



T.C.

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

**KOMPLİKASYONSUZ KATARAKT CERRAHİSİNİN
OKÜLER ELASTİSİTE VE RETROBULBER
KAN AKIMI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

TIPTA UZMANLIK TEZİ

DR. SEVDE AKÇAY USTA

DÜZCE-2022



T.C.

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

**KOMPLİKASYONSUZ KATARAKT CERRAHİSİNİN
OKÜLER ELASTİSİTE VE RETROBULBER
KAN AKIMI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

TIPTA UZMANLIK TEZİ

DR. SEVDE AKÇAY USTA

DR. ÖĞRETİM ÜYESİ HANİFE TUBA AKÇAM

DÜZCE-2022

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve cerrahi deneyimlerini benimle paylaşan, iyi bir insan olma yolunda ışık tutan, adalet, sevgi ve saygıyı aşılayan, tecrübeleriyle her zaman yanımda olan değerli hocam Prof. Dr. Murat KAYA'ya,

Tez çalışma konumun belirlenmesinden itibaren çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren ve destek olan, klinik bilgi ve tecrübelerini her zaman cömertçe paylaşan değerli tez hocam Dr. Öğretim Üyesi Hanife Tuba AKÇAM'a,

Tezimin radyolojik incelemelerini gerçekleştiren Dr. İbrahim Feyyaz NALDEMİR'e, organizasyonda emeği geçen Dr. Hakan Hüseyin SOYLU'ya ve bilgi/deneyimlerini esirgemeyen Doç. Dr. Hasan Baki ALTINSOY'a,

Uzmanlık eğitimimde teorik ve cerrahi anlamda bilgi ve deneyimlerini paylaşan, desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Kuddusi TEBERİK'e,

Anesteziyoloji ve Reanimasyon rotasyonunda birlikte çalıştığım hocalarıma,

Eğitimim boyunca beraber çalıştığım ve her durumda birbirimize kenetlendiğimiz çalışma arkadaşlarım; Dr. Tuğçe Gizem CENGİZ ÖZTÜRK, Dr. Emir ALTIKARDEŞLER, Dr. Eda EROĞLU, Dr. Bayram MEYDAN, Dr. Kübra ERDOĞAN'a,

Hep yanımda olan canım dostum Aysel OĞUZ'a

Varlığı ile bana her zaman güç veren, asıl 'gerçek uzman doktor' olan canım annem Belkıs AKÇAY'a ve desteğini esirgemeyen babam Mustafa AKÇAY'a, sayesinde kardeşlik ve arkadaşlığı bir arada tattığım, canım sevgili ikizim Dr. Merve AKÇAY'a,

Ve, bu süreçte bana hep yardımcı olan Neslihan USTA, Ünal USTA, Kağan USTA' ya, beni hiç yalnız bırakmayan/desteğini hep hissettiğim sevgili eşim Ömer Batuhan USTA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Sevde AKÇAY USTA

ÖZET

Katarakt cerrahisi günümüzde yaygın olarak fakoemülsifikasyon tekniği ile gerçekleştirilmektedir. Gelişen teknoloji ile oftalmoloji pratiğine dahil olan bu modern teknik, her ne kadar dikkatle uygulanmaya çalışılsa da, yapılan uygulamanın doğası gereği göz yapıları üzerinde çeşitli etkiler ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmadaki amacımız, komplikasyonsuz katarakt cerrahisinin göz dokularının elastikiyeti ve retrobulber kan akımı üzerine olan etkilerinin incelenmesidir.

Çalışmamıza senil kataraktı olan 53 hastanın 53 gözü ve yaş-cinsiyet uyumlu 55 gönüllü bireyin 55 gözü dahil edilmiştir. Katarakt grubundaki olgulara komplikasyonsuz fakoemülsifikasyon cerrahisi uygulanmıştır. Tüm olgulara ilk başvuru esnasında ve katarakt grubundaki olgulara ek olarak katarakt cerrahisi sonrası 1 ve 3. aylarda shear wave elastografi ve Doppler ultrasonografi tetkikleri yapılmıştır.

Üç aylık takip sonunda, fakoemülsifikasyon geçiren olgularda: retina-koroid-sklera kompleksi, dış rektus kası, retrobulber yağ dokusu ve optik disk elastografi değerlerinde azalma; iç rektus kası elastografi değerinde nispeten stabil seyir, optik sinir elastografi değerinde ise izole bir artış izlenmiştir. Aynı grupta, Doppler sonuçlarına genel olarak bakıldığında; tepe sistolik hızda düşme, diyastol sonu hızda artış ve direnç indeksinde düşme ile vasküler dirençte azalma yönünde bir değişim olduğu görülmüştür.

Mevcut sonuçlara göre, komplikasyonsuz katarakt cerrahisi sonrası oküler elastisitede genel bir artış ile birlikte vasküler dirençte düşüş olmaktadır. Sonuçlarımızın, geniş kitlelerde farklı senaryolarla yapılacak iyi planlanmış klinik çalışmalarla teyit edilmesi gerekmektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Doppler, Elastografi, Fakoemülsifikasyon, Katarakt, Katarakt cerrahisi, Ultrasonografi

ABSTRACT

Today, with the help of developed technologies, phacoemulsification technique is commonly used in cataract surgery. This modern technique has various effects on the eye structure due to the nature of the application even though it is applied carefully. Our aim, in this study, is to examine the effects of uncomplicated cataract surgery on the elasticity of eye tissues and retrobulbar blood flow.

53 eyes of 53 patients with senile cataract and 55 eyes of 55 age-sex matched volunteers were included in our study. The cases in the cataract group underwent uncomplicated phacoemulsification surgery and their Shear wave elastography and Doppler ultrasonography examinations were performed at 1st and 3rd months after cataract surgery in addition to initial examinations performed for all cases.

At the end of the three-month follow-up, a decrease in retina-choroid-sclera complex, lateral rectus muscle, retrobulbar fat tissue and, optic disc elastography values; a relatively stable course in the medial rectus muscle elastography values, and an isolated increase in the optic nerve elastography values were observed in cases with phacoemulsification. Doppler results for the same group showed a decrease in vascular resistance with a decrease in peak systolic velocity, an increase in end-diastolic velocity, and a decrease in resistance index.

According to our results, an increase in ocular elasticity with a decrease in vascular resistance is observed following uncomplicated cataract surgery. The results need to be confirmed by well-planned clinical studies with different scenarios in large samples.

KEYWORDS: Cataract, Cataract surgery, Doppler, Elastography, Phacoemulsification, Ultrasonography

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	I
ÖZET	II
İNGİLİZCE ÖZET (ABSTRACT)	III
İÇİNDEKİLER	IV
KISALTMALAR DİZİNİ	VI
TABLO DİZİNİ	VII
ŞEKİL DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Lens	2
2.1.1. Anatomi ve histoloji	2
2.1.2. Embriyoloji	3
2.1.3. Fizyoloji ve biyokimya	5
2.2. Katarakt	7
2.2.1. Epidemiyoloji	7
2.2.2. Yaşa bağlı kazanılmış katarakt türleri	8
2.2.3. Katarakt derecelendirmesi	9
2.2.4. Katarakt tedavisi	10
2.3. Orbital ve Oküler Vasküler Anatomi	11
2.3.1. Orbitanın ve bulbus okülünün arterleri ve venleri	12
2.3.2. Oküler kan akımı fiziği	14
2.4. Ultrasonografik Tetkikler	15
2.4.1. Renkli Doppler ultrasonografi	15

2.4.2. RDUS ile oküler kan akımının ölçülmesi	15
2.4.3. Ultrason elastografi tanımı ve fiziği	19
2.4.4. Ultrason elastografinin oftalmolojide kullanımı	20
3. GEREÇ VE YÖNTEM	22
3.1.Çalışmanın Etik Yönü	22
3.2.Katılımcı Seçimi	22
3.3.Göz Muayenesi ve Fakoemülsifikasyon Cerrahisi	22
3.4.Radyolojik Görüntülemeler	25
3.5.İstatistiksel Analiz	26
4. BULGULAR	26
5. TARTIŞMA	39
5.1.Komplikasyonsuz Katarakt Cerrahisinin Oküler Elastisite Üzerine Etkileri	40
5.2.Komplikasyonsuz Katarakt Cerrahisinin Retrobulbar Kan Akımı Üzerine Etkileri	42
6. SONUÇ	43
7. KAYNAKLAR	45

KISALTMALAR DİZİNİ

USG	Ultrasonografi
DNA	Deoksiribo nükleik asit
RNA	Ribonükleik asit
NADPH	Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat
LOCS III	Lens Opasification Classification System III
ICA	Internal karotid arter (internal carotid artery)
SOV	Superior oftalmik ven
IOV	İnferior oftalmik ven
RDUS	Renkli doppler ultrasonografi
PSV	Tepe sistolik hız (peak systolic velocity)
EDV	Diyastol sonu hızı (end-diastolic velocity)
RI	Direnç indeksi (resistive veya resistance index)
OA	Oftalmik arter
SRA	Santral retinal arter
SE	Strain elastografi
SWE	Shear wave elastografi
EI	Elastografi
RKS	Retina-koroid-sklera kompleksi
KCMRS	Katarakt cerrahisi muaddel risk skoru

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1 Demografik veriler	27
Tablo 2 Katarakt grubundaki operatif ölçümler	28
Tablo 3 Katarakt preop grubu ve kontrol grubu arasındaki shear wave elastografi ve Doppler ultrasonografi değerlerinin karşılaştırması	29
Tablo 4 Shear wave elastografi ölçümlerinin ortalama değerleri	30
Tablo 5 Doppler ultrasonografi ölçümlerinin ortalama değerleri	30
Tablo 6 Katarakt grubundaki shear wave elastografi değişimlerinin ikili karşılaştırmaları ve istatistiksel anlamlılık düzeyleri	31
Tablo 7 Katarakt grubundaki Doppler ultrasonografi değişimlerinin ikili karşılaştırmaları ve istatistiksel anlamlılık düzeyleri	32
Tablo 8 Gruplara göre katarakt derecesi/katarakt cerrahisi muaddel risk skoru ile shear wave elastografi değerleri arasındaki korelasyon	33
Tablo 9 Gruplara göre katarakt derecesi/katarakt cerrahisi muaddel risk skoru ile Doppler ultrasonografi değerleri arasındaki korelasyon	34
Tablo 10 Gruplara göre operatif ölçümler ve shear wave elastografi değerleri arasındaki korelasyon	35
Tablo 11 Gruplara göre operatif ölçümler ve Doppler ultrasonografi değerleri arasındaki korelasyon	37

ŞEKİL DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 1	Lens anatomisi ve histolojisi	3
Şekil 2	Lens embriyolojisi	4
Şekil 3	Tunika vasküloza lentis	5
Şekil 4	Lens karbonhidrat metabolizması	6
Şekil 5	Lens su ve elektrolit metabolizması	7
Şekil 6	Başlıca senil katarakt türleri	8
Şekil 7	Lens opasiteleri sınıflandırma sistemi III	10
Şekil 8	Fakoemülsifikasyon aşamaları	11
Şekil 9	Orbitanın ve bulbus okülinin arterleri	13
Şekil 10	Orbitanın ve bulbus okülinin venleri	13
Şekil 11	Oftalmik arter Doppler görüntüsü	16
Şekil 12	Santral retinal arter Doppler görüntüsü	17
Şekil 13	Posterior silier arter Doppler görüntüsü	18
Şekil 14	Superior oftalmik ven Doppler görüntüsü	18
Şekil 15	RKS, optik sinir ve optik disk başı elastografi görüntüsü	20
Şekil 16	İç rektus kası elastografi görüntüsü	21
Şekil 17	Dış rektus kası elastografi görüntüsü	21
Şekil 18	Katarakt cerrahisi muaddel risk skoru	23
Şekil 19	Kliniğimizde yapılan bir fakoemülsifikasyon cerrahisi	24
Şekil 20	LOGIQ S8 XDclear 2.0+ Ultrason Sistemi	25

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kristalin lensin kesifleşmesi sonucu ortaya çıkan katarakt hastalığı, dünya çapında tedavi edilebilir körlük nedenleri arasında başı çekmekte ve oluşturduğu morbidite itibarı ile önemli bir halk sağlığı sorunu olarak gündemimizi meşgul etmeye devam etmektedir (1). Görme işlevini ciddi derecede bozan ve dolayısıyla hayat kalitesini olumsuz yönde etkileyen bu rahatsızlık, özellikle yaşlı popülasyonda yaygındır ve tedavisi cerrahidir (2).

Katarakt cerrahisi günümüzde yaygın olarak fakoemülsifikasyon tekniği ile gerçekleştirilmektedir (3). Bu teknikte, ultrasonik enerji kullanılarak yapısal bozunmaya uğramış lens katmanları küçük parçalara ayrılmakta ve profesyonel bir aspirasyon sistemi ile gözden uzaklaştırılmaktadır (4). Gelişen teknoloji ile oftalmoloji pratiğine dahil olan bu modern teknik, her ne kadar dikkatle uygulanmaya çalışılsa da, yapılan uygulamanın doğası gereği göz yapıları üzerinde çeşitli etkiler ortaya çıkmaktadır. Özellikle cerrahi sırasındaki ani göz içi basınç değişiklikleri, elektiriksel enerjinin tıreşim enerjisine dönüştürülmesi esnasında ortaya çıkan ısı artışı, inflamasyonun tetiklenmesi gibi durumlar başta olmak üzere, kompleks mekanizmalarla bulbus okuli ve orbita içi dokuların elastikiyet, kan akımı gibi özelliklerinin de olumlu ya da olumsuz etkilenmesi olasıdır (5, 6).

Ultrason elastografi, uygulanan basınca göre dokunun sertlik derecesini değerlendirerek doku/organ elastikiyetini saptayabilen güncel bir radyolojik tetkiktir (7). Objektif olarak doku elastikiyetini ölçebilmenin yanında; noninvaziv, ağrısız ve düşük maliyetli de olduğundan, fibrozis varlığı ve düzeyi, benign/malign ayrımı gibi kritik konularda popüler kullanıma girmeye adaydır (8). Bu teknik sayesinde, orbita içinde de şimdiye kadar optik sinir, retrobulber yağ dokusu, göz kasları, vitreus hakkında nicel ve nitel bilgilere erişilmiştir (9). Doppler ultrasonografi (USG) ise bilindiği üzere, kan damarlarının akımı ile ilgili değerli bilgiler sunmaktadır (10).

Bu çalışmadaki amacımız, komplikasyonsuz katarakt cerrahisinin göz dokularının elastikiyeti ve retrobulber kan akımı üzerine olan etkilerinin incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Lens

2.1.1. Anatomi ve histoloji

Görme işlevinin gerçekleşmesinde ilk aşama, cisimlerden gelen ışınların maküla üzerine odaklanmasıdır. Bu aşamada ışınlar, 'optik aks' olarak adlandırılan hayali bir çizgi boyunca hareket etmektedir. Optik aks üzerindeki göz yapıları saydamdır ve cisimlerin görüntüsünün kusursuz bir şekilde oluşmaya devam edebilmesi için bu saydamlığın korunması şarttır. Lens, korneadan sonra, optik aks üzerindeki ikinci en kırıcı ve saydam dokudur ve gözün refraktif gücüne büyük katkısı bulunmaktadır (11).

