



T.C.

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

İZZET BAYSAL TIP FAKÜLTESİ

RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**OBSTRÜKTİF UYKU APNESİ SENDROMUNDA, ORBİTAL DOPPLER
ULTRASONOGRAFİ VE OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ BULGULARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Emine Nihan ÇELDİRME HORASANLI

BOLU-2016



T.C.

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

İZZET BAYSAL TIP FAKÜLTESİ

RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**OBSTRÜKTİF UYKU APNESİ SENDROMUNDA, ORBİTAL DOPPLER
ULTRASONOGRAFİ VE OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ BULGULARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Emine Nihan ÇELDİRME HORASANLI

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Emine DAĞISTAN

BOLU-2016

TEŞEKKÜR

Bu tezin bütün aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, her zaman bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, çok değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Emine DAĞISTAN'a; uzmanlık eğitimim sırasında yetişmemde emeği geçen değerli hocalarım Prof. Dr. Safiye GÜREL'e, Prof. Dr. Kamil GÜREL'e, Yrd. Doç. Dr. Sıddıka HALICIOĞLU'na, Yrd. Doç. Dr. Öcal SIRMATEL'e, Yrd. Doç. Dr. Zeliha COŞGUN'a; bölümüze yeni katılan, kısa süre de olsa birlikte çalışma fırsatı bulduğum ve tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Yrd. Doç. Dr. Demet ÜNAL ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa HIZAL'a; uzmanlık eğitimim boyunca beraber çalıştığımız çok değerli asistan arkadaşlarım, tüm teknisyen, hemşire ve sağlık personeli arkadaşlarıma; tezin Göğüs Hastalıkları ayağında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Zehra YAŞAR ve Dr. Ali CENGİZ'e ve Göz hastalıkları ayağında ve istatistik aşamasında bana destek olan çok kıymetli hocam Doç. Dr. Fatih ULAŞ'a; bugünlere gelmemde en büyük emeğe sahip çok değerli annem ve babam; Ayşe ve Tahsin ÇELDİRME'ye ve canım kardeşim Pınar ÇELDİRME'ye; bu hayatı her yönüyle beraber yüklendiğimiz sevgili eşim Yusuf İzzettin HORASANLI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

OBSTRÜKTİF UYKU APNESİ SENDROMUNDA, DOPPLER ULTRASONOGRAFİ VE OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Amaç: Bu çalışmada, obstrüktif uyku apnesi sendromu hastalarında, göz içi kan akımını Doppler ultrasonografi yöntemi ile değerlendirerek, bunun retinal sinir tabakası kalınlığı (RNFL) ve ganglion hücre tabakası (RGCL) ile ilişkisinin incelenmesi planlandı.

Materyal-Metod: Polisomnografi ile OSAS tanısı alan 143 hastaya, dışlanma kriteri olarak hipertansiyon, diabetes mellitus, steroid kullanımı ve göz hastalığı ya da cerrahisi hikayesi kullanıldı. Kontrol grubu hastalar yaş ve cinsiyet yönünden benzer sağlıklı bireylerden seçildi. Olgulara orbital Doppler ultrasonografi ile oftalmik arter (OA), santral retinal arter (CRA) ve posterior silier arterlerde (PCA), PSV, EDV ve RI ölçümleri yapıldı. Normal göz muayenesi, göz içi basınç ölçümü ve optik koherens tomografi ile global RNFL kalınlığı ve RGCL hacim ölçümleri de yapıldı.

Bulgular: Dahil olma ve dışlama kriterlerine uygun 29 hasta ve 29 kontrol grubu belirlendi. Hasta ve kontrol grubunda göz içi basınç ölçümü normal sınırlardaydı. OSAS hastalarında kontrol grubuna göre, RNFL kalınlığında anlamlı farklılık bulunmadı ($p=0,888$), ancak ganglion hücre tabakasında, kontrol grubuna göre hacim artışı saptandı ($p=0,033$). CRA RI değerlerinde, hasta ve kontrol grubunda anlamlı fark olmamakla birlikte ($p=0,687$), hasta grubunda CRA RI değeri azaldıkça ganglion hücre tabakasının santral hacminde artış tespit edildi ($p=0,023$, $r=-0,309$). Ayrıca; RGCL'nin santral 1 mm çaplı bölgesinin hacminin, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, hafif-orta dereceli OSAS hastalarında arttığı, ağır dereceli OSAS grubunda ise azaldığı bulundu ($p=0,019$). Doppler US'de CRA'nın PSV değerleri hafif-orta dereceli OSAS grubunda azalmış, ağır dereceli OSAS grubunda ise artmış olarak tespit edildi ($p=0,010$).

Sonuç: OSAS hastalarında göz henüz klinik olarak sağlamken bile, OCT’de ganglion hücre tabakasında değişiklik oluşabilmekte ve bu bulgular Doppler US verileri ile desteklenebilmektedir.

Anahtar sözcükler: Obstrüktif uyku apne sendromu, optik koherens tomografi, orbital Doppler ultrasonografi



SUMMARY

EVALUATION OF ORBITAL DOPPLER ULTRASONOGRAPHY AND OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY FINDINGS IN OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA SYNDROME

Purpose: Our aim is to evaluate orbital blood flow with Doppler ultrasonography and display it's relationship with retinal nerve fiber layer and ganglion cell layer in obstructive sleep apnea patients.

Material-metod: Among 143 patients who was diagnosed for OSAS at polysomnography, exclusion criteria including hypertension, diabetes, steroid use and previous eye disease or surgery is used. Control group was chosen matched for age and sex with patients group. Peak systolic, end diastolic velocities and resistivity indices was measured at ophthalmic artery (OA), central retinal artery (CRA) and posterior ciliary artery (PCA) with Doppler ultrasonography. Additionally; routine ophthalmic examination including intraocular pressure and optic coherence tomography (OCT) for retinal nerve fiber layer thickness and ganglion cell layer volumes are performed.

Results: 29 patients and 29 healthy control subjects was chosen among exculsion criteria. All of our patients and control subjects had normal intraocular pressure. OCT revealed no difference between RNFL thickness between OSAS patients and control groups ($p=0,888$), but ganglion cell layer volume at the center was higher in OSAS group ($p=0,033$). Similarly, CRA RI values are not significantly different between two groups ($p= 0,687$), but in OSAS group, RGCL central volume and CRA RI was negatively correlated ($p=0,023$, $r= -309$). As we grouped OSAS patients mild-moderate and severe and compare with control group, RGCL central 1 mm circular area's volume is increased in the mild-moderate group than decreased in severe OSAS group ($p=0,019$). CRA PSV is decreased at mild-moderate OSAS than controls and increased in severe group ($p=0,010$).

Conclusion: Even though orbita is clinically normal, changes starts to occure in ganglion cells at OCT and this finding can be supported with Doppler ultrasonography.

Keywords: Obstructive sleep apnea syndrome, optic coherence tomography, orbita Doppler ultrasonography



İÇİNDEKİLER

TÜRKÇE ÖZET.....	iii
İNGİLİZCE ÖZET (SUMMARY).....	v
1 GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2 GENEL BİLGİLER.....	1
2.1 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu.....	1
2.1.1 Tanım.....	1
2.1.2 Klinik Bulgular.....	2
2.1.3 Epidemiyoloji.....	3
2.2 Uyku Tanımı.....	3
2.2.1 Uyku Fizyolojisi.....	4
2.2.1.1 Uykuda Ventilasyon.....	4
2.2.1.2 Uykuda Üst Hava Yolu Direnci.....	5
2.2.2 Uykuda Solunum Fizyolojisi.....	5
2.2.3 Uyku ile İlgili Tanımlar.....	6
2.3 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Fiziopatolojisi.....	7
2.3.1 Anatomik Faktörler.....	7
2.3.2 Ödem, Akciğer Hacimleri, Yüzey Gerilimi ve Kas Hasarı.....	8
2.3.3 Hava Yolu Daralmasının Mekanik Temelleri.....	8
2.3.4 Üst Solunum Yolu Açıklığının Nöral Temelleri.....	9
2.4 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Risk Faktörleri.....	10
2.5 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Tanısı.....	11
2.5.1 Tanı Kriterleri.....	11
2.5.2 Polisomnografi.....	12
2.5.2.1 OSAS'da Karakteristik PSG Bulguları.....	12
2.5.2.2 OSAS' ın Polisomnografik Sınıflaması.....	13

2.6	Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Komplikasyonları.....	13
2.6.1	Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkiler.....	14
2.6.2	Diğer Sistemler Üzerine Etkiler.....	14
2.7	Glokom.....	15
2.8	Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Vaskülopati Patogenezi.....	16
2.9	Orbita Anatomisi.....	17
2.9.1	Bulbus Oculi.....	17
2.9.1.1	Tunica Fibrosa Bulbi.....	18
2.9.1.2	Tunica Vasculosa Bulbi.....	19
2.9.1.3	Tunica Interna Bulbi (Retina, Tunica Nervosa).....	23
2.9.2	Vasküler Anatomi.....	25
2.10	Orbita Damarlarının Fizyolojisi.....	27
2.11	Optik Koherens Tomografi.....	28
2.11.1	Çalışma Prensipleri.....	28
2.11.2	OCT’de Peripapiller Retinal Sinir Tabakası Kalınlık Ölçümü.....	30
2.11.3	Optik Sinir Başı Analizi.....	31
2.11.4	Maküla Analizi.....	32
2.12	Doppler US.....	33
2.12.1	Temel Fizik.....	33
2.12.2	Doppler US İnceleme Yöntemleri.....	35
2.12.2.1	Devamlı Dalga Doppler (Continuous Wave Doppler).....	35
2.12.2.2	Puls Wave Doppler.....	36
2.12.2.3	Spektral Doppler.....	36
2.12.2.4	Renkli Doppler.....	38
2.12.2.5	Power Doppler.....	40
2.12.3	İnceleme Ölçütleri (Parametreleri)	40
2.12.3.1	Frekans Seçimi.....	40

2.12.3.2	Örnekleme Boyutu (Gate)	41
2.12.3.3	Örnekleme Hızı (Pulse Repetition Frequency; PRF)	41
2.12.3.4	Duvar Filtreleri.....	42
2.12.3.5	Çerçeve Hızı (Frame Rate)	43
2.12.3.6	Kazanç (Gain).	43
2.12.3.7	Güç (Power).....	44
2.12.3.8	Ses Demetinin Yönlendirilmesi (Beam Steering).....	44
2.12.4	Kan Damarlarındaki Hemodinami.....	44
2.12.4.1	Arteriyel Akım.....	45
2.12.4.1.1	Plug Akım.....	46
2.12.4.1.2	Laminar Akım.....	46
2.12.4.1.3	Türbülans Akım.....	46
2.12.4.2	Venöz Akım.....	48
2.12.5	Doppler US Akımlarının Değerlendirilmesi.....	48
2.12.6	Doppler US’de Görülen Artefaktlar.....	51
2.12.6.1	Aliasing (Katlama) Artefaktı.....	51
2.12.6.2	Doku Titreşim (Tissue Vibration) Artefaktı.....	52
2.12.6.3	Ayna Hayali (Mirror Image) Artefaktı.....	52
2.12.6.4	Color-Overwrite Artefaktı.....	53
2.12.7	Oküler Kan Akımının Doppler US ile Değerlendirilmesi.....	53
2.12.7.1	Oftalmik Arter (OA).....	55
2.12.7.2	Santral Retinal Arter (CRA).....	56
2.12.7.3	Uzun ve Kısa Posterior Silier Arterler (PCA).....	57
3	GEREÇ VE YÖNTEM.....	58
3.1	Hasta ve Kontrol Grubu Seçimi.....	58
3.2	Dahil Olma Kriterleri.....	59
3.3	Dışlanma Kriterleri.....	59

3.4	Radyolojik Değerlendirme.....	59
3.5	Göz Hastalıkları Poliklinik Değerlendirme.....	60
3.6	İstatistiksel Değerlendirme.....	61
4	BULGULAR.....	61
4.1	PSG Bulguları.....	63
4.2	Orbital Doppler US Bulguları.....	63
4.3	Göz muayenesi ve OCT bulguları.....	64
4.4	Tanımlayıcı Veriler.....	64
4.5	Hasta ve Kontrol Grubu Verilerinin Karşılaştırılması.....	65
4.6	Korelasyon Verileri.....	73
4.7	Örnek Hastalar.....	75
5	TARTIŞMA.....	76
6	SONUÇ.....	78
7	REFERANSLAR.....	79
8	TABLolar DİZİNİ.....	83
9	ŞEKİLLER DİZİNİ.....	83
10	SİMGELER VE KISALTMALAR.....	85

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bu çalışmada, obstrüktif uyku apnesi sendromu (obstructive sleep apnea syndrome, OSAS) hastalarında, göz içi kan akımını Doppler ultrasonografi (US) yöntemi ile değerlendirerek, bunun retinal sinir tabakası kalınlığı (retinal nerve fiber layer, RNFL) ve ganglion hücre tabakası (retinal ganglion cell layer, RGCL) ile ilişkisinin incelenmesi planlandı.

OSAS'ta glokomun sık görüldüğü iddia edilmekte olup, literatürde mevcut az sayıdaki çalışma OSAS hastalarında orbital Doppler US ve OCT bulgularının ayrı ayrı değerlendirmektedir. Doppler US parametrelerini değiştirebilmesi potansiyeline rağmen, hipertansiyon ve diabetes mellitus gibi sistemik hastalıklar bazı Doppler US çalışmalarında dışlanmamıştır. Ulaşılabilen literatürde; OCT ve Doppler US'nin beraber değerlendirildiği sadece bir çalışma vardır. Bu çalışmada da hipoksiden en erken etkilenen göz yapılarından biri olmasına rağmen, RGCL çalışılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, henüz glokom gelişmemiş OSAS hastalarında, orbital kan akımı değişikliklerinin Doppler US bulguları ile, RNFL kalınlığı ve RGCL hacmini OCT ile değerlendirerek erken dönem göz bulgularını tespit etmektir.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu (OSAS)

2.1.1 Tanım

OSAS; uyku sırasında tekrarlayan tam (apne) veya parsiyel (hipoapne) üst solunum yolu obstrüksiyonu epizodları ve sıklıkla kan oksijen saturasyonunda azalma ve gündüz aşırı uyku ile karakterize bir sendromdur (1).

Uluslararası uyku bozuklukları sınıflamasına (International Classification of Sleep Disorders- ICSD-3) göre uyku bozuklukları şu şekilde sınıflanmıştır.

- 1- Obstrüktif uyku apnesi sendromu
- 2- Santral uyku apne sendromu
- 3- Uyku ile ilişkili hipoventilasyon sendromları

- 4- Uyku ile ilişkili hipoksemi sendromu
 - İzole semptom ve varyantlar
 - a- Horlama
 - b- Katateni

2.1.2 Klinik Bulgular

OSAS'da üç temel semptom vardır; horlama, gündüz aşırı uykululuk ve tanıklı apne.

Horlama: Uykuda inspirasyonun kısmi olarak engellenmesiyle orofarenkste oluşan gürültülü titreşime ilişkin sestir. En sık rastlanılan semptom ve hastaların en sık başvuru nedenidir. Klinik olarak dikkate değer horlama haftada en az 4 gece ya da daha fazla olandır. Horlama olmaksızın OSAS % 6'yı geçmez. Wisconsin uyku kohort çalışmasında habitüel horlama kadınlarda % 28, erkeklerde % 44 bulunmuştur. OSAS sıklığı % 4 civarında olduğu düşünülürse horlayan ancak OSAS olmayan pek çok insan vardır. Bu durumda basit horlama tanısı konulur.

Gündüz aşırı uykululuk hali: OSAS'ın en sık nörokognitif sonucudur. Toplumda % 8-30 sıklığında iken, hasta grubunda % 50'ye varmaktadır. OSAS şiddeti ile uykululuk arasında doğru orantı vardır. Gündüz uykululuk hali en sık halsizlik ile karışır. Halsizlik daha çok kas iskelet sistemine bağlıdır ya da etkin olmama istemidir. Uykululukta hastanın gün içinde uyuma isteği vardır. Bunu ayırt etmek için öznel ve nesnel testler vardır. En sık kullanılan öznel test Epworth Uykululuk Ölçeğidir ve Türkçe validasyonu yapılmıştır. Diğer öznel testler Stanford Uykululuk Ölçeği, SF-36 ve Pittsburgh uyku kalitesi ölçeğidir ancak bunların Türkçe validasyonları yoktur. Objektif testler ise Uyanıklığın Korunması Testi (Maintenance of Wakefulness Test) ve Multipl Uyku Latansı Testi (Multiple Sleep Latency Test)'tir. Epworth uykululuk ölçeğinde gündüz uykululuk 11 ve üzeri olarak tanımlanmıştır (2).

Tanıklı Apne: Hastaların uyku partnerleri tarafından bildirilir. Toplumda sıklığı % 3.8 -6 arasındadır. AHI > 15 olan hastalarda % 24.4 sıklıktadır. Konjestif kalp

yetmezliği, KOAH, astım ve bazı nörolojik durumlarda da görölür. Horlama ve tanıklı apne birlikteliğinin özgülölüğü % 94, duyarlılığı % 23'tür (3).

Diğer: Baş ağrısı, boyun terlemesi ve boyun ağrısı, noktüri, anksiyete, depresyon, uykusuzluk, erektil disfonksiyon, çığlık atarak uyanma gibi çok değişken klinik yakınmalar mevcuttur.

2.1.3 Epidemiyoloji

Gündüz aşırı uykululuk hali semptomuna ek olarak $AHI \geq 5$ alındığında OSAS sıklığı (prevalans); erkeklerde % 3.1- % 7.5 aralığında, kadınlarda % 2.1 - % 4.5 aralığında bulunmuştur (3). $AHI \geq 15$ kabul edilerek yapılan çalışmalarda erkeklerde % 7.2 kadınlarda % 2.2 bulunmuştur (3,4). OSAS'ın yaşla arttığı tahmin edilmektedir. Bir çalışmada 65 yaş üstünde sıklık %62 olarak bulunmuştur.

OSAS insidansı daha çok AHI değişimi ile değerlendirilmektedir. Wisconsin kohortunda 282 kişinin 8 yıl sonraki değerlendirilmesinde AHI ortalamsı 2.6'dan 5.2'ye çıkmıştır. Bu artış cinsiyetle ilişkisiz, yaş, habitüel horlama ve obezite ile ilişkilidir (5).

Orta yaş döneminde erkeklerde OSAS sıklığı kadınlardan daha fazla bildirilmiştir. Ancak klinik çalışmalarda 8/1'e dek yükselen erkek / kadın oranı, epidemiyolojik çalışmalarda 2/1 – 3/1 düzeylerine inmektedir. Bu durum kadınların semptomlarını daha az bildirmeleri, partnerlerinin daha az bildirmeleri ya da doktorların kadınlarda OSAS tanısını ön planda düşünmemelerinden kaynaklanıyor olabilir. Menapoz öncesi kadınlarda OSAS sıklığının erkeklerden daha az olması, seks hormonlarına bağlanmıştır (3).

2.2 Uyku Tanımı

Uyku; organizmanın çevreyle iletişiminin değişik şiddette uyarılarla geri döndürülebilir, geçici, kısmi, periyodik olarak kaybolması durumudur. Uyku, kendi içinde belli bir düzeni olan, etkin, aktif ve değişken bir süreçtir ve sağlıklı fonksiyon için yaşamsal önem taşıyan karmaşık bir davranıştır (3).

2.2.1 Uyku fizyolojisi

Uyku tüm memeli hayvanlarda ve kuşlarda hızlı göz hareketlerinin (rapid eye movement- REM) olduğu ve hızlı göz hareketlerinin olmadığı (non-rapid eye movement- NREM) iki farklı bölümden oluşmaktadır.

Yetişkin insanda NREM ve REM uykuları, gece boyunca 90-110 dakika süren, 4-6 siklus şeklinde tekrar etmektedir. Uyanıklıktan sonra NREM uykusu başlar sonra REM uykusu ile devam eder. NREM uykusu, uyku süresinin % 75-80'lik kısmını oluşturur. Rechtschaffen ve Kales skorlamasına göre dört evreye ayrılır; NREM 1 ve 2 (Evre N1 ve N2) yüzeysel uyku olarak tanımlanırken, NREM 3 ve 4 (Evre N3 ve N4) yavaş dalga uykusunu oluşturur. Amerikan Uyku Tıbbı Akademisi (American Academy of Sleep Medicine- AASM) ise N1, N2 ve N3 olarak üç evreye ayırmıştır. N3 derin uyku evresi, çocuklarda büyümeye, erişkinlerde hücre yenilenmesi, organizmanın onarımı ve bedensel dinlenmeyi sağlamaktadır. Toplam uykunun % 20-25'ini oluşturan REM ise, hızlı göz hareketlerinin olduğu, rüyaların %80'inin görüldüğü ve uykunun ikinci yarısında yoğunluğu daha fazla olan evredir. Hafıza ve öğrenme sürecine katkıda bulunduğu düşünülmektedir (3).

2.2.2 Uykuda solunum fizyolojisi

Medulla oblongatadaki solunum merkezi üç ayrı kaynaktan bilgi alır. Bunlar periferik ve santral kemoreseptörler, akciğer ve göğüs duvarında yerleşen mekanoreseptörler ve solunum üzerine etkili üst merkezlerdir. Uykuda üst merkezler devre dışı kalır ve solunumun düzenlenmesi kemoreseptörler ve mekanoreseptörler aracılığıyla olur.

Solunum merkezine geri bildirimde aort arkusunda ve karotis bifurkasyonunda yerleşen periferik kemoreseptörler rol alır. Aort arkusunda yerleşen kemoreseptörlerden vagus siniri ile, karotid bifurkasyonunda yerleşen *glomus caroticum*dan gelen uyarılar ise glossofarengeal sinir ile beyine taşınır. PaO₂ düzeyinde 100 mmHg'dan 60 mmHg'a düştüğünde ancak solunum merkezi uyarılırken, PaCO₂'deki birkaç mmHg'lık değişimler

bile solunum merkezini uyarmaya yetmektedir. Uykunun başlaması ile O_2 ve CO_2 kemoduyarlılığı artar.

Uykuda hipoksiye ventilasyon yanıtı azalır. Bu azalma özellikle erkeklerde NREM uykuda belirgindir. REM’de hipoksiye karşı ventilasyon yanıtı her iki cinsten de azalmıştır ve hem uyanıklık hem de NREM uykudan daha düşük düzeydedir. (6,7)(3). Uykuda hiperkapnik ventilasyon yanıtı da azalır. NREM’de hiperkapnik ventilasyonda meydana gelen düşüş % 50 civarındadır. REM’de bu yanıt daha da düşer ve hem uyanıklıktan hem de NREM’den daha düşük değerlere ulaşır. Bunun sonucu olarak ortalama $PaCO_2$ 3-7 mmHg artar.

2.2.2.1 Uykuda Ventilasyon

Uyanıklıktan uykuya geçişte kardiyorespiratuar sistemde düzensizlik vardır. Evre 1 uykusu ve evre 2 uykunun başında, ventilasyonda azalma ve artışlarla giden değişim olur ve buna ‘periyodik solunum’ denir. Solunum frekansında değişiklik olmadan amplitud değişimi olur. Uykuya geçiş tamamlanıp Evre 2 uykusu stabil hale geldiğinde, solunum da düzenli hale gelir. Ventilasyon uyanıklıktan derin uykuya doğru giderek azalır ve derin uykuda uyanıklık düzeyinin % 15’ine düşer. Beraberinde soluk hacmi de düşer.

REM uykusunda solunumun hem frekansı hem de amplitudünde ani değişimler görüldüğü düzensiz solunum vardır. Bu düzensizlik bu evrede epizodlar halinde ortaya çıkan hızlı göz hareketleri ile birliktelik gösterir. Uyanıklık dönemine göre dakika ventilasyonu azalmıştır (3).

2.2.2.2 Uykuda Üst Hava Yolu Direnci

Üst hava yolu anatomik olarak 4 bölgeye ayrılır: 1- nazofarenks, burun ile sert damak arasındaki bölge, 2- velofarenks, sert damak ve yumuşak damak arasında kalan bölge, 3- orofarenks, yumuşak damak ile epiglottis arasında kalan bölge, ve 4- hipofarenks, dil tabanı ile larenks arasındaki bölge. Üst solunum yolu açıklığında, kasılma ve gevşeme ile rol alan 20 civarında kas vardır. Yatar pozisyonunda bu kasların tonusları azalır. NREM uykusunda üst hava yolu direncinin 2-2,5 kat arttığı gösterilmiştir. Bu

direnç artışı özellikle palatal ve hipofarengeal bölgelerde olur. Üst hava yolu direncindeki artışa bağlı solunum eforu artışı, özellikle uyku apneli hastalarda uyanma – arousal – reaksiyonlarına neden olarak hastalığın önemli klinik bulgularından biri olan gün içi uykululuk artışına yol açabilmektedir. REM uykusunda ise üst hava yolu direnci düşük olup, uyanıklık ile benzerdir (3).

2.2.3 Uyku ile ilgili tanımlar

Apne: Yunanca nefessizlik anlamındadır. 10 saniye ve daha fazla süre ağız ve burunda hava akımının olmamasıdır.

Şu koşulların üçünü de karşılaması gerekir:

- 1- Termal sensörle ölçülebilen hava akımı sinyalinde $\geq \% 90$ azalma
- 2- Süre ≥ 10 saniye
- 3- Sürenin $\geq \% 90$ 'ının amplitüd kriterlerini sağlaması

Nefes alışverişinin durması, solunum çabasının olup olmamasına göre sınıflanmıştır (3).

Obstrüktif apne; solunum çabası sürmesine rağmen, göğüs ve karında hareket olmamasıdır.

Santral apne; Hem solunum çabasının yani, göğüs ve karında hareket olmaması, hem de hava akımının olmamasıdır.

Mikst apne; Başlangıçta santral tipte olan apnenin, solunum çabasının başlamasına rağmen devam etmesidir.

