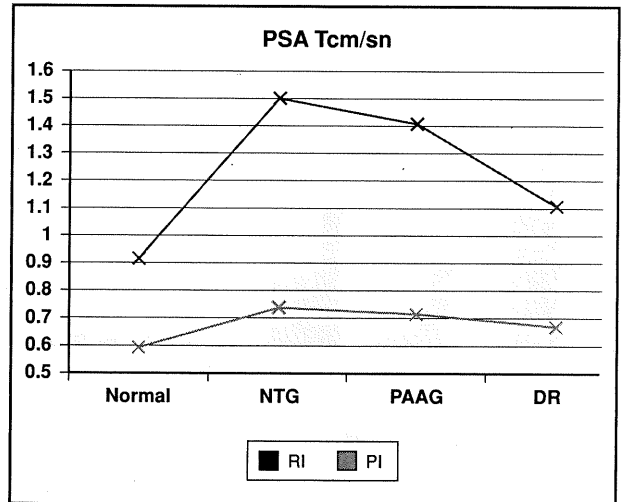


Grafik 11. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında PSA Temporal Doppler Akım Hız Parametreleri



4. Akım direnci temporal tarafta NTG'da PAAG'a göre hafif yüksektir.

Grafik 12. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında PSA Temporal Doppler Akım Direnç Parametreleri



Tablo 4. Normal NTG, PAAG ve DR gruplarında PSA Temporal Doppler Akım Parametreleri

PSA T cm/sm	Vmax	Vmin	Vort	RI	PI
Normal	13.66±3.64	5.66±1.26	9.27±1.71	0.589±0.062	1.914±0.188
NTG	9.92±2.74	2.39±0.73	5.03±1.23	0.738±0.115	1.501±0.473
PAAG	12.02±3.22	3.46±1.26	6.44±1.98	0.714±0.083	1.410±0.423
DR	13.04±3.97	4.33±1.4	8.04±2.61	0.67±0.06	1.11±0.23

TARTIŞMA

Temel olarak oftalmik kökenli olmayan birçok hastalıkta (aterosklerozis, preeklampsi, eklampsi tirotoksikoz, diabet vb..) olduğu gibi oküler hastalıklarda da oküler hemodinami etkilenmektedir. Çalışmalar diabet, glokom gibi hastalıklarda oküler kan akımında bazı değişiklikler meydana geldiğini, bu değişikliklerin tespitinin gerek tanı gerekse hasta monitorizasyonu açısından son derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır (1-2-3-4-5-6-7). Ancak oküler hemodinamiyi etkileyen birçok patolojik olay benzer bulgular vermektedir.

Yapılan çalışmalar retinopati ve retinopatisiz diabetik hastalarda SRA kan akım hızının bütün komponentlerinde azalmış, akım direncinin ise yükselmiş olduğunu göstermektedir (8-9-10). Diabetik retinopati grubtaki azalma daha belirgindir. Yine proliferatif ve nonproliferatif retinopati grupları arasında bile belli oranda etki derecesi farklılığı gözlenebilir.

Goebel ve arkadaşları özellikle proliferatif retinopati grubta SRA kan akımının normallere göre düşük olduğunu, bu bulgunun OA ve PSA'de görülmediğini belirtmekte ve diabetik retinopatinin şiddeti ile kan akımı azalması arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu belirtmektedir (11-12). Tamaki ve arkadaşları OA RI'inin diabetiklerde arttığını belirtmişler, OA RI'in diabetik nefropatisi olanlarda daha belirgin artış gösterdiğini ifade etmişlerdir (13).

NTG ve PAAG'da SRA, OA, nazal ve temporal kan akımlarının normallere göre azaldığı bir çok çalışma ile gösterilmiştir. Her iki grupta RI ve PI OA ile nazal ve temporal PSA'lerde normallere göre anlamlı derecede yüksek bulunmaktadır. Bu bulgu daha çarpıcı olarak çalışmamızda da göze çarpmaktadır.