Lensin anatomik yapısına bakacak olursak, bikonveks, esnek ve şeffaf bir mercek olduğunu görebiliriz. Aynı zamanda 'kristalin lens' olarak da adlandırılan bu yapı, bünyesinde kan damarı barındırmaz yani avaskülerdir. Dolayısıyla, besinini temel olarak aköz hümeden, az bir kısmını ise vitreustan sağlamaktadır. Lenste hayali meridyenler mevcuttur, en geniş çevresine ise ekvator denmektedir (12).

Lens, zonüler lifler ile silier cisme asılarak sabitlenmiştir. Zinn lifleri ya da zonüller de denilen bu ince bağ dokusu iplikçiklerinin çoğu silier cismin pars plikata bölümünden, az bir kısmı da pars plananın non-pigmente epitelinden köken almaktadır ve ekvatorun 2 mm önünde ve 1 mm arkasında lens kapsülüne tutunur. Zinn liflerinin tutunduğu bölgeye zonüler lamel denmektedir. Zonüllerin ortalama çapı 5-30 µm olup, periyodik asit-Schiff (PAS) boyamada pozitif özellik gösterirler ve ışık mikroskopunda eozinofilik görünürler (13).

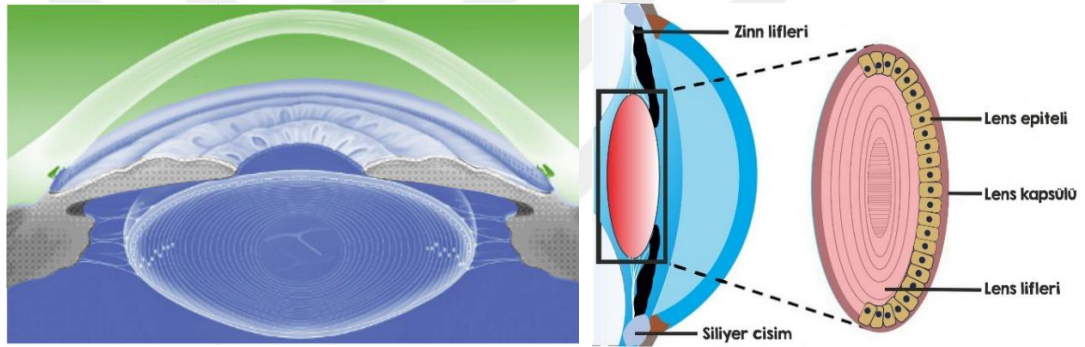
Dıştan içe doğru lensin tabakaları; kapsül, lens epiteli, korteks ve nükleustur. Lens kapsülü, tip 4 kollajen, laminin, heparan sülfat ve entaktin gibi matriks pretoeoglikanlarından oluşan saydam bir bazal membrandır. Kapsül, oldukça elastik bir yapı olmasına rağmen elastik lif içermez. Elastikiyet, kollajen liflerinin kalınlameller diziliminden kaynaklanmaktadır. Kapsül tabakası, lensin değişik bölgelerinde farklı kalınlıktadır. En ince olduğu ön kutupta ortalama 3.5 µm iken, ekvator da yaklaşık 7 µm, en kalın olduğu arka kutupta ise yaklaşık 11-15 µm arasındadır (14, 15) (**Şekil 1**).

Lens epiteli, ön kapsülün arkasında bulunan, DNA-RNA-protein sentezi gibi metabolik aktiviteler gösteren ve mitotik bölünme yeteneğine sahip tek sıralı küboidal

hücrelerden oluşur. Gelişimlerini tamamlayan epitel hücreleri organellerini kaybederek lens liflerini oluşturmak üzere lensin derinliklerine doğru göç ederler ve korteks/nükleus tabakalarında birikirler (16).

Korteks ve nükleus, intrauterin hayatta lens epitel hücrelerinin değişimiyle meydana gelmiş ilk fetal liflerden oluşurlar. Merkezdeki lifler en eski liflerdir, korteksi oluşturan lifler ise sonradan oluşan liflerdir. Korteks ve nükleus arasında belirgin bir çizgisel ayrım yoktur, aralarındaki geçiş kademelidir (17).

Lensin temel görevleri; yaklaşık 20 diyoptrilik (istirahat halinde) gücü ile gözdeki refraksiyona katkı sağlamak ve uyum gerektiren aktivitelerde akomodasyonu gerçekleştirmektir. Yaşla birlikte lensin ağırlığı, boyutu, toplam kalınlığı, kapsül kalınlığı ve pigmentasyonu artarken, akomodatif gücü azalmaktadır (18).



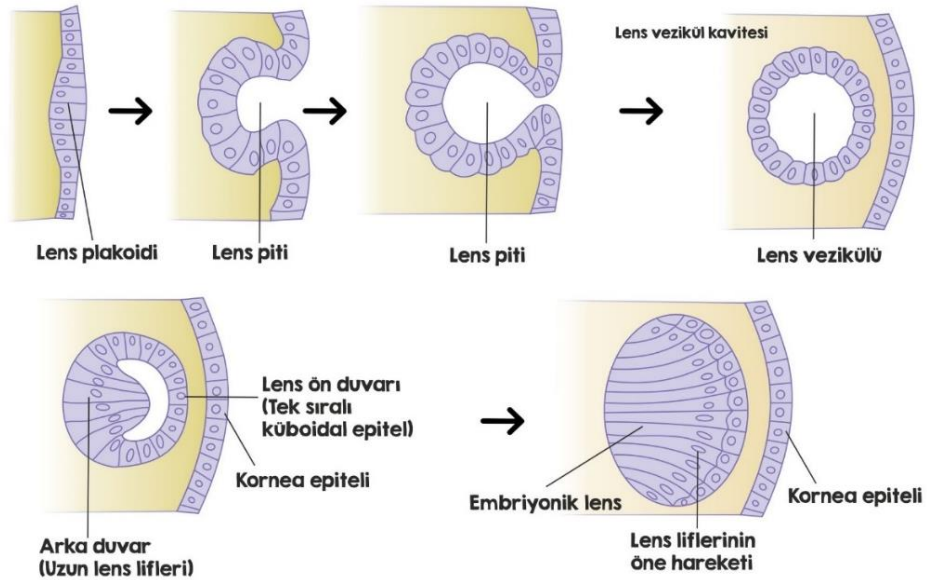
Şekil 1. Lens anatomisi ve histolojisi.

2.1.2. Embriyoloji

Lens, embriyolojik olarak, tek sıralı küboidal hücre tabakası olan yüzey ektoderminden gelişir. Öncelikle, gestasyonun yirmibeşinci gününde diensefalonun (ara beyin) iki yanında ‘optik vezikül’ olarak tanımlanan çıkıntılar oluşur. Optik vezikülün üzerindeki ektoderm hücreleri, yirmi yedinci günde ‘lens plakoidini’ oluşturur. Yirmi dokuzuncu günde plakoidin merkezinde ‘lens piti’ denilen bir çukurluk meydana gelir (19). Bu günden sonra lens vezikülü yüzey ektoderminden ayrılır. Otuz beşinci günde, lens vezikülünün boşluğu, vezikülün posterior yüzeyini oluşturan epitel hücrelerinin uzamasıyla oluşan lens lifleri ile dolmaya başlar. Bu yeni lens liflerinin nükleusları, anteriora doğru hareket ederek ekvatora ulaşır. Ve nihayet, kırk dokuzuncu gün sonunda primer lens lifleri vezikül lümenini tamamen doldurarak

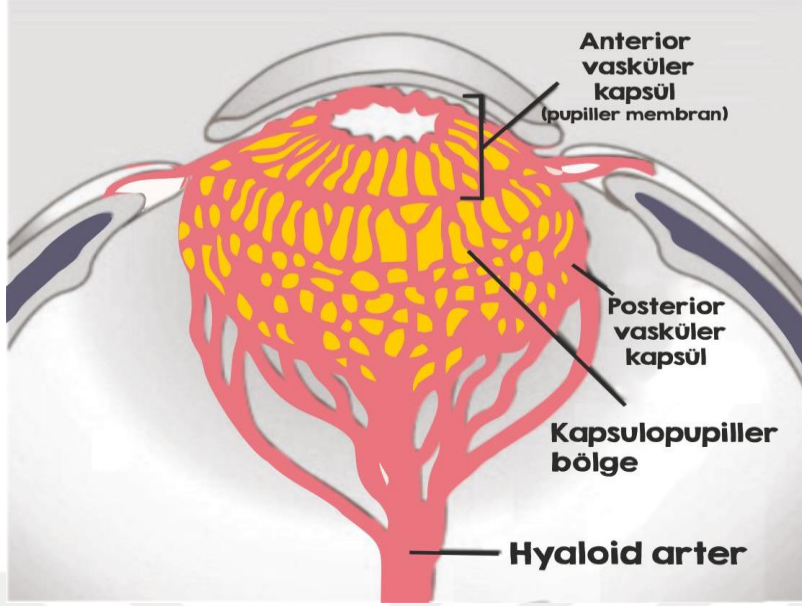
neredeyse sferik bir yapı oluşturur. Vezikülün ön duvarı ise, sekonder lens liflerini yapacak olan tek katlı küboidal epitel hücreleri ile kaplı olarak kalır (20).

Lensin büyümesi, anterior epitel hücrelerinin çoğalmasıyla olur. Ekvatorun yakınındaki epitel hücreleri çoğaldıktan sonra uzar ve sekonder (ikincil) lens liflerini oluştururlar. Her bir sekonder lif hücresi kapsülden ayrıldıkça nükleusunu ve membrana bağlı organelerini kaybeder ve böylece gebeliğin 2 ila 8. ayları arasında fetal nükleus meydana gelir. Lens kapsülü ise, ön bölümde lens epiteli, arka bölümde de lens lifleri tarafından oluşturulmaktadır ve insan vücudundaki en kalın bazal membran olma özelliğini taşır (21) (Şekil 2).



Şekil 2: Lens embriyolojisi.

Lensin kapiller ağı olan ve beslenmesini sağlayan ‘tunika vasküloza lentis’, altıncı haftanın sonuna kadar oluşur. Normalde, dört ve beşinci aylarda bu vasküler sistemin kaybolmaya başlaması beklenir. Tunika vasküloza lentisin ön kısmı, irisin vasküler arkusunu ve pupiller zarını oluşturur. Sekizinci ayda hyaloid arter atrofiye uğrar. Bazen lensin arka yüzünde ufak bir opasite halinde tunika vaskuloza lentis kalıntısı görülebilir, buna Mittendorf lekesi adı verilir. Lensin asıcı bağları olan Zinn lifleri ise üç ve dördüncü aylarda silier cismin non-pigmente epitelinden gelişmektedir (22) (Şekil 3).



Şekil 3. Tunika vasküloza lentis.

2.1.3. Fizyoloji ve biyokimya

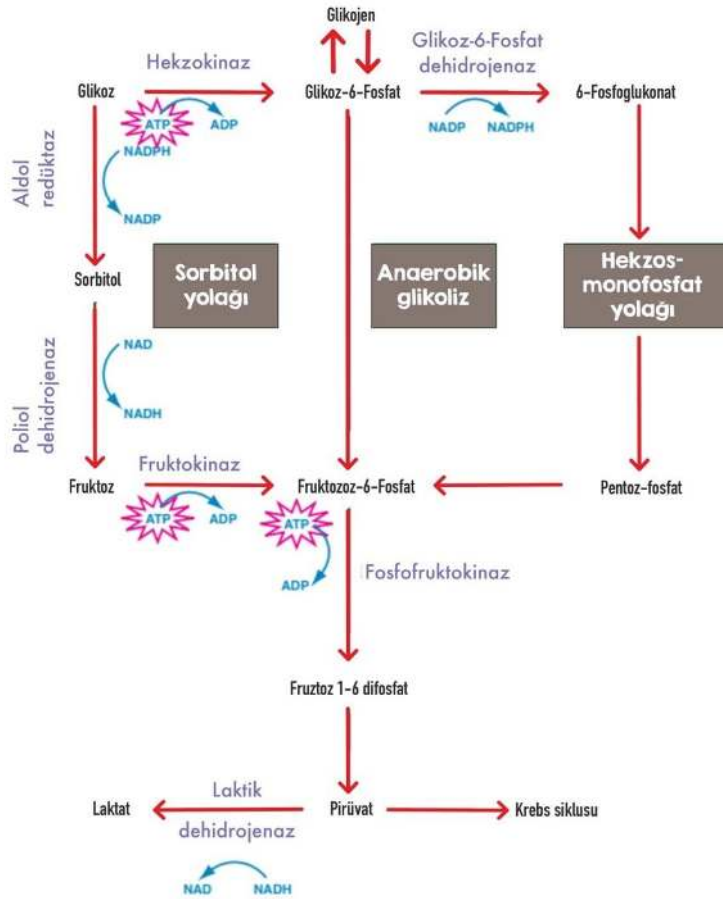
Lens içeriğinin %65'i su, %35'i ise proteinden oluşmaktadır. Bu oranlar ile lens, vücudun en fazla protein içeren dokusu özelliğini taşımaktadır ve lens içinde protein sentezi yaşam boyu devam eder. Avasküler bir kırıcı mercek olan lens beslenmesini büyük oranda hümr aközden ve az miktarda da vitreustan sağlar. Lens kapsülü, difüzyona imkan verecek şekilde, düşük molekül ağırlıklı proteinler, su ve iyonlara karşı geçirgendir (23).

Lens içinde yoğun bir metabolik aktivite mevcuttur ve bu metabolik aktivite sayesinde şeffalık sağlanabilmektedir. Temel olarak lens epitelinde meydana gelen bu metabolik olaylar, protein sentezi ve fotooksidasyonun düzenlenmesinde yer alan biyokimyasal mekanizmalardır (24).

Lensin yapısında bulunan ve saydamlığı sağlayan 'kristalin' isimli proteinin lens bünyesindeki metabolik olaylarda önemli rolü bulunmaktadır. Ayrıca korneadan kırılarak gelen ışık ışınlarının oksidasyonunun (foto-oksidasyon) düzenlenmesinde de glutatyonun büyük rolü vardır ve lens yapısında yüksek miktarda bulunması gerekmektedir. Yaşla birlikte, kristalin proteinin agregasyonu artmakta ve glutatyon miktarı ise azalmaktadır ki bu durum lensin şeffaflığını kaybetmesi ile sonuçlanır (25).