Hipoapne; en yaygın kabul gören tanım; 10 sn ve daha fazla süreyle hava akımında en az $\% 30$ azalma ile birlikte oksijen satürasyonunda $\geq \% 4$ azalma ve olayın en az $\% 90$ 'lık kısmının hipoapne kabul edilen amplitüd azalma ölçütlerini karşılamasıdır.

Arousal; uyku sırasında daha hafif uyku evresine veya uyanıklık durumuna ani geçişlerdir. Apne ve hipoapneyi sonlandırır.

2.3 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Fizyopatolojisi

Retropalatal ve retroglossal alanlar daralmaya çok eğilimlidir. Ancak üst solunum yolunun hemen her düzeyinde daralma olabilmektedir. Üstelik aynı olguda farklı apnelerde farklı lokalizasyonlarda daralma dahi olabilmektedir (3).

2.3.1 Anatomik Faktörler

Üst solunum yolu, konuşma, yutma, ve solunum gibi farklı fonksiyonların gerçekleştiği oldukça kompleks, kollabe olmaya eğilimli müsküler bir tüptür. Temel olarak yumuşak dokulardan oluşan farenksin burun ve larenks dışında rijit destek dokusu bulunmamaktadır. Bu nedenle faringeal kesit alanı, yüksek oranda lümen içi basınç ile çevre dokuların oluşturduğu basınç ve dilator kas aktivitesine bağlıdır.

Üst solunum yolunun en gevşek bölgesi olan farenks dört bölümden oluşur; nazofarenks, velofarenks, orofarenks ve hipofarenks. OSAS'lı olgularda kollaps % 75 velofarengal/retropalatal bölgelerde meydana gelir. Bu nedenle cerrahi daha çok bu bölgeyi hedef alır. Bazı OSAS'lılarda maksilla ve mandibulada retropozisyon, kısa mandibular rami gibi farklılıklar mevcut olup, hastalık şiddeti ile koreledir. Yumuşak dokularda ise, hasta grubunda üst solunum yolu ön arka çapının, sağlıklı bireylerden daha geniş olduğu tespit edilmiştir. Bu lateral darlık, parafarengal yağ dokusunda ve müsküler faringeal duvarda kalınlaşmaya ikincildir. OSAS hastalarında dilde ve total yumuşak doku hacminde artış mevcut olup OSAS şiddeti ile koreledir (8).

Diğer etkenler arasında nazal obstrüksiyona (septal deviasyon yada akut-kronik rinit gibi) bağlı oluşan hava akım rezistansında artış yer alır. Bu durumda inspiratuar basınçta artış olmaktadır. Sonuçta rijit destekten yoksun segmentlerde kollabe olmaya eğilim artar. (8) Üst solunum yolu uzunluğu da bir diğer faktördür. Erkeklerde üst solunum yolunun kadınlardan uzun olması, OSAS prevalansının erkeklerde daha yüksek olmasının sebeplerinden biridir.

2.3.2 Ödem, Akciğer Hacimleri, Yüzey Gerilimi ve Kas Hasarı

Üst solunum yolu mukozasında ödem artışı, hem alanı daraltmakta hem de kasılma yeteneği olmayan doku miktarında artışa neden olmaktadır. Yatar pozisyonda alt ekstremitedeki statik sıvı yukarı yer değiştirir, sigara ve horlama üst solunum yolunda ödeme neden olur.

Uykuda pozisyon ve hipotoniye bağlı solunum hacimleri azalır. Üst solunum yolu direnci artar. Normal bireylerde bu, ekspriyum sonu hacmi artırır hava yolunun daralma eğilimi azalır. Uyku apneli bireylerde daralmayı arttırıcı etki olur.

İnspriyum ile toraksın hava ile dolmaya başlaması, toraksın aşağıdan yukarıya etki ederek servikal kasları kasıp üst solunum yolunu açık tutmasını sağlar. Kaudal traksiyon denilen bu mekanizma solunumun devamını sağlarken bir aksaklık olması üst solunum yolunu kapatır. Solunum kaslarına gelen uyarıdaki azalma kaudal traksiyonu azaltan en önde gelen etkidir.

Artmış yüzey geriliminin alveolleri kapatabileceği, bunu azaltan surfaktanın solunumdaki önemi temel bir bilgidir. Uyku apne olgularında üst hava yolu mukozasının yüzey geriliminin arttığı ve hava yolunun kapanma eğiliminde olduğu gösterilmiştir.

Bu bölge kaslarına yönelik yapılan biyopsilerde, yerel periferik sinir anomalileri, kaslarda bağ dokusu artışı, feber boylarının değişken olduğu, küçük boylu fiberlerin arttığı ve fiberlerde MyHC isoformlarının arttığı görülmüştür (3).

2.3.3 Hava Yolu Daralmasının Mekanik Temelleri

Soluk alırken üst hava yolu çapı çok değişmez. Dilatör kaslar ile inspriyumun yarattığı negatif basınç arasında denge vardır. Ekspriyumun ilk başında dilator kaslar gevşer ancak bu gevşeme artan intraluminal basınç nedeni ile daralmaya neden olmaz. Ekspriyum sonunda dilator kaslar gevşekken intraluminal basınç düşmeye başlar ve hava yolu daralır. Ekspriyum sonu apne için en uygun zaman dilimidir.

Üst hava yolu açıklığında güçler dengesi prensibi vardır. Üst hava yolunun kas tonusu, kemik kıkırdak yapılar, hava yolunun duvar yapısı ve pozitif havayolu basıncı hava yolunu açık tutmaya çalışır. Yumuşak dokunun yer çekimine yenik düşmesi, yüzeysel adhezif güçler ve negatif basınç hava yolunu daraltmaya çalışan kuvvetlerdir. Üst solunum yolu mukozasının kuruması yüzey gerilimini azaltarak, artan yağ doku da kasılabilen doku oranını azaltarak apneye yol açar. NREM uykusunda dilator kas aktivitesi azalır. Bu durum özellikle fazik REM’de daha da belirginleşir (3).

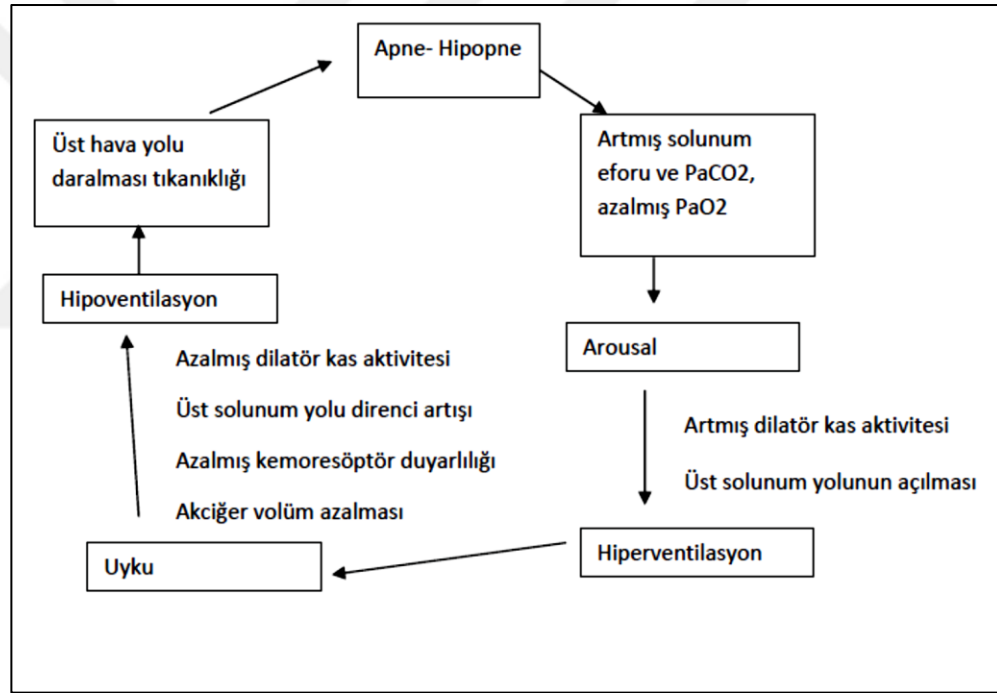
2.3.4 Üst Solunum Yolu Açıklığının Nöral Temelleri

Üst solunum yolunu inerve eden sinirler ve kullandıkları mediatörler çok çeşitlidir. Serotonin, noradrenalin, tiroid salgılayıcı hormon ve gama aminobutirik asit en sık bilinen mediyatörlerdir. Bu mediyatörlerin uykuda salınımı değişkendir.

Genioglossus kasında solunumda üç farklı nöromüsküler aktivite vardır. İlki, solunum başladığında hava yolunu açık tutmaya çalışır. İkinci aktivite medulladaki nöronlarca kontrol edilen, genioglossus aktive olduğunda, diafragmadaki nöromüsküler uyarının artması ile sonlanan aktivitedir. Kasılan diyafragma toraks içi basıncı, dolayısıyla intraluminal basıncı daha da negatifleştirir. Üçüncü aktivite serotoninerjik ve noradrenerjik arousal yanıtlardır. Artan negatif intraluminal basınç, medüller solunum merkezi uyarıları ve serotonin raphe hücre uyarıları ile genioglossus kasılması, arousalla üst solunum yolunun açılmasını sağlar (3).

Solunumun kontrolü periferik ve santral reseptörler ile saplanır. Ventilasyon yanıtı, oksijenden çok karbondioksite hassastır. Artan karbondioksit pH’yı değiştirir bu da solunum merkezini tetikler. Bu süreç belli bir gecikme ile hem uykuda hem uyanıklıkta olur. Solunumun bu kontrolü reseptörlerin bilgilendirilmesi ile ayarlanır. Karbondioksitin küçük bir miktar artışına oluşan solunum yanıtının büyük yada küçük olması ‘loop again’ = geri bildirim mekanizması ile tanımlanır. Küçük değişime büyük yanıt olursa solunum merkezinin kararsızlığı artar. Kararsızlık apnelerin sık ve derin olmasına neden olur.

Uykuda, apne-hipoapne olup olmayacağı daraltıcı ve genişletici kuvvetlerin dengesine bağlıdır. Bu solunumsal olaylar olduğunda solunum eforu artar, oksijen azalır, karbondioksit artar bu arousal neden olur ve sorun çözülür. Uyku mimarisi bozulsa da arousal bir kurtarıcıdır. Arousal solunumu abartılı olarak düzeltir (hiperventilasyon). Hasta uykuya döner, ancak yineleyen solunum olayları ve arousallara duyarlıdır. Solunum kararlılığı bozulmuş, kas hasarı oluşmaya başlamış, kemoreseptör duyarlılığı azalmış ve akciğer volümü etkilenmiştir. Bu ise hipoventilasyonu kolaylaştırır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Apne ve arousal döngüsü. ((3)'den uyarlanmıştır.)

2.4 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Risk Faktörleri

Üst solunum yolu genişliğini azaltan ya da tıkanmasını kolaylaştıran faktörler OSAS'a eğilimi arttırmaktadır. En belirgin risk faktörleri erkek cinsiyet ve obezitedir. OSAS riski VKİ > 29 olanlarda 8-12 kat artmıştır. Boyun çevresi kalınlığı, sigara, alkol,

sedatif ve hipnotik ilaç kullanımı da diğer risk faktörleri arasındadır. Sigara ve çevresel maruziyetin hava yolu inflamasyonunu arttırarak, alkol ve sedatif ilaç kullanımının ise üst solunum yolu nöromusküler aktivitesini azaltarak OSAS için risk teşkil ettiği bilinmektedir.

Eşlik eden hastalıklar; Üst solunum yolu anormallikleri, akciğer (KOAH vb.) endokrin (Diyabetes mellitus, hipotiroidi vb.), psikiyatrik ve nöromusküler (Amyotrofik lateral skleroz, Multiple skleroz) birçok hastalıkta OSAS daha sık görülmektedir.

2.5 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Tanısı

2.5.1 Tanı Kriterleri

A + B kriterleri veya C bulunmalıdır (3).

A. Aşağıdaki semptomlardan en az birinin bulunması

- 1- Gündüz uyku hali, yorgunluk, dinlendirmeyen uyku, insomnia
- 2- Hastanın uykusundan, nefes durması veya kesilmesi ile uyanması
- 3- Hastanın yatak partneri veya başka bir gözlemci tarafından habitüel horlama, uykuda nefes durması veya her ikisinin tanımlanması
- 4- Hastada hipertansiyon, koroner arter hastalığı, konjestif kalp yetmezliği, atriyal fibrilasyon, inme, tip 2 diabetes mellitus, duygudurum bozukluğu veya kognitif disfonksiyon bulunması

Ve

B. Polisomnografi (PSG) veya OCST (sınırlı parametrelili cihazlar) ile yapılan kayıta; saatte 5 veya daha fazla obstrüktif apne, mikst apne, hipoapne veya RERA (respiratory effort related arousal- solunum eforu ile ilişkili arousal) saptanması

Veya

C. Semptomlara bakılmaksızın PSG veya OCST’de saatte 15 veya daha fazla obstrüktif apne, mikst apne, hipoapne, veya RERA (respiratory effort related arousal- solunum eforu ile ilişkili arousal) saptanması tanı için yeterlidir.

2.5.2 Polisomnografi

OSAS tanısı için " altın standart " tanı yöntemi olan “polisomnografi” (PSG) “Uyku sırasında, nörofizyolojik, kardiyorespiratuar, diğer fizyolojik ve fiziksel parametrelerin belli bir periyod, genellikle gece boyunca, eş zamanlı ve devamlı olarak kaydedilmesi” şeklinde tanımlanabilir.

Standart PSG sırasında rutin olarak kaydedilmesi gereken parametreler; Elektroensefalografi (EEG), Elektrokülografi (EOG), Elektromyografi (EMG - submentalis), oro-nasal hava akımı, torako-abdominal hareketler, oksijen satürasyonu, Elektrokardiyografi (EKG), Elektromyografi (EMG - tibialis), vücut pozisyonudur.

EEG, EOG, submental EMG; uyku evrelemesini, yüzeysel uyku (NREM evre 1,2), derin uyku (NREM evre 3,4) ve REM uykusunun ayırımını ve bu sırada oluşabilecek patolojik bulguların değerlendirilmesini sağlar. Oro-nasal hava akımı ve solunumsal çabanın değerlendirilmesi (torako-abdominal hareketler), apnenin varlığını, tipini (obstrüktif, santral, mikst ayırımını) ve süresini saptamamızı sağlar. Oksijen satürasyonunun izlenmesi, postapneik ve/veya nonapneik desatürasyonların varlığını, derecesi ve süresini saptar. Nabız ve EKG kaydı ile kardiyak patolojilerin (ritm bozuklukları, myokard iskemisi, ventriküler hipertrofi vs.) ve apneik epizodlarla ilişkisinin saptanması mümkün olur. EMG tibialis ile, uyku sırasındaki periyodik bacak hareketleri araştırılır.

2.5.2.1 OSAS'da Karakteristik PSG Bulguları

Yüzeysel uykuda (NREM evre 1,2) artma, derin uyku (NREM evre 3,4) ve REM periyodunda azalma izlenir. Sık tekrarlayan apneler (genellikle %80'den fazlası obstrüktif tiptedir), hipopneler ve arousal' lar saptanır. Klinik önemi olan olgularda AHI > 15' dir. Sık tekrarlayan oksijen desatürasyonu epizodları izlenir. REM uykusu apnelerin sıklığını, süresini, oksijen desatürasyonunun derecesini ve süresini artırmaktadır. Paradoksal göğüs ve karın hareketleri tipiktir. Apne sırasında kalp hızı genellikle yavaşlar ve postapneik

dönemde hızlanır, aritmiler görülebilir. Solunum sesi kaydı yapıldıysa, sık tekrarlayan apne epizodları ile kesilen düzensiz, gürültülü horlama duyulur (9).

2.5.2.2 OSAS' ın PSG sınıflaması

Apne-hipopne indeksi 5'den büyük olgular OSAS olarak kabul edilirler. OSAS'ın AHI'ye göre şiddet sınıflaması Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Obstrüktif uyku apnesi sendromu derecelendirmesi

AHI	OSAS DERECE
< 5	Basit horlama
5-15	Hafif
15-30	Orta
>30	Ağır

AHI: apne/hipoapne indeksi

2.6 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Komplikasyonları

OSAS komplikasyonlarının temelinde iki mekanizma yer almaktadır. İlki; asifiksi ve kapalı havayoluna karşı inspirasyon yapılmaya çalışılması (uyku sırasında sık tekrarlayan Müller manevraları). Bu durum intraplevral basınç dalgalanmalarına ve intratorasik negatif basınç artışına, sonuçta hipoksemi, hiperkapni ve asidoza neden olur. Bu değişiklikler sistemik hipertansiyondan ani ölümlere kadar bir dizi OSAS komplikasyonundan sorumlu tutulmaktadır.

İkinci olarak sık tekrarlayan apne ve arousal'lara bağlı olarak otonom sinir sisteminin aktivasyonu ve bunun sonucunda kardiyak aritmilerden gündüz aşırı uyku hali ve trafik kazalarına kadar bir dizi komplikasyonun gelişmesidir. Ancak önemli bir nokta bu iki olayın birbirinden bağımsız olmayışıdır. Bu olaylar birbirlerini etkilemekte ve OSAS sonuçlarının birçoğunda ortak faktör olarak rol oynayarak OSAS morbidite ve mortalitesini belirlemektedir (9).

2.6.1 Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkiler

OSAS tekrarlayan apne ve arousal periyotları ile kardiyovasküler sistemi ciddi hormonal, nöral, hemodinamik ve mekanik etkilere maruz bırakmaktadır.

OSAS'da düzensiz uyku sempatik sistemin aktive olmasına ve katekolamin salınımında artışa yol açar. Buna bağlı olarak metabolik regülasyon bozulur, insülin rezistansı gelişir. Katekolamin artışı kalp atım hızını ve kan basıncını artırır.

Hipoksi ile oksidatif stres artar, hiperkoagülabilité ve endotel disfonksiyonu gelişir. Tüm bunlar ateroskleroza zemin hazırlar. Artan intratorasik basınç, sol ventrikül ön yükünde azalma, sağ ventrikül ön yükünde artışa neden olur. Böylece sol ventrikül atım hacmi ve fonksiyonu azalır. Kardiyovasküler hastalıkların gelişiminde bu mekanizmalar rol almaktadır.

Tüm bu mekanizmalar ile gelişen kardiyovasküler sistem komplikasyonları;

- 1- Arteriyel hipertansiyon
- 2- Koroner arter hastalığı
- 3- Kardiyak aritmi
- 4- Ani kardiyak ölüm
- 5- Pulmoner hipertansiyon
- 6- Kalp yetmezliği
- 7- İnme

2.6.2 Diğer Sistemler Üzerine Etkiler

Hemen hemen tüm major organ sistemleri üzerinde etkileri olan OSAS'ın, bu etkilerinin altında kronik hipoksi ve bölünmüş uyku yer almaktadır.

- 1- Trafik ve iş kazaları
- 2- Psikiyatrik bozukluklar; depresyon, anksiyete, demans
- 3- Seksüel disfonksiyon
- 4- Gastro-özefageal reflü

5- Diğer; İşitme kaybı, glokom

2.7 Glokom

OSAS ile ilişkili olduğu düşünülen göz hastalıkları; glokom, non-arteritik iskemik optik nöropati, düşük göz kapağı sendromu, bilateral optik disk ödemi, pitozis, blefarit, papiller konjonktivit, retinal vasküler tortiyozite, keratit ve santral seröz koryoretinopatidir (10).

Glokom, göz içi basıncı bozulup, optik sinir başı hasara açık hale geldiğinde oluşan histopatolojik değişikliklerdir. Patofizyolojisinde iki mekanizma öne sürülür, biri mekanik teori diğeri vasküler teoridir. Mekanik teoride artmış göz içi basınç (intraocular pressure, IOP), optik sinire direkt hasar verir. Burada IOP artışı aköz sıvının fazla salınmasına ya da emilim azlığına bağlı olabilir. Vasküler teoride ise sinir lifi tabakasını ve optik siniri besleyecek kan akımında yetersizlik vardır. Ateroskleroz ya da arterioskleroz yoluyla bozulan vasküler yapı mevcutsa, kısa PCA'nın beslediği anterior optik sinirde iskemi ve nöral dokuda kayıp olur (11).

Glokomun OSAS ile ilişkili olan iki tipi; normal basınçlı glokom (normal tension glaucoma (NTG)) ve primer açık açılı glokomdur (and primary open-angle glaucoma (POAG)). POAG daha sık görülür. İki gruptada hastalar genellikle asemptomatiktir. Bu nedenle göz muayenesi olmadan tanı alamazlar. Muayenede, optik kapta derinleşme, genişleme ve vertikal uzama, peripapiller atrofi, optik disk kanamaları, iki sinir arasında asimetri, sinir lifi tabakasında kayıp vardır (11).

OSAS ve glokom ilişkisini araştıran bir çok yayın mevcuttur. Bu yayınların bazılarında OSAS hastalarında glokom sıklığının arttığı gösterilmiştir. Ancak bazı çalışmalarda ise bu ilişki gösterilememiştir. Glokom hastalarında uyku bozuklukları sorgulandığında, kontrol grubuna göre daha yüksek sıklıkta solunum ilişkili bozuklukların görüldüğü anlaşılmıştır (12). Glokom ile OSAS'ı ilişkilendiren teorilerde tekrarlayan apnelere bağlı optik sinir başının kan akım otoregülasyonunun bozulması, arterioskleroza ve değişken kan basıncına ikincil optik sinirin vasküler disregülasyonu ve tekrarlayan ve

uzamış hipoksinin optik sinire direkt hasarı düşünülmektedir (11). Bir diğer yaklaşımda ise tekrarlayan apneler sırasında intrakranial basınç artışı, IOP' u arttırabilir. Özellikle tedaviye dirençli glokomlarda OSAS düşünülmelidir (8).

2.8 Obstrüktif Uyku Apnesi Sendromu Vaskülopati Patogenezi

OSAS hastalarında, vaskülopati gelişimindeki potansiyel mekanizma; tekrarlayan hipoksemi, hiperkapni, intratorasik basınçtaki ani değişimler, otonom, hemodinamik, salgısal (humoral) ve nöroendokrin sistemlerde çok çeşitli değişikliklere sebep olur. Bu değişiklikler kardiyovasküler sistemde akut değişiklikler yapmanın yanı sıra, solunumun normal olduğu gündüz saatlerinde de bu etkileri yaparlar.

1- Hipoksemi ve hiperkapni sonucu kemorefleks aktivasyonu, peripheral vasküler yapılara sempatik vazokonstriksiyon uyarısına sebep olur. Kan basıncı ve dolaşımdaki katekolaminler artar.

2- Hipoksemiye bağlı endotelin üretimi artar. Endotelin potent bir vazokonstriktördür. Endotelin etkisi saatler sürdüğü için gündüz kan basıncı yüksekliği devam eder.

3- Üçüncü bir mekanizma vaskülopati için, endotel disfonksiyonu. Damar içini döşeyen endotel hücreleri endotelin üretirler. Ayrıca asetilkolin infüzyonu yapılırsa, vazodilatatör olan nitrik oksit salgılarlar. Bozulmuş endotel fonksiyonu, hipertansiyon ve aterosklerozda karakteristiktir ve OSAS hastalarında tekrarlayan hipoksemi ve basınç dalgalarından dolayı endotel disfonksiyonu olabilir. OSAS hastalarında uyanık oldukları durumda, endotel disfonksiyonuna başka bir sebep yokken ve ek hastalık bulunmazken bile, intraarteriyel asetilkoline endotel hücreleri aracılı vazodilatatör yanıtın belirgin azaldığı görülmüştür. Yani nitrik oksit salınımı azalır. Sağlıklı OSAS hastalarında, gizli endotel disfonksiyonu ileride gelişebilecek hipertansiyon ve vasküler hastalığa zemin hazırlar (13).

2.9 Orbita Anatomisi

Orbita; tabanı önde, tepesi arka-iç tarafta dört yüzlü piramide benzeyen bir çukurdur. Orbitanın duvarları paries superior, paries inferior, paries medialis ve paries lateralis olmak üzere dört kısımda incelenir. Paries süperior'u, frontal kemiğin pars orbitalis'i ile sphenoid kemiğin ala minor'u yapar. Paries inferior'u, maxilla, zigomatik kemiğin facies orbitalis'i ve palatin kemiğin processus orbitalis'i meydana getirir. Paries medialis'i, maxilla'nın procesus frontalis'i, sphenoid kemiğin corpus'u, lakrimal kemik ve ethmoid kemiğin pars orbitalis'i yapar. Paries lateralis'i, sphenoid kemiğin ala major'u, frontal kemiğin pars orbitalis'i ve zigomatik kemik oluşturur.

Orbita'nın tepesi canalis opticus'tadır. Tabanı sınırlayan kemikler, üstte frontal kemiğin pars orbitalis'inin ön kenarı, medialde maxilla'nın procesus frontalis'i, altta medialde maxilla'nın facies orbitalis'i, lateralde zigomatik kemiğin pars orbitalis'inin ön kenarıdır.

Fissura orbitalis superior'un üst bölümünden, n. lacrimalis, n. frontalis, n. trochlearis ve v. ophthalmica superior geçer. Fissura orbitalis superior'un orta bölümünden, n. oculomotorius'un ramus superior ve ramus inferior'u, n. nasociliaris ve n. abducens geçer. Fissura orbitalis superior'un alt bölümünde ise v. ophthalmica inferior geçer. Fissure orbitalis inferior'dan n. zygomaticus, n. infraorbitalis ve a., v. infraorbitalis geçer. Canalis opticus'tan n. opticus ve a. ophthalmica geçer.