Glokomda tartışılan vasküler teori renkli Doppler Görüntüleme ile desteklenmektedir. SRA kan akım hızlarının PAAG ve NTG olgularında anlamlı derecede azaldığı görülmektedir. Bu azalma NTG grubunda PAAG grubuna göre daha fazladır. Nazal ve temporal PSA akım hızları PAAG ve NTG'lu hastalarda azalmış olarak bulunurken, NTG grubunda akım hızı PAAG'lulara göre de düşüktür. Her iki grupta akım direnci artmıştır.

Rojanapongpun, Drance ve Morrison PAAG'lu, NTG'lu ve normal kişinin OA kan akımını incelemişler ve Vmak, Vmin, Vort'nın hasta gruplarında normallere oranla azalmış olduğunu, ayrıca Vort'nın NTG'da PAAG'a göre de anlamlı derecede düşük olduğunu bulmuşlardır (14). Glassi ve arkadaşları OA Vmak'ının glokomlu hastalarda normallere göre azaldığını, GİB'ı kontrol edilmeyen ve görme alanı defekti ilerleyen glokomlu olgularda PSA Vmin değerinin normallere göre önemli

derecede azaldığını, RI'in ise arttığını bildirdiler (15). Ravalico ve arkadaşları yaptıkları çalışmada NTG'lu hastaları normallerle karşılaştırmışlar ve NTG'lu hastaların sistemik kan basıncı ve kalp atımının normal gruba aynı olduğunu ancak pulsatil oküler kan akımının normallere göre azalmış olduğunu bildirmişlerdir (16). Butt ve arkadaşları ise NTG'lu olgularda OA Vmin değerinin normallere göre düşük, OA ve SRA RI'inin ise yüksek olduğunu belirtmişlerdir (3).

Görüldüğü gibi diabetik retinopati ve glokom gruplarında Doppler hemodinamik değerler büyük oranda örtüşmektedir. Biz bu çalışmada diabet ve glokomda oftalmik hemodinaminin tüm vasküler kompartmanlarda etkilendiğini gösterirken iki patoloji grubunda bu etkilenmenin farklı vasküler kompartmanlardaki etki derecelerinin farklı olduğunu, dolayısıyla hem tanı hem de tedavi prosesinde hangi vasküler komponentlerin monitorizasyonda öncelik taşıyabileceğini saptamaya çalıştık.

Sonuç olarak;

1. Glokom grubunda kısa posterior silyer arterler, diabetik grupta santral retinal arterler daha belirgin olarak etkilenmektedir.

2. Santral retinal arter akımı her üç patoloji grubunda da hız değerleri açısından etkilenmekle birlikte direnç değerleri açısından yalnızca DR'de anlamlı artış göstermektedir. Bu ayırıcı ve monitorizasyonda önemli bir kriterdir. NTG'de santral retinal arter akım hızları yavaşlayan karakter göstermektedir.

3. Oftalmik arterde DR'de daha çok diyastolik hızlarda, NTG ve PAAG'de tüm hızlarda hafif azalmaya karşın direnç değerlerine yükselme açısından üç patolojik grup arasında anlamlı fark izlenmemektedir. Her üç patolojik grup da oftalmik arteri yaklaşık aynı oranda ve hafif/orta derecede etkilemektedir. Gruplar arasında oftalmik arter akım parametreleri yönünden anlamlı ayırıcı kriteri mevcut değildir.

4. Kısa posterior silyer arter nazal dalları Glokom grubunda belirgin olarak etkilenmekte, akım hızları NTG'de damped karakter taşımakta ve akım dirençleri glokom gruplarında ileri derecede, DR'de hafif artmaktadır. Direnç artışı nazal tarafta PAAG'da NTG'a göre hafif yüksektir.

5. PSA temporal dalları Glokom grubunda belirgin olarak etkilenmekte, akım hızları NTG'da damped karakter taşımakta ve akım dirençleri glokom gruplarında ileri derecede, DR'de hafif artmaktadır. Direnç artışı temporal tarafta NTG'da PAAG'a göre hafif daha yüksektir.

Bu bulgulardan hareketle ele alınan patoloji grupları arasında önemle vurgulamak istediğimiz bazı farklılıklar oluşmaktadır. Bu farklılıklar tanısal olduğu kadar monitörizasyon açısından da ağırlık vermemiz gereken vasküler komponentleri ifade etmektedir:

1. Oftalmik doppler hemodinamik değerlendirme glokom ve diabetik retinopatide tüm vasküler kompartmanlar etkilenmekle birlikte glokom grubunda kısa posterior arterlerde, diabetik retinopatide santral retinal arterlerde belirgin etkilenme farkına işaret etmektedir.