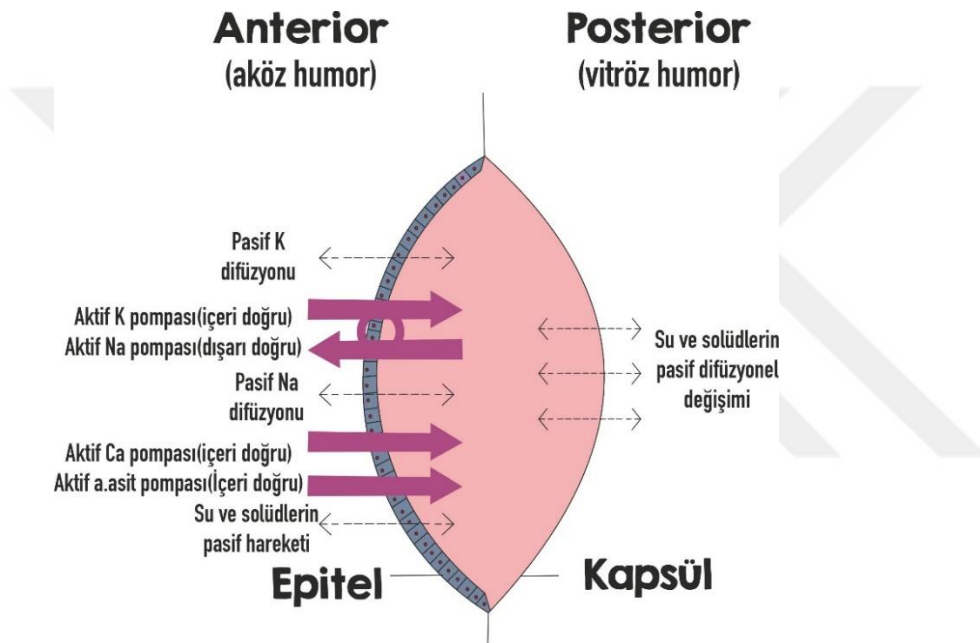
Lens içinde üretilen enerjinin çoğunluğu karbonhidrat metabolizmasından sağlanır. Toplam enerjinin %70'i anaerobik glikoliz, %20'si ise krebs siklusu aracılığıyla aerobik glikoliz ile üretilir. Diğer bir yol ise pentoz fosfat yoludur (heksoz monofosfat şantı). Bu yolda üretilen redükte nikotinamid adenin dinükleotit fosfat (NADPH) isimli koenzim, oksidatif yolda kilit görev gören glutasyon redüktaz enziminin reaksiyonlarında gerekli olan indirgenme potansiyelini sağlamaktadır (26).

Lensteki diğer bir karbonhidrat aracılıklı enerji üretim yolu da sorbitol yolağıdır. Bu yolda, aldoz redüktaz enzimi ile glikoz sorbitole çevrilir. Sorbitol ise, lensin su alarak şişmesine neden olur ve bu reaksiyon özellikle diabetik katarakt gelişiminde önemli rol oynar (27) (Şekil 4).



Şekil 4. Lens karbonhidrat metabolizması.

Şeffaflığın korunması için lens su-elektrolit dengesinin de sağlanması gerekmektedir. Lens epitelinde bulunan sodyum-potasyum adenozin trifosfataz (Na/K-ATPaz) pompası sayesinde aktif taşıma ile sodyum (Na) iyonu dışarı atılırken, potasyum (K) ise içeri alınır ve bu esnada enerji harcanır. Lenste kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) iyonları da denge halinde bulunur. Yaş arttıkça lens içindeki sıvı-elektrolit dengesi bozulur, kalsiyum miktarı artar, bu durum da kesafeti hızlandırır (28) (Şekil 5).



Şekil 5. Lens su ve elektrolit metabolizması.

2.2. Katarakt

2.2.1. Epidemiyoloji

Katarakt, çoğu zaman tümüyle tedavi edilebilir bir hastalık olmasına rağmen halen dünya çapında önlenemez körlük nedenleri arasında başı çekmektedir. Dünya çapında körlükle mücadele eden 36 milyon kişiden 12 milyondan fazlasında nedenin katarakt olduğu düşünülürse, bu rahatsızlığın toplum için hem maddi hem de manevi anlamda ne kadar büyük bir yük olduğu daha iyi anlaşılabilir (29). Üstelik, artan yaşlı nüfus oranıyla birlikte katarakt prevalansının da ilerleyen yıllarda artacağı

tahmin edilmektedir. Nitekim, literatür verileri incelendiğinde, 1990 yılından 2020 yılına kadarki 30 yıllık dönemde katarakt prevalansının %60 oranında arttığı görülmektedir. Bir başka açıdan bakacak olursak, yaşa bağlı kataraktın 80 yaş üzerindeki popülasyonun yaklaşık %70'ini etkilediğini söyleyebiliriz (30).

1990'ların başında yürütülmüş olan Beaver Dam Göz Çalışması (Beaver Dam Eye Study)'nda en sık yaşa bağlı kazanılmış katarakt formları olan nükleer, kortikal ve arka subkapsüler kataraktın insidansları sırasıyla %13.1, %8 ve %3.4 olarak bulunmuştur. Ayrıca, yaş ile birlikte tüm katarakt tiplerinin görülme sıklığının arttığı ve kadınlarda baskınlığın daha fazla olduğu da bilinmektedir (31).

2.2.2. Yaşa bağlı kazanılmış katarakt türleri

Senil kataraktın başlıca 3 tipi bulunmaktadır. Bunlar: nükleer, kortikal ve arka subkapsüler kataraktır (32) (Şekil 6).



Şekil 6. Başlıca senil katarakt türleri.

Nükleer katarakt, yaşla birlikte organelini kaybeden lens hücrelerinin lif olarak lensin merkezine doğru ilerleyip burada istiflenmesi sonucunda, lensin merkezinde sarı renkli nükleer opasite oluşturması halidir. Sıklıkla bilateral görülmekle birlikte asimetrik olabilmektedir. Lentiküler miyopiye neden olan bu tip kataraktlar, yakın görmeye nazaran uzak görmeyi daha çok azaltmaktadır. Fakat, miyopik gözlerde yakın görme de derinden etkilenmektedir. Hipermetropik ve emetropik gözler ise, nükleer

katarakta bağılı miyopik kayma (myopic shift) nedeniyle yakını daha iyi görebilir hale gelirler ki buna adeta yaşlılıktaki ikinci bahar anlamında ‘ikinci görüş (second sight)’ adı verilmektedir (33).

Kortikal katarakta ise lens lifleri, nükleus çevresindeki korteks tabakasında birirmektedir. Bu birikim, lens tabakalarında ayrışmaya neden olur ve oluşan yarıklarda sıvı birikmeye başlar. Sıvı birikimi de kortikal kataraktın ilk bulgusu olan ‘vakuol’ oluşumu ile sonuçlanır. Lens periferinde başlayan bu değişim, zamanla bisiklet tekerleği tarzında lens merkezine doğru ilerler ve tipik kama (üçgen) şeklinde beyazımsı kortikal opasiteler oluşur. Kortikal katarakta en yaygın semptom ışık saçılmasıdır. Matür kortikal katarakt formunda lens bembeyaz bir hal almıştır (34).

Arka subkapsüler katarakt, diğer katarakt tiplerine göre daha genç yaşlarda ortaya çıkma eğiliminde olan, ilaç kullanımı (örneğin kortikosteroidler) gibi sekonder faktörlere bağılı olarak da gelişebilen bir katarakt türüdür. Arka lens kapsülünün altında oluşan vakuoller, yanar dönerli parlak granüler depozitler şeklinde görünürler. Zamanla plak haline dönüşen bu vakuoller, sıklıkla santral görme aksını tuttuğu için, pupillanın miyotik olduğu durumlarda daha bariz ışık saçılması ve görme azalmasına neden olurlar. Dolayısıyla, parlak ışık maruziyeti ve yakına bakma gibi miyozisin tetiklendiği hallerde semptomlar tipik olarak artar (35).

2.2.3. Katarakt derecelendirmesi

Katarakt hastalığı olanlarda preoperatif dönemde katarakt sınıflaması yapılmasının hem epidemiyolojik açıdan hem de klinisyene yol gösterici olması açısından büyük faydaları bulunmaktadır. Bu amaçla, oftalmoloji tarihi boyunca kristalin lensin opaklığını evrelemede bir kısmı otomatize olan birçok teknik geliştirilmiştir (36). Bunlar arasından, subjektif temelli bir teknik olmakla birlikte yapılan iyileştirmelerle objektif doğruluğa yakın bilgi kaydı sağlayan, aynı zamanda kolay ulaşılabilir ve kolay öğrenilebilir bir sınıflama sistemi olan ‘Lens Opasiteleri Sınıflandırma Sistemi III (Lens Opasification Classification System III, LOCS III)’ günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedir (37). LOCS III sisteminde, nükleer katarakt değerlendirme için 6, kortikal katarakt değerlendirme için 5 ve arka subkapsüler katarakt değerlendirme için de 5 adet örnek retro illüminasyon görüntüsü bulunmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Lens opasiteleri sınıflandırma sistemi III (Ref.37).

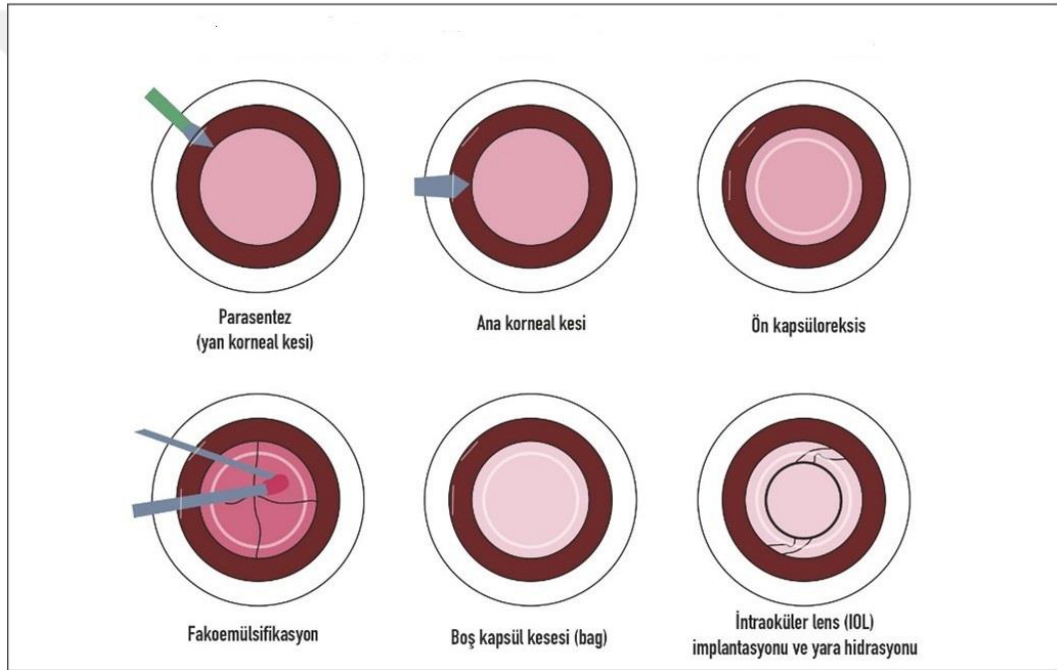
2.2.4. Katarakt tedavisi

Katarakt hastalığını tanımlamaya ve tedavi etmeye yönelik teşebbüslerin tarihi neredeyse insanlık tarihi kadar eskidir. Her dönemde güncelliğini korumayı başarmış olan kataraktın tedavisi çoğu zaman yalnızca cerrahi müdahale ile mümkün olmaktadır. Hindistanlı cerrah Sushruta'nın tanımladığı 'mil çekme (kırlangıç tekniği)' yönteminden başlayan katarakt cerrahisi serüveni, yıllarca süren cerrahi denemeler ve teknolojik gelişmeler sayesinde günümüzde yaygın olarak uygulanan 'fakoemülsifikasyon' yöntemi ile modern şekline kavuşmuştur (38,39).

Fakoemülsifikasyon yöntemi, ilk olarak 1967 yılında amerikalı bir mucit ve göz hekimi olan Charles David Kelman tarafından tanımlanmıştır. Bu yöntemde, elektrik enerjisi ultrasonik enerjiye çevrilerek lens materyali emülsifiye edilmekte ve küçük korneal insizyonlar yardımıyla aspire edilerek göz dışına alınmaktadır (40). Bu ana temaya bağlı kalarak birçok farklı katarakt ekstraksiyonu tekniği tanımlanmıştır. Fakat ana hatları ile sayacak olursak, fakoemülsifikasyon aşamaları sırasıyla; korneaya ana kesi ve yan insizyonların yapılması, kapsüloreksis ile ön kapsülün bir kısmının uzaklaştırılması, hidrodiseksiyon ile nükleusun arka kapsülden ayrılması, fakoemülsifikasyon, korteks temizliği (ve gerekirse kapsül cilalanması), göz içi yapay

lens (intraoküler lens, IOL) implantasyonu ve ön kamaraya uygun dozda antibiyotik enjeksiyonunu takiben yara yeri hidrasyonu ile operasyonun sonlandırılmasıdır (**Şekil 8**).

Fakoemülsifikasyonun akışkanlar dinamiği, ultrasonik ucun etrafındaki açıklıklardan sıvı çıkışı ile sürekli irigasyonu gerektirir. Genellikle dengeli tuz solüsyonu ile yapılan irigasyon, fako elciğinin ucunu (phaco tip) soğutarak ısı birikimini önler ve bu sayede bir yandan komşu masum dokuların hasarı önlenirken, bir yandan da dengeli bir ön kamara sağlamış olur (41).



Şekil 8. Fakoemülsifikasyon aşamaları.

2.3. Orbital ve Oküler Vasküler Anatomi

Orbital ve oküler vasküler yatak, bireyler arası muazzam farklılıklar gösteren oldukça karmaşık bir anatomiye sahip olmasının yanında, çeşitli fizyolojik/çevresel faktörlere verdiği değişken cevaplar nedeniyle de araştırmacıların ilgi odağı olmaya devam etmektedir. Orbita kan akımının ana kaynağının, iç karotid arterin (internal carotid artery, ICA) ilk dalı olan oftalmik arter olduğu bilinmektedir. Fakat yine de, oftalmik arterin kökeni, seyri, dalları ve dallanma paternindeki varyasyonlar ayrı ayrı

tartışılmaya devam etmektedir. Dış karotid arter (external carotid artery, ECA), normalde sadece infraorbital arter ve orta meningeal arterin orbital dalı yoluyla orbital kan akımına küçük bir ölçüde katkıda bulunur. Karmaşık, oldukça değişken ve kafa karıştırıcı orbital venöz sistem ise şu şekilde özetlenebilir: 1) ana orbital venler (üst ve alt oftalmik damarlar), 2) sabit olmayan orbital damarlar (orta ve medial oftalmik damarlar ve dört kollateral damar), 3) orbital venöz ağlar ve 4) çeşitli venöz kollar (42). Şimdi bütün bunları sırasıyla açıklayalım.

2.3.1. Orbitanın ve bulbus okülünün arterleri ve venleri

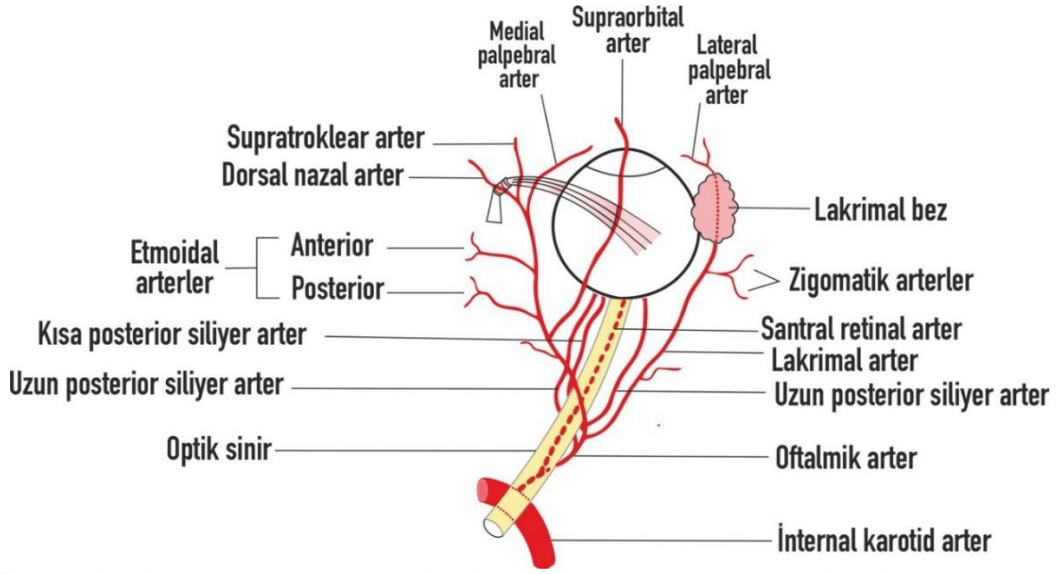
Orbita arterlerinin ana kaynağı, internal karotid arterin (ICA) ilk dalı olan oftalmik arterdir. Oftalmik arter, orbitanın infero-lateralinden orbitaya girer ve medialden öne doğru ilerler.