Orbita'nın içerisinde göz, gözün yardımcı oluşumları, damarlar, sinirler ve corpus adiposum orbita bulunur. Corpus adiposum orbita vücutta enerji ihtiyacı için sarfedilmeyen tek yağ dokusudur, sadece aşırı su kaybında volümü azalır. (14)

2.9.1 Bulbus Oculi

Orbita'da Yer Alan ve görme ile ilgili olan organdır. Bulbus oculi küre şeklinde olup ön kısmı arkaya göre kabarıktır. Bu kabarıklık olan kısım, gözün 1/6'sını oluşturur. Ortalama çapı 2.4 cm'dir ve bununla ilgili üç eksen tarif edilir.

Axis bulbi: Bulbus oculi'nin kendi eksenidir. Göz küresinin ön ve arkadaki en çıkıntılı noktalarından (polus anterior, polus posterior) geçer.

Axis opticus: Görme ile ilgili eksen olan axis opticus lens'in polus posterior'u ile fovea centralis arasında uzanır. En önemli eksen budur.

Equator bulbi oculi: Göz küresini ön ve arka iki parçaya ayıracak şekilde ortadan geçen çembere equator bulbi oculi denir.

Bulbus oculi dıştan içe doğru tunica fibrosa bulbi, tunica vasculosa bulbi ve tunica interna bulbi olmak üzere üç tabakadır. N. opticus bu üç tabakayı da deler.

2.9.1.1 Tunica Fibrosa Bulbi

Bunun 1/6 ön bölümüne cornea, 5/6 bölümüne ise sclera adı verilir. Tunica fibrosa'nın fonksiyonları derindeki yapıları korumak, kaslara tutunmaları için düzgün yüzey sağlamak ve göz içi basıncını sabit tutmaktır.

A) Cornea: Saydam ve damarsız olup 0.8-1.0 mm kalınlığındadır. Bulbus oculi'nin ön tarafında yer alan ve konveksliği daha fazla olan bölümüdür. Bulbus oculi'ye gelen ışığın ilk ve en çok kırıldığı bölgedir. Cornea ile scleranın birleşim yerine limbus corneae adı verilir. Bu birleşim yerinde sclera'nın yapısı içerisinde sinus venosus sclerae adı verilen bir kanal yer alır. Buradan humor aquosus emilir. Cornea'da kan ve lenf damarı bulunmaz. Aa. Ciliares anteriores'in uzantıları cornea kenarında halka şeklinde sonlanır.

Cornea; epithelium anterius, lamina limitans anterior, substantia propria, lamina limitans posterior, epithelium posterius isimli beş tabakadan oluşur. N. ciliaris'ten ayrılan sinir lifleri cornea kenarında halka şeklinde bir plexus oluşturur. Bunların terminal dalları plexus subepithelialis ve plexus intraepithelialis olarak cornea'nın inervasyonunu sağlar.

B) Sclera: Opak olup kollajen liflerinden zengindir. Dış yüzü beyaz, iç yüzü kahverengidir. Tunica vasculosa bulbi tabakasından spatium perichoroideale adı verilen bir aralık ile ayrılır. Spatium perichoroideale çok ince bir aralıktır ve burada lamina suprachoroidea (lamina fusca sclerae) denen damarsız, bol kollajen ve elastic lif içeren bir

doku bulunur. Bu doku aracılığıyla sclera tunica vasculosa bulbi'ye gevşek olarak tutunur. Dış yüzü ise, orbita'da bulunan diğer oluşumlardan vagina bulbi (Tenon kapsülü) ile ayrılır. Sclera ile Tenon kapsülü arasındaki boşluğa spatium episclerale adı verilir. Sclera'nın arka tarafında delikli bir saha bulunur ve buradan n. opticus'a ait lifler geçer. Bu delikli bölüme lamina cribrosa sclerae denir. Lamina cribrosa sclerae'nin ortasında bulunan bir delik diğerlerinden daha büyük olup buradan retinayı besleyen a. centralis retinae ve ona yandaşlık eden v. centralis retinae geçer. Lamina cribrosa sclerae'nin etrafında a., v. ve n. ciliaris'ler sclera'yı delerek daha içte bulunan katlara geçer. Lamina cribrosa sclerae, sclera'nın en zayıf bölgesidir. Glokom'da olduğu gibi IOP arttığında lamina cribrosa sclera dışa doğru çıkar.

Sclera'nın cornea ile birleşim yerinde m. ciliaris'lerin tutunduğu, bağ dokusundan yapılmış tendo centralis adı evrilen bir alan bulunur. Bu alanı, retinaculum trabeculare (lig. pectinatum) denilen ağımsı bir yapı ön ve dış tarafından çevreler. Bu yapı camera anterior'u sinus venosus sclerae'dan (Schlemm kanalı) ayırır. Lig. Pectinatum'un liflerinin arasına Fontana aralıkları da denir. Bu aralıklar camera anterior'u Schlemm kanalına bağlayan aralıklardır. Camera anterior'daki sıvı buradan emilir.

Sclera'nın cornea'ya yakın olan ön bölgesinde ise vv. vorticosae adı verilen 4-5 adet ven sclera'yı deler. Sclera'nın kalınlığı arkada n. opticus'un deldiği yerde ortalama 1mm iken öne doğru inceler ve cornea yakınlarında ortalama 0.4 mm olur. Sclera ve cornea'nın birleşim yerindeki oluğa silcus sclerae adı verilir.

N. opticus dıştan içe doğru dura mater, arachnoidea mater ve pia mater adı verilen beyin zarları ile sarılıdır. Bu yüzden bulbus oculi beynin bir uzantısı olarak kabul edilir. A. ve v. centralis retinae n. opticus'un içerisinde ve ortasında ilerler (14).

2.9.1.2 Tunica Vasculosa Bulbi

Bu tabaka arkadan öne doğru sırasıyla; choroidea, corpus ciliare ve iris olmak üzere üç kısımdan oluşur.

A) Choroidea: Tunica vasculosa bulbi'nin arkadan ora serrata'ya kadar olan koyu kahverengi kısmıdır. Sclera'dan spatium perichoroideale aracılığıyla ayrılır.

Choroidea damardan çok zengin bir tabakadır. Arkada bu tabakayı yine n. opticus deler. Dış yüzü lamina suprachoroidea aracılığıyla sclera'ya gevşek olarak tutunur. İç yüzü retina'nın pigment tabakasına sıkıca yapışır. Choroidea'nın arterleri aa. ciliares posteriores breves'in dallarıdır. Önde ora serrata'ya kadar devam eder.

Choroidea kendi içinde 3 tabakaya ayrılır.

Lamina vasculosa: Burada aa. ciliares posteriores breves bulunur. Bu arterler discus nervi optici'nin çevresindeki bölgede sclera'yı delerek damar tabakasına ulaşır ve öne doğru ilerler. Venler daha geniş çaplı olup sayıları 4 veya 5 vv. vorticosae'yı oluşturur. Vv. vorticosae ise sclera'yı delerek v. ophthalmica'lara dökülür.

Lamina choriocapillaris: Retina'dan çok ince olan lamina basalis ile ayrılır ve retina'yı besleyen arterlerin bir kısmını oluşturur. Özellikle bulbus oculi'nin arka kısmında sık bir damar ağı yapar. Bu damar ağı öne, corpus ciliare'ye doğru yaklaştıkça genişleyerek processus ciliares'teki kapiller damarlar ile birleşir.

Lamina basalis: En içte yer alan ve retina'ya sıkıca tutunan tabakadır. Çok ince yapıda olan lamina basalis'in fonksiyonu kesin olarak bilinmemekle birlikte sıvı ve çözünmüş maddelerin lamina choriocapillaris'teki kapillerlerden retina'ya geçişi ile ilgili olduğu ve aynı zamanda retina'daki pigment hücreleri ve reseptörlerinin orientasyonu için düzgün bir yüzey sağladığı düşünülmektedir.

B) Corpus ciliare: Tunica vasculosa bulbi'nin ora serrata'dan öne doğru devam eden kısmıdır. Esas yapısını m. ciliaris ve bağ dokusu oluşturur. Lens'in terinde tutulmasını sağlar ve akomodasyonu gerçekleştirir. Akomodasyon görüntünün fovea centralis'e odaklanmasına denir. Corpus ciliare ayrıca humor aquosus'un salgılanmasından sorumludur. Corpus ciliare, gri renkli olup damarsal açıdan çok zengindir. İki kısma ayrılır: 1. Pars plicata ciliaris (corona ciliaris), önde yer alan kısım olup burası iris'in etrafında bulunur ve taç şeklinde iris'i çevreler. Buradaki yapılar ora serrata'dan başlayıp iris'e doğru ışınal tarzda uzanan ince plikalardır (plicae ciliares). 2. Pars plana ciliaris (orbiculus ciliaris), daha arkada yer alan kısımdır.

Pars plana ciliaris'in arka yüzünde sayıları 70-80 arasında değişen processus ciliares denen çıkıntılar bulunur. Processus ciliaris'lerin arasındaki daha küçük kabarıntılara plicae ciliares adı verilir. Processus ciliares'ten lens'e doğru uzanıp onu yerinde tutan ve fibrae zonulares adı verilen lifler başlar. Fibrae zonulares aynı zamanda akomodasyon olayında da fonksiyon görür.

Humor aquosus, processus ciliares'ten salgılanarak lens'in ön yüzü ile iris'in arka yüzü arasındaki bölgeye (camera posterior) akar. Pupilla adı verilen delikten camera anterior'a geçer. Daha sonra iris ile cornea'nın birleşim yeri olan angulus iridocornealis'e gelir ve sclera'da bulunan trabeküler dokudan geçerek sinus venosus sclerae'ya (Schlemm kanalı) dökülür.

Corpus ciliare'de m. ciliaris adı verilen düz kas lifleri yer alır. M. ciliaris oblik, longitudinal ve sirküler yönde seyreden kas liflerinden oluşur. N. oculomotorius'a ait postganglioner lifler tarafından inerve edilir. Bu sinir lifleri nn. ciliares breves içerisinde gelir. M. ciliaris, yakındaki bir objeyi net görebilmek için göz uyumunda (akomodasyon) rol oynar. Bu kas kasıldığında lig. pectinatum'dan başlayan ucu (iris'e yakın kısım) sabit kalır. Diğer ucu ise processus ciliaris'leri lens'e doğru çeker. Öylece processus ciliaris'ler ile lens arasında uzanan lifler gevşer ve lens kalınlaşır. Kasılma sonrası kas liflerinin ora serrata ucu elastic liflerce arkaya çekilir, fibrae zonulares gerilir ve lens incelir.

Corpus ciliare'ye aa. ciliares posteriores breves, aa. ciliares posteriores longae ve aa. ciliares anteriores'ten dallar gelir. Bunlar corpus ciliare içerisinde anastomoz yapar.

C) İris: Pupilla adı verilen deliğin etrafında bulunan ve daralıp genişleme yeteneğine sahip olan bir yapıdır. İris'in margo ciliaris denen bir dış kenarı ve margo pupillaris denilen bir iç kenarı vardır. Pupilla, bulbus oculi'ye giren ışığın kontrol edildiği deliktir. İris 12 mm çapında ortası delik bir bölme şeklinde cornea ile lens arasında yer alır. İris'te bulunan düz kas lifleri bu kontrol olayında önemli rol oynar.

İris, cornea'ya lig. pectinatum denilen ligamentler ile bağlıdır. İris'in ön yüzüne facies anterior, arka yüzüne faices posterior denir. Ön yüzü camara anterior'a, arka yüzü ise lens'e bakar. İris'in ön yüzü ile cornea'nın arka yüzü arasındaki açığa angulus

iridocornealis adı verilir. Burada humor aquosus bulunur. Iris'in arka yüzü camera postero'u önden sınırlar ve orta bölümü ile lens'e yaslanmış durumdadır.

Pupilla'nın daralıp genişleme olayı iris'te bulunan iki düz kas tarafından sağlanır.

1. M. dilator pupillae: Pupilla'yı genişletir (midriasis), Ganglion cervicale superius'dan gelen sempatik sinir lifleri tarafından inerve edilir.

2. M. sphincter pupillae: Pupilla'Yı daraltır (myosis), N. oculomotorius'a ait parasempatik sinir lifleri tarafından inerve edilir.

Camera anterior cornea'nın arka yüzü ve iris'in ön yüzü arasında yer alır. Periferik kısmına angulus iridocornealis denir. Camera posterior iris, lens ve corpus ciliare arasında bulunur. Pupilla camera anterior ile camera posterior'u birbirine bağlar.

İris'in rengi popülasyonda çok açık maviden çok koyu kahverengiye doğru değişen koyulukta olabilir. İris'in rengi burada bulunan pigmentin miktarı ve bulunduğu tabakaların farklı oluşundan dolayı değişkenlik gösterir.

İris'e postganglionik sempatik ve parasempatik lifler gelir. Ganglion cervicale superius'tan gelen postganglionik sempatik sinir lifleri a. carotis interna ve a. ophthalmica çevresindeki pleksuslar ile orbitaya girer ve daha sonra n. nasociliaris'ten ayrılan nn. ciliares long içerisinde m. dilator pupillae'ya ulaşır. Bir kısım sempatik sinir lifleri ise ganglion ciliareye uğrayarak burada sinaps yapmadan nn. ciliares breves içinde m. dilator pupillae'ye gelir ve midriasis'e neden olur.

N. oculomotorius'a ait preganglionik parasempatik sinir lifleri orbita'da bulunan ganglion ciliare'de sinaps yapar. Buradan postganglionik lifler, nn. ciliares breves içinde seyrederek m. sphincter pupillae'ya ulaşır ve myosis'e neden olur.

İris'in damarları: Aa. ciliares posteriores longae, aa ciliares anteriores ve processus ciliaris'lerdeki damarlar tarafından beslenir. İris'in dış kenarında circulus anterosus iridis major'u yapar. Bu damar ağından çıkan ince damarlar iris'in pupilla'yı sınırlayan serbest kenarına doğru ilerler ve burada da circulus anterosus iridis minor adı verilen küçük damar ağını oluşturur (14).

2.9.1.3 Tunica Interna Bulbi (Retina, Tunica Nervosa)

Bulbus oculi'nin görme ile ilgili kısmı olup, stratum pigmentosum ve stratum nervosum olmak üzere iki tabakadan oluşur. Stratum pigmentosum, corpus ciliare ve iris'in arka yüzlerinde de devam eden, tunica vasculosa'nın tüm iç yüzünü örten pigment tabakasıdır. Stratum nervosum ise stratum pigmentosum'un iç yüzünde discus nervi optici'den ora serrataya kadar uzanır. Böylece retina iki kısımda incelenebilir. 1. N. opticus'tan ora serrataya kadar olan kısım (pars optica retinae), 2. Ora serrata'dan öne doğru uzanan (pars caeca retinae). Pars caeca retinae'yı corpus ciliare ve iris'in arka yüzüne doğru devam eden stratum pigmentosum yapar. Bulunduğu yere göre, corpus ciliare'yi örten bölümüne pars ciliaris retinae ve iris'in arka yüzünü örten bölümüne pars iridica retinae denir.

Retina'nın stratum nervosum kısmı histolojik kesitte dıştan içe doğru on tabakadan oluşur:

- 1- Stratum segmentorum externorum
- 2- Stratum segmentorum internorum
- 3- Stratum limitans externum
- 4- Stratum nucleare externum
- 5- Stratum plexiforme externum
- 6- Stratum nucleare internum
- 7- Stratum plexiforme internum
- 8- Stratum ganglionicum
- 9- Stratum neurofibrarum
- 10- Stratum limitans internum

Stratum nervosum 10 tabakalı (multilaminar) kompleks bir yapıdır. Işığa duyarlı hücreleri (koni ve basil hücreleri), bipolar ve multipolar ganglion hücreleri ve bunlara ek olarak internöronları, nöral elemanları ve damarları içerir. Koni ve basil hücreleri stratum nervosa retinae'nın periferinde yer alır. Yani ışık cornea, humor aquosus, lens ve corpus vitreum'u geçtikten sonra stratum nervosum'un tüm tabakalarını da geçerek bu

fotoreseptörlere ulaşır. Bu hücreler ışık uyarısını elektrik uyarılarına çeviren özelleşmiş hücrelerdir. Koniler gün ışığında ve renkli, basiller ise az ışıktaki ve gece görmeyi sağlarlar. Buna göre konilerin harabiyeti körlüğe neden olur denebilir, basillerin harabiyeti ise gece körlüğüne yol açar. İnsan retinasındaki basillerin sayısı 110-125 milyon, konilerin sayısı ise 6.3- 6.8 milyon kadardır. Fovea centralis’de sadece koni hücreleri bulunur.

N. opticus retina’yı discus nervi optici denilen bölgede deler. Discus nervi optici’nin ortalama 3 mm lateralindeki halka şeklindeki bölgeye macula lutea adı verilir. Macula lutea’nın ortasında görmenin en keskin olduğu küçük bir çukur bulunur ki buraya fovea centralis denir. Burada sadece koni hücreleri yer alır. Discus nervi optici ise kör nokta olarak isimlendirilir. Burada ışığa duyarlı hücre yoktur. Bunun ortasında excavation disci denilen çukur bulunur ve buradan a. centralis retinae geçer.

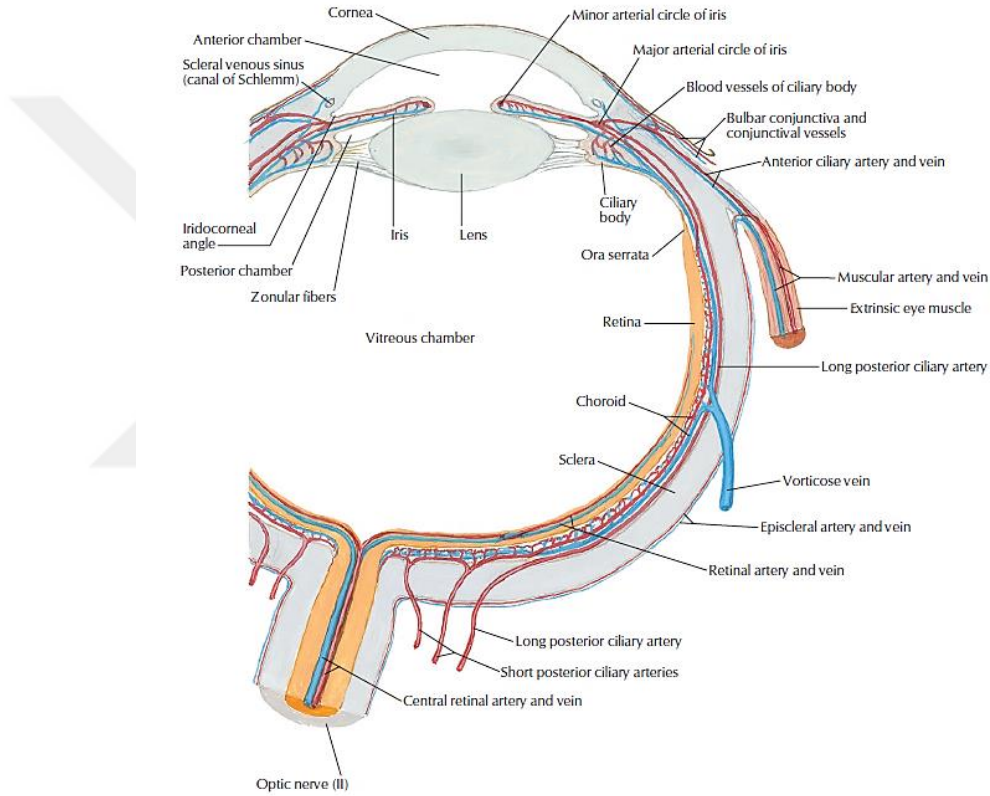
Retina’nın damarları: Retina’nın arter ve venleri iki gruptur. A., v. ciliaris’ler ve a., v. centralis retinae. Retina bu iki grup damar arasında yer alır ve her ikisi tarafından beslenir (Şekil 2.2).

A. centralis retinae: A. ophthalmica’nın dalıdır. N. opticus içine bulbus oculi’nin 1-2 cm arkasından girer. N. opticus’un ortasında ilerler ve lamina cribrosa’dan geçerek retina’ya ulaşır. Burada vücudun diğer tüm arterlerine göre bir farklılığı vardır. A., v. centralis retinae ve dalları oftalmoskop ile incelendiğinde çıplak gözle görülebilir. Vücutta başka hiçbir arter bu şekilde dıştan bakıldığında görülemez. Bu özellik klinik açıdan önemlidir. Discus nervi optici’nin ödemi (papilloedema) kafa içindeki basıncın artmış olduğunun göstergesidir. Bu basınç n. opticus’un çevresindeki spatium subarachnoidale aracılığıyla n. opticus’a ve v. centralis retinae’ya bası yapar. Bu da oftalmoskopi ile yapılan basit bir muayene ile ortaya konur.

A. centralis retinae, lamina cribrosa’da superior ve inferior olmak üzere iki dala ayrılır. Bu iki dal da tekrar ikiye ayrılarak retina’nın her dörtte bir parçasını besler. Bu uç dallar stratum nervosum içinde daha küçük dallara ayrılır. Herbir dörtte bir alanın arterleri birbirleriyle anastomoz yapmaz ve arterio-venöz şant yoktur.

A. centralis retinae’nın dalları:

- arteriola temporalis retinae superior
- arteriola temporalis retinae inferior
- arteriola nasalis retinae superior
- arteriola nasalis retinae inferior



Şekil 2.2: Gözün intrinsik arter ve venleri (Frank H. Netter, MD. Atlas of Human Anatomy'den uyarlanmıştır (15)).

2.9.2 Orbita Vasküler Anatomisi

Arteria carotis internanın sinus cavernosus'dan sonraki ilk dalı olan a. ophthalmica, canalis opticus'tan n. opticus ile birlikte geçer. Orbitanın tüm yapılarını

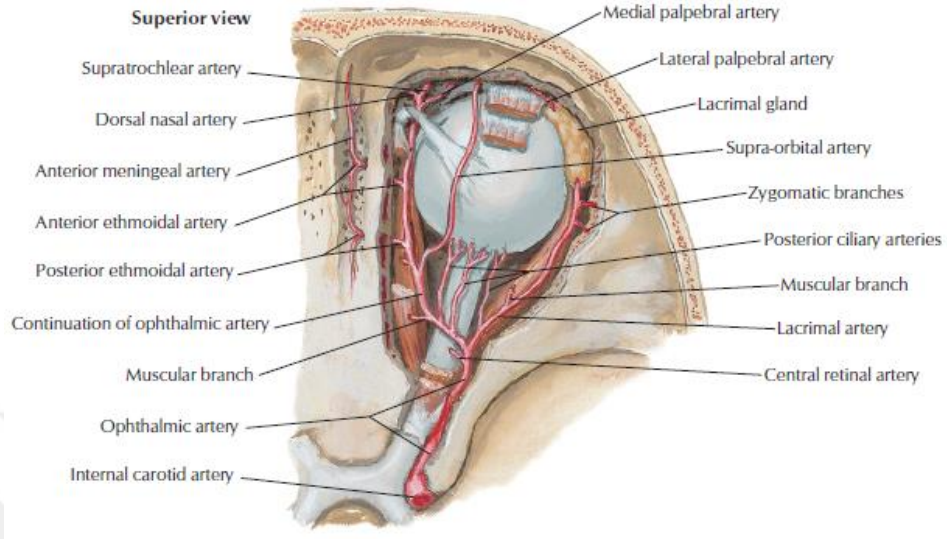
besler. A. centralis retinae, a. ophthalmica'nın ilk dalı olup, n. opticus içine bulbus oculi'nin 1-2 cm arkasından girer. N. opticus'un ortasında ilerler ve lamina cribrosa'dan geçerek retina'ya ulaşır. Retina'nın iç yüzeyinde bulunan discus nervi optici'nin ortasında excavation disci denilen çukur bulunur ve buradan a. centralis retinae geçer. A. centralis retinae, lamina cribrosa'da superior ve inferior olmak üzere iki dala ayrılır. Bu iki dal da tekrar ikiye ayrılarak retina'nın her dörtte bir parçasını besler. Bu uç dallar stratum nervosum içinde daha küçük dallara ayrılır. Herbir dörtte bir alanın arterleri birbirleriyle anastomoz yapmaz ve arterio-venöz şant yoktur.

A. centralis retinae'nin dalları:

- arteriola temporalis retinae superior
- arteriola temporalis retinae inferior
- arteriola nasalis retinae superior
- arteriola nasalis retinae inferior

A. ophthalmica'nın diğer dalları a. lacrimalis, a. ciliaris posteriores, bazı müsküler dallar, a. supraorbitalis, a. ethmoidalis, a. palpebralis medialis ve terminal dallardır.

A. ciliaris posteriores 1-5 daldan oluşabilir ve aa. ciliares posteriores breves ve aa. ciliares posteriores longae dallarına ayrılır. Aa. ciliares posteriores breves sayısı 6-12, aa. ciliares posteriores longae sayısı ise 2'dir. Lamina cribrosa sclerae'nin etrafında, a. ciliaris'ler sclera'yı delerek daha içte bulunan katlara geçer. Aa. ciliares posteriores choroid tabakayı, corpus ciliare, discus nervi optici ve iris'i besler (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Orbitanın arterleri (Frank H. Netter, MD. Atlas of Human Anatomy'den uyarlanmıştır (15)).

2.10 Orbita Damarlarının Otoregülasyon Fizyolojisi

Bir organın vücut kan akımındaki değişikliklere rağmen kendisine gelen kan akımının devamını lokal faktörleri değiştirerek devam ettirmesine otoregülasyon denir. Göz için otoregülasyon, perfüzyon basıncı değişimlerinde, lokal vazokonstriksiyon ya da dilatasyon ile damar direnci değiştirilerek, besin desteğinin devam ettirilmesidir. Bu sağlanamadığı takdirde, metabolik ihtiyaç karşılanamaz ve optik sinirde ve/veya ganglion hücrelerinde iskemik hasar oluşur. Gözde otoregülasyonun bozulmasında ateroskleroz, vazospazm ve endotel disfonksiyonu gibi faktörler yer almaktadır. Serebral otoregülasyonda olduğu gibi gözde de lokal gaz değişimleri önemlidir. Hiperoksi ve hipokapni arteriyel vazokonstriksiyonu ve buna bağlı optik sinir başında kan akımında azalmayı, hipoksi ve hiperkapni ise vazodilatasyon ve kan akımında artışı uyarır.