2. Oftalmik arterler tüm patoloji gruplarında hafif/orta derecede etkilenmekte ve gruplar arasında fark gözlenmemektedir.

3. NTG'da küçük arterlerde (SRA ve PSA) akım PAAG ve DR'den farklı olarak yavaşlayan karakter kazanmaktadır.

4. NTG'de kısa posterior silyer arterlerde temporalde, PAAG'de ise nazalde akım direncinde artış daha belirgindir.

KAYNAKLAR

1. Rankin SJ, Walman BE, Buckley AR, Drance SM: Color Doppler imaging and spectral analysis of the optic nerve vasculature in glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1995;119:685-93.
2. Michelson G, Groh MJ, Groh ME, Grundler A: Advanced primary open-angle glaucoma is associated with decreased ophthalmic artery blood-flow velocity. *Ger J Ophthalmol* 1995; 4:21-4.
3. Butt Z, McKillop G, O'Brien C, Allan P, Aspinnal P: Measurement of ocular blood flow velocity using color Doppler imaging in low tension glaucoma. *Eye* 1995; 9(Pt 1):29-33.
4. Hayreh SS, Bill A, Sperber GO: Effects of high intraocular pressure on the glucose metabolism in the retina and optic nerve in old atherosclerotic monkeys. *Greafes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1994; 232:745-52.
5. Harris A, Sergott RC, Spaeth GL, Shomaker JA, Katz JL, Martin BJ: Color Doppler analysis of ocular vessel blood velocity in normal-tension glaucoma: *Am J Ophthalmol* 1994;118:642-9.
6. Yamazaki Y, Hayamizu F: Analysis of ophthalmic arterial flow by color Doppler imaging in glaucomatous eyes. *Nippon- Ganka- Gakkai- Zasshi* 1994; 98:1115-20.
7. Nasemann JE, Carl T, Pamer S, Scheider A: Perfusionzeit der A. centralis retinae bei Normaldruckglaukom. Erste Ergebnisse. *Ophthalmologe* 1994; 91:595-601.
8. Özdemir H, Güven D: Renkli Doppler Göz Ultrasonografisi: *MN Oftalmoloji* 1994;1:383-91.
9. Kükner ŞA, Akyol N, Özkaya Ü, Özdemir TM, Esmergil S, Özden S: Renkli Doppler görüntüleme ile posterior silyer arterler ve vorteks venlerinin incelenmesi: *Retina-Vitreus* 1993;1:185-90.
10. Riva CE, Grundwald JE, Sinclair SH, Petrig BL: Blood velocity and volumetric flow rate in human retinal vessels: *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985; 26:1124-32.
11. 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.
12. Goebel W, Lieb WE: Veränderungen der orbitalen Hamodynamik durch Glyzerintrinitrat und Nifedipin. Eine Studie mit Hilfe der Farb-Duplex- Sonographie. *Ophthalmologe* 1995; 92:206-11.
13. Tamaki Y, Nagahara M, Yamashita H, Kikuchi M: Analysis of blood flow velocity in the ophthalmic artery by color Doppler imaging. 2. studies on diabetic eyes: *Nippon- Ganka- Gakkai- Zasshi* 1993; 97:961-6.
14. Rojanapongpun P, Drance SM, Morrison BJ: Ophthalmic artery flow velocity in glaucomatous and normal subjects: *Br J Ophthalmol* 1993; 77:25-9.
15. Galassi F, Nuzzaci G, sodi A, Casi P, Cappelli S: Vielmo A. possible correlations of ocular blood flow parameters with intraocular pressure and visual-field alterations in glaucoma: A study by means of color Doppler imaging. *Ophthalmologica* 1994; 208:304-8.
16. Ravalico G, Pastori G, Toffoli G, Croce M: Visual and blood flow responses in low tension glaucoma: *Surv Ophthalmol* 1994; 38 Suppl:S173-6.