Oftalmik arter, orbita içinde birçok dala ayrılır. Bu dalların başlıcaları; santral retinal arter, musküler dallar, posterior silier arterler, lakrimal arter, supraorbital arter, posterior etmoidal arter, anterior etmoidal arter, medial palpebral arterler, supratrokleal arter ve dorsal nazal arterdir (43).

Oftalmik arterin ilk dalı olan santral retinal arter, dural kılıf içinde optik sinirle (II. kraniyal sinir) birlikte seyahat ettikten sonra, göz küresinin arka kutbuna yaklaşık 5-15 mm kala kılıfı delerek optik sinirin içine geçer ve buradan retinaya ulaşır. Retinada önce alt ve üst dallarını, ardından temporal ve nazal dallarını verir. Retina tabakası içinde çoklu terminal dallarına ayrılır ve daha sonra iç retina katmanlarını besleyen retinal arteriyol ve kapillerlerden oluşan bir damar ağı haline dönüşür (44).

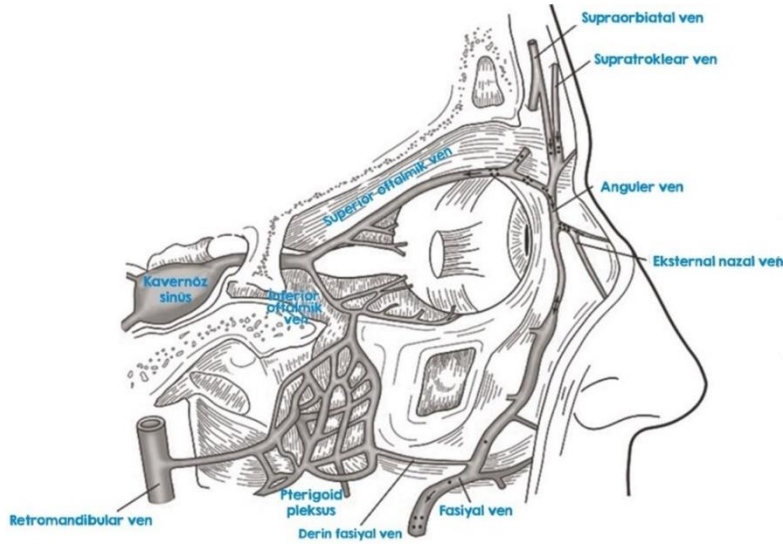
Posterior silier arterler, uzun ve kısa olmak üzere 2 adettir. Uzun posterior silier arterler, oftalmik arterin optik siniri çaprazladığı bölgede medial ve lateral olarak ikiye ayrılır ve sklerayı delerek nazal ve temporalden koroid dolaşımını desteklerler. Bu damarlar ön tarafta ön silier arterlerle anastomoz yaparak irisin major arteriyel halkasını oluştururlar (45).

Kısa posterior silier arterler ise, optik sinirin arka bölümünde 6-8 adet dala ayrılır ve optik sinirin sklera ile birleştiği yerin kenarlarından sklerayı delerek koroidal dolaşıma katılırlar. Koroidin ekvatora kadar olan kısmını besleyen bu damarlar, fundus floresein anjiyografide koroidal dolum aşamasında gözlenen arterlerdir (46) (**Şekil 9**).



Şekil 9. Orbitanın ve bulbus okülinin arterleri.

Orbitanın venöz kanı, kapakçık (valv) sistemi içermeyen oftalmik venler aracılığı ile taşınır. İki temel oftalmik ven: superior oftalmik ven ve inferior oftalmik vendir (46) (Şekil 10).



Şekil 10. Orbitanın ve bulbus okülinin venleri.

Superior oftalmik ven (SOV) seyri boyunca; supraorbital ven, nazofrontal ven, santral retinal ven, üst rektusa ait bir ven ve lakrimal veni de alarak superior orbital fissürün medial bölümünden geçip kavernoöz sinüse dökülür. Bu bölgede, etmoidal venler de SOV'e açılır. SOV'nin, yüzün ve burun sırtının dolaşımını sağlayan angüler ven ile de anastomozu mevcuttur (47).

Inferior oftalmik ven (IOV) ise; alt oblik kası, alt rektus kası ve lakrimal bezin venlerinin birleşmesi ile oluşur ve inferior vortikoz venin katılması ile genişler. Daha sonra SOV ile birleşerek kavernoöz sinüse drene olur (47).

2.3.2. Oküler kan akımı fiziği

Dakikada yaklaşık 1 mililitre (1 ml/dk) olduğu tahmin edilen oküler kan akımının büyük bölümü üvea (temel olarak koroid), %2-5 gibi sınırlı bir yüzdesi de retinada dolaşmaktadır. Oküler perfüzyon basıncı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

Ortalama OPB= $\frac{2}{3} [DKB + \frac{1}{3} (SKB - DKB)] - GİB$
OPB: Oküler perfüzyon basıncı
DKB: Diastolik kan basıncı (brakial arter)
SKB: Sistolik kan basıncı (brakial arter)
GİB: Göz içi basıncı

Oküler kan akımı birçok oküler/sistemik fizyolojik ve çevresel faktörden etkilenmektedir. Mesela, oftalmik arter perfüzyon basıncı postüre göre değişiklik gösterebilir. Bu basınç, yatar pozisyonda daha yüksek iken oturur pozisyona geçildiğinde 10-12 mmHg kadar düştüğü gözlemlenmiştir (48).

Oküler kan akımının büyük kısmını içeren koroidal dolaşım göz içi basınç dalgalanmalarına duyarlıdır. Göz içi basıncı ile kan akımı arasında ters orantılı bir ilişki mevcuttur, GİB arttığında üveal ve retinal kan akımı azalmaktadır. Yüksek metabolik aktiviteye sahip olan retina hücrelerine gelen kan akımı, karbondioksit miktarı ve pH gibi bazı lokal faktörlere duyarlı bir 'retinal otheregölasyon mekanizması' ile de kontrol edilmektedir. Koroid tabakası ise, koryokapillaris ile retinadan ayrılır ve retinadaki lokal faktörlerden etkilenmez (49).

2.4. Ultrasonografik Tetkikler

Ultrason, ortamdaki parçacıkların dengeli bir dinlenme pozisyonu etrafındaki mekanik (akustik) dalga hareketi veya titreşimidir. Ultrason muayenesinin temeli, farklı akustik empedanslara sahip ortamların arayüzünde ultrason dalgalarının yansması ilkesidir (50).

2.4.1. Renkli doppler ultrasonografi

Günümüzde vazgeçilmez bir görüntüleme aracı olarak sıkça kullanılan renkli doppler USG (RDUS) tekniğinin temeli ‘Doppler etkisi (veya Doppler kayması)’ olarak bilinen bir fizik prensibine dayanmaktadır. Avusturyalı bir matematikçi ve fizikçi olan Johann Christian Andreas Doppler tarafından 1942 yılında tanımlanan bu prensibe göre; dalga özelliği gösteren herhangi bir fiziksel varlığın frekans ve dalga boyu, hareketli (yakınlaşan veya uzaklaşan) bir gözlemci tarafından farklı zaman veya konumlarda farklı algılanmaktadır (51). RDUS’ta, bu fizik kuralı eritrositler üzerinde uygulanmaktadır. Akış halindeki eritrositlerden geri dönen dalganın frekansı, gönderilen dalganın frekansından büyük ya da küçük olabilir. Doppler etkisi pozitifse frekansta artma, doppler etkisi negatifse frekansta azalma söz konusudur. Renkli doppler cihazlarında ileri akım kırmızı, ters akım mavi renklidir (52). RDUS ile değerlendirilen parametreler; tepe sistolik hız (peak systolic velocity, PSV), diyastol sonu hızı (end-diastolic velocity, EDV), ortalama hız (mean velocity, MV), direnç indeksi (resistive veya resistance index, RI) ve pulsatilite indeksi (pulsatility index, PI)’dir. Bunlar arasında en güvenilir olanlar; PSV, EDV ve RI’dir (53).

PSV, Doppler dalga formunun sistolik fazı sırasında not edilen maksimum hız; **EDV**, Doppler dalga formunun diyastolik fazı sırasında kaydedilen minimum hız; **RI** ise, Doppler dalga formunun aynı döngüsü sırasında ölçülen PSV ve EDV değerleri farkının PSV değerine oranıdır ($RI = (PSV - EDV) / EDV$) (54).

2.4.2. RDUS ile oküler kan akımının ölçülmesi

RDUS ile oftalmik arter, santral retinal arter, santral retinal ven, posterior silier arterler ve superior oftalmik ven değerlendirilebilmektedir.

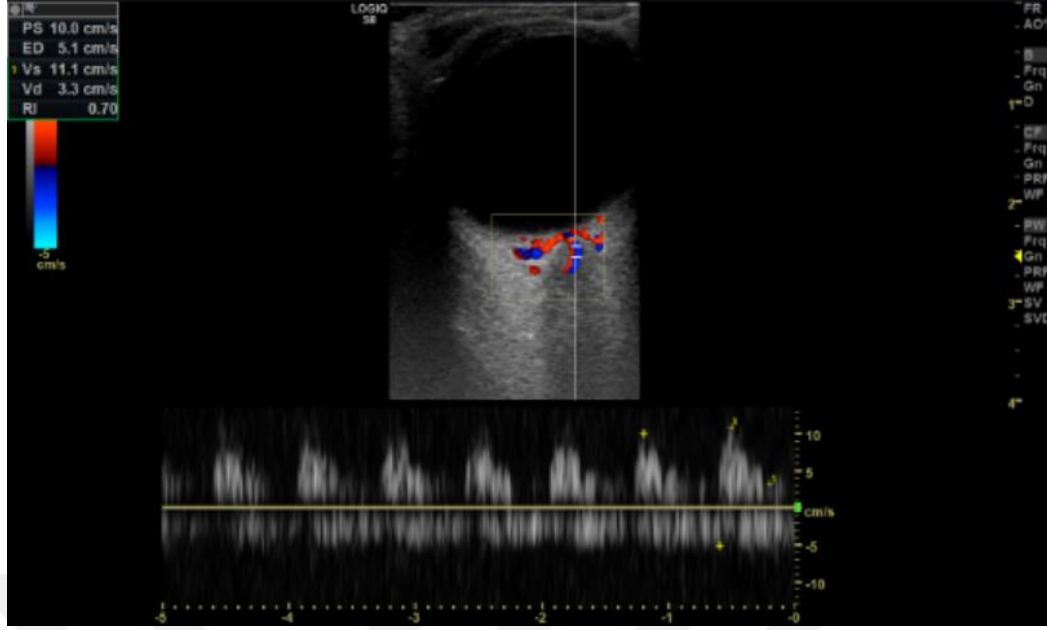
Oftalmik arter: Oftalmik arterin görüntüleri orbita nazal kesiminin 34-36 mm derininden alınır. İyi bir görüntüleme için ultrasonik dalga ve oftalmik arter arasındaki açı 60 dereceyi geçmemelidir. Oftalmik arter, sistolde hızlı bir yükselişe, diyastolde

hızlı bir düşüşe ve yüksek dirençli bir akış dinamiğine sahiptir. Sistol ve diastol arasındaki bu sert geçiş, RDUS'a dikrotik çentik olarak yansır (55) (**Şekil 11**).



Şekil 11. Oftalmik arter Doppler görüntüsü (kliniğimizden alınan görüntü).

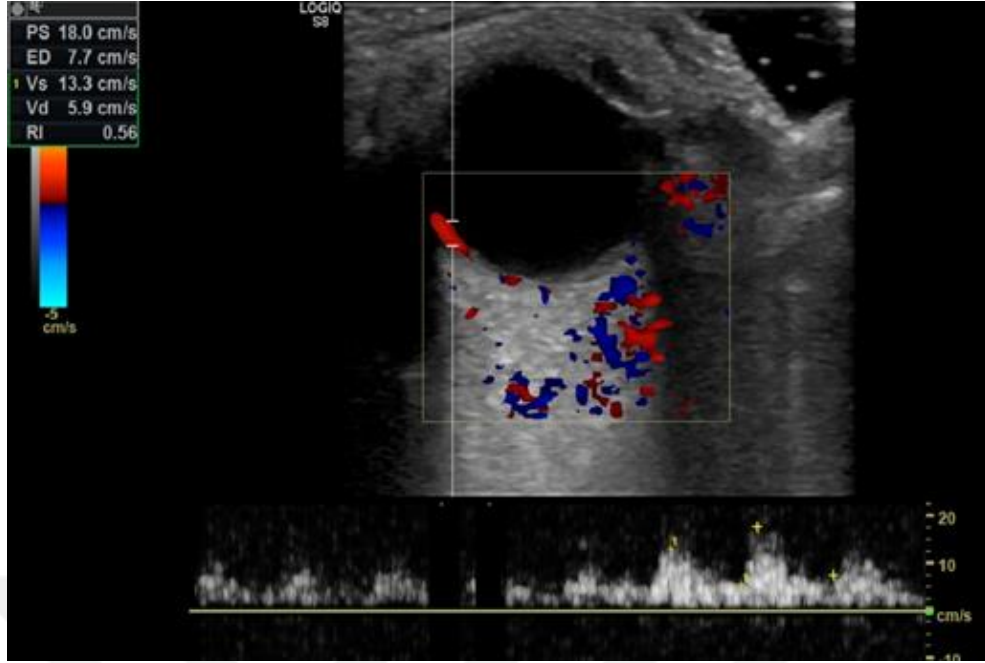
Santral retinal arter ve santral retinal ven: Optik sinir başından alınan horizontal kesitte nazalde santral retinal arter (SRA), temporalde ise santral retinal ven (SRV) bulunur. Santral retinal arterin çapı 0.2 mm'dir ve oftalmik arterin terminal dalıdır. SRA, orbitanın yaklaşık 1-10 mm posteriorunda bulunur ve RDUS'ta lamina kribrozanın hemen arkasında çift kırmızı ve mavi renkte görünüm verir. Düşük dirençli akım özelliği, düşük PSV ve diastolik fazda hızlı akış grafiğine sahiptir, fakat hız profilleri oftalmik artere göre daha düşüktür. Oftalmik artere nazaran, postür değişiklikleri gibi sekonder faktörlerden de daha az etkilenir (56) (**Şekil 12**).