Koroner dolaşımda olduğu gibi oküler dokuda retrobulber ve koroidal dolaşımda da otonom sinir sisteminin etkisi mevcuttur. Ancak retinal ve optik sinir başı vasküler

yatağı direkt inervasyondan yoksundur. Bu nedenle sempatik sistem optik sinir başı perfüzyonunda direkt değil indirekt etki eder.

Çalışmalar göstermiştir ki, oküler endotelde bazal seviyede üretilen nitrik oksit vazodilatasyona neden olur. Aynı zamanda endotelin-1 ile optik sinir başına ulaşan kan akımı arasında doz bağımlı ilişki vardır. Nitrik oksit, glokom, iskemi ve diabetes mellitus gibi streslerde, endoteli ve sinir fiber tabakasını korumak için otoregülatuar rol oynar (16).

2.11 Optik Koherens Tomografi

2.11.1 Çalışma Prensibi

Optik koherens tomografi (OCT); biyolojik doku katmanlarını, mikron düzeyinde yüksek çözünürlükte tomografik kesitler olarak görüntüleyen, yeni bir tıbbi görüntüleme tanı yöntemidir. Dokulara gönderilen ve farklı doku katmanlarından geri yansıyan infrared ışığın yansıma gecikme zamanını ve şiddetini ölçerek, dokuların ve patolojilerinin B-mod ultasonografiye benzer bir şekilde ama ondan çok daha yüksek çözünürlükte (1-15 mikron (μm)) kesit görüntülerinin alınmasına olanak tanır (17).

OCT teknolojik olarak bir parsiyel koherens interferometredir (low coherence interferometry). Koherent ışık terimi lazer ışığı gibi tek dalga boyundaki ışığı tanımlamaktadır. Parsiyel koherent ışık ise kısa bir aralıkta farklı dalga boyundaki ışın demetini içermektedir. OCT’de kullanılan parsiyel koherent ışık, superluminesent diod laser (SLD) cihazından sağlanan kızılötesi lazer ışığıdır (çeşitli firmalar tarafından üretilen OCT cihazlarında kullanılan kızılötesi ışığın dalga boyu 800 ile 840 nm arasında değişmektedir). SLD cihazından gönderilen ~ 800 nm dalga boyundaki ışık göze yönlendirilmekte, bu sırada ışık ışın ayırıcı (beam splitter) olarak adlandırılan yarısaydam bir aynadan geçmektedir. Bu aynada ışın demeti ikiye ayrılarak yarısı mesafesi bilinen ve bu mesafe değiştirilebilen bir referans aynasına, diğer yarısı ise göze gönderilmektedir. Göze giden ölçüm ışığı, gözde ilerlerken geçtiği doku katmanlarının yapısına bağlı olarak farklı şiddette ve gecikme zamanıyla dalgalara ayrılarak geriye döner. Referans aynasına giden ışık ise bilinen bir mesafeden bilinen bir gecikme zamanıyla tek bir dalga olarak dedektöre ulaşır.

Dokulardan gelen ve doku katmanlarının sayısı kadar yansıma içeren ışık sinyali; referans aynasından gelen, yansıma mesafesi ve gecikme zamanı bilinen tek referans ışık sinyali ile interferometrede birleştirilir. Referans aynasının mesafesi değiştirilerek dokudan yansıyan ışığın yapısı değerlendirilir, bir yazılım programı aracılığıyla yansıma gecikmeleri mesafe birimlerine dönüştürülür. Dokuların reflektivitesi ise yansıyan ışığın şiddetini belirler. Böylece ultrasonun A dalgasına benzeyen bir görüntü elde edilir. Dairesel veya düz çizgi şeklinde dokuya gönderilen 128-512 arasında değişen sayıda ölçüm ışığı ile elde edilen A scan çizgiler yan yana getirilerek B-mod ultrason görüntüsüne benzer bir kesit görüntüsü elde edilir. OCT'de göz dokularında aksiyel çözünürlük ilk ticari formlar olan OCT-1 ve 2'de 12-15 µm iken, OCT-3 'te 8-10 µm olmuştur. İleri derecede yüksek (ultrahigh) çözünürlüklü OCT'de (UHR-OCT) ise çözünürlük 1-3 µm düzeyine düşürülmüştür. Transvers çözünürlük ise 20 µm düzeyindedir. Çözünürlük arttıkça retinanın katmanlarını saptama kapasitesi de artmaktadır.(17)

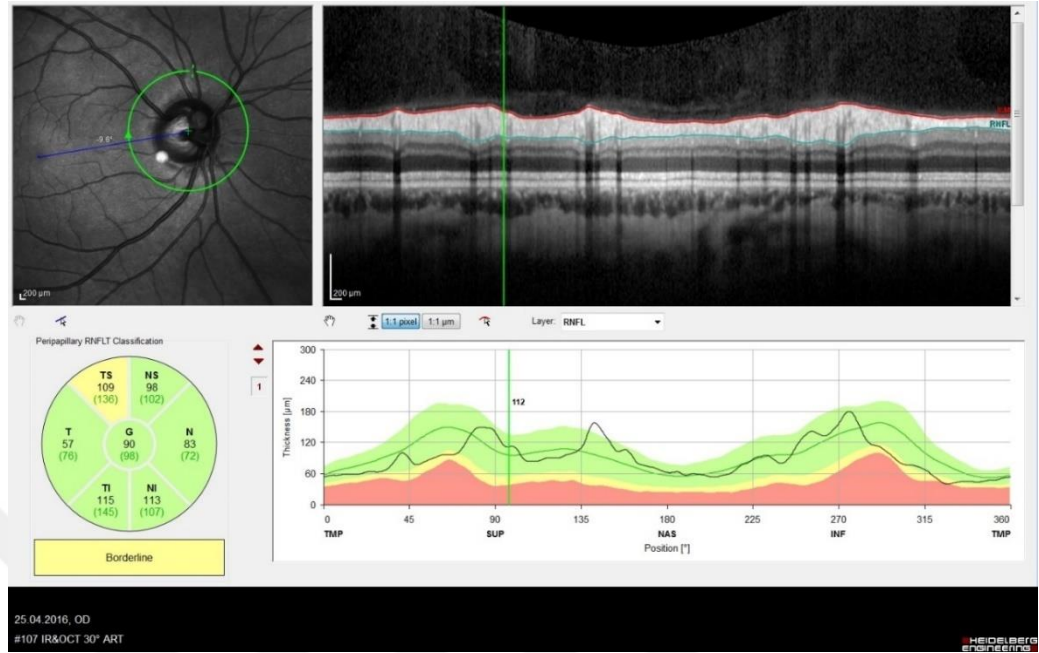
USde görüntünün ekosundan bahsedilirken, OCT'de reflektivite söz konusudur. Işığı geriye güçlü bir biçimde yansıtan dokular OCT'de güçlü ışık sinyali verirler ve hiperreflektif olarak değerlendirilirler (retina pigment epiteli gibi). Işığı geriye yansıtma özelliği düşük olan dokular ise hiporeflektif olarak değerlendirilirler (vitreus gibi). Retina sinir lif tabakası da hiperreflektiviteye sahip olduğu için OCT'de sınırları ve kalınlığı güvenilir bir şekilde saptanabilmektedir. OCT'de görüntüler B-mod ultrasonda olduğu gibi gri tonlarında elde edilebildiği gibi, maviden kırmızıya gökkuşağı tonlarında yalancı bir renklendirme yapılarak da verilebilir. Yalancı renklendirme ile doku katmanları uzman tarafından birbirinden birinden daha iyi ayırt edilebilmektedir. Burada hiperreflektif dokular (RNFL, retina pigment epiteli gibi) kırmızı ile hiporeflektif (vitreus, retina dış nükleer tabakası gibi) veya ışığı absorbe eden dokular (kan damarları, hemoraji gibi) ise mavi-siyah renk tonları ile yansıtılmakta, reflektivitesi bu iki uç nokta arasında yer alan doku katmanları ise kırmızı ile mavi arasındaki diğer gökkuşağı renkleriyle ifade edilmektedirler. OCT'de görüntü kalitesini ifade etmede sinyal/ gürültü (signal to noise) oranı kullanılmaktadır. Bu oran OCT'nin son versiyonlarında sinyal kuvveti (signal

strength) terimiyle gösterilmektedir. OCT ile elde edilen görüntülerin ve ölçümlerin güvenilir olduğunu kabul edebilmek için belli değerlerin üzerinde olması gerekmektedir (17).

2.11.2 OCT’de Peripapiller RNFL Kalınlık Ölçümü

Bu değerlendirmede OCT ile optik sinir çevresinde silindirik bir tarama yapılmakta, bu kesit iki boyutlu düzlemde yansıtılmaktadır. Standart olarak 3.4 mm çaplı dairesel kesit kullanılmaktadır. Retina sinir lif tabakası (RNFL) kalınlığı, kullanıcıya da referans düzlemi ihtiyacı olmaksızın otomatik bilgisayar algoritması ile belirlenmektedir. Taramanın yapılması OCT 1-2’de 1 saniye, OCT 3’de ise 0,5 saniye sürmektedir. Ölçümler RNFL’nin optik disk çevresindeki konumuna göre bir kalınlık haritası olarak; 6 saat kadranı, 4 kadrant ve ortalama RNFL kalınlığını verecek şekilde bir grafik halinde gösterilmektedir (Resim 2.1). Bu ölçümlerin güvenilir olması için 3.4 mm çaplı dairenin, kullanıcı tarafından eş zamanlı video görüntülerinde papilla etrafına tüm kadrantlarda eşit mesafede olacak şekilde konumlandırılması önemlidir. OCT ile ölçülen RNFL kalınlığı özellikle nazal kadranda, OSAS hastalarında yapılan çalışmalarda glokom gelişmesine dahi, azalmış olarak bulunmuştur (18). Ancak AHI ile RNFL kalınlığı arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır (19).

Yaşla beraber OCT ile yapılan RNFL kalınlık ölçümlerinde her 10 yıllık yaşlanma ile yaklaşık 1 μm ’lik bir azalma olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada RNFL kalınlığı ile görme alanı testleri arasında da yüksek derecede korelasyon saptanmıştır. (20). OCT 1-2’de ortalama RNFL kalınlığı normalde 100-130 μm arasında yer almakta, 100 μm altındaki değerler glokom lehine, 130 μm üzerindeki değerler ise optik sinir başı ödemi lehine değerlendirilmektedir. OCT 3’de ise RNFL kalınlığı yaşa göre oluşturulmuş bir normogram içinde gösterilerek hekime değerlendirme açısından kolaylık sağlanmıştır. RNFL anatomik yapıyla uyumlu olarak kadrantlarda çift hörgüç dağılımı göstermektedir: Superior ve inferiorda kalın, nazal ve temporalde ise incedir.



Resim 2.1: RNFL ölçümü (Heidelberg OCT cihazı)

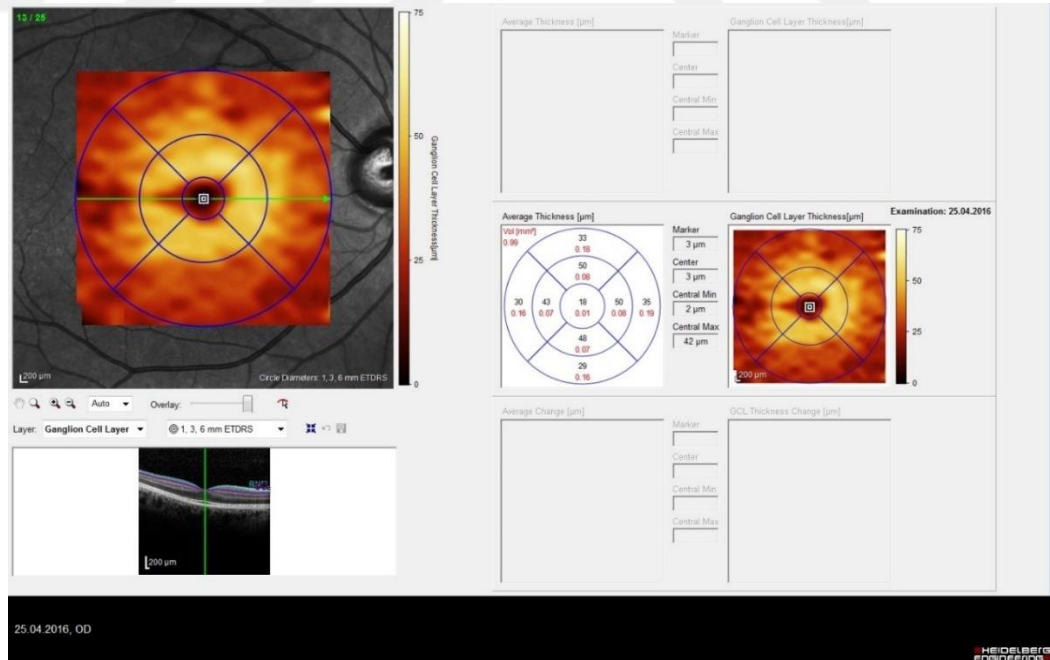
2.11.3 Optik Sinir Başı Analizi

Optik sinir merkezinden geçen 30 derece aralıklı 6 radyal OCT kesiti kullanılarak OSB ve optik sinir çukurunun topografik haritası çıkarılabilmektedir. Program yazılımı sayesinde retina pigment epiteli, koryokapillaris ve fotoreseptörlerin bittiği yer optik sinir başının başlangıcı olarak kabul edilmekte ve buna göre disk sınırları otomatik olarak belirlenmektedir. Bu durum özellikle tilted disk gibi kenarın saptanmasında güçlük oluşturan disk anomalilerinde OCT'ye avantaj sağlamaktadır. Pigment epitelinin bulunduğu düzlemin 150 µm üzerinden geçen transvers hattın altında kalan bölge disk çukurluğu (cupping) olarak kabul edilmekte ve bu şekilde cup-disc oranı, rim alanı, rim hacmi, cup alanı, cup hacmi hesaplanabilmektedir. Glokom tanı ve takibinde çok önemli olan bu parametreler böylece objektif bir şekilde elde edilebilmektedir (17).

2.11.4 Maküla Analizi

Foveadan geçen 30 derece aralıklı 6 radyal OCT kesiti kullanılarak santral ve parasantral makülada; alt, üst, temporal ve nazalde olmak üzere 9 maküla kadrının retina kalınlıklarını gösteren topografik bir harita çıkarılabilmektedir. Ağır dereceli OSAS'da, daha hafif OSAS'a göre temporal iç maküler kalınlığın artışı gösteren ve bunun hipokside gelişen hücre şişmesine ikincil olabileceğini tartışan yayınlar vardır (19).

OCT'de maküla analizinde değerlendirilebilen bir parametre de ganglion hücre kompleksidir (GCC). Bu kompleks retina sinir lifi tabakası, ganglion hücre tabakası ve iç pleksiform tabakadan oluşmaktadır (Resim 2.2). RGCL hafif sistemik hipoksik strese hassastır (21). Çalışmalarda glokom hastalarında, RGCL kalınlığının, erken evre hastalığı yakalamada optik sinir başı ve RNFL'den daha iyi bir parametre olduğu gösterilmiştir (22).



Resim 2.2: RGCL hacim ve kalınlık ölçümü (Heidelberg OCT)

2.12 Doppler US

Doppler kayması (Doppler shift), Johan Christian Doppler isimli Avusturyalı bir fizikçi tarafından 1842 yılında tanımlanan bir gözlemdir. Sabit frekanslı bir ses kaynağı yaklaştıkça daha tiz (artmış frekans), uzaklaştıkça daha pes (azalmış frekans) olarak işitilir. Aynı olay kaynak sabit, dedektör hareketli olduğunda da gözlenir. Ses frekansındaki hareket bağlı bu değişime Doppler kayması adı verilir. Kan akımının niteliğini değerlendirmede ve niceliğini saptamada temel yöntem konusundaki Doppler US yöntemi bu fizik kurala dayanır.

2.12.1 Temel Fizik

Doppler bilgisi hem sürekli salınan ses demeti hem de puls şeklinde üretilen ses ile elde edilebilir. Görüntü elde etmek için sesin puls şeklinde gönderilmesi gerekir. Uyarılan transdüsör elemanlarının ürettikleri ses bir dalga boyu/frekans spektrumu şeklindedir. Bu spektrumun genişliği üretilen pulsün boyutu ile ilişkilidir; puls kısaldıkça spektrum genişler. Pulsün kısalması görüntünün çözömlemesini artırır, uzaması sesin frekans bandını daraltır. Doppler ölçömleri dar frekans bandı ile daha hassas yapılır. Doppler ölçömlerinde iyi bir aksiyel çözömleme ile birlikte hassas Doppler ölçömlerine gereksinim duyulur. Bu nedenle gri ölçek (skala) görüntüsü ve Doppler bilgileri aynı ses demetinden elde ediliyorsa bu iki parametre arasında bir denge gözetmek zorunludur.

Doppler US ile akım incelenirken eko kaynağı eritrositlerin yüzeyidir. Gönderilen sesin dalga boyu eritrositin yüzeyinden çok daha büyük olduğundan temel olay saçılma değildir. Parankim görüntüsünün de nedeni olan bu tip saçılma 'Rayleigh-Tyndall' saçılması olarak adlandırılır. Bu tür saçılmanın miktarı ses demetinin frekansının dördüncü kuvveti ile doğru orantılıdır. Akan eritrositlerden saçılan ses üst üste binerek transdüsyora ulaşır. Bu nedenle Doppler US'de, gerekli penetrasyonu sağlamak şartıyla olabildiğince yüksek frekans seçilmelidir.

Doppler US ile kan akımı değerlendirilirken temel prensip damara belirli bir açıyla gönderilen ses demetinin frekansının, akımın yönüne ve hızına göre değişmesini

saptamaktır. Gönderilen ses demetinin frekansındaki değişim Doppler eşitliği ile gösterilir:

$$f_d = 2f_o \cdot v \cdot \cos \theta / c$$

f_d : Doppler kayması

f_o : transdüsörün frekansı

v : akımın hızı

$\cos$: kosinüs ($\cos 0^\circ = 1$, $30^\circ = 0.87$, $45^\circ = 0.707$, $60^\circ = 0.5$, $90^\circ = 0$)

θ : ses demetinin açısı

c : sesin dokudaki hızı (1540 m/sn)

Doppler eşitliğine göre Doppler kayması transdüsörün frekansı, kan akımının hızı ve ses demetinin damar duvarı ile yaptığı açının kosinüsü ile doğru orantılıdır. Kosinüs değeri açı daraldıkça artar.

Doppler eşitliğinde bilemediğimiz tek değişken kan akımının hızıdır (v). Diğer faktörler önceden belli olduğundan Doppler frekans kayması kan akım hızı ile doğru orantılıdır.

Hızı belirlemede kan damarı ile ses demeti arasındaki açı (θ açısı) önemlidir. Açı ne kadar darsa Doppler kayması o kadar yüksektir. 90° 'lik bir açının kosinüsü sıfır olduğundan, ses demeti akım yönüne dik olduğunda Doppler kayması sıfırdır, yani saptanamaz. Bu nedenle açı arttıkça ölçümlerin hassasiyeti azalır. 60° 'den geniş açılarla yapılan incelemelerde hız ölçümlerindeki hatalar belirginleşir. Açının çok dar olması da sorundur. Damar duvarına 30 dereceden dar bir açıyla gelen sesin büyük bölümü yansır. Bu nedenle akım hızı ölçülürken Doppler açısı 30-60 derece arasında olmalıdır.

Doppler frekans kayması, eşitliğimizde görüldüğü gibi, transdüsör frekansı ile doğru orantılıdır. Bu iki değer arasında yaklaşık 1/1000 oranında kaba bir ilişki vardır. Frekanstaki kayma pratikte 0,2-15 kHz arasındadır. Bu değer kulağın işitebileceği sınırlar içerisindedir. Gelen ekolardan çözümlenerek alınan bu frekans değişikliğinin zamana göre değişimleri ya ses olarak dinlenir ya da bir grafik şeklinde yazdırılır (spektral Doppler). Akım bilgisi renkli Doppler yönteminde renklerle gösterilir.

2.12.2 Doppler US Inceleme Yöntemleri

Doppler US klinikte devamlı dalga Doppler, spektral Doppler ve renkli Doppler olmak üzere başlıca 3 şekilde uygulanır. İncelenen damarın da birlikte görüntülediği spektral Doppler'e dupleks Doppler, renkli Doppler ile birlikte yapılan şekline de tripleks Doppler denir.

2.12.2.1 Devamlı Dalga Doppler (Continuous Wave Doppler)

Doppler verilerini değerlendirmenin en basit yöntemidir. Aygıtın probunda biri devamlı ses dalgası üreten, diğeri devamlı bir şekilde dönen ekoları saptayan sırt sırta yerleştirilmiş iki transdüsör vardır. Ses dalgası kesintisiz olduğundan yöntemin aksiyel çözümlemesi yoktur, yani sesin nereden geldiği bilinmez. Ses demetinin geçtiği yol üzerindeki tüm akımlar saptanır. Dar frekans bandı kullandığı için doğruluk değeri yüksektir.

Akıma bağlı olarak saptanan frekans değişikliği ses şeklinde verilir. Dinleyerek akımın hızı, pulsatilitesi ve türbülansı değerlendirilir. Kulak en duyarlı ses ayırıcısı olduğundan deneyimli bir hekim için yöntemin tanı değeri yüksektir. Örneğin karotid arter darlıkları bu yöntemle çok iyi incelenebilir. Bu nedenle en gelişmiş renkli Doppler aygıtlarında bile hoparlörler varlıklarını sürdürmektedir.

Ses spektrumunun analizi kantitatifdir ve tümüyle sübjektiftir. Değerlendirme ustalık ister. Sadece akımın varlığını saptamak ise basit bir işlemdir ve ustalık gerektirmez. Bu nedenle obstetrikte çocuk kalp seslerini, vasküler cerrahide periferik dolaşımı araştırmada oldukça sık kullanılmaktadır.

2.12.2.2 Puls Wave Doppler

Gönderilen sesin atımı (pulsu) (SPL) uzundur (5-25 dalga). Buna bağlı olarak aksiyal çözümleme düşüktür, fakat frekans kaymasını saptamada doğruluk oranı yüksektir. Gönderilen pulslar inceleme süresinin çok az bir kesimini kapsar, sürenin büyük bölümü ekoları saptamaya ayrılmıştır. Dolayısıyla yapılan iş örneklemedir. Bu nedenle Doppler incelemesi ile frekans kaymasının tüm bilgisi elde edilemez. Bu örneklemenin doğru olabilmesi için örnekleme hızının (PRF), ölçülecek akım hızının en az iki katı olması gerekir. Saptanabilecek en yüksek akım hızı, PRF arttıkça, sesin frekansı düştükçe ve Doppler açısı arttıkça artar:

$$\Delta f_{\max} = \text{PRF} / 2 = 2f_0 \cdot v_{\max} \cdot \cos \Theta / c$$

$$v_{\max} = c \cdot \text{PRF} / 4f_0 \cdot \cos \Theta$$

$\Delta f_{\max}$: Doppler kayması

$v_{\max}$: en yüksek akım hızı

Doppler kaymasının frekansı PRF değerinin yarısından fazla olduğunda ‘aliasing’ görülür. Aliasing, örnekleme yetersizliğine bağlı olarak frekans kaymasının gerçek değerinin ölçülememesidir. Doğru bir ölçüm için bir dalganın en az iki defa ölçülmesi gerekir. Daha az bir örneklemede spektrumdaki yüksek frekanslı sinyaller faz kayması ile düşük frekanslı sinyaller olarak görülür. Doppler frekansındaki 180°’lik faz değişikliği akımın transdüsöre göre yön değiştirdiğini gösterir. Bu durumda damarın merkezindeki yüksek hızlı akım tersine akan yavaş akım görüntüsü verir (23).

2.12.2.3 Spektral Doppler

Pratikte B-mode görüntüleme ile entegre edilerek kullanılır ve ‘dupleks Doppler’ yöntemi adını alır. Doppler ve B-mode yöntemlerinde en iyi ses karakteristikleri

birbirlerinin karşıtıdır. Doppler bilgisini daha duyarlı taşıyacak uzun pulsların üretim ayrı birkaç transdüsör elemanı ile yapılır.

Kan akımının Doppler analizi için incelenecek damarın B-mode görüntüsü üzerinde önce bir örnekleme alanı ('gate') işaretlenir. Bu alanın boyutu belirli sınırlar içerisinde değiştirilebilir. Daha sonra bu alana gönderilecek ses demetinin açısı belirlenir. İncelemeye başlanır. Dönen ekolardan çıkarılan frekans farkı, monitörde B-mode görüntünün yanında frekans (kHz)/zaman grafiği şeklinde canlı olarak yazdırılır. Uygulamada frekans değerleri ses demetinin açısına göre otomatik olarak hıza çevrilir ve spektrum genellikle hız/zaman (cm/sn) grafiği şeklindedir. Dupleks-Doppler, M-mode US'nin analogudur ve inceleme temelde bir zamansal çözümleme (temporal çözümleme) yöntemidir.

Doppler grafik spektrumlarında zaman, saniyelere bölünmüş horizontal çizgi (x ekseni) üzerinde, frekans ve ya hız ise kHz veya cm/sn olarak dik çizgi (y ekseni) üzerinde gösterilir. Kan akım yönü horizontal çizginin alt ve üst tarafları ile belirlenir. Genellikle ses demetine yaklaşan akım çizginin üstünde, uzaklaşan akım altında yazdırılır.