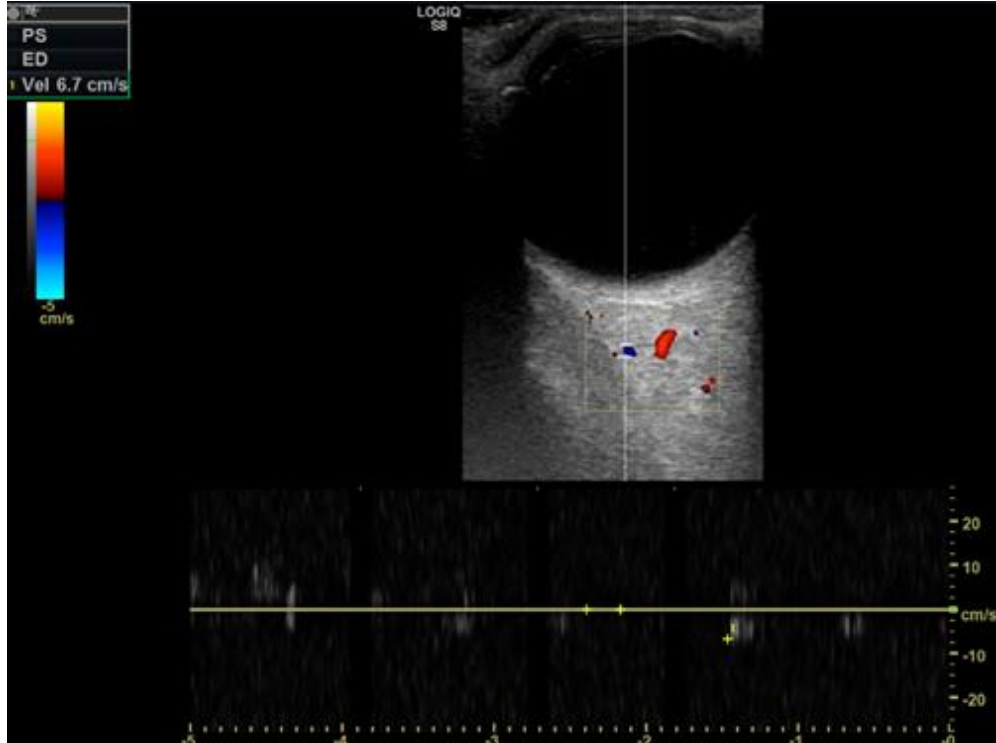
Şekil 12. Santral retinal arter Doppler görüntüsü (kliniğimizden alınan görüntü)

Posterior silier arterler: Uzun posterior silier arterler, oftalmik arterin optik siniri çarptırdığı yerde medial ve lateral olarak iki dala ayrılırlar. Kısa posterior silier arterler ise optik sinirin arkasında 6-8 dala ayrılır ve optik sinirin skleraya giriş yaptığı yerin kenarlarından sklerayı delerek koroidal dolaşıma katılırlar. Uzun posterior silier arterler optik sinirden daha uzakta görüntülenebilirken, kısa posterior silier arterler ise optik sinirin hemen arkasında dallara ayrılmış biçimde görülürler. RDUS'ta ölçüm yaparken bu damarların koroidal dolaşımla karıştırılmaması büyük önem arz eder (57) (**Şekil 13**).

Superior oftalmik ven: SOV, orbita üst iç kesiminde lokalizedir. Diğer venlerden farklı olarak valv yapısı içermemesi nedeniyle venöz akım dalga paterni birçok faktöre göre değişmektedir (58) (**Şekil 14**).



Şekil 13. Posterior silier arter Doppler görüntüsü (kliniğimizden alınan görüntü)



Şekil 14. Superior oftalmik ven Doppler görüntüsü (kliniğimizden alınan görüntü)

2.4.3. Ultrason elastografi tanımı ve fiziği

Herhangi bir dokunun basınç etkisiyle şekil değiştirdikten sonra eski haline gelmesi durumu elastikiyet olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte, dokulardaki bu mekanik değişiklikler non-invaziv bir görüntüleme tekniği olan ultrason elastografi ile değerlendirilebilmektedir. Ultrason elastografi uygulaması esnasında dokularda kompresyona sekonder yer değişikliği meydana gelir ve her doku türü kendine has yer değiştirme özelliği sergiler (59). Özellikle patolojik değişiklikler sonucu ortaya çıkan fibrozis, inflamasyon, malignite gibi durumlarda doku elastikiyet özellikleri klinik açıdan büyük önem arz etmektedir (60).

Doku sertliğinin ölçümü, Young elastik modülü adı verilen bir modele dayanmaktadır. Bu modelde, longitudinal bir kuvvet ile karşılaşan dokularda longitudinal deformasyonun miktarı ölçülerek doku elastikiyeti hakkında bilgi edinilebilir. Günümüzde iki temel ultrason elastografi tekniği mevcuttur. Bunlar; yarı statik-gerinim tabanlı (strain) elastografi ve kesme dalga elastografisidir (shear wave elastografi, dinamik elastografi, SWE) (61).

Yarı statik ya da gerinim temelli elastografi, kompresyon elastografisi olarak da adlandırılır ve dokuya düzenli-ritmik bir şekilde mekanik baskı uygular. Kompresyon nedeniyle yer değişimine uğrayan alan ultrason ile ölçülürken, gerinim alanı ise yer değiştirmeye göre hesaplanabilir. Tahmin edilebileceği gibi yumuşak dokular deformasyona daha çok meyillidir, böylece yumuşak dokular daha düşük gerilme değerlerine, sert dokular ise daha yüksek gerilme özelliklerine sahiptir (62).

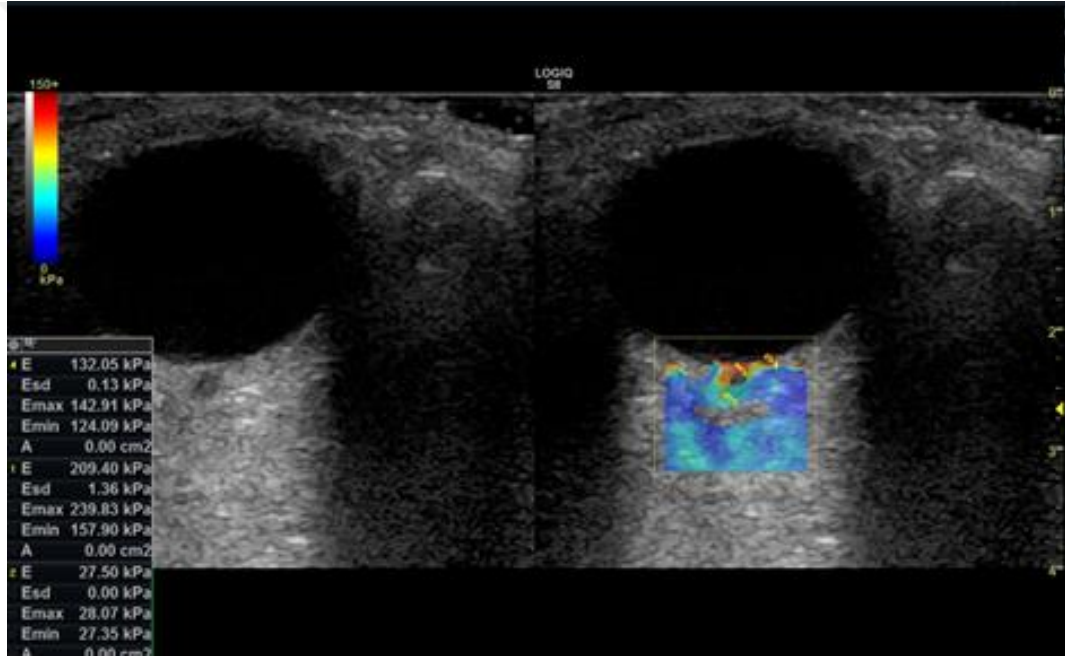
Dinamik elastografinin diğer adı 'shear wave' elastografidir. Bu teknikte, dokuların dış özellikleri yanında mutlak elastikiyeti de değerlendirebilir. Normalde B modu, ultrasonik görüntü üretimi için akustik vibratör dalgalar kullanır. Bu dalgalar yumuşak dokuda çok hızlı hareket ederler. Kesme dalgasının hızı dokunun sert olup olmamasına bağlıdır (63).

Renkli elastogramlar için, kırmızı genellikle sert kıvamı, mavi ise yumuşak kıvamı gösterir ve yeşil ile sarı ise orta katılığı simgeler. Kesme dalga elastografisi, manuel kompresyona gerek kalmadan doku elastikiyetinin doğrudan değerlendirilmesine izin verdiği için kantitatif ölçümler elde etme imkanı sağlar ve bu

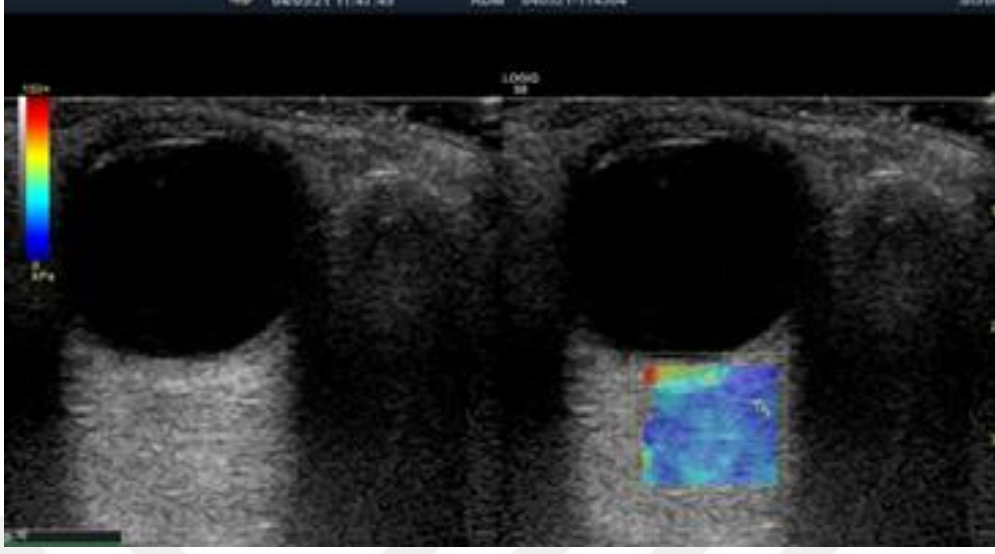
nedenle kompresyon elastografisi ile karşılaştırıldığında daha objektif ve tekrarlanabilir olduğu söylenebilir. Diğer yandan kesme dalga elastografisinin kesme dalgalarının hız kalite indeksi çok değişkendir. Bu nedenle visköz doku ve sıvıdan alınan ölçümlerde kalite indeksi düşüktür (64).

2.4.4. Ultrason elastografinin oftalmolojide kullanımı

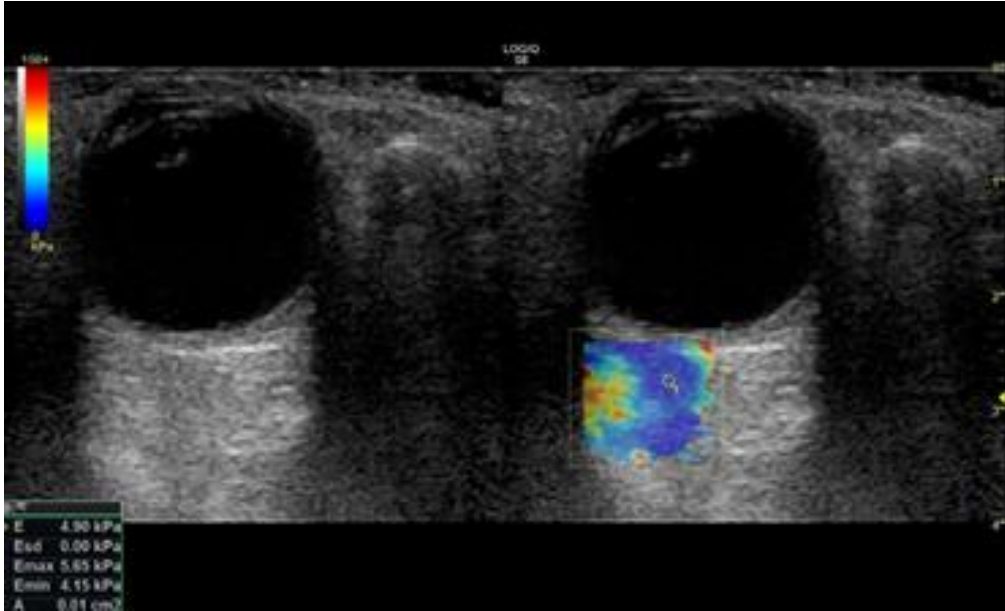
Ultrason elastografi oftalmolojide retina-koroid-sklera kompleksi (RKS), optik disk başı, optik sinir, retrobulber yağ dokusu, medial rektus ve lateral rektus kaslarının elastikiyet ölçümlerinin yapılması için kullanılabilir (65) (Şekil 15-17).



Şekil 15. RKS, optik sinir ve optik disk başı elastografi görüntüsü
(kliniğimizden alınan görüntü)



Şekil 16. İç rektus kası elastografi görüntüsü (kliniğimizden alınan görüntü)



Şekil 17. Dış rektus kası elastografi görüntüsü (kliniğimizden alınan görüntü)

3. GEREÇ YÖNTEM

3.1. Çalışmanın Etik Yönü

Düzce Üniversitesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanlığı'ndan ve Düzce Üniversitesi Sağlık Uygulama Araştırma Merkezi Müdürlüğü'nden gerekli izinler alındıktan sonra Düzce Üniversitesi Girişimsel Olmayan Çalışmalar Etik Kurulu'na resmi başvuru yapıldı. Tez çalışmamız ilgili etik kurulca onaylandıktan sonra hasta kabulüne başlandı (Karar No: 2019/255). Çalışma kapsamında yapılması planlanan muayene ve görüntüleme işlemlerinden önce her bir katılımcıdan Helsinki Bildirgesi (Fortaleza, Brezilya, Ekim 2013) doğrultusunda etik ilkelere bağlı kalınarak bilgilendirilmiş yazılı onam alındı. Katılımcılara herhangi bir ücret ödenmedi.

3.2. Katılımcı Seçimi

Çalışmamız, Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Kliniği'nde Aralık 2019-Aralık 2021 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Senil katarakt nedeniyle cerrahi tedavi gerektiren ve çalışmaya dahil olma kriterlerini karşılayan 53 hastanın 53 gözü (Katarakt grubu) ve bu hastalarla yaş-cinsiyet olarak uyumlu, oküler ve sistemik açıdan sağlıklı 55 gönüllünün 55 gözü (Kontrol grubu) çalışmaya dahil edildi.

Katarakt grubu için dışlama kriterleri; senil katarakt dışında oküler hastalık mevcudiyeti (retinopati, üveit, glokom, maküla dejenerasyonu, vb), vasküler yapılarda etkilenmeye neden olabilecek ciddi sistemik hastalık varlığı (kontROLSÜZ hipertansiyon, serebrovasküler olay hikayesi, karotis stenozu, koroner arter hastalığı, vb), geçirilmiş göz ameliyatı ya da göz içi enjeksiyon hikayesi, uzun süreli topikal ilaç kullanımı öyküsü olması ve katarakt cerrahisi esnasında ya da sonrasında komplikasyon gelişmesi olarak belirlendi.

Kontrol grubundaki olgular ise, göz hastalıkları polikliniğine rutin kontrol veya refraksiyon muayenesi için başvuran, oküler/sistemik açıdan sağlıklı olduğu bilinen ve çalışmaya katılmayı kabul eden gönüllüler arasından seçildi.