Akım içindeki hız dağılımı grafik bandının genişliğini belirler, hız çeşitlendikçe bant genişler. Akım bandı ile taban çizgisi (horizontal çizgi) arasında kalan boşluğa spektral pencere adı verilir. Örnekleme hacmindeki akım hızı çeşitlendikçe bant genişleyerek bu pencereyi küçültür veya doldurur. Akım üniform oldukça tersine bant genişliği daralır ve pencere genişler.

Akan eritrositlerin miktarları ise sinyalin amplitüdünü belirler ve grafiğin z yönünde gösterilir. Akım hızı grafiği iki boyutlu olduğundan z eksenindeki dağılım ancak grafik bandının parlaklığı şeklinde gösterilebilir. Bandın parlak kesimleri o frekansta ya da hızda akan şekilli eleman miktarının göreceli olarak çok olduğunu gösterir. Doppler sinyalinin amplitüd ve frekans komponentleri Fourier değişim yöntemi ile analiz edilerek Doppler spektrumu denilen, amplitüde göre frekans dağılımı profili elde edilir. Monitörde hız(frekans)/zaman grafiğinde belirli bir anda akan kanın hız farklılıkları, y eksenini x ekseninin, z eksenini de y ekseninin yerine koyarak amplitüd/hız(frekans) grafiği şeklinde

yazdırılabilir. Monitörde ayrıca pik hız, ortalama hız gibi akıma ait birçok sayısal değer de gösterilebilir.

Dupleks Dopplerde B-mode yöntemi ile kan damarlarının patomorfolojisi incelenir. Daralma, trombüs, aterosklerotik plak ve plağın durumu (ülserie, plak içinde kanama vb. gibi) B-mode görüntülerle demostre edildiği için, yöntemin görüntü kalitesi başlıca aygıtın geometrik çözümlemesine, duyarlılığına (düşük ekoları saptama yeteneği) ve dinamik reynçine (aygıtın saptayıp görüntüleyebildiği eko intensite spektrumunun genişliği) bağlıdır. Geometrik çözümlemesi, duyarlılığı ve dinamik reynç değerleri yüksek aygıtlarda görüntü kalitesi yüksektir. Doppler incelemesini yapacak kişinin aygıtta hakim olması da sonuçların doğruluk oranlarını belirgin şekilde yükselten önemli bir faktördür (23).

2.12.2.4 Renkli Doppler

Akıma ait Doppler bilgisi, dokuya gönderilen bir puls çizgisi boyunca birçok örnekleme alanı (gate) alınarak elde edilir. Spektral Dopplerdeki tek örnekleme alanına karşılık RDUS’de ‘multigate’ örnekleme yapılır. Bu alanlardan gelen bilgiler yönü ve hızına göre renklendirilip, damar görüntüsünün içine yerleştirilirse Renkli Doppler görüntüleri elde edilir.

Renkli Doppler görüntüleri akım hakkında kalitatif bilgiler verir. Bu nedenle pratikte çoğunlukla yalnız başına değil, hız-zaman spektrumu ile birlikte kullanılır ve ‘renkli dupleks Doppler’ veya ‘tripleks Doppler’ yöntemi adını alır.

Renkli Doppler görüntülemeye, B-mode ve Doppler bilgileri aynı ses demetinden elde edilebileceği gibi, her ikisi için ayrı ses demetleri de kullanılabilir. Tek ses demeti kullanıldığında ekoların amplitüdlerinden B-mode görüntüler oluşturulurken, demetteki frekans değişikliği akım hızını, faz değişikliği ise akım yönünü belirlemede kullanılır. Farklı ses demetleri kullanıldığında B-mode görüntüler kısa pulslar, renkli görüntüler ise uzun pulslar kullanılarak elde edilir. Tek ses demeti kullanılan yöntemlerde çerçeve hızı yüksek, fakat görüntü kalitesi farklı ses demeti kullanılan sistemlere göre düşüktür.

Renkli görüntülemelerde akımın yönü (kırmızı veya mavi renkler), faz kayması ile belirlenir. Renkli Doppler görüntüleri aslında bir spectral görüntülemedir. Spektral değerler grafikte değil renkle ifade edilir. Akımın hızı ve şekli ile ilgili bilgiler ise renk tonlarıyla (renk saturasyon kodlaması) veya farklı renklerle (değişik renk kodlaması) gösterilir. Renk saturasyon kodlamasında transdüsöre göre akımın yönü mavi veya kırmızıdır; akımın hızı rengin tonları ile belirtilir. Açık, parlak tonlar hızlı akımı, koyu tonlar yavaş akımı gösterir. Değişik renklerde yapılan kodlamada ise farklı hızlar farklı renklerle kodlandığı için 'alizing' i tanımak daha kolaydır. Yöntemin akımın farklılığını saptamadaki duyarlılığı geometrik çözümlemesinin karşılığıdır.

Renkli Dopplerin görüntüleri güzeldir, akım hakkında yararlı bilgiler verir; fakat her zaman spectral Dopplerin yerini tutmaz. Spektral Dopplerde küçük bir örnekleme hacmindeki akım defalarca incelenir ve Doppler frekans şifitinin tüm spektrumu ayrıntılı bir şekilde belirlenir. Renkli Dopplerde ise çok geniş bir alan incelenir, saptanan ortalama frekans şiftidir. Renkli Doppler genelde kantitatif değil, kalitatif bir yöntemdir. Bu nedenle akımın değerlendirilmesinde ve stenozun derecelendirilmesinde mutlaka duplex Doppler yöntemine başvurulur.

RDUS tüm Doppler bilgilerini içermez, çünkü zaman faktörü yoktur. Renk, frekans ortalamasını temsil ettiğinden spektral kabalaşma izlenemez, ancak farklı renkte kodlanacağından ters akım saptanabilir. Bazı aygıtlarda spectrum genişliği hakkında renk kodlarının üzerine eklenen sarı ve yeşil renkle (varians) kabaca bir fikir sahibi olunabilir.

Faz-şift otokorelasyon yöntemiyle A-çizgileri ve bir çizgi içindeki pulsar arasında korelasyon yapılarak zamana karşı faz değişiklikleri belirlenir. Art arda gelen iki pulsun zaman açısından korelasyonu ile reflektörün (akan kanın şekilli elemanları) hareketi ölçülür. Bu yöntemde kısa pulsar kullanılır: iyi bir aksiyal çözümleme verir, alizing etkisi daha azdır, yüksek hızlar ölçülebilir.

Renkli akım görüntülemenin sınırlamaları şunlardır: 1) gürültü ve yavaş hareket eden solid yapılar kan hücrelerinden gelen küçük ekoları bastırır, 2) Uzaysalçözümlemesi

gri skaladan düşüktür, büyük damarlardaki hız varyasyonlarını çok iyi gösteremez, 3) Otokorelasyon tekniğinde hız ölçümünün doğruluğu sınırlıdır (23).

2.12.2.5 Power Doppler

Renkli Dopplerde görüntü oluşturulurken kullanılan ölçüt ortalama Doppler kayma frekansıdır. Power Dopplerde ise görüntü Doppler sinyalinin entegre gücü (amplitüdü) ile oluşturulur. Bu güç Doppler kaymasını oluşturan eritrositlerin sayıları ile ilişkilidir. Görüntüdeki renk tonu ve parlaklığı Doppler sinyalinin gücünü gösterir.

Frekans ve faz şifti kullanılmadığı için akım hızı ve yönü ile ilgili bilgi yoktur. Dolayısıyla görüntüde Doppler açısının da etkisi yoktur; alisingden de bahsedilemez. Yöntemde gürültünün daha az olması, kullanılabilir dinamik reynce genişleterek aygıtın duyarlılığını artırır; yöntemin yavaş akımlara duyarlılığı artar. Bilgilerin daha uzun sürede toplanması nedeniyle çerçeve hızı düşüktür, harekete (yapının, hastanın, transdüsünün) çok duyarlıdır.

Power Dopplerde görüntü Doppler sinyalinin gücü ile oluşturulduğu için, gri ölçek görüntülemeye olduğu gibi, derinlerden gelen sinyaller daha zayıftır. Bu nedenler renkler derinlere doğru değişir.

2.12.3 İnceleme Ölçütleri (Parametreleri)

Doppler US'de kullandığımız iki ölçütümüz vardır: 1) Frekans kayması: Kan akımının hızını belirler. Dönen sesin frekansı, gönderdiğimiz sesin frekansından yüksekse Doppler kayması pozitif, tersi ise negatif olarak abul edilir. 2) Faz kayması: Doppler kaymasının faz değişikliği. Transdüsöre göre akımın yönünü belirler.

2.12.3.1 Frekans Seçimi

Doppler kayması, transdüsünün frekansı ile doğru orantılıdır. Yüksek frekanslı transdüsörler akıma duyarlılığı artırır, fakat yüksek frekanslarda penetrasyon azalır; derin yapılar incelenemeyebilir ve PRF yetersizse 'alising' ortaya çıkar. Frekans seçiminde bu noktalara dikkat edilmelidir.

2.12.3.2 Örneklem Boyutu (Gate)

Örneklem alanının uygulayıcı tarafından ayarlanabilen bir hacmi vardır. Derinliği pulsun uzunluğuna (içindeki dalga sayısına), eni ise ses demetinin kalınlığına bağlıdır. Tipik bir Doppler pulsunda 5-20 arasında dalga bulunur. Örneğin 3.5 MHz'lik bir transdüsörden 5 dalgalık pulslar üretiliyorsa en küçük örneklem hacminin derinliği 1 mm olabilir. Ses demetinin kalınlığı da odak noktasından 2 mm enine ellipsoid bir yapı olacaktır.

Dupleks Dopplerde örneklem hacmi damarın görüntüsü üzerinde işaretlenir. Alınan Doppler sinyalinin yoğunluğu bu hacim içindeki saçıcı yüzeylerin sayısı ile orantılıdır. Örneklem hacminin boyutu arttıkça hız spektrumu genişler. Pik hızlarının ölçümü akım konusunda daha değerli bilgiler verdiği için, damar merkezine yerleştirilmiş dar örneklem hacmiyle çalışmak genellikle tercih edilir.

Renkli Doppler görüntülemeye yan yana birçok örneklem hacminden alınan akım bilgilerinin renkli ölçek ile görüntülenmesi söz konusudur. İncelenen alan genişledikçe örnekleme süresi uzayacağından çerçeve hızı ('frame rate') düşer.

2.12.3.3 Örneklem Hızı (Pulse Repetition Frequency; PRF)

Birim zaman içerisinde gönderilen puls sayısıdır. Doppler bilgileri bu pulslar ile örneklenir. Shannon örneklem teorisine göre doğru bir ölçüm için örneklem hızı, saptanacak Doppler kaymasının en az iki katı olmalıdır. Saptanabilecek Doppler kaymasının en yüksek frekansı PRF/2'dir. Bu değere Nyquist frekansı, bu sınırlamaya da Nyquist sınırlaması adı verilir. Nyquist frekansı şu formülle hesaplanır:

$$V_{\max} = c \cdot \text{PRF} / 4 F_0 \cdot \cos \theta$$

Formülde görüldüğü gibi sesin dokudaki hızı (c) sabit olduğundan, ölçülebilecek en yüksek Doppler frekansını arttırabilmek için PRF değerini ve inceleme açısını

arttırmak ve düşük frekanslı transdüsörler kullanmak gerekir. Nyquist sınırını aşan Doppler kayma hızlarının, ters yönde yavaş akım şeklinde görülmesine ‘alising’ denir.

Alising olayı en iyi sinemadaki örneği ile açıklanır. Western filmlerinde haydurların kovaladığı posta arabalarının tekerleklerinin önce normal dönerken, araba hızlanınca tersine ve yavaş döndüğünü hepimiz fark etmişizdir. Bu olayın nedeni tekerleğin dönüş hızının, saniyede alınan film kare sayısının (çerçeve hızı) yarısından yüksek olmasıdır. Örneğin saniyede 24 kare alınan bir çekim sırasında tekerleklerin dönüşünün doğru şekilde görüntülenebilmesi için teker dönüş hızının saniyede 12’yi geçmemesi gerekir. Bu nedenle hareket eden bir arabanın tekerleklerinin dönüş yönü ve hızı başlangıçta normal olarak izlenirken, araba hızlanıp teker dönüş hızı örnekleme hızının (saniyede alınan film kare sayısı) yarısını aştığında tekerler yavaş bir hızla tersine dönüyormuş gibi görülmeye başlar.

Doppler uygulamalarında Nyquist sınırını aşan hızlar ters yönde düşük hızlı akımlar şeklinde görülür; hız-zaman grafiğinde grafiğin tepeleri (yüksek hızlar) kesilerek çizginin altına geçer, renkli Dopplerde karşı yöndeki düşük hızı temsil eden renk kodu ile gösterilir.

Genellikle eski aygıtlarda uygulayıcı tarafından değiştirilebilen PRF, modern makinelerde örnekleme hacim derinliklerine göre otomatik olarak ayarlanır (23).

2.12.3.4 Duvar Filtreleri

Damar duvarı belirgin bir yansıtıcı yüzeydir. Pulsasyonların bu yüzeyleri yavaş hareket ettirmesi sonucu yüksek amplitüdlü, düşük frekanslı Doppler kayması ortaya çıkar. Doppler aygıtı sinyallerin nereden geldiğini (respiratuar veya kardiyak, damar duvarı, akan kan) ayırt edemez. Bu sinyaller yüksek amplitüdlü ve düşük frekansları ile kolayca tanınırlar. Damar duvarından kaynaklananlarına, sürekli dalga Dopplerdeki ses karakteristiği nedeniyle ‘wall thump’ etkisi adı verilir.

Damar duvarından kaynaklanan bu istenmeyen etkiyi ortadan kaldırmak için, Doppler aygıtlarında duvar filtresi adı verilen devreler vardır. Yüksek frekansları geçiren

düşük frekansları zayıflatan bu filtrelerle ‘wall thump’ etkisi büyük oranda azaltılır. Genel olarak filtreleme ile 50-1600 Hz aralığındaki frekanslar tutulur. Filtre seçimi, kandan gelen Doppler bilgilerinin kaybına yol açmayacak şekilde yapılmalıdır. Kardiyak amaçlı kullanımlar dışında yüksek değerler gerekmez. Abdominal uygulamalarda 50-100 Hz’lik filtreler yeterlidir.

2.12.3.5 Çerçeve Hızı (Frame Rate)

Bir görüntünün oluşturulma hızıdır. Birimi, çerçeve sayısı/sn’dir. Renkli Dopplerde açılış alanı (Doppler penceresinin) büyümesi çerçeve hızını düşürür. İncelenen bölgenin daha çok çizgiyle taranması (daha yüksek geometrik çözünürlük) ve daha uzun örnekleme süresi (‘dwell time’) kullanılması (yüksek Doppler doğruluğu) da çerçeve hızını düşüren etkenlerdir.

Çerçeve hızının seçimi incelemenin amacına göre yapılır. Kardiyak incelemelerde zamansal çözünürlük (temporal çözünürlük) önemlidir, dolayısıyla çerçeve hızı yüksek olmalıdır. Abdominal ve periferik vasküler uygulamalarda ise akım karakteristiği önemli olduğundan, duyarlılığı arttıran ölçütlerden vazgeçerek çerçeve hızını arttırmanın bir anlamı yoktur.

2.12.3.6 Kazanç (Gain)

Kazanç (gain), hem renk modunda hem de pulsed Doppler’de sinyal şiddetini arttırmak için kullanılan bir ayardır. Kazanç ayarları şu şekilde yapılmalıdır: Pulsed Doppler incelemede, kazanç ayarı önce zeminde belirgin gürültü oluşana kadar arttırılmalı, daha sonra zemindeki gürültü minimal (Doppler dalga formu analizini etkilemeyecek düzeye kadar) seviyeye gelinceye dek azaltılmalıdır. Renkli Doppler modda ise kazanç ayarı, renk damar lümenini tam olarak dolduracak ve damar dışı dokularda renk pikselleri görülmeye başlanana dek arttırılmalıdır. Doppler kazanç ayarları görüntünün yalnız Doppler kısmını etkilemekte olup, gri-skala görüntüye bir etkisi yoktur (24).

2.12.3.7 Güç (Power)

Güç, iletilen ultrason pulsların şiddetini gösteren bir ayardır. Şiddetli pulslar, saptanması daha kolay olan güçlü yansımalar oluşturur. Güç çıkışı hem gri-skala hem de Doppler görüntüsünü etkiler. Güç çıkışının (power output) arttırmak özellikle derin abdominal incelemelerde Doppler sinyallerinin saptanmasını kolaylaştırır. Ancak gücün artırılması ile hastanın maruz kalacağı ekspozürün de artacağı göz önünde bulundurulmalı ve bundan dolayı güç çıkışı mümkün olan en düşük seviyede tutulmalıdır (24).

2.12.3.8 Ses Demetinin Yönlendirilmesi (Beam steering)

Doppler pulsu, transdüser düzeyine 90 derecede farklı açılarda yönlendirildiğinde 'Beam Steering'den bahsedilebilir. Ses demetinin yönlendirilmesi lineer diziliimli problemlerde opsiyonel olup, faz diziliimli problemlerde otomatik olarak yapılır. Yönlendirilmiş pulslar daha az odaklanmış olup, enerji kaybına uğrarlar. Ek olarak yönlendirilmiş bir pulstan geri dönen ekolar transdüser yüzeyine belli bir eğimle yansımalarından sonuçta daha zayıf bir sinyal elde olunması ile sonuçlanacaktır. Yönlendirilmiş ses demeti ile elde olunan sinyaller daha kuvvetlidir (24).

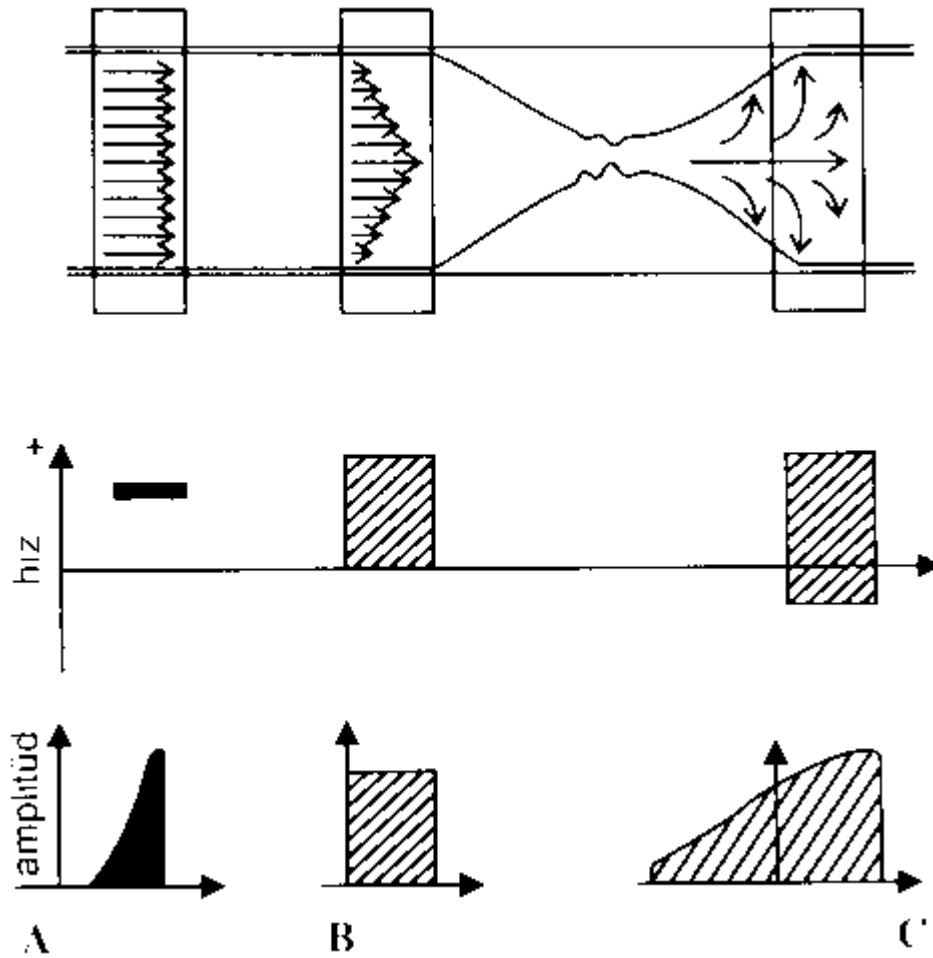
2.12.4 Kan Damarlarındaki Hemodinami

Doppler US ile elde ettiğimiz verileri anlamak için kan basıncı, akım ve hız arasındaki ilişkiyi iyi bilmemiz gerekir. Kan plazma ve hücrelerden oluşan bir sıvıdır. Kanın viskozitesi hematokrit ile doğrudan ilişkilidir. Akım hızı düştüğünde de viskozite belirgin şekilde artar.

Akımı, damarın uçları arasındaki basınç farkı ve damar direnci belirler: Akım = basınç farkı / direnç. Akıma direnç ise damar çapı, uzunluğu ve kanın viskozitesi ile ilişkilidir: Direnç = viskozite X uzunluk / çap⁴. Direnci belirleyen en önemli faktör damarın çapıdır ve damar çapının dördüncü kuvveti ile ters orantılıdır. Yani çapın yarıya inmesi direnci 16 kat arttırmaktadır. Çap yarıya indiğinden akım hızı iki kat arttırılmalıdır.

2.12.4.1 Arteriyel Akım

Akım karakteristiği arter ve venlerde farklı olduğu gibi her organ sistemine giden damarlarda da değişiktir. Grafik spektrumunda ve renkli Doppler US incelemelerinde farklı görünüm veren ‘plug’, laminar ve türbülant olmak üzere başlıca üç arteriyel akım örneği vardır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Arteriyel akım formlarının spektral karakteristikleri A: ‘Plug’ akım. Lümenin tüm kesimlerinde eşit hız. Hız ve amplitüd spektrumu dar. B: Laminar akım. Damar duvarına yakın bölgelerde akım daha yavaş. Hız ve amplitüd spektrumu geniş. C: Türbülant akım. Jet ve tersine akım. Hız ve amplitüd spektrumu geniş ve ters akım var. (23)’ dan uyarlanmıştır.

2.12.4.1.1 Plug Akım

İngilizce ‘plug’ sözcüğü, akımın bir şişenin ağzındaki tıpa gibi lümeni eşit hızda doldurduğunu tanımlamak için kullanılır. Grafik spektrumunda ‘plug’ akımı ince bant ve boş pencere (‘spektral window’) ile karakterizedir. Renkli Doppler US’de ise damar lümenini dolduran renk, her tarafta aynı tondadır.

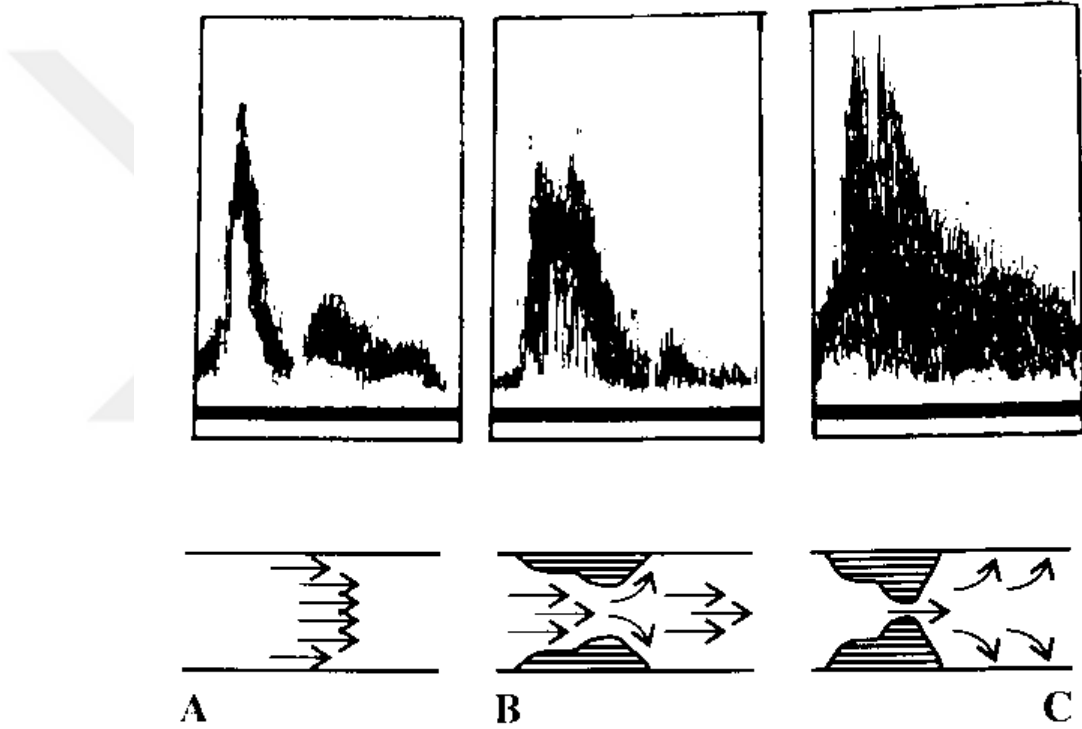
2.12.4.1.2 Laminar Akım

Laminar akım, 5 mm ve daha küçük çaplı damarlarda görülen normal akım şeklidir. Bu tür akımda lümenin ortasındaki akım hızlı, duvara yakın perifer bölgelerdeki akım ise sürtünme etkisi nedeniyle yavaştır. Laminar akım grafiğinde bant genişliği ‘plug’ akımdan biraz daha kalındır ve biraz küçülmekle birlikte açık bir pencere görülmeye devam eder. Bu düzgün grafik spektrum düz seyreden çap ve lümen düzensizliği göstermeyen normal damarlarda görülür. Spektrum şekli çap ve lümen düzensizliğinde veya damarın dallandığı kesimlerde akımın türbülant olması nedeniyle değişir. Renkli Doppler US’de laminar akımın merkezi duvara yakın kesimlere göre daha açık tonlarda görülür.