3.3. Göz Muayenesi ve Fakoemülsifikasyon Cerrahisi

Tüm olgulara; refraktif kusur ölçümü (Topcon RM-8800 Otofrefraktometre; Topcon Corporation, Tokyo, Japonya), en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (Snellen) ölçümü, pnömatik (havalı) tonometre ile düzeltilmiş göz içi basıncı ölçümü (Canon TX-20 P; Canon Inc, Tokyo, Jap), biyomikroskopik inceleme ve fundus muayenesini (SL-120; Carl Zeiss, Almanya) içeren standart tam oftalmolojik muayene yapıldı.

Katarakt grubundaki olgulara ek olarak, genel bilgiler bölümünde detayları anlatılan LOCS III katarakt derecelendirilmesi (37) ve çalışmamızın gereksinimleri doğrultusunda tarafımızca düzenlenen ‘Katarakt Cerrahisi Muaddel Risk Skorlaması’ (Şekil 18) yapıldı. Bu yeni skorlama oluşturulurken; Auckland katarakt çalışması başta olmak üzere literatürdeki güvenilir ve geniş kabul görmüş bazı bilimsel yayınlar referans alındı (66-69).

Faktör	Faktör alt grubu	Puan
Hasta yaşı (yıl)	≤ 65	0
	66-84	1
	≥ 85	2
Katarakt yoğunluğu (LOCS III'e göre)	Hafif (NO1/NC1/C1/P1)	0
	Orta (NO2/NC2/C2/P2)	1
	Yoğun (NO3-4/NC3-4/C3-4/P3-4)	2
	Çok yoğun (NO5-6/NC5-6/C5/P5)	3
Ön kamara	Normal	0
	Dar (< 2.5 mm)	1
Pupil alanı	Küçük (<4 mm, <12.56 mm ²)	3
	Orta (4-6 mm, 12.56-28.26 mm ²)	2
	Geniş (6-8 mm, 28.27-50.24 mm ²)	1
	Çok geniş (> 8 mm, >50.24 mm ²)	0
Ek patolojiler	Alın çıkıklığı/ çukur göz	1
	Diğer gözde komplikasyon hikayesi olması	1
	Zayıf kırmızı refle (kapsül boyası kullanımı)	1
	Psödoeksfolyasyon	3
	İris atrofi/iris retraktörü kullanımı	1
	Obezite	1
	Postür bozukluğu/düz yatamama	1 veya 2
	Panik bozukluğu	1 veya 2
	Uyumsuz hasta	1 veya 2
	Gevşek iris sendromu	2
	Pupil şekil bozukluğu	0 veya 1
	Arka kapsüler plak/arka polar katarakt	1
	Oral alfa-reseptör antagonisti	1
	Cerrah tarafından saptanan çeşitli riskler	1
Toplam puan		

Şekil 18. Katarakt cerrahisi muaddel risk skoru.

Katarakt operasyonları, fakoemülsifikasyon cerrahisinde deneyimli tek cerrah tarafından (H.T.A), INFINITI Vision System (Alcon Inc, Fort Worth, Texas, USA) kullanılarak 'stop and chop' tekniği ile yapıldı. Ameliyat öncesi tüm olgulara tropikamid % 0.5 (Tropamid®, Bilim İlaç, İstanbul, Türkiye) ve fenilefrin hidroklorid % 2.5 (Mydfrin®, Alcon Laboratuvarları, İstanbul, Türkiye) kullanılarak pupil dilatasyonu işlemi yapıldı. Tüm operasyonlar, proparakain hidroklorid göz damlası (Alcaine®, Alcon Laboratuvarları, İstanbul, Türkiye) ile topikal anestezi sağlanarak gerçekleştirildi. İnfüzyon sıvısı olarak BSS PLUS® (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA) dengeli tuz solüsyonu kullanıldı (Şekil 19).



Şekil 19. Kliniğimizde yapılan bir fakoemülsifikasyon cerrahisi.

Tüm hastalara aynı tek parçalı, katlanabilir, sferik, hidrofobik akrilik göz içi lensi (Sensar AAB00, AMO) implante edildi. Hiçbir hastada intraoperatif ya da postoperatif komplikasyon ile karşılaşılmadı. Ameliyat sonrası rutin medikal tedavi olarak; topikal moksifloksasin %0.5 (MOXAI göz damlası, Abdi İbrahim ilaç San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye) 4x1/gün ve topikal dexametazon %1 (MAXIDEX göz damlası, Alcon İlaç, İstanbul, Türkiye) 4x1/gün toplam 1 ay olacak şekilde uygulandı.

3.4. Radyolojik Görüntülemeler

Katarakt grubundaki olgulara, ameliyat öncesi (preop), ameliyat sonrası 1.ay (postop1.ay) ve ameliyat sonrası 3.ay (postop 3.ay) olacak şekilde toplam 3 kez; kontrol grubundaki olgulara ise göz muayenesine geldikleri gün tek sefer olacak şekilde oküler ultrason elastografi ve orbital renkli Doppler USG işlemleri yapıldı. İşlemler esnasında, hastalar sırtüstü yatar pozisyona alınarak gözlerin kapalı tutulması istendi. Göz kapakları üzerine oftalmik metilsellüloz jel sürülerek, primer bakış pozisyonunda ölçümler alındı. Ölçüm sırasında prob ile göz üzerine baskı yapılmamasına dikkat edildi. Radyolojik işlemler yaklaşık 20-30 dakika sürdü.

Radyolojik görüntülemeler ilgili alanda tecrübeli tek radyoloji hekimi tarafından (İ.F.N.) uygulanarak bireysel farklılıklardan doğabilecek problemler önlenmeye çalışıldı. Görüntüleme işlemleri, LOGIQ S8 XDclear 2.0+ Ultrason Sistemi (GE Healthcare, Boston, Massachusetts, ABD) ile L8-18i probu kullanılarak gerçekleştirildi (**Şekil 20**).



Şekil 20. LOGIQ S8 XDclear 2.0+ Ultrason Sistemi.

Oküler elastografi işleminde; retina-koroid-sklera kompleksi (RKS), retrobulber yağ dokusu (RBY) optik disk (OD), optik sinir (OS), dış rektus kası (DR) ve iç rektus kasına (İR) ait shear wave elastografi değerleri hesaplandı. RDUS işleminde ise; oftalmik arter (OA), santral retinal arter (SRA), posterior silier arter (PSA) ve superior oftalmik vende (SOV) tepe sistolik hız (PSV), diastol sonu hızı (EDV), direnç indeksi (RI) değerlerine bakıldı.

3.5. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel incelemeler SPSS 22.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) analiz program ile yapıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile belirlendi. Tüm değerler normal dağılıma uyduğu için sonuçlar, ortalama $\pm$ standart sapma (SS) olarak sunuldu. Gruplar arası ikili karşılaştırmalarda bağımsız örneklem t-testi ve ki-kare testi kullanıldı. Katarakt grubundaki olgulara ait takip verileri tekrarlanan ölçümler için tek faktörlü ANOVA testi ile karşılaştırıldı.

Değişkenler arasındaki ilişkiler, Spearman korelasyon testi ile incelendi. Tüm istatistiksel analiz yöntemlerinde sonuçlar %95'lik güven aralığında değerlendirildi. $P < 0,05$ düzeyi anlamlı olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Katarakt grubunda yaş ortalaması 68.22 ± 8.65 yıl, kontrol grubunda ise 66.19 ± 7.51 yıl olup ($P=0.197$) gruplar demografik ve genel oküler özellikler açısından benzerdi. Katarakt grubundaki olgularda ortalama katarakt yoğunluğu (LOCS III skoru) 2.38 ± 0.65 ve ortalama risk skoru da 5.55 ± 1.47 idi. Buna göre olguların katarakt derecesinin orta-yoğun düzeyde olmakla birlikte ek problemler bakımından nispeten standart özelliklerde oldukları anlaşılmaktadır (**Tablo 1**). Katarakt grubundaki olgularda operasyon esnasında elde edilen ortalama operatif ölçümler **Tablo 2**'den izlenebilir. Ayrıca, **Tablo 3**'te katarakt grubundaki olguların preop değerleri ile kontrol grubundaki olguların değerlerinin benzer olduğu açıkça görülmektedir.

Katarakt grubundaki shear wave elastografi değişimlerine bakıldığında: RKS ve DR elastografi değerlerinin 1.ayda hafif bir artış gösterdikten sonra 3.ay ölçümlerde azalmaya meylettği; RBY ve OD elastografi değerlerinin sürekli azalma yönünde seyrettiği; OS ve İR elastografi değerlerinin ise önce azalma sonra artış gösterdiği gözlenmiştir (**Tablo 4**). Bunlardan preop ve 1.ay değerleri arasındaki farklar

istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşamazken, 1 ve 3. aylar arasındaki farklar ise büyük oranda anlamlı fark göstermiştir (**Tablo 6**). Doppler USG değerlerinde ise: PSV parametresinin SRA ve PSA damarlarında önce düşüp sonra bir miktar yükselmekle birlikte preop değerlerden düşük kaldığı, oftalmik arterde ise çalışma süresince düşme eğiliminde olduğu; EDV parametresinin her üç arterde de 1.ayda bir miktar düşüp 3.ayda tekrar preop değerlerden daha yüksek bir sayısal değere ulaştığı; RI parametresinin ise, 1.ayda tüm arterlerde düşüp sonrasında hemen hemen stabil kaldığı görülmüştür. SOV akım hızı ise 3 ay süresince düşme yönünde hareket etmiştir (**Tablo 5**). EDV parametresindeki değişimler istatistiksel anlamlılık düzeyine erişemezken, diğer parametrelerin hemen hepsinde P değeri anlamlı pozitif çıkmıştır (**Tablo 7**).

Tablo 1. Demografik veriler

Parametreler		Katarakt Preop Grubu (n=55)	Kontrol Grubu (n=53)	P Değeri
Yaş (yıl)		68.22 ± 8.65	66.19 ± 7.51	0.197 ^a
Cinsiyet	Kadın (n, %)	31 (56.4 %)	26 (49.1 %)	0.572 ^b
	Erkek (n, %)	24 (43.6 %)	27 (50.9 %)	
dIOP (mmHg)		13.38 ± 2.50	13.99 ± 3.65	0.304 ^a
SKK (µm)		533.13 ± 89.93	546.90 ± 30.92	0.293 ^a
AL (mm)		23.15 ± 0.93	23.04 ± 0.77	0.511 ^a
ACD (mm)		3.21 ± 0.54	3.23 ± 0.57	0.914 ^a
K1 (D)		43.37 ± 1.65	42.99 ± 4.28	0.544 ^a
K2 (D)		44.35 ± 1.69	44.25 ± 1.12	0.733 ^a
Katarakt Derecesi (Grade)		2.38 ± 0.65	-	-
Katarakt Cerrahisi				
Muaddel Risk Skoru		5.55 ± 1.47	-	-

^aBağımsız örneklem t-testi, ^bKi-testi. Veriler, ortalama ± SD olarak sunulmuştur.

Kısaltmalar: n, olgu sayısı; dIOP, düzeltilmiş göz içi basıncı; SKK, santral kornea kalınlığı; AL, aksiyel uzunluk; ACD, ön kamara derinliği; K1, düz keratometri değeri; K2, dik keraometri değeri.

Tablo 2. Katarakt Grubundaki Operatif Ölçümler.

Toplam Cerrahi Süresi (dk)	21.29 ± 10.74
U/S Toplam Süresi (sn)	34.12 ± 14.22
Kümülatif Dağıtılan Enerji (sn)	7.69 ± 3.31
Fako Süresi (sn)	0.45 ± 1.16
Ortalama Fako Gücü (%)	20.65 ± 7.24
Torsiyonel Süre (sn)	34.11 ± 13.72
Ortalama Torsiyonel Genlik (%)	54.42 ± 8.24
Aspirasyon Süresi (dk)	5.21 ± 2.24
Tahmini Kullanılan Sıvı Miktarı (mL)	92.83 ± 38.05

Veriler, ortalama ± SD olarak sunulmuştur.

Kısaltmalar: dk, dakika; sn, saniye; mL, mililitre.

Gruplara Göre katarakt derecesi (grade) ve katarakt cerrahisi risk skoru (Katarakt Cerrahisi Muaddel Risk Skoru, KCMRS) ile shear wave elastografi değerleri arasındaki korelasyon değerlerine bakıldığında: postop 3. ayda RBY'deki elastisite artışı ve OS'deki elastisite azalmasının grade ile negatif korelasyon gösterdiği farkedilmiştir (**Tablo 8**). Aynı faktörlerle Doppler USG değerleri arasındaki korelasyona bakıldığında ise: 1. Aydaki tüm RI azalmaları ve yine 1. aydaki OA-PSV azalması ile grade arasında negatif; SOV daki değişimler ile de hem grade hem de risk skoru arasında negatif korelasyon gözlenmiştir. PSAs-EDV'deki 3. Ay değişimi ve KCMRS arasındaki korelasyon da yine negatiftir (**Tablo 9**). Operatif ölçümler ile elastografi ve Doppler parametreleri arasındaki korelasyon analizlerinde ise bazı anlamlı değerler saptansa da, devamlı ve tutarlı sonuçlar elde edilememiştir (**Tablo 10 ve 11**).

Tablo 3. Katarakt Preop Grubu ve Kontrol Grubu Arasındaki Shear Wave Elastografi ve Doppler Ultrasonografi Değerlerinin Karşılaştırması

Parametreler	P Değeri ^a
RKS-EI	0.449
RBY-EI	0.285
OS-EI	0.725
OD-EI	0.159
DR-EI	0.061
İR-EI	0.304
SRA-PSV	0.333
SRA-EDV	0.093
SRA-RI	0.494
PSAs-PSV	0.160
PSAs-EDV	0.638
PSAs-RI	0.137
OA-PSV	0.520
OA-EDV	0.931
OA-RI	0.254
SOV	0.158

^aBağımsız örneklem t-testi.

Tablo 4. Shear Wave Elastografi Ölçümlerinin Ortalama Değerleri.

Parametreler	Katarakt Preop Grubu	Katarakt Postop 1. Ay Grubu	Katarakt Postop 3. Ay Grubu	Kontrol Grubu
RKS-EI	179.53 ± 39.47	183.80 ± 22.90	158.57 ± 28.13	167.20 ± 35.19
RBY-EI	3.95 ± 1.45	3.90 ± 1.20	3.55 ± 0.69	3.50 ± 1.50
OS-EI	7.79 ± 3.59	7.67 ± 2.20	8.30 ± 2.16	8.08 ± 3.21
OD-EI	138.63 ± 40.38	133.02 ± 28.63	111.94 ± 22.14	143.68 ± 34.56
DR-EI	6.99 ± 2.17	7.32 ± 2.21	7.11 ± 2.43	6.74 ± 2.75
İR-EI	6.92 ± 1.98	6.58 ± 1.48	7.87 ± 1.71	6.68 ± 1.87

Veriler, ortalama ± SD olarak sunulmuştur.

Kısaltmalar: EI, elastisite indeksi; RKS, retina-koroid-sklera kompleksi; RBY, retrobulber yağ dokusu; OD, optik disk; OS, optik sinir; DR, dış rektus kası; İR, iç rektus kası.

Tablo 5. Doppler Ultrasonografi Ölçümlerinin Ortalama Değerleri.

Parametreler	Katarakt Preop Grup	Katarakt Postop 1. Ay	Katarakt Postop 3. Ay	Kontrol Grubu
SRA-PSV (cm/sn)	12.81 ± 4.58	11.05 ± 2.09	11.49 ± 1.53	11.07 ± 2.33
SRA-EDV (cm/sn)	3.09 ± 0.81	2.93 ± 0.67	3.51 ± 0.69	3.76 ± 0.84
SRA-RI	0.75 ± 0.08	0.72 ± 0.06	0.73 ± 0.09	0.65 ± 0.06
PSAs-PSV (cm/sn)	20.52 ± 7.32	16.37 ± 4.50	16.55 ± 2.66	15.38 ± 2.85
PSAs-EDV (cm/sn)	4.53 ± 2.37	4.41 ± 0.97	5.11 ± 1.35	4.89 ± 1.24
PSAs-RI	0.77 ± 0.095	0.73 ± 0.080	0.68 ± 0.069	0.67 ± 0.05
OA-PSV (cm/sn)	32.05 ± 14.29	28.04 ± 13.83	27.40 ± 10.56	22.31 ± 11.48
OA-EDV (cm/sn)	7.37 ± 2.65	7.25 ± 3.00	7.60 ± 2.64	7.22 ± 3.60
OA-RI	0.76 ± 0.08	0.72 ± 0.08	0.71 ± 0.06	0.67 ± 0.05
SOV (cm/sn)	7.81 ± 2.15	7.69 ± 2.13	6.32 ± 1.83	6.02 ± 1.72

Veriler, ortalama ± SD olarak sunulmuştur.

Kısaltmalar: SRA, santral retinal arter; PSV, tepe sistolik hız (peak systolic velocity); EDV, diyastol sonu hızı (end-diastolic velocity); RI, direnç indeksi (resistive veya resistance index); PSA, posterior silier arter; OA, oftalmik arter; SOV, superior oftalmik ven. b.

Tablo 6. Katarakt Grubundaki Shear Wave Elastografi Değişimlerinin İkili Karşılaştırmaları ve İstatistiksel Anlamlılık Düzeyleri

Parametreler	Gruplar	Postop 1.Ay	Postop 3.Ay	Bağlı Gözlemler Etki Testi
RKS-EI	Preop	0.999	<u>0.002</u>	F=11.881
	Postop 1.Ay	-	<u>0.0001</u>	P=0.0001 PES=0.180
RBY-EI	Preop	0.999	0.154	F=2.298
	Postop 1.Ay	-	0.244	P=0.105 PES=0.041
OS-EI	Preop	0.999	0.999	F=0.818
	Postop 1.Ay	-	0.509	P=0.433 PES=0.015
OD-EI	Preop	0.999	<u>0.001</u>	F=10.865
	Postop 1.Ay	-	<u>0.0001</u>	P=0.001 PES=0.167
DR-EI	Preop	<u>0.007</u>	<u>0.0028</u>	F=5.614
	Postop 1.Ay	-	0.999	P=0.005 PES=0.094
İR-EI	Preop	0.769	<u>0.007</u>	F=10.155
	Postop 1.Ay	-	<u>0.0001</u>	P=0.0001 PES=0.158

Tekrarlanan Ölçümler için Tek Faktörlü ANOVA testi. Altı çizili değerler istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (P<0.05). Kısaltmalar=PES, Partial Eta Squared (Kısmi Eta Değeri).

Tablo 7. Katarakt Grubundaki Doppler Ultrasonografi Değişimlerinin İkili Karşılaştırmaları ve İstatistiksel Anlamlılık Düzeyleri

Parametreler	Gruplar	Postop 1.Ay	Postop 3.Ay	Bağlı Gözlemler Etki Testi
SRA-PSV	Preop	<u>0.022</u>	0.121	F=5.546
	Postop 1.Ay	-	0.595	P=0.012 PES=0.093
SRA-EDV	Preop	0.492	<u>0.013</u>	F=11.427
	Postop 1.Ay	-	<u>0.0001</u>	P=0.0001 PES=0.175
SRA-RI	Preop	<u>0.001</u>	0.461	F=3.231
	Postop 1.Ay	-	0.999	P=0.060 PES=0.056
PSAs-PSV	Preop	<u>0.001</u>	<u>0.001</u>	F=12.556
	Postop 1.Ay	-	0.999	P=0.0001 PES=0.189
PSAs-EDV	Preop	0.999	0.297	F=3.168
	Postop 1.Ay	-	<u>0.006</u>	P=0.058 PES=0.055
PSAs-RI	Preop	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>	F=28.898
	Postop 1.Ay	-	<u>0.001</u>	P=0.0001 PES=0.349
OA-PSV	Preop	0.120	0.145	F=2.665
	Postop 1.Ay	-	0.999	P=0.074 PES=0.047
OA-EDV	Preop	0.999	0.999	F=0.247
	Postop 1.Ay	-	0.999	P=0.781 PES=0.005
OA-RI	Preop	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>	F=14.850
	Postop 1.Ay	-	0.999	P=0.0001 PES=0.216
SOV	Preop	0.999	<u>0.0001</u>	F=14.034
	Postop 1.Ay	-	<u>0.0001</u>	P=0.0001 PES=0.206

Tekrarlanan Ölçümler için Tek Faktörlü ANOVA testi. Altı çizili değerler istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Tablo 8. Gruplara Göre Katarakt Derecesi/Katarakt Cerrahisi Muaddel Risk Skoru ile Shear Wave Elastografi Değerleri Arasındaki Korelasyon.

Parametreler	Faktörler	Postop 1.Ay		Postop 3.Ay	
		Rho	P	Rho	P
RKS-EI	G	0.144	0.293	0.082	0.553
	KCMRS	0.216	0.114	0.098	0.476
RBY-EI	G	-0.158	0.249	<u>-0.273</u>	<u>0.043</u>
	KCMRS	0.025	0.856	-0.079	0.568
OS-EI	G	0.017	0.902	<u>-0.290</u>	<u>0.032</u>
	KCMRS	0.033	0.810	0.117	0.394
OD-EI	G	-0.181	0.185	0.094	0.493
	KCMRS	-0.173	0.207	-0.045	0.747
DR-EI	G	0.013	0.923	0.114	0.408
	KCMRS	0.068	0.620	-0.027	0.847
İR-EI	G	0.096	0.488	0.112	0.418
	KCMRS	-0.024	0.864	-0.132	0.337

Spearman'ın Korelasyon Testi. Altı çizili değerler istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (P<0.05).

Kısaltmalar= G, katarakt derecesi (cataract grade); KCMRS, Katarakt Cerrahisi Muaddel Risk Skoru;

Rho, Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı.

Tablo 9. Gruplara Göre Katarakt Derecesi/Katarakt Cerrahisi Muaddel Risk Skoru ile Doppler Ultrasonografi Değerleri Arasındaki Korelasyon.

Parametreler	Faktörler	Postop 1.Ay		Postop 3.Ay	
		Rho	P	Rho	P
SRA-PSV	G	-0.069	0.617	-0.051	0.711
	KCMRS	-0.158	0.249	-0.145	0.290
SRA-EDV	G	0.166	0.226	0.043	0.755
	KCMRS	0.125	0.362	-0.168	0.222
SRA-RI	G	<u>-0.448</u>	<u>0.001</u>	-0.257	0.058
	KCMRS	-0.213	0.118	0.091	0.507
PSAs-PSV	G	-0.230	0.091	-0.088	0.523
	KCMRS	-0.216	0.113	-0.144	0.295
PSAs-EDV	G	0.162	0.237	-0.026	0.848
	KCMRS	-0.049	0.721	<u>-0.294</u>	<u>0.030</u>
PSAs-RI	G	<u>-0.413</u>	<u>0.002</u>	-0.131	0.342
	KCMRS	-0.249	0.066	0.090	0.512
OA-PSV	G	<u>-0.279</u>	<u>0.039</u>	-0.141	0.305
	KCMRS	-0.200	0.144	0.086	0.535
OA-EDV	G	-0.186	0.175	-0.062	0.655
	KCMRS	-0.031	0.820	0.085	0.539
OA-RI	G	<u>-0.267</u>	<u>0.048</u>	-0.164	0.230
	KCMRS	-0.069	0.617	0.224	0.101
SOV	G	<u>-0.351</u>	<u>0.009</u>	-0.153	0.265
	KCMRS	<u>-0.266</u>	<u>0.050</u>	0.198	0.147

Spearman'ın Korelasyon Testi. Altı çizili değerler istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir ($P < 0.05$).

Kısaltmalar= G, katarakt derecesi (cataract grade); KCMRS, Katarakt Cerrahisi Muaddel Risk Skoru;

Rho, Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı.

Tablo 10. Gruplara Göre Operatif Ölçümler ve Shear Wave Elastografi Değerleri Arasındaki Korelasyon.											
Parametreler			TCS	U/S TS	CDE	FS	OFG	TorS	OTG	AspS	EFU
RKS-EI	Postop 1. ay	Rho	-0.044	-0.044	-0.019	-0.195	0.139	-0.038	0.089	0.033	0.023
		P	0.751	0.750	0.889	0.153	0.311	0.785	0.519	0.814	0.865
	Postop 3. ay	Rho	-0.087	0.003	-0.023	0.032	-0.015	-0.008	0.068	-0.066	-0.064
		P	0.528	0.981	0.867	0.819	0.915	0.957	0.619	0.632	0.642
RBY-EI	Postop 1. ay	Rho	-0.018	0.219	0.185	0.089	-0.283	0.242	-0.029	-0.353	-0.358
		P	0.893	0.108	0.175	0.517	0.036	0.075	0.832	0.008	0.007
	Postop 3. ay	Rho	0.193	-0.108	-0.127	-0.066	-0.222	-0.097	-0.239	0.284	0.239
		P	0.158	0.434	0.354	0.635	0.104	0.480	0.079	0.085	0.079
OS-EI	Postop 1. ay	Rho	-0.168	-0.295	-0.337	-0.005	-0.364	-0.373	-0.167	-0.203	-0.296
		P	0.221	0.029	0.012	0.971	0.006	0.005	0.222	0.138	0.028
	Postop 3. ay	Rho	0.077	0.089	-0.005	0.169	-0.144	0.083	-0.217	0.129	0.210
		P	0.576	0.519	0.970	0.217	0.295	0.545	0.112	0.349	0.123
OD-EI	Postop 1. ay	Rho	0.237	0.342	0.276	0.021	0.054	0.315	0.010	-0.010	0.033
		P	0.081	0.011	0.041	0.880	0.697	0.019	0.940	0.941	0.814
	Postop 3. ay	Rho	0.188	0.316	0.230	0.192	0.123	0.297	0.017	0.132	0.157
		P	0.168	0.019	0.092	0.160	0.369	0.028	0.901	0.336	0.251
DR-EI	Postop 1. ay	Rho	0.089	0.088	0.200	0.009	-0.029	0.101	0.161	0.063	0.074
		P	0.518	0.523	0.143	0.948	0.834	0.461	0.241	0.650	0.589

	Postop 3. ay	Rho	-0.026	-0.022	-0.081	0.023	-0.117	-0.023	-0.276	-0.001	0.131
		P	0.849	0.873	0.557	0.865	0.394	0.870	0.041	0.993	0.341
İR-EI	Postop 1. ay	Rho	-0.036	-0.001	-0.068	-0.143	-0.020	-0.077	0.074	0.138	0.038
		P	0.796	0.995	0.621	0.297	0.883	0.578	0.593	0.314	0.781
	Postop 3. ay	Rho	0.208	0.061	0.028	0.060	-0.043	0.074	-0.137	0.289	0.343
		P	0.128	0.657	0.840	0.663	0.755	0.592	0.317	0.033	0.010
Spearman'ın Korelasyon Testi. Altı çizili değerler istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (P<0.05). Abbreviations= TCS, toplam cerrahi süresi; U/S TS, U/S toplam süre; CDE, kümülatif dağıtılan enerji; FS, fako süresi; OFG, ortalama fako gücü; TorS, torsiyonel süre; OTG, ortalama torsiyonel genlik; AspS, aspirasyon süresi; EFU, tahmini kullanılan sıvı miktarı (estimated fluid used); Rho, Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı.											

Tablo 11. Gruplara Göre Operatif Ölçümler ve Doppler Ultrasonografi Değerleri Arasındaki Korelasyon.											
Parametreler			TCS	U/S TS	CDE	FS	OFG	TorS	OTG	AspS	EFU
SRA-PSV	Postop 1. ay	Rho	0.022	-0.044	-0.096	0.077	-0.192	-0.122	-0.231	0.256	0.187
		P	0.872	0.751	0.487	0.578	0.160	0.375	0.090	0.059	0.172
	Postop 3. ay	Rho	-0.141	0.053	-0.063	-0.109	0.028	0.068	-0.019	-0.167	-0.245
		P	0.305	0.702	0.645	0.427	0.838	0.622	0.889	0.224	0.072
SRA-EDV	Postop 1. ay	Rho	-0.138	-0.163	-0.061	-0.109	0.150	-0.180	0.226	-0.015	-0.008
		P	0.315	0.236	0.658	0.430	0.274	0.190	0.098	0.914	0.953
	Postop 3. ay	Rho	-0.063	0.221	0.181	0.155	0.062	0.219	-0.025	-0.033	-0.058
		P	0.650	0.105	0.186	0.257	0.652	0.108	0.854	0.811	0.677
SRA-RI	Postop 1. ay	Rho	0.170	0.325	0.245	0.184	-0.077	0.323	-0.093	0.080	0.052
		P	0.214	0.015	0.072	0.179	0.576	0.016	0.497	0.561	0.706
	Postop 3. ay	Rho	0.208	-0.146	-0.059	0.059	0.051	-0.088	0.107	-0.053	-0.070
		P	0.127	0.288	0.671	0.667	0.713	0.524	0.436	0.703	0.611
PSAs-PSV	Postop 1. ay	Rho	-0.133	0.016	-0.001	0.072	-0.055	-0.059	-0.114	-0.206	-0.198
		P	0.334	0.906	0.994	0.603	0.688	0.668	0.408	0.130	0.146
	Postop 3. ay	Rho	0.142	0.101	0.102	0.082	-0.002	0.094	0.020	0.152	0.129
		P	0.300	0.465	0.458	0.554	0.986	0.497	0.886	0.268	0.348
PSAs-EDV	Postop 1. ay	Rho	0.037	0.139	0.068	0.102	-0.146	0.144	-0.200	-0.029	-0.042
		P	0.786	0.313	0.624	0.460	0.289	0.295	0.143	0.831	0.763
	Postop 3. ay	Rho	0.220	0.139	0.137	0.064	0.145	0.163	-0.012	0.170	0.269
		P	0.107	0.311	0.319	0.640	0.290	0.233	0.932	0.214	0.047

PSAs-RI	Postop 1. ay	Rho	0.244	0.248	0.249	0.146	0.081	0.314	-0.041	-0.018	0.037
		P	0.073	0.068	0.067	0.287	0.556	0.019	0.766	0.894	0.788
	Postop 3. ay	Rho	0.144	-0.136	-0.101	-0.175	0.107	-0.134	0.103	0.130	0.161
		P	0.294	0.321	0.461	0.200	0.437	0.329	0.453	0.345	0.239
OA-PSV	Postop 1. ay	Rho	0.220	0.183	0.100	0.111	-0.115	0.203	-0.188	0.132	0.144
		P	0.106	0.182	0.469	0.419	0.405	0.138	0.169	0.336	0.295
	Postop 3. ay	Rho	0.144	-0.186	-0.236	-0.223	-0.077	-0.187	-0.040	-0.091	-0.137
		P	0.295	0.174	0.083	0.102	0.578	0.172	0.772	0.507	0.320
OA-EDV	Postop 1. ay	Rho	0.155	0.150	0.069	0.114	-0.134	0.170	-0.151	0.088	0.105
		P	0.260	0.276	0.618	0.409	0.331	0.214	0.271	0.522	0.444
	Postop 3. ay	Rho	0.013	-0.224	-0.324	-0.208	-0.099	-0.236	-0.180	-0.067	-0.152
		P	0.923	0.101	0.016	0.128	0.472	0.083	0.188	0.624	0.267
OA-RI	Postop 1. ay	Rho	0.183	0.166	0.116	0.034	0.015	0.168	-0.120	0.004	-0.001
		P	0.181	0.225	0.398	0.803	0.914	0.220	0.383	0.979	0.995
	Postop 3. ay	Rho	0.147	0.094	0.130	0.109	0.098	0.111	0.108	0.031	0.015
		P	0.284	0.494	0.342	0.428	0.476	0.420	0.432	0.820	0.914
SOV	Postop 1. ay	Rho	0.157	0.156	0.045	0.197	-0.065	0.170	-0.261	0.021	-0.002
		P	0.251	0.255	0.744	0.150	0.636	0.214	0.054	0.877	0.988
	Postop 3. ay	Rho	0.088	0.076	0.121	0.071	-0.001	0.105	-0.113	-0.002	0.023
		P	0.523	0.580	0.380	0.607	0.996	0.444	0.412	0.990	0.866
Spearman'ın Korelasyon Testi.											