2.12.4.1.3 Türbülant akım

Türbülant akım, hız dağılımının çok geniş olduğu ve hatta ters akımların bulunduğu akım şeklidir. Normalde geniş bir yere giriş ve dar bir yerden çıkışlarda görülen bu akım, damara kenar ve çap değişikliği oluşturan örneğin aterosklerotik plaklara bağlı daralmalarda karşımıza çıkar. Türbülant akımın grafik karakteristiği bandın belirgin şekilde genişlemesi ve dolayısıyla pencerenin ortadan kalkmasıdır (Şekil 2.5). Türbülant akım daha da belirginse, lümen içerisinde ileri geri akımlar ortaya çıkar. Bu durumda grafikte pencerenin doluşundan başka bant kenarının düzensizliği artar ve bant, taban çizgisinin karşı tarafına taşar. Pencerenin dolması akım karmaşasının kaba bir işaretidir. Türbülans kısa bir mesafe sonra kaybolur. Bu nedenle bir damar değerlendirilirken, dar segmenti atlamamak için tüm uzunluğunca incelenmelidir. Renkli Doppler US’de türbülans her iki rengin karışımı ile karakterizedir.

Türbülans, akımın hızına, kanın dansitesi ve viskozitesine, ve damar çapına bağlıdır. Bu ölçütler arasındaki ilişki Reynold sayısı (Re) ile açıklanır ($Re = \text{hız} \times \text{çap} \times \text{dansite} / \text{viskozite}$). Reynold sayısı normal akımın Türbülant akıma dönüşünün sınırını belirler. Bu sayı büyük damarlarda 2000'i, arterlerde 1000'i, arteryel dallarda 200'ü aştığında akımda türbülans ortaya çıkar.



Şekil 2.5: Laminar ve Türbülant akımlarda bant genişliği ve pencerenin durumu. Damar darlığı arttıkça pik hız artıyor, bant genişliği artıyor ve 'pencere' doluyor. A: Laminar akım. B: Türbülant akım. C: Daha dar bir segmentte türbülant akım. (23)'dan uyarlanmıştır.

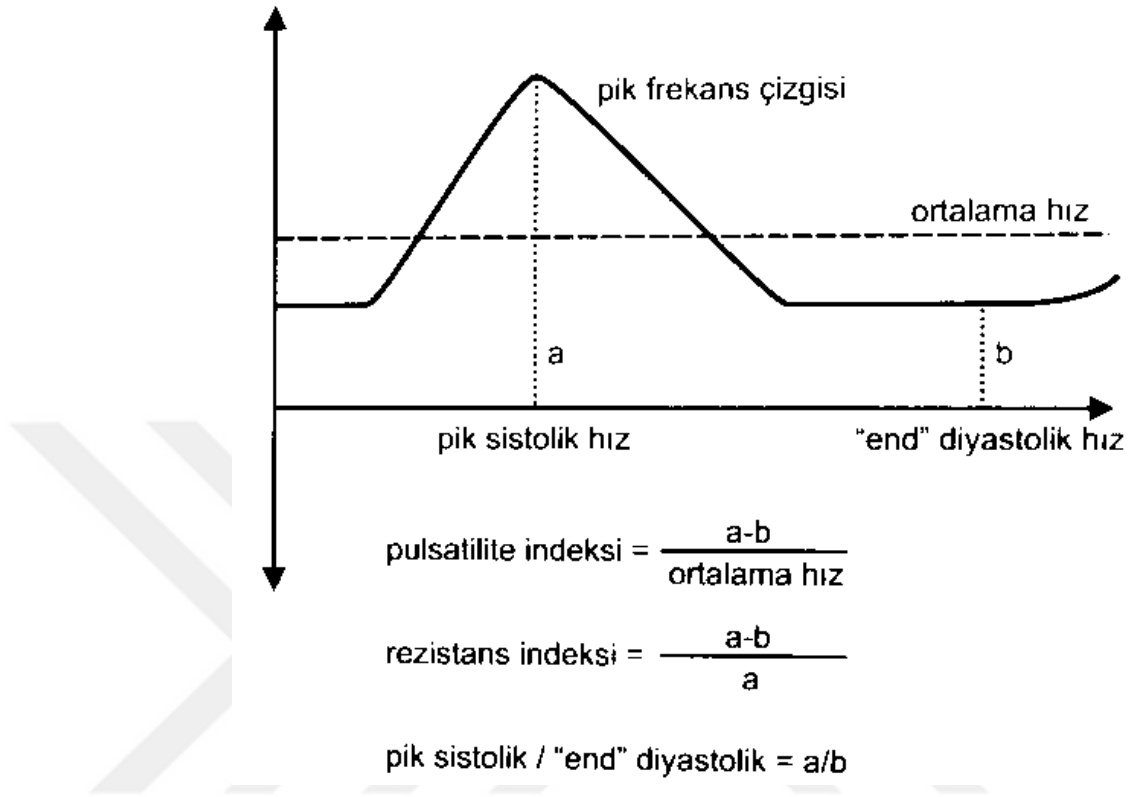
2.12.4.2 Venöz akım

Daha az pulsatildir. Ancak inferior ve süperior vena kava, hepatik venlerdeki akım, kalp pulsasyonları nedeniyle pulsatil görünür. Akım venlerin büyük çoğunluğunda solunum fazı ile değişkenlik gösterir.

2.12.5 Doppler US Akımlarının Değerlendirilmesi

Doppler US ile akım karakteristiği incelenirken önemli olan nokta damardaki normal akım örneğinin iyi bilinmesidir. Akan kanda şekilli elemanların hızları farklı olduğu gibi akım yönleri de her zaman damar duvarına paralel değildir. Bunun nedenleri; a) sürtünme nedeniyle duvara yakın akımın daha yavaş olması, b) lümen düzensizliklerinin akım hızını bölgesel olarak değiştirmesi, c) türbülant akımın Doppler açılarının devamlı değişmesi, d) akımın devamlı değil pulsatile karakterde olmasıdır. Bu nedenle Doppler US ile vasküler hastalıklar incelenirken damarın değişik kesimlerdeki akımlar örneklenmelidir.

Doppler US ile elde edilen akım bilgileri niteliksel veya nicelikselidir. Akımdaki değişiklikleri göreceli olarak değerlendirmek amacıyla yapılan ölçümler ise yarı niceliksel akım bilgileri verir. Doppler US ile elde edilen niteliksel akım bilgileri akımın varlığı, yönü ve şeklidir. Akımın hızı ve hacmi ise niceliksel akım bilgileridir. Pik sistolik/diyastol sonu hız indeksi, rezistans indeksi (RI) ve pulsatilite indeksi (PI) de yarı niceliksel akım bilgileridir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Yarı kantitatif akım indeksleri. (23)' dan uyarlanmıştır.

Akım hızının saptanması Doppler US'nin ana işlevidir ve Doppler eşitliğinden kolay ve oldukça doğru bir şekilde hesaplanır. Doppler açısı 90° olduğunda kosinüs sıfır olacağından var olan akım saptanamaz. Renkli Doppler görüntülemenin önemli bir üstünlüğü B-mode ile görüntülenemeyecek kadar küçük damarların parlamalar şeklinde yerlerini belirleyerek dupleks Dopplerle ölçüm yapılmasına olanak vermesidir. Akım hacmi ise, damarın bir kesitinden değişik hızlarda akan kanın tümünü temsil eder. Bu nedenle eğer biz lümendeki tüm farklı hızları ölçebilirsek akım hacmini formülüne göre hesaplayabiliriz: Akım (cm^3/sn) = ortalama hız (cm/sn) x kesit yüzeyi (cm^2).

Kesit yüzeyi sistol ve diyastolde değişir. Bu yüzden her zaman dairesel şekilde değildir. Ortalama hız hesaplama yöntemlerindeki hata payları da yüksektir. Bu nedenle

akımın hacim ölçümünün duyarlılığı düşüktür. Dolayısıyla Doppler US'deki akım hacim değerleri sadece sınırlı bir yaklaşımı ifade eder.

Yarı niceliksel Doppler US verileri akıma direncin değerlendirilmesi amacıyla yapılan hesaplamalardır. Ölçülen direnç, akıma karşı tüm etkenlerden kaynaklanan dirençlerin toplamıdır ve damarın Doppler spektrumundan hesaplanabilir. Vazokonstrüksiyonda artan direncin, vazodilatasyondan sonra azaldığı görülür. Ekstremitelerde egzersiz sonrası, splanknik damarlarda yemek sonrası direnç azalır. Transplante böbrekte vasküler rejeksiyonda ve intrauterine büyüme geriliğinde direnç artar.

Direnç, akımı kendi içerisinde değerlendirilen bazı endekslerle gösterilir. Bu endekslerin açısız düzeltmeye veya damar çapı ölçümlerine gerek göstermeden Doppler spektrumu üzerinden hesaplanabilmesi büyük kolaylıktır. Pratikte bu amaçla, rezistans indeksi ve pulsatilite indeksi kullanılır (23).

Rezistivite indeksi aşağıdaki formüller hesaplanır:

$$RI = 1 - \left(\frac{D}{S} \right) = \frac{(S-D)}{S}$$

S = pik sistolik hız, D = end diyastolik hız.

Akıma karşı direnç arttığında rezistif indeks de artar. Diyastolik akımın 0 olması durumunda rezistif indeks 1'dir. Rezistif indeks Doppler açısından bağımsız bir parametredir. Parankimal organların normal rezistif indeks değerleri 0.5 – 0.7 aralığından değişkenlik gösterir.

Pulsatilite indeksi vasküler direncin değerlendirilmesinde RI'dan daha doğru bir parameter olmakla beraber, ölçümdeki zorluk ve hata payının daha fazla olması nedeniyle kullanımı rezistif indeks kadar yaygın değildir. Rezistif indeks gibi, pulsatilite indeksi de Doppler açısından bağımsızdır. Pulsatilite indeksi formülü:

$$PI = \frac{(S-D)}{m}$$

m = kardiyak siklus boyunca elde olunan ortalama hızı temsil etmektedir (24).

2.12.6 Doppler US’de Görülen Artefaktlar

US görüntüleri ses demetlerinin düz bir çizgi boyunca sabit bir hızla yol alması esasına dayanır. Bundan dolayı vücuda iletilen ses pulsunun yönü bilinirse dönen ekonun orijini de saptanabilir. Doppler görüntülerinin oluşturulmasında varsayılan diğer bir unsur ise ses dalgalarının görüntüleme planı boyunca uniform şekilde atenüasyona uğraması ve vücuttaki her yansıtıcının tek bir eko oluşturuyor olmasıdır. Ek olarak, diğer kesit görüntüleme yöntemlerinde olduğu gibi kesit kalınlığının sınırsız incelikte olduğu kabul edilir. Yukarıda bahsedilen varsayımlardan herhangi bir sapma görüntüde artefaktı oluşmasına neden olur (24).

2.12.6.1 Aliasing (Katlama) Artefaktı

Aliasing artefaktı, PRF değeri Doppler frekansı şiftinin iki katından az olduğunda ortaya çıkar. Bu etki, resim geçiş hızı az olan filmlerde araba tekerlerinin geri geri gidiyormuş gibi görünmesinin analogudur. Aliasing artefaktında, Doppler dalgasının yüksek frekanslı komponenti skalanın negatif yönüne doğru katlanır. Renkli Doppler görüntülerde aliasing oluştuğunda ise en yüksek pozitif frekans şiftini temsil eden renk pikselleri en yüksek negatif frekans şiftinin temsil eden renk piksellerine dönüşür. Aliasing’te oluşan renk kodlamasındaki bu farklılık gerçek ters akımla karıştırılmamalıdır. Aliasing’te yalnızca en parlak renk komponentlerinde renk değişimi gözlenirken, koyu renk komponentleri etkilenmez. Aliasing şiddetli olduğunda ileri derecede türbülant akımı taklit edebilen görünüm oluşturabilir. Aliasing bir artefaktı olmakla beraber doğru olarak değerlendirildiğinde yüksek akım hızlarının saptanmasında çok yardımcı bir bulgudur. Aliasing, PRF’nin artırılması yolu ile azaltılabilir. Ancak, maksimum PRF ayarları çoğu

zaman incelenen damarın derinliği ile sınırlıdır. Alisingi azaltmanın diğer yolları Doppler açısını arttırmak veya daha düşük frekanslı transdüser kullanmaktır (24).

2.12.6.2 Doku Titreşim (Tissue Vibration) Artefaktı

Doku titreşim artefaktı ileri derecede türbülant akıma eşlik eden bir artefaktır. Türbülant akım damar lümeni içinde fluktuasyonlar oluşturarak damar duvarı ve perivasküler yumuşak dokularda titreşime neden olur. Bu doku titreşimleri de renk modunda saptanabilen frekans çiftleri oluşturur. Titreşim hareketi hem prob yüzeyine hem de probdan uzaklaşan tarzda olduğu için artefaktı, kırmızı ve mavi renklerin karışımı şeklinde görülür. Bu artefaktı altta yatan damarın lümeninin değerlendirilmesini zorlaştırmakla beraber vasküler patolojinin saptanmasında önemli bir bulgudur. Perivasküler titreşim artefaktı, özellikle arteriyovenöz fistüller ve derin abdominal arter stenozlarının saptanmasında yararlıdır. Doku titreşim artefaktı pulsed-Doppler dalga formu analizinde sistolik fazda sıfır çizgisinin altında ve üstünde küçük ama kuvvetli simetrik sinyaller oluşturur (24).

2.12.6.3 Ayna Hayali (Mirror Image) Artefaktı

Ayna görüntüsü artefaktı, yüksek uygulama açılarında özellikle düşük SNR’de, zayıf Doppler sinyallerini saptamak amacıyla kazanç (gain) arttırıldığında gözlenir. Spektral Dopplerde sıfır çizgisinin her iki tarafında benzer hız eğrileri şeklinde görülür.

Renkli Doppler görüntülemeye geniş uygulama açılarında damar duvarına paralel olmayan akımlar sorun yaratırlar. Bu akımlar yan yana komşu kırmızı ve mavi bölgeler veya kırmızı mavi renk karmaşası şeklinde görüntülenir. Damar lümeni aynı anda her iki yöe birden akım varmış gibi kırmızı ve mavi bölgelere ayrılabilir. Bu tip bölünme daha çok helikal akımların var olduğu venöz bileşimlerin aksiyal kesitlerinde ortaya çıkar. Portal ven, internal arotid arterin başlangıç kesimi ve dilate tortiyoz damarlar bu tip artefaktın en sık görüldüğü damarlardır (23).

2.12.6.4 Color-Overwrite artefaktı

Akıma duyarlılığın artırıldığı şartlarda ortaya çıkar. Hastanın hareketi veya solunum hareketlerinin dokuda oluşturduğu frekans kayması, çok yavaş akımın frekans kaymasına yakın değerlerde olabilir. Cihaz bu görece küçük frekans kaymalarını ya gri ölçek ya da renkli olarak yazmak zorundadır. Yumuşak dokudan dönen ekoların amplitüdü akımdan dönenlerden çok yüksektir. Yüksek amplitüdlü ekolar gri ölçek ile kodlanır. Hipoeoik veya anekoik alanlardan gelen düşük amplitüdlü ekolar ise renkle kodlanır. Örneğin karotis artere komşu kistik bir kitle anevrizmaymış gibi renklenebilir (23).

2.12.7 Oküler Kan Akımının Doppler US ile Değerlendirilmesi

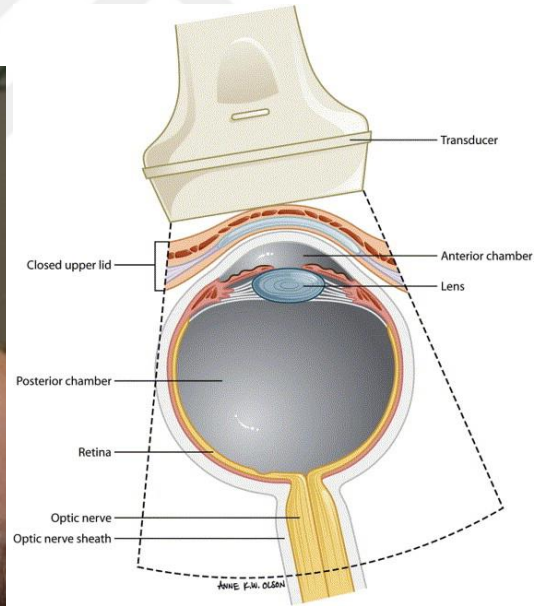
Oküler renkli Doppler US incelemesinde, B-mode incelemesinde olduğu gibi yüksek frekanslı lineer transdusörler kullanılır. Retrobulber renkli Doppler US için sıklıkla 7,5 MHz frekansında prob kullanılır.

US öncesi hasta 5-10 dakika dinlendirilmelidir. İnceleme hasta supin pozisyonda iken yapılır. Prob göz kapağının üzerine yerleştirilmeden önce yeterli miktarda jel sürülür. Göz kapağına baskı uygulamamak için, uygulayıcının bir parmağı hasta yüzünden destek alabilir. Baskı uygulandığı takdirde IOP artarak, perfüzyon basıncında potansiyel olarak değişiklik yaratabilir (Resim 2.3).

Önce B-mode’da glob ve retrobulber alan görüntülenir. Optik sinir bir mihenk noktası olarak alınır. Daha sonra renkli Doppler US ile damarlar görüntülenebilir. Uygun damar seçildikten sonra örneklem alanı damar merkezine yerleştirilir ve damara paralel olacak şekilde açı (‘angle’) yerleştirilir. Birkaç saniye spektral dalga yazdırılır. Bu spektral dalgadan pik sistolik hız, diastol sonu hız hesaplanır. Bu parametreler Doppler açısından etkilenir. Rezistivite indeksi ise Doppler açısından etkilenmeyen bir indekstir. RI 0 ve 1 arasında bir değişkendir, 0 tamamen non-pulsatil akımı ($PSV = EDV$), 1 ise tamamen pulsatil akımı (diastolik hız yokluğu) temsil eder. Ne yazık ki RDUS çözünürlüğü bu damarların kendisini gösterecek teknolojiye erişmemiştir. Bu nedenle sadece akım görüntülenebilir. Çap ölçümü yapılamadığından akım hacmi hesabı yapılamaz.

Doppler US'nin önemli bir avantajı noninvaziv olması, göz içi azalmış sıvıdan etkilenmemesi ve kontrast ya da radyasyon içermemesidir. Ayrıca ileri evre katarakt varlığında diğer tekniklerin aksine, yapılabilir olmasıdır (25).

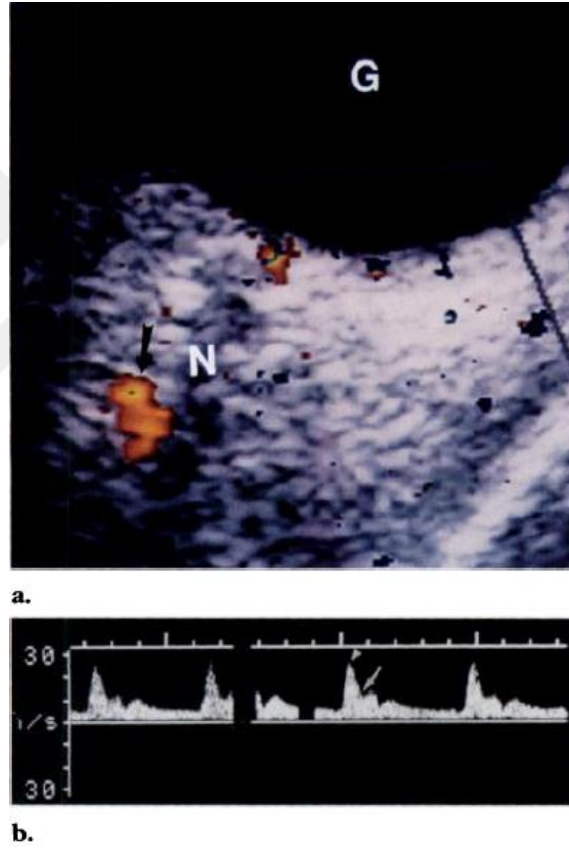
US endikasyonları; vasküler bozukluklar (karotiko-kavernöz fistül, CRA oklüzyonu, santral retinal ven oklüzyonu vb.), infeksiyöz ve inflamatuvar hastalıklarda vasküler komplikasyonların ve sıvı birikiminin takibi, tümörler (tanımlanması, perioperative değerlendirilmesi vb.), konjenital ve pediatrik hastalıklar, travma (hematom takibi, orbital damarların bütünlüğünün değerlendirilmesi)'dir (26).



Resim 2.3: Orbita US tekniği (http://www.sonoguide.com/smparts_ocular.html'den uyarlanmıştır (27).

2.12.7.1 Oftalmik Arter

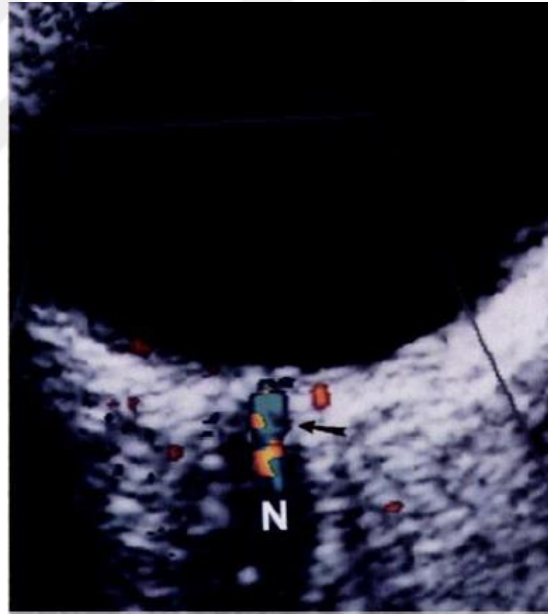
Oftalmik arter (OA), orbitanın derininde yerleşmiştir. Doppler incelemesi, damarın optik siniri çaprazlayıp temporal bölgeye geçtiği kesimde yapılmalıdır. OA'nın normal sağlıklı bireylerde ortalama PSV değeri 37.5, EDV değeri 9.0 ve RI değeri 0.8'dir (25) (Resim 2.4).



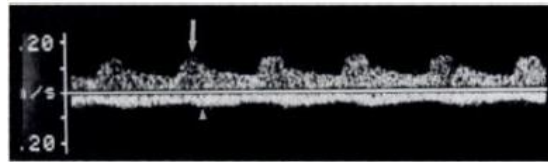
Resim 2.4: OA: a) renkli Doppler US, normal OA loklizasyonu (ok.) Optik sinirin medialinde. b) Puls Dopplerde keskin sistolik pik, dikrotik çentik ve rölatif olarak az diastolik akım görülüyor. (26)'dan uyarlanmıştır.

2.12.7.2 Santral Retinal Arter (CRA)

Santral retinal arter ve ven birlikte optik sinirin ortasında yer alırlar. Ayrı ayrı ölçüm yapılamaz. Bu nedenle spektral Dopplerde, sıfır çizginin üstünde pulsatile arteriyel akım varken, altında sinüzoidal venöz akım alınır. CRA akım ölçümlerinde probun göz üstünde yerleşim şekli çok önemlidir ve çok değişkenlik gösterir. Tekrar ölçülebilir veriler elde etmek için ölçüm, lamina kribrozanın arkasında alınmalı böylece hem lamina kribrozadan hem de bu bölgedeki koroidal ve retinal akımdan uzaklaşılmalıdır. CRA'nın normal sağlıklı bireylerde ortalama PSV değeri 11.5 , EDV değeri 3.5 ve RI değeri 0.8'dir (25) (Resim 2.5).



a.



b.

Resim 2.5: Santral retinal arter ve ven a) renkli Doppler US, normal CRA ve ven (ok.), distal optik sinir ortasında. b) Puls Dopplerde sıfır çizgisinin üstünde arteryel, altında venöz tipik akım görülüyor. Arterde yuvarlak sistolik pik ve devamlı diastolik akım mevcut. (26)'dan uyarlanmıştır.

2.12.7.3 Uzun Ve Kısa Posterior Silier Arterler

Uzun ve kısa posterior silier arterler (PCA), optik sinirin her iki tarafında yerleşmiştir. Bu iki grubu USk olarak birbirinden ayırt etmek zordur. Ölçüm optik sinire yakın bir pozisyonda, mümkün olduğunca koroidal akım ile karışmadan ancak ön kesime yakın yapılmalıdır. Bu arterler tek başlarına ayrı ayrı görüntülenemezler ve yapılan ölçümler bir CRA demetinden kaynaklanan dalgaları temsil eder. Bu arterler bir venöz akım olmaksızın, daha uniform bir arteryel puls üretirler. Kısa PCA'ların normal sağlıklı bireylerde ortalama PSV değeri 11.8, EDV değeri 3.7 ve RI değeri 0.7'dir (25) (Resim 2.6).

bulgularını taşımayan bireyler seçildi. Bu bireylere Epworth uykululuk ölçeği anketi yapıldı ve uygun olanlar çalışmaya dahil edildi. Her iki gruptan aydınlatılmış onam alındı.

3.2 Dahil Olma Kriterleri

PSG’de OSAS tanısı almış olmak

3.3 Dışlanma Kriterleri

- 1- Diabetes mellitus tanısı olması
- 2- Hipertansiyon tanısı olması
- 3- Geçirilmiş göz cerrahisi hikayesi
- 4- Glukom, üveit, optik nöropati gibi kronik göz hastalığı hikayesi
- 5- Steroid kullanımı hikayesi

OSAS hastaları, apne-hipoapne indeksine göre 3 grup olarak sınıflandırıldı. AHI 5 ile 15 arasında olanlar hafif dereceli OSAS, 15 ile 30 arasında olanlar orta dereceli OSAS ve 30’un üzerinde olanlar ise ağır dereceli OSAS olarak kabul edildi.

3.4 Radyolojik Değerlendirme

Hastalara, orbita Doppler US tetkikini, 4 yıllık ve 9 yıllık deneyimi olan iki radyolog ortak bir görüş ve teknik sağlamak için birlikte uyguladılar. Her iki grup 10 dakikalık dinlenme sonrasında incelemeye alındı. Orbital Doppler US incelemesi için Logiq S8 US (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) cihazı kullanıldı. Hasta supin pozisyonda, göz kapalı iken her iki orbitaya inceleme yapıldı. İşlem sırasında radyolog hastanın başının yanında ve bir parmağı, orbitaya basınç uygulamamak için hastanın yüzünde olacak şekilde pozisyon aldı. İşlem için 6-15 mHz lineer prob kullanıldı. Prob göz kapağı üzerine yeterli miktarda non-steril kayganlaştırıcı jel kullanılarak yerleştirildi. B-mod US ile glob ve optik sinir görüldükten sonra renkli Doppler incelemesine geçildi. Akım ayarları cihazın orta-düşük ayarında olacak şekilde ayarlandı. OA, CRA ve PCA incelendi. OA optik sinir çevresinde prob kraniale doğru yön verilerek en güçlü akımın alındığı lokalizasyonda, CRA, optik diskin (ya da lamina kribrozanın) 2-3 mm posteriorunda, optik sinir içerisinde değerlendirildi. PCA ise optik sinirin her iki yanında göz küresinin hemen arkasında en güçlü akım alınan lokalizasyonda değerlendirildi.

Uygun örneklem hacmi (sample volume) ve gate ayarı yapılarak aç damara paralel hale getirildi. Doppler açısında 30-60°'lik değerler seçildi. Daha sonra spektral Doppler ile akım grafikleri yazdırıldı. Bu arterlerde sistolik akım hızı (PSV, cm/sn), diastolik akım hızı (EDV, cm/sn) ve rezistivite indeksi (RI) ölçümleri yapıldı. (28) (29) Her iki göz değerlendirildikten sonra her iki tarafta ana ve internal karotid arter patensisi ve plak varlığında anlamlı hemodinamik darlık olup olmadığı değerlendirildi. ICA PSV değeri 125 cm/sn altında olan değerler normal olarak kabul edildi (30). Toplanan veriler ilgili forma kaydedildi.

Hasta ve kontrol grubu işlem sonrası Göz hastalıkları polikliniğine göz muayenesi ve OCT tetkiki için yönlendirildi.

3.5 Göz Hastalıkları Poliklinik Değerlendirme

Göz Hastalıkları polikliniğinde Snellen eşeli ile hastaların düzeltilmiş en iyi görme keskinlikleri saptandı. Refraksiyon değerleri otorefraktometre (Nidek ARK-510A Auto Ref/Keratometer) ile ölçüldü. Biyomikroskop ile ayrıntılı ön ve arka segment yapıları değerlendirildi. Tüm hastalara göz içi basıncı (mmHg) ölçümü pnömotonometre (Canon TX 20P model NKT, Canon USA Inc. New York, ABD) cihazıyla belirlendi.

Retina ve koroid muayenesi 5.3 yazılım versiyonu yüklenmiş olan Spectralis marka Fourier prensibi ile çalışan OCT (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Almanya) cihazı ile değerlendirildi. Ölçüm güvenilirliğini sağlamak için, görüntü kalitesini belirten değerlerin 20'nin üzerinde olduğu ölçümler çalışmada kullanıldı.

RNFL kalınlık ölçümünde optik diski merkezine alan 3,4 mm çaplı tarama çemberi kullanılmaktadır. Cihazda yüklü olan RNFL kalınlığı ölçüm modu parametrelerinde bir değişiklik yapılmaksızın ölçümler yapıldı. Elde edilen verilerden RNFL kalınlığı olarak sadece altı segmentin ortalamasından elde edilen global RNFL kalınlığı (μm) sonuçları kullanıldı.

Santral maküla hacmi için hızlı maküla kalınlığı ölçüm modunda elde edilen 1 mm çaplı santral maküla segmentinin ve 3 mm çaplı maküla santralini çevreleyen alanının

ölçüm sonuçları değerlendirildi. Sonuçların değerlendirilmesi ise daire merkezi foveanın en ince yeri olacak şekilde manuel olarak düzeltildikten sonra yapıldı. Cihazda yüklü olan yazılım yardımı ile hızlı modda alınan maküla kalınlığına segmentasyon yapıldı ve RGCL hacmi hesaplandı. RGCL hacmi de merkezi fovea olan, 1 mm ve 3 mm çaplı dairesel alanlar referans alınarak hesaplandı. Maküla ve RGCL hacimleri milimetre küp (mm^3) cinsinden kaydedildi.

Tüm veriler toplandıktan sonra apne-hipoapne indeksine göre hafif, orta ve ağır dereceli olarak sınıflanan OSAS hastalarında ve kontrol grubunda, retinal veriler ile Doppler US verileri değerlendirildi.

3.6 İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel değerlendirmede tanımlayıcı istatistik olarak sıklık, ortalama, standart sapma ve ortanca kullanıldı. Sürekli değişkenlerin karşılaştırılmasında, OSAS hastaları ve sağlıklı kontrol gruplarının verilerinin değerlendirilmesinde Student t-testi, parametrik olmayan bağımsız değişkenlerde Mann-Whitney U-testi kullanıldı. Parametrik değerler için Pearson's korelasyon testi kullanıldı. r değeri $r < 0,3$ ise zayıf korelasyon, $r = 0,3-0,5$ ise orta düzeyde korelasyon, $r = 0,5-0,7$ ise güçlü korelasyon, $r > 0,70$ ise çok güçlü korelasyon olarak kabul edildi.

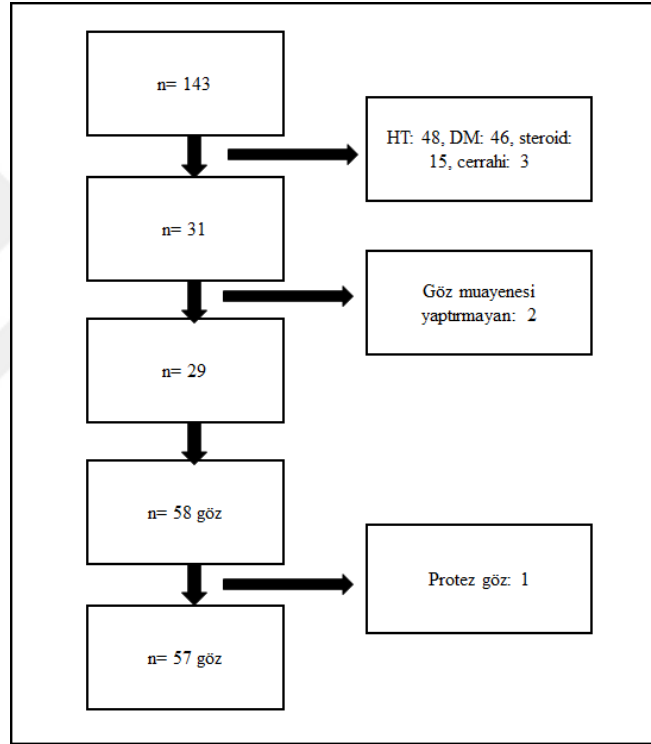
$p < 0,05$ olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. İstatistiksel değerlendirmelerde SPSS for Windows 20.0 programı (Statistical Package for Social Sciences, Chicago, ABD) kullanılacaktır.

4. BULGULAR

Göğüs hastalıkları polikliniğinde, Ağustos 2015 ve Temmuz 2016 tarihleri arasında PSG yapılan ve OSAS tanısı alan 143 kişi vardı. Bu hastalardan 48 kişi hipertansiyon, 46 kişi diabetes mellitus, 15 kişi steroid kullanımı ve 3 kişi de geçirilmiş göz cerrahisi olduğundan dolayı çalışmaya alınmadı. Geriye kalan 31 hasta çalışmaya dahil edildi. Hasta grubuna benzer yaş ve cinsiyette 30 birey kontrol grubu olarak belirlendi. Hasta grubunda 2, kontrol grubunda 1 kişi Göz hastalıkları poliklinik

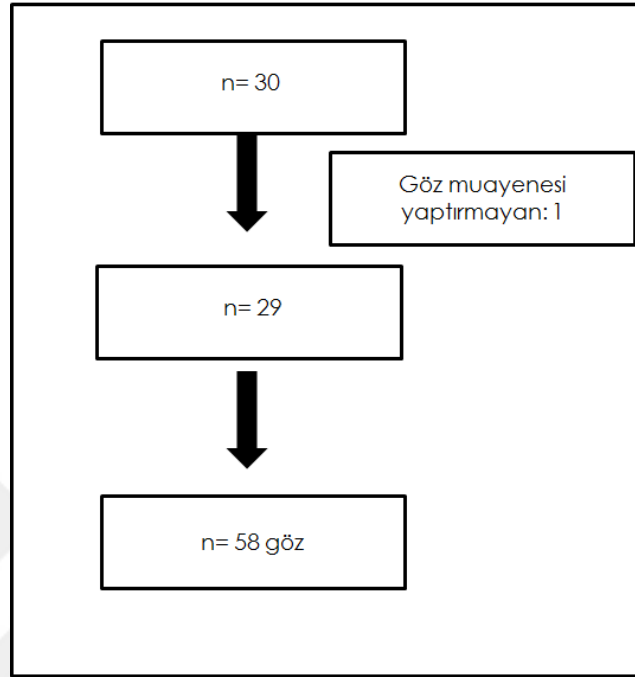
muayenesine gitmediğinden çalışma dışı bırakılarak, toplamda 29 hasta ve 29 kontrol çalışmaya dahil edilmiştir. Olguların her iki gözü de çalışmaya alınmış olup, hasta grubunda 1 kişinin 1 gözü protezdi. Bu nedenle diğer göz çalışmaya alındı. Toplamda hasta grubunda 57, kontrol grubunda 58 göze ait veri toplanmıştır (Tablo 4.1 ve 4.2).

Tablo 4.1: Hasta grubunu belirleme diagramı



HT: Hipertansiyon, DM: Diabetes mellitus

Tablo 4.2: Kontrol grubunu belirleme diagramı



4.1 PSG Bulguları

OSAS hastalarının 24 tanesinde, apne-hipoapne epizotları esnasında EKG’de bradi-taşiaritmi izlenmiştir. 11 hastada PSG kaydında yüksek şiddetli horlama, 17 hastada orta şiddetli horlama ve 1 hastada hafif şiddette horlama saptanmıştır.

4.2 Orbital Doppler US Bulguları

Hem hasta hem kontrol grubunda vasküler oklüzyon saptanmamıştır. Hem kontrol grubunda hem hasta grubunda birer kişide her iki ICA’da fibrokalsifik vasıfta plak mevcut olmakla birlikte, yapılan hız değerlendirmesinde anlamlı darlık saptanmamıştır. Kontrol grubundan bir olguda optik diskte ekojen, posterior gölge ya da güçlenmesi olmayan noktasal görünüm mevcut olup drusen lehine değerlendirilmiştir. Hiç bir olguda retina dekolmanı, vitröz hemoraji gibi patolojik bulgu saptanmamıştır.

4.3 Göz muayenesi ve OCT bulguları

Hasta ve kontrol gruplarında glokom saptanmamıştır. IOP değerleri 9 ila 21 mmHg arasında değişmekte olup, kontrol grubunda ortalama 15,1 mmHg, hasta grubunda ise 16,2 mmHg idi. Hasta grubunda bir miktar daha yüksek olmakla birlikte, her iki grup arasında anlamlı fark yoktu ($p= 0,06$).

4.4 Tanımlayıcı Veriler

Hasta grubunda 7 kadın, 22 erkek vardı ve yaşları 27 ile 64 arasında değişmekte olup yaş ortalaması 45,93 idi. Kontrol grubunda 14 kadın, 15 erkek vardı ve yaşları 29 ile 62 arasında değişmekte olup yaş ortalaması 44,55 idi (Tablo 4.3 ve 4.4). İstatistiksel olarak gruplar arasında yaş ve cinsiyet açısından anlamlı fark yoktu ($p>0,05$).

Tablo 4.3: Hasta ve kontrol gruplarında cinsiyet dağılımı

Cinsiyet	Kadın	Erkek
Hasta grubu	7	22
Kontrol grubu	14	15

Tablo 4.4: Hasta ve kontrol gruplarının yaş dağılımı

Yaş	Hasta grubu	Kontrol grubu
Ortalama± Standart sapma	45,93±9,95	44,55±8,61
Ortanca	47	46
En küçük	27	29
En büyük	64	62

Çalışmaya alınan 29 hastadan; 3 kişinin AHI değeri 5-15 arasında olup hafif dereceli OSAS, 12 kişinin AHI değeri 15-30 aralığında olup orta dereceli OSAS ve 14 kişinin AHI değeri 30'un üzerinde olup ağır dereceli OSAS olarak sınıflanmıştır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: OSAS derecesinde göre hasta sayıları

OSAS AHI sınıflama	Hasta sayısı (n)
Hafif	3
Orta	12
Ağır	14

AHI: apne/hipoapne indeksi

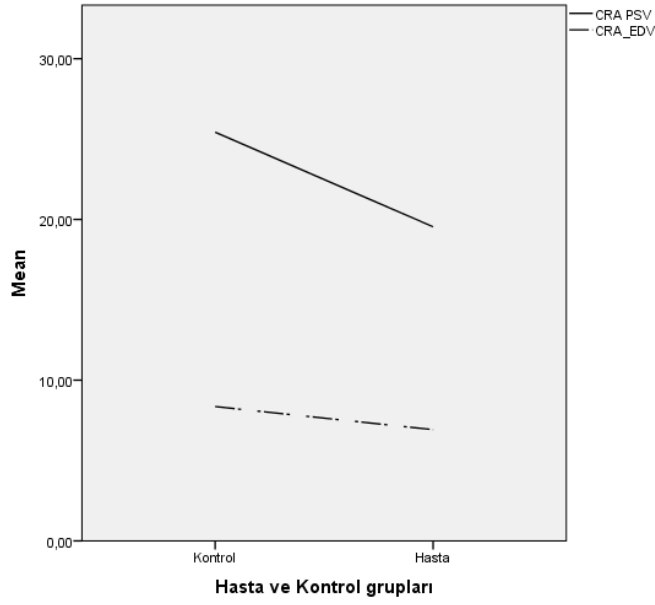
4.5 Hasta ve Kontrol Grubu Verilerinin Karşılaştırılması

Hasta ve kontrol grubu Doppler US verileri değerlendirildiğinde iki grup arasında CRA, PCA'nın PSV ve EDV değerlerinde ve OA'nın EDV ve RI değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur ($p < 0,05$). CRA ve PCA'nın PSV ve EDV değerleri ve OA RI değerleri sağlıklı bireylerde daha yüksek iken, OA EDV değeri hastalarda daha yüksek bulundu. Bulgular tablo ve grafik olarak gösterilmiştir (Tablo 4.6 ve şekil 4.1).

Tablo 4.6: Hasta ve kontrol grubunda orbita Doppler US verileri

	Ortalama (SS) değerleri		
	Hasta grubu	Kontrol Grubu	
Damar	(n= 57)	(n = 58)	<i>p</i> değeri
CRA			
PSV	19,5 (7,1)	25,4 (7,9)	< 0,001
EDV	6,9 (2,6)	8,3 (2,5)	0,004
RI	0,62 (0,08)	0,63 (0,11)	0,687
PCA			
PSV	20,2 (8,4)	28,9 (10,5)	<0,001
EDV	8 (3,9)	10,4 (4,1)	0,002
RI	0,58 (0,08)	0,61 (0,09)	0,98
OA			
PSV	60,3 (22,7)	57,3 (14,1)	0,402
EDV	19,2 (8)	16 (5,8)	0,015
RI	0,66 (0,06)	0,71 (0,07)	0,002

SS: standart sapma, CRA: santral retinal arter, PCA: posterior silier arter, OA: oftalmik arter, PSV: pik sistolik hız (cm/sn), EDV: end diastolik hız(cm/sn), RI: rezistivite indeksi



Şekil 4.1: Hasta ve kontrol gruplarında ortalama CRA PSV ve EDV değerlerinin değişimi

Hasta grubunda global RNFL kalınlığı ortalama 99,6 μm iken kontrol grubunda 99,8 idi. Bu iki grup arasında anlamlı fark yoktu ($p= 0,888$). Hasta ve kontrol grubu OCT verileri değerlendirildiğinde iki grup arasında IOP, RNFL kalınlığı, retinanın 1 mm ve 3 mm’lik alanlardaki hacimleri ve RGCL 3 mm’lik alandaki hacmi arasında anlamlı fark saptanmamıştır. RGCL’nin 1 mm çapa sahip merkezi kesiminden yapılan ölçümde hasta ve kontrol grubu arasında anlamlı farklılık vardır ($p=0,033$). Hasta ve kontrol grubunun IOP ve OCT verileri tabloda verilmektedir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: Hasta ve kontrol grubunda IOP ve OCT verileri

	Ortalama (SS) değerleri		
	Hasta grubu	Kontrol Grubu	
	(n= 57)	(n = 58)	<i>p</i> değeri
IOP	16,2 (3,2)	15,1 (3,3)	0,063
RNFL	99,6 (7,7)	99,8 (10,8)	0,888
Retina hacmi			
1 mm çaplı çember	0,21 (0,01)	0,21 (0,01)	0,897
3 mm çaplı ember	2,37 (0,09)	2,38 (0,09)	0,461
RGCL hacmi			
1 mm çaplı çember	0,012(0,004)	0,010 (0,002)	0,033
3 mm çaplı ember	0,34 (0,02)	0,34 (0,02)	0,712

SS: standart sapma, IOP: göz içi basıncı (mmHg), RNFL: retinal sinir lifi tabakası (μm), RGCL: retinal ganglion hücre tabakası (mm^3)

OSAS grubu, hastalık şiddetine göre sınıflandığında, hafif şiddetteki grupta 3 olgu olduğundan, hafif ve orta dereceli OSAS grubu birlikte değerlendirmeye alınmış ve ağır dereceli OSAS grubu ile karşılaştırma yapılmıştır. Buna göre bu iki grup arasında orbita Doppler US verileri bakıldığında, CRA ve OA PSV değerlerinde ve OA RI değerinde anlamlı farklılık saptanmıştır. Bulgular tablo 4.8’da verilmektedir.

Tablo 4.7: OSAS alt gruplarına göre Doppler US verileri

	Ortalama (SS) değerleri		
	Hafif-orta dereceli OSAS grubu	Ağır dereceli OSAS grubu	
Damar	(n= 30)	(n = 27)	<i>p</i> değeri
CRA			
PSV	17,2 (7)	22 (6,5)	0,010
EDV	7,6 (2,3)	6,2 (2,8)	0,058
RI	0,62 (0,08)	0,63 (0,08)	0,544
PCA			
PSV	18,5 (6,5)	22,1 (10)	0,109
EDV	7,5 (3,2)	8,6 (4,5)	0,302
RI	0,57 (0,09)	0,6 (0,07)	0,221
OA			
PSV	53,9 (21,8)	67,5 (21,9)	0,023
EDV	18,1 (8,5)	20,5 (7,4)	0,258
RI	0,64 (0,05)	0,68 (0,06)	0,019

SS: standart sapma, CRA: santral retinal arter, PCA: posterior silier arter, OA: oftalmik arter, PSV: pik sistolik hız (cm/sn), EDV: end diastolik hız(cm/sn), RI: rezistivite indeksi

Hasta grubu AHI'ye göre sınıflanmış olup hafif-orta derecedeli hastalar ile ağır derecedeli hastaların IOP ve OCT verileri değerlendirilmiştir. Buna göre RGCL-1 mm hacim değerlerinde iki grup arasında anlamlı fark vardır. Hafif-orta derecede OSAS hastalarında bu değer daha yüksek bulunmuştur. Bulgular tablo 4.9'da verilmektedir.

Tablo 4.9: OSAS alt gruplarında IOP ve OCT verileri

	Ortalama (SS) değerleri		
	Hafif/orta dereceli OSAS	Ağır dereceli OSAS	
	(n= 30)	(n = 28)	<i>p</i> değeri
IOP	16,3 (3,3)	16,1 (3,1)	0,805
RNFL	98,5 (8,3)	100,8 (6,8)	0,288
Retina hacmi			
1 mm çaplı çember	0,21 (0,02)	0,20 (0,01)	0,089
3 mm çaplı çember	2,37 (0,09)	2,37 (0,09)	0,936
RGCL hacmi			
1 mm çaplı çember	0,013 (0,004)	0,010 (0,002)	0,019
3 mm çaplı çember	0,34 (0,02)	0,33 (0,03)	0,827

SS: standart sapma, IOP: göz içi basınç (mmHg), RNFL: retinal sinir lifi tabakası (µm), RGCL: retinal ganglion hücre tabakası (mm³)

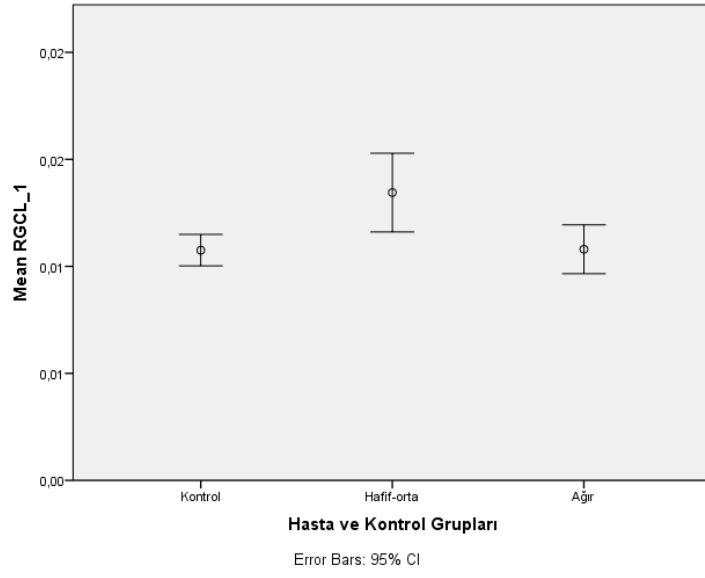
RGCL-1mm hacminde, kontrol grubu ile hafif-orta dereceli OSAS grubu arasında anlamlı fark var iken, ağır dereceli OSAS grubu ile arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Bu durumda RGCL-1 mm hacmi değeri, hafif/orta dereceli OSAS grubunda artmakta, ağır dereceli OSAS grubunda azalmaktadır.

CRA PSV değerinde, kontrol grubu ile hafif-orta dereceli OSAS grubu arasında anlamlı fark var iken, ağır dereceli OSAS grubu ile arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Bu durumda CRA PSV değeri, hafif/orta dereceli OSAS grubunda azalmakta, ağır dereceli OSAS grubunda artış göstermektedir. İlgili veriler tabloda ve grafiklerde verilmektedir (Tablo 4.10, şekil 4.2 ve şekil 4.3).

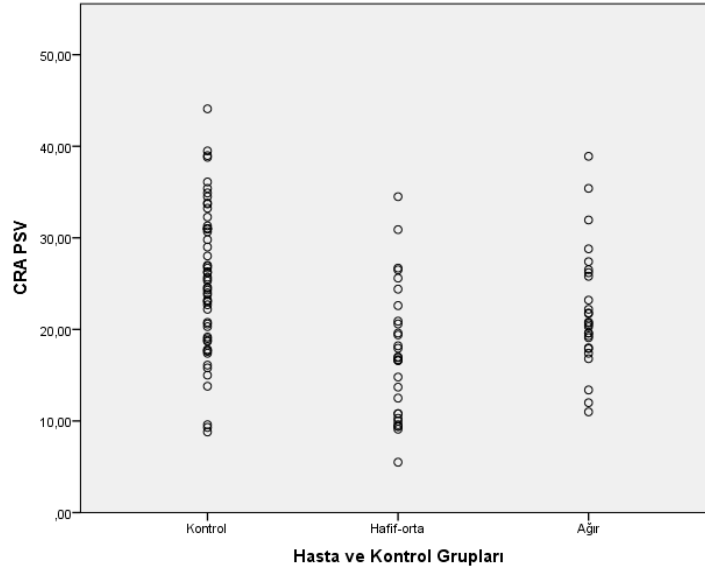
Tablo 4.10: RGCL (1 mm) ve CRA PSV verilerinin kontrol grubu, hafif/orta dereceli OSAS ve ağır dereceli OSAS gruplarında değişimi

	RGCL (1mm) (Ort (SS))		CRA PSV (Ort (SS))	
	mm ³	<i>p</i> değeri	cm/sn	<i>p</i> değeri
Kontrol-Hafif/orta				
Kontrol	0,0108 (0,002)	0,002	25,4 (7,9)	<0,001
Hafif/orta	0,0134 (0,004)		17,2 (7)	
Kontrol-Ağır				
Kontrol	0,0108 (0,002)	0,945	25,4 (7,9)	0,06
Ağır	0,0108 (0,002)		22 (6,5)	
Hafif/orta-Ağır				
Hafif/orta	0,0134 (0,004)	0,019	17,2 (7)	0,01
Ağır	0,0108 (0,002)		22 (6,5)	

RGCL- 1 mm çaplı çember: Retinal ganglion hücre tabakası 1 mm çaplı alanın hacmi, CRA PSV: Santral retinal arter pik sistolik hız



Şekil 4.2: Ortalama RGCL 1mm çaplı alanın hacminin hasta ve kontrol grupları arasında değişimi



Şekil 4.3: CRA PSV değerlerinin hafif-orta dereceli OSAS, ağır dereceli OSAS ve kontrol grupları arasında değişimi

4.6 Korelasyon Verileri

Hasta Grubunda

Artan AHI değerlerine göre, CRA, PCA ve OA PSV değerleri ve PCA EDV değerleri arasında pozitif yönde anlamlı korelasyon vardır. AHI değerleri ile RGCL-1mm hacmi arasında negatif yönde anlamlı korelasyon vardır. Diğer Doppler US ve OCT verileri ile AHI arasında korelasyon saptanmamıştır (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Hasta grubunda AHI değerleri ile Doppler US verileri arasında uyum

HASTA GRUBU			
	AHI		
	p	r*	İlişki yönü ve düzeyi
CRA-PSV	0,011	0,333	Orta pozitif korelasyon
PCA-PSV	0,008	0,348	Orta pozitif korelasyon
PCA-EDV	0,033	0,283	Zayıf pozitif korelasyon
OA-PSV	0,022	0,302	Orta pozitif korelasyon
RGCL-1 mm çaplı çember hacmi	0,032	-0,292	Zayıf negatif korelasyon

* r değeri: $r < 0,3$ ise zayıf korelasyon, $r = 0,3-0,5$ ise orta düzeyde korelasyon, $r = 0,5-0,7$ ise güçlü korelasyon, $r > 0,70$ ise çok güçlü korelasyon, CRA: santral retinal arter, PCA: posterior silier arter, OA: oftalmik arter, PSV: pik sistolik hız, EDV: end diastolik hız, RGCL: retinal ganglion hücre tabakası

RNFL ile Doppler US verileri arasında anlamlı korelasyon saptanmamıştır. RGCL hacmi ile Doppler US verileri değerlendirildiğinde; RGCL (1mm çaplı çember) hacmi ile CRA RI değeri arasında negatif yönde orta şiddette korelasyon vardır ($p=0,023$)

$r = -0,309$). RGCL (3 mm çaplı çember) hacmi ile CRA EDV değeri arasında pozitif yönde zayıf şiddette korelasyon saptanmıştır ($p=0,035$, $r = 0,287$) (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Hasta grubunda Doppler US verileri ile OCT verileri arasında ki uyum

HASTA GRUBU			
	RGCL- 1 mm çaplı çember hacmi		
	<i>p</i>	<i>r</i> [*]	<i>İlişki yönü ve düzeyi</i>
CRA-RI	0,023	-0,309	Orta negatif korelasyon
	RGCL- 3 mm çaplı çember hacmi		
CRA-EDV	0,035	0,287	Zayıf pozitif korelasyon

* *r* değeri $r < 0,3$ ise zayıf korelasyon, $r = 0,3-0,5$ ise orta düzeyde korelasyon, $r = 0,5-0,7$ ise güçlü korelasyon, $r > 0,70$ ise çok güçlü korelasyon, CRA: santral retinal arter, RGCL: retinal ganglion hücre tabakası, RI: rezistivite indeksi, EDV: end diastolik hız (cm/sn)

Kontrol Grubunda

RNFL ile herhangi bir Doppler US verisi arasında anlamlı korelasyon saptanmamıştır.

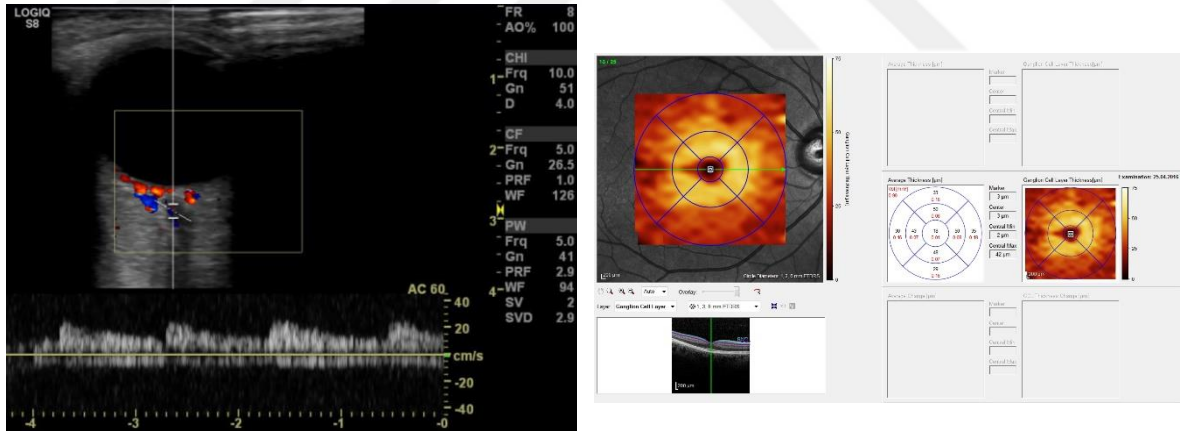
RGCL (1 mm) hacmi ile CRA EDV arasında pozitif yönde zayıf şiddette korelasyon vardır ($p = 0,015$, $r = 0,332$) (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Kontrol grubunda Doppler US verileri ile OCT verileri arasında uyum

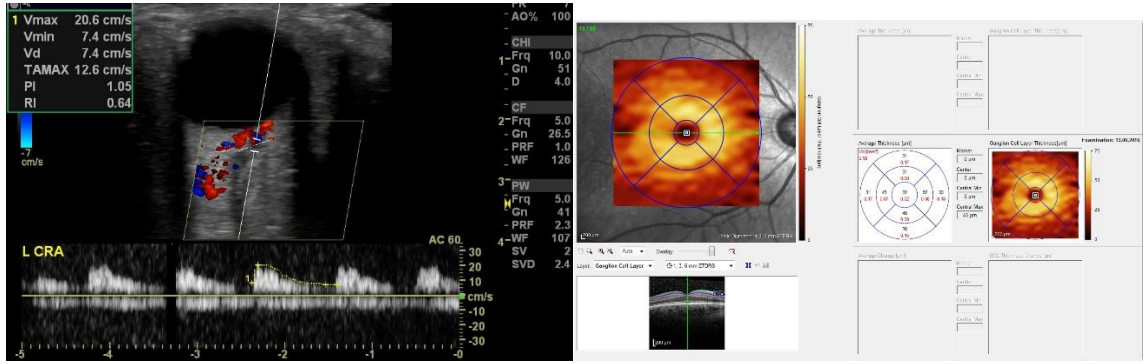
KONTROL GRUBU			
	RGCL- 1 mm		
	p	r^*	<i>İlişki yönü ve düzeyi</i>
CRA-EDV	0,015	0,332	Orta pozitif korelasyon

* r değeri $r < 0,3$ ise zayıf korelasyon, $r = 0,3-0,5$ ise orta düzeyde korelasyon, $r = 0,5-0,7$ ise güçlü korelasyon, $r > 0,70$ ise çok güçlü korelasyon

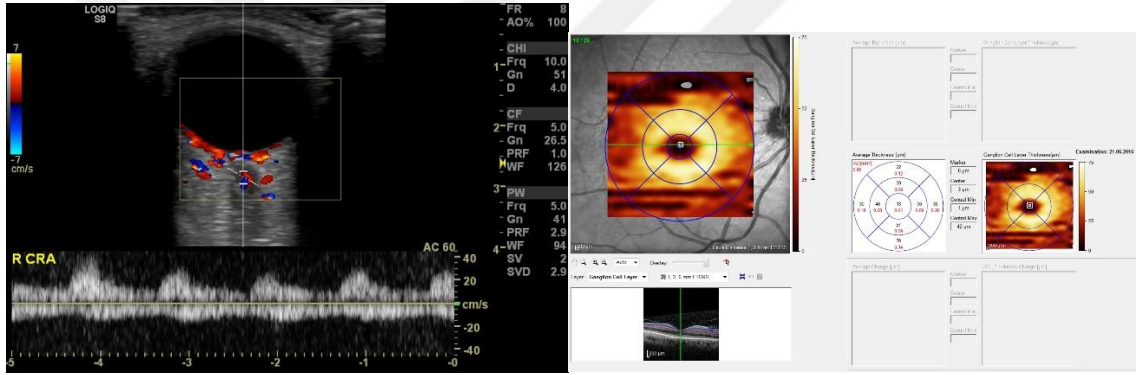
4.7 Örnek hastalar



Resim 4.4: Kontrol grubu; CRA Doppler US ve RGCL hacmi ölçümü OCT görüntüleri



Resim 4.5: Hafif-orta dereceli OSAS grubu; CRA Doppler US ve RGCL hacmi ölçümü OCT görüntüleri



Resim 4.6: Ağır dereceli OSAS grubu; CRA Doppler US ve RGCL hacmi ölçümü OCT görüntüleri

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda; OSAS hastalarında RNFL kalınlığında anlamlı farklılık saptanmazken ($p=0,888$), ganglion hücre tabakasında değişiklik olduğu gösterilmiştir ($p=0,033$). Hasta ve kontrol grubunda; CRA RI değerleri arasında anlamlı fark olmamakla birlikte ($p= 0,687$), hasta grubunda CRA RI değeri azaldıkça ganglion hücre tabakasının santral hacminde artış tespit edildi ($p=0,023$, $r= -309$). Ayrıca; RGCL hacminin, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, hafif-orta dereceli OSAS hastalarında arttığı, ağır dereceli OSAS grubunda ise azaldığı bulundu ($p=0,019$). Bu bulgular hipoksiden henüz retinal

tabaka etkilenmeden, ganglion hücrelerinin erken dönemde değişikliğe uğradığını göstermektedir. OCT ile Doppler US verileri birbiriyle negatif yönde benzer olup, Doppler US’de CRA’in PSV değerleri hafif-orta dereceli OSAS grubunda azalmış, ağır dereceli OSAS grubunda ise artmış olarak tespit edildi.

Hasta ve kontrol grubu arasında, Doppler US incelemede, CRA ve PCA’nın PSV ve EDV değerleri arasında anlamlı fark saptanmış olup, hasta grubunda daha düşük oldukları anlaşılmıştır. Bu durum, gözün hipoksiye cevabında otoregülasyon mekanizması ile vazodilatasyona ikincil gelişmiş olabilir.

OSAS hastalarında, Doppler US ve OCT’de ganglion hücre tabakası hacim ilişkisini değerlendiren literatürde başka bir çalışma yoktu. OSAS’ta Doppler US ve OCT bulgularını (RNFL) inceleyen bir çalışma, korelasyon açısından bu iki grubun verisini bizim gibi karşılaştırmamıştır (31). Glokom hastalarında yapılan diğer bir çalışmada; RNFL ile CRA RI değerleri arasında, negatif korelasyon elde edilmiştir (32). Bu çalışmanın da bizimle aynı korelasyonu göstermesi, Doppler US’nin, OSAS’ta göz bulgularının takibinde kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Hafif dereceli OSAS hastalarında, ganglion hücre hacminin artmış, ağır dereceli OSAS hastalarında azalmış olması, hafif dereceli OSAS’da, hipoksida orbital otoregülasyon mekanizması sonucunda gelişen vazodilatasyona ikincil ödeme bağlı olabileceği daha önce de literatürde iddia edilmiştir (16). Ağır dereceli OSAS hastalarında ki hacim azalması; orbital otoregülasyon mekanizmasının zayıflamasına ikincil atrofiye bağlı olabilir. OSAS hastalarında maküla kalınlık ölçümü yapan bir çalışmada, hastalığın erken evrelerinde, artmış maküler kalınlığın, VEGF, NO ve diğer preinflamatuvar sitokin artışına bağlı, inflamatuvar ödem geliştiği ve son evrede ise nöronal kayıp nedeniyle RNFL incelmeye yol açtığı speküle edilmektedir (19). Bizim bulgularımız da bu yorumla uyum içerisindedir.

Çalışmamızda Doppler US verilerinde; kontrol grubuna göre, hastalarda CRA ve PCA’nın PSV ve EDV değerleri daha düşüktü. Literatürde bir çalışmada, bizim bulgularımızın aksine bu değerler yüksek olarak tespit edilirken, bir başka araştırmada

CRA ve PCA değerlerinde anlamlı değişiklik bulunamamıştır (33,34). Bu durum hasta gruplarının seçimindeki farklılığa bağlı olabilir. Hasta grupları kendi içerisinde karşılaştırıldığında literatürle uyumlu bir şekilde CRA ve PCA'nın PSV değerleri, hastalık şiddeti arttıkça, artmış olarak bulunmuştur ($p=0,010$) (1).

Çalışmamızda OCT verilerinde; RNFL kalınlığının OSAS şiddeti ile ilişkisi gösterilememiştir. Literatürde bizimle aynı sonuçları elde eden çalışmalar olduğu gibi (35), RNFL kalınlığının azaldığını tespit eden bir çok çalışma da vardır (19,36).

OSAS hastalarında RGCL kalınlığını inceleyen bir çalışma, bizim sonuçlarımızın aksine, hasta ve kontrol grubu arasında farklılık tespit edilmemiştir (37). Ancak bu çalışmada RGCL kalınlığı kullanılırken, biz, farklı olarak hacim değerlendirmesi yaptığımız için çalışmamızın duyarlılığı artmış olabilir.

Çalışmamızda en önemli limitasyon, OSAS'ın süresinin RNFL kalınlığını etkileme potansiyeline rağmen (38), PSG ile yeni tanı alan hastalar çalışmaya dahil edildiğinden, hastalık süresi hakkında bilgi sahibi değiliz. Zengin ve ark., 18 aylık takip yaptıkları çalışmada, başlangıçta bir fark olmamasına rağmen çalışma sonunda hastalarda RNFL kalınlığının incelendiğini göstermişlerdir (38). Bu durum çalışmalarda hastalık şiddetinin yanında süresinin de önemli olabileceği gösterdiğinden OSAS hastalarında takip çalışmaları değerli olabilir. Hasta grubu sayısı, OSAS hastalarında -yaygın DM ve HT gibi dışlanma kriterleri nedeniyle- yetersiz kalmış olabilir. Bir diğer limitasyonumuz da istatistiksel olarak anlamlı olmasa da kontrol grubunda kadın sayısının daha fazla olmasıdır.

6. SONUÇ

OSAS hastalarında göz henüz klinik olarak sağlamken bile, OCT'de ganglion hücre tabakasında değişiklik oluşabilmekte ve bu bulgular Doppler US verileri ile desteklenebilmektedir. OSAS tanılı hastaların takibinde göz bulguları açısından, hem kolay ulaşılabilen hem de yaygın bir tetkik olması nedeniyle Doppler US kullanışlı bir yöntemdir.

7. REFERANSLAR

1. Allan Hobson J. A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* [Internet] 1969 [cited 2016 Jul 11];26(6):644.
2. Johns MW. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep* [Internet] 1991 [cited 2016 Jul 11];14(6):540–5.
3. İtil O. , Köktürk O., Ardiç S. , Çuhadaroglu Ç. FH. Uykuda solunum bozuklukları [Internet]. In: İtil O. , Köktürk O., Ardiç S. , Çuhadaroglu Ç. FH, editor. Türk toraks derneği Toraks kitapları. Turkish Thoracic Society; 2015. p. 699.
4. Bixler EO, Vgontzas AN, Lin HM, Ten Have T, Rein J, Vela-Bueno A, et al. Prevalence of sleep-disordered breathing in women: effects of gender. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet] 2001 [cited 2016 Jul 11];163(3 Pt 1):608–13.
5. Young T, Finn L, Peppard PE, Szklo-Coxe M, Austin D, Nieto FJ, et al. Sleep disordered breathing and mortality: eighteen-year follow-up of the Wisconsin sleep cohort. *Sleep* [Internet] 2008 [cited 2016 Jul 11];31(8):1071–8.
6. White DP, Douglas NJ, Pickett CK, Weil J V, Zvillich CW. Hypoxic ventilatory response during sleep in normal premenopausal women. *Am Rev Respir Dis* [Internet] 1982 [cited 2016 Jul 11];126(3):530–3.
7. Douglas NJ, White DP, Weil J V, Pickett CK, Martin RJ, Hudgel DW, et al. Hypoxic ventilatory response decreases during sleep in normal men. *Am Rev Respir Dis* [Internet] 1982 [cited 2016 Jul 11];125(3):286–9.
8. Society TT. Türk toraks derneği obstrüktif uyku apne sendromu tanı ve tedavi uzlaşi raporu. 2012;13(December).
9. Köktürk O. UYKUDA SOLUNUM BOZUKLUKLARI. *Tüberküloz ve Toraks Derg* [Internet] 1998 [cited 2016 Jul 12];46 (2)(187–92).
10. Faridi O, Park SC, Liebmann JM, Ritch R. Glaucoma and obstructive sleep apnoea syndrome. *Clin Exp Ophthalmol* 2012;40(4):408–19.
11. Abdal H, Pizzimenti JJ, Purvis CC. The eye in sleep apnea syndrome. *Sleep Med* 2006;7(2):107–15.
12. Dhillon S, Shapiro CM, Flanagan J. Sleep-disordered breathing and effects on ocular health. *Can J Ophthalmol* [Internet] 2007;42(2):238–43.

13. Lanfranchi P, Somers VK. Obstructive sleep apnea and vascular disease. *Respir Res* 2001;2(6):315–9.
14. Sancak B, Cumhur M. Fonksiyonel Anatomi. 2nd ed. Ankara: ODTU Geliştirme Vakfı, yayıncılık; 2002.
15. Frank H. Netter M. Atlas of Human Anatomy.
16. Moore D, Harris A, Wudunn D, Kheradiya N, Siesky B. Dysfunctional regulation of ocular blood flow: A risk factor for glaucoma? *Clin Ophthalmol* 2008;2(4):849–61.
17. Aydın A, Hamdi Bilge A. Optik Koherens Tomografinin Glokomda Yeri Application of Optical Coherence Tomography in Glaucoma. *Glokom-Katarakt Derg [Internet]* 2007 [cited 2016 Jul 14];2:77–82.
18. Kargi SH, Altın R, Koksall M, Kart L, Cinar F, Ugurbas SH, et al. Retinal nerve fibre layer measurements are reduced in patients with obstructive sleep apnoea syndrome. *Eye (Lond)* 2005;19(5):575–9.
19. Casas P, Ascaso FJ, Vicente E, Tejero-Garcés G, Adiego MI, Cristóbal J a. Retinal and optic nerve evaluation by optical coherence tomography in adults with obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome (OSAHS). *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol [Internet]* 2013;251(6):1625–34.
20. Schuman JS, Hee MR, Puliafito CA, Wong C, Pedut-Kloizman T, Lin CP, et al. Quantification of Nerve Fiber Layer Thickness in Normal and Glaucomatous Eyes Using Optical Coherence Tomography. *Arch Ophthalmol [Internet]* 1995 [cited 2016 Jul 14];113(5):586.
21. Kergoat H, He´rard M-E, Lemay M. RGC Sensitivity to Mild Systemic Hypoxia. *Investig Ophthalmology Vis Sci [Internet]* 2006 [cited 2016 Jul 14];47(12):5423.
22. Mwanza J-C, Oakley JD, Budenz DL, Anderson DR. Ability of Cirrus™ HD-OCT Optic Nerve Head Parameters to Discriminate Normal from Glaucomatous Eyes. *Ophthalmology* 2011;118(2):241–8.
23. Tuncel E. Klinik Radyoloji. 2nd ed. nobel; 2008.
24. Middleton W. D. , Kurtz A. B. HBS. Ultrasound: The Requisites 2nd Edition. 2nd ed. 2008.
25. Stalmans I, Vandewalle E, Anderson DR, Costa VP, Frenkel REP, Garhofer G, et al. Use of colour Doppler imaging in ocular blood flow research. *Acta*

- Ophthalmol 2011;89(8):609–30.
26. Belden CJ, Abbitt PL, Beadles K a. Color Doppler US of the orbit. *Radiographics* 1995;15(November):589–608.
 27. www.sonoguide.com [Internet].
 28. Lieb WE, Müller-forell WS, Wichmann W. Ophthalmologic Imaging Methods of the Eye and Orbit. In: A. L. Baert KS, MD PWSM-F, editors. *Imaging of Orbital and Visual Pathway Pathology*. Springer Berlin Heidelberg; 2002. p. 3–23.
 29. Williamson T, Harris A. Color Doppler ultrasound imaging of the eye and orbit. *Surv Ophthalmol* [Internet] 1996 [cited 2016 Apr 19];40(4):255–67.
 30. Ferguson GG, Eliasziw M, Barr HWK, Clagett GP, Barnes RW, Wallace MC, et al. The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial : Surgical Results in 1415 Patients. *Stroke* [Internet] 1999 [cited 2016 Jul 15];30(9):1751–8.
 31. Makbule AKBULUT, Arici MK, Doğan ÖT, Mehmet H. ATALAR HE, Toker İ, Vural A, et al. Obstrüktif Uyku Apne Sendromlu Olgularda Glokom Yatkınlığı Apnea Syndrome. *Glokom-Katarakt Derg* 2007;2:13–7.
 32. Cellini M, Bernabini B, Carbonelli M, Zamparini E, Campos EC. Optical coherence tomography, frequency-doubling technology, and colour Doppler imaging in ocular hypertension. *Eye (Lond)* [Internet] 2007;21(8):1071–7.
 33. Erdem CZ, Altin R, Erdem LO, Kargi S, Kart L, Cinar F, et al. Doppler measurement of blood flow velocities in extraocular orbital vessels in patients with obstructive sleep apnea syndrome. *J Clin Ultrasound* [Internet] 2003;31(5):250–7.
 34. Karakucuk S, Goktas S, Aksu M, Erdogan N, Demirci S, Oner A, et al. Ocular blood flow in patients with obstructive sleep apnea syndrome (OSAS). *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* [Internet] 2008;246(1):129–34.
 35. Ferrandez B, Ferreras A, Calvo P, Abadia B, Marin JM, Pajarin AB. Assessment of the retinal nerve fiber layer in individuals with obstructive sleep apnea. *BMC Ophthalmol* [Internet] 2016;16(1):40.
 36. Xin C, Wang J, Zhang W, Wang L, Peng X. Retinal and choroidal thickness evaluation by SD-OCT in adults with obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome (OSAS). *Eye* [Internet] 2014;28(4):415–21.
 37. Ferrandez B, Ferreras A, Calvo P, Abadia B, Pajarin AB, Marin JM, et al.

Macular Retinal Ganglion Cell Layer Thickness Is Not Reduced in Patients with Obstructive Sleep Apnea. Ophthalmic Res [Internet] 2016;56(2):85–91.

38. Zengin MO, Tuncer I, Karahan E. Retinal nerve fiber layer thickness changes in obstructive sleep apnea syndrome: one year follow-up results. Int J Ophthalmol [Internet] 2014;7(4):704–8.

8. TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1: Obstrüktif uyku apnesi sendromu derecelendirmesi

Tablo 4.1: Hasta grubunu belirleme diagramı

Tablo 4.2: Kontrol grubunu belirleme diagramı

Tablo 4.3: Hasta ve kontrol gruplarında cinsiyet dağılımı

Tablo 4.4: Hasta ve kontrol gruplarının yaş dağılımı

Tablo 4.5: OSAS derecesinde göre hasta sayıları

Tablo 4.6: Hasta ve kontrol grubunda orbita Doppler US verileri

Tablo 4.7: Hasta ve kontrol grubunda IOP ve OCT verileri

Tablo 4.8: OSAS alt gruplarına göre Doppler US verileri

Tablo 4.9: Hasta ve kontrol grubunda IOP ve OCT verileri

Tablo 4.10: RGCL (1 mm) ve CRA PSV verilerinin kontrol grubu, hafif/orta dereceli OSAS ve ağır dereceli OSAS gruplarında değişimi

Tablo 4.11: Hasta grubunda AHI değerleri ile Doppler US verileri arasında uyum

Tablo 4.12: Hasta grubunda Doppler US verileri ile OCT verileri arasında ki uyum

Tablo 4.13: Kontrol grubunda Doppler US verileri ile OCT verileri arasında uyum

9 ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Apne ve arousal döngüsü. ((6)’den uyarlanmıştır.)

Şekil 2.2: Gözün intrinsik arter ve venleri (Frank H. Netter, MD. Atlas of Human Anatomy'den uyarlanmıştır (18)).

Şekil 2.3: Orbitanın arterleri (Frank H. Netter, MD. Atlas of Human Anatomy'den uyarlanmıştır (18)).

Şekil 2.4: Arteryel akım formlarının spektral karakteristikleri A: 'Plug' akım. Lümenin tüm kesimlerinde eşit hız. Hız ve amplitüd spektrumu dar. B: Laminar akım. Damar duvarına yakın bölgelerde akım daha yavaş. Hız ve amplitüd spektrumu geniş. C: Türbülant akım. Jet ve tersine akım. Hız ve amplitüd spektrumu geniş ve ters akım var. (25)' dan uyarlanmıştır.

Şekil 2.5: Laminar ve Türbülant akımlarda bant genişliği ve pencerenin durumu. Damar darlığı arttıkça pik hız artıyor, bant genişliği artıyor ve 'pencere' doluyor. A: Laminar akım. B: Türbülant akım. C: Daha dar bir segmentte türbülant akım. (25)'dan uyarlanmıştır.

Şekil 2.6: Yarı kantitatif akım indeksleri. (25)' dan uyarlanmıştır.

Resim 2.1: RNFL ölçümü (Heidelberg OCT cihazı)

Resim 2.2: RGCL hacim ve kalınlık (Heidelberg OCT)

Resim 2.3: Orbital US tekniği (http://www.sonoguide.com/smparts_ocular.html)'den uyarlanmıştır (29).

Resim 2.4: OA, a) renkli Doppler US, normal OA (ok.) Optik sinirin medialinde. b) Puls Doppler US'de keskin sistolik pik, dikrotik çentik ve rölatif olarak az diastolik akım görülüyor. (28)'dan uyarlanmıştır.

Resim 2.5: CRA ve santral retinal ven a) renkli Doppler US, normal CRA ve ven (ok.), distal optik sinir ortasında. b) Puls Doppler US'de sıfır çizgisinin üstünde arteryel, altında venöz tipik akım görülüyor. Arterde yuvarlak sistolik pik ve devamlı diastolik akım mevcut. (28)'dan uyarlanmıştır.

RGCL: retinal ganglion hücre tabakası

US: ultrasonografi

μm : mikrometre