5. TARTIŞMA

Dünya çapında önlenebilir körlük nedenleri listesinde başı çeken kataraktın tedavisinde günümüzde tartışmasız en çok tercih edilen teknik olan fakoemülsifikasyon cerrahisi, sağladığı görsel rehabilitasyon ile yaşam kalitesini önemli oranda arttırmaktadır (70). Bu sayede, kişiye kazandırdığı fizyolojik ve psikolojik faydalar yanında, bireyin engellilik halini ortadan kaldırması ve çevresel bağımlılığını azaltması anlamında da ciddi ekonomik ve sosyal kazanımlara haizdir. Bu ve benzeri vazgeçilmez toplumsal ve bireysel özellikleri ile oftalmoloji pratiğinde tartışmasız önemli bir yer tutan fakoemülsifikasyonun gerek bulbus okülü gerekse perioküler dokular üzerinde biyomekanik ve fizyolojik birtakım etkileri bulunmaktadır (71-73).

Fakoemülsifikasyon cerrahisinde temel olarak, ön kamara derinliği korunarak irigasyon ve aspirasyon mekanizmaları eşliğinde, küçük bir korneal kesiden opaklaşmış kristalin lens parçalara ayrılarak emülsifiye edilir. Cerrahi esnasında akışkanlar dinamiği prensibi çerçevesinde gerçekleşen dinamik olaylar ve açığa çıkan ultrasonik enerji, dokulardaki değişikliklerin temel kaynağıdır (3,4). Hastaya, cerraha, kullanılan cihaz ve malzemelere ait özellikler gibi değişken faktörlerin etkisiyle her operasyonda farklı etkiler oluşması muhtemel ise de, ilerleyen teknolojiler ile tebrübeli cerrahların elinde yapılan standart operasyonların birtakım standart etkileri de olabileceği farz edilebilir (74). Bu bağlamda, biz de dahil edilme kriterlerimizi mümkün olduğunca dikkatli belirleyerek değişken özellikleri bertaraf etmeye ve böylece komplikasyonsuz fakoemülsifikasyon cerrahisinin elastografi ve Doppler USG değerleri üzerindeki etkilerini ortaya koymayı hedefledik.

Ultrasonografi, modern tıpta muayene algoritmaları içinde üst sıralarda yer alan ve birçok branşta en sık tercih edilen tanısal metoddur. Halen gelişen bir sistem olan USG alanında son yüzyılda çok ciddi yenilikler ve ilerlemeler kaydedilmiştir. Bilindiği üzere günümüzde sağlık alanında yapılan harcamalar neredeyse bütün hükümetler tarafından dikkatli bir şekilde izlenmekte ve yeni düzenlemelerle maliyetlere sınırlamalar getirilmeye çalışılmaktadır. Bu doğrultuda, non-inavziv ve kolay ulaşılabilir bir teknik olması yanında göreceli düşük maliyeti de ultrasonografik sistemleri cazip kılmaktadır. Ultrasonografinin oftalmoloji alanında ilk kullanımı da Hughes and Mundt tarafından 1956 yılında intraoküler tümörlerin tanısında A scan

modunun katkısının rapor edilmesi ile olmuştur (75). Bu tarihten itibaren birçok klinik tablonun tanısında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bizim çalışmamızda da non-komplike fakoemülsifikasyon cerrahisi geçirmiş olgularda iki farklı ultrasonografik teknik olan Doppler ve elastografi özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Her iki teknikle de çok önemli bulgular elde edilmekle birlikte, içerik itibarıyla ayrı ayrı yorumlanmasının daha anlaşılır olacağını düşündüğümüz için, sonuçlarımız tartışma bölümü içinde iki ayrı alt başlık halinde sunulacaktır.

5.1. Komplikasyonsuz Katarakt Cerrahisinin Oküler Elastisite Üzerine Etkileri

Ultrason elastografi son zamanlarda özellikle karaciğer başta olmak üzere, prostat, meme, tiroid, lenf nodları, abdominal solid organlar, testisler, kas, tendon, kıkırdak ve vasküler yapılardaki doku fibrozisi, doku iyileşmesi, inflamasyon varlığı, malignite ayrımı gibi durumlarda ilk tanımlandığı 1990 yılından beri dikkat çekmiş ve özellikle akademik çalışmalarda giderek ilgi odağı haline gelmiştir (76-78). Oftalmoloji pratiğinde ise; gri skala USG'nin yıllardır yaygın kullanımı mevcutken, ultrason elastografi nispeten yeni ve henüz yeterince tanınmamış bir methodur. Nitekim, oküler dokuların elastografi özelliklerini gösteren ilk çalışma 2010 yılında yapılmıştır (79). Elastografi tekniğinde, klasik ultrason görüntülerinin üzerine çakıştırılan renkli haritalar sayesinde farklı renklerle dokuların deformasyon seviyelerinin ifade edilmesi sağlanmaktadır. Bu yöntem, doku kompresyonuna verilen yanıtın ölçümüne dayalı olarak yumuşak dokuların iç yapısının bir tür in-vivo manuel palpasyonunu sağlar ve böylece biyolojik dokuların elastik özelliklerini gösterir. Son yıllarda, dokuların histolojik özellikleri ile elastisite özellikleri arasında sıkı bağlantı olduğunu gösteren çalışmaların yayınlanması ile bu konuya olan ilgi ve heyecan da artmıştır (80).

Temel olarak 2 tip elastografi metodu mevcuttur: bunlardan ilki gerinim elastografisi (kompresyon elastografisi, strain elastografi, yarı statik elastografi, kalitatif elastografi, SE); diğeri ise shear wave elastografidir (dinamik elastografi, kesme dalga elastografisi, SWE). Gerinim elastografisi, doku yer değiştirmesini sağlamak için ultrason probu ile dokuya bası-serbest bırakma (sıkıştırma-açma) manevraları şeklinde kuvvet uygulanmasını gerektirir. Düzenli ve ritmik basınçlarla yumuşaklığı fazla olan dokularda daha fazla deformasyon gerçekleşir. Dokuların sıkıştırılabilirlik özelliklerini saptamayı amaçlayan bu teknik, ilgilenilen dokuyu çevre dokular arasından seçilen bir referans doku ile karşılaştırarak doku sertliğinin göreceli

bir değerlendirmesini sağlar. Bu tekniğin en önemli sınırlayıcı yönü görüntünün geniş değişkenliği ve sonuçların muayene eden kişi ile sıkı bağlantılı olmasıdır. Bu nedenle, duyarlılığı %57-92 arasında değişmektedir ve standart değildir (62, 64).

Shear wave elastografi ise B mod ultrason görüntüsü için akustik vibratör dalgalar kullanır. Ultrasonik enerji ile oluşturulan bu hareketli kesme dalgaları, dokuda lokal yer değiştirmelere sebep olur. Bu dalgalar daha sonra, akustik radyasyon kuvvetini üreten birincil dalgaya dik olacak şekilde, enine düzlemde bitişik dokular boyunca çok daha yavaş bir hızda yayılır ve dokuda kayma/yer değiştirmelere neden olur. Bu yer değiştirmeler, birimi metre/saniye olan kesme dalgası hızları şeklinde ifade edilen doku yer değiştirme haritalarına dönüştürülür. Her pikseldeki kesme dalgası hızlarının dağılımı, basit bir matematiksel denklemle hesaplanan ve doku sertliğini basınç şeklinde (birimi kilopaskal) ifade eden kesme modülü (G) ile doğrudan ilişkilidir. Elastografik ölçümün sayısal değeri arttıkça; doku sertliği (stiffness) artmakta, renk maviden kırmızıya doğru kaymakta ve doku elastisitesi azalmaktadır. SWE tekniği; nicel (kantitatif) yön, boyutsal çözünürlük özelliği ve gerçek zamanlı görüntüleme yeteneği sayesinde kompresyon elastografisine üstünlük sağlar. Fakat, SWE’de sıvılar ve vitreus gibi visküz maddelerin kalite indeksi düşüktür (81,82). Biz de bu çalışmamızda daha objektif ve güvenilir bir elastografi yöntemi olması hasebiyle SWE tekniğini tercih ettik fakat bu tekniğin sıvı ortamlardaki uyumsuzluğu nedeniyle vitreus elastisite ölçümlerini elde edemedik. Literatürde strain elastografi ile yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (83-90). Fakat, yukarıda açıkladığımız ayrıntılar nedeniyle SE ve SWE’nin karşılaştırılması gibi bir durum söz konusu olmadığı için bu bölümde sadece SWE ile yapılmış sınırlı birkaç çalışmadan bahsedeceğiz.

Bizim çalışmamızda, oküler elastografi işleminde; retina-koroid-sklera kompleksi (RKS), retrobulber yağ dokusu (RBY) optik disk (OD), optik sinir (OS), dış rektus kası (DR) ve iç rektus kasına (İR) ait shear wave elastografi değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak, fakoemülsifikasyon geçiren olgularda 3 aylık takip sonunda RKS, DR, RBY ve OD elastografi değerlerinde azalma; İR elastografi değerinde nispeten stabil seyir, OS elastografi değerinde ise izole bir artış izlenmiştir. Fakat, OS elastografi ölçümlerindeki değişimlerde anlamlı fark bulunamamıştır. Bu sonuçlara göre, komplikasyonsuz katarakt cerrahisi sonrası perioküler dokularda doku sertliğinde genel bir azalma ve dolayısıyla elastisitede artış olduğu anlaşılmaktadır.

Tezimiz bu konuda yapılmış ilk araştırma olma özelliğini taşıdığı için, güncel literatürde sonuçlarımızı birebir karşılaştırabileceğimiz bir çalışma bulunmamaktadır. Üstelik, literatürde oftalmoloji alanında SWE ile yapılmış çalışma sayısı da çok azdır. Bunlardan konumuz ile en ilişkili olanlarına bir göz atacak olursak; Dikici ve ark. (91) glokomlu gözlerde optik sinir başı ve skleranın perinöral nazal/temporal bölgelerinde anlamlı derecede sertlik artışı gözlemlemişlerdir. Aynı şekilde, intrakraniyal basınç yüksekliği olan hastalarda optik sinir başı ve peripapiller sklerada sertleşme olduğu başka bir çalışmada gösterilmiştir (92). Asal ve arkadaşları da preeklampitik hastalarda optik sinir sertliğinde artış bildirmişleridir (93). Buradan yola çıkarak basınç etkisi ile göz dokularında sertleşme artışı ve elastisite azalması olduğu çıkarımı yapılabilir. Bu noktada en muhtemel teori; katarakt cerrahisi sonrası oluşan göz içi basınç azalmasının oküler dokulardaki elastisitede artışa yol açmış olabileceği yorumudur. Göz içi basıncındaki değişimlerin göz dokularında yapısal farklılıklara neden olabildiği bilgisi de bu fikrimizi desteklemektedir (94). Fakat bu teorimizin, daha geniş ve preop/perop/postop farklı özelliklere sahip (yaş, katarakt yoğunluğu, ek oküler problemler, komplike katarakt cerrahisi, farklı tecrübedeki cerrahlar, vb) hasta gruplarında yapılacak klinik çalışmalarla teyit edilmesi gerekmektedir.

Elastografi analizlerinde rektus kasları ile ilgili elde ettiğimiz sonuçlardan ayrıca bahsetmekte fayda vardır. DR ve İR kaslarında gözlenen değişimler ile ilgili genel ve sağlıklı bir yorum yapmak çok zordur. Çünkü, önceki klinik çalışmalarda, primer pozisyonda ve abduksiyon/adduksiyon gibi farklı bakış pozisyonlarında lateral ve medial rektus kaslarının elastisitesinin değişebildiği gözlemlemiş ve bu konuda kesin bir fikir birliğine varılamamıştır (81). Biz çalışmamızda her ne kadar primer bakış pozisyonunu kullanmış ve hızlı ölçüm almaya gayret etmiş olsak da, göz hareketlerinin sıfırlandığını iddia edemeyiz. Ekstraoküler kas ölçümlerinde %100 güvenilir sonuçlar elde edebilmek ve bu konuda kesin bir yorum yapabilmek, ancak konunun daha detaylı araştırılması ve ultrason tekniğinin fizyolojiye uygun şekilde standardize edilmesi ile mümkün olabilecek gibi görünmektedir.

5.2. Komplikasyonsuz Katarakt Cerrahisinin Retrobulbar Kan Akımı Üzerine Etkileri

Renkli Doppler görüntüleme, kan akışının eş-zamanlı iki boyutlu yapısal görüntülenmesine izin veren ve gelişime açık bir ultrasonografik tekniktir (95). Bu

teknik ile, oftalmik arter ve dalları, santral retinal arter, posterior siliyer arter (ler) ve lakrimal arter gibi ince orbital arterlerin; ayrıca süperior oftalmik ven, vorteks venleri ve santral retinal ven gibi venöz yapıların indirekt olarak görüntülenmesi mümkündür. Damarların yapısal (kalitatif) görüntülenmesine ek olarak, damarlardaki Doppler spektrumuna bakılarak ve kardiyak siklusun çeşitli aşamalarında akış hızları belirlenerek kantitatif olarak damarlardaki hemodinami de değerlendirilebilir. Bu özellikleri sayesinde oftalmoloji rutininde; orbital tümörleri, orbital vasküler lezyonlar, intraoküler tümörler, karotis-kavernöz-sinüs-fistülleri, santral retinal arter/ven tıkanıklığı, diyabetik retinopati gibi vasküler temelli hastalıklar başta olmak üzere birçok durumda yardımcı yöntem olarak kullanılmaktadır (96-98). Biz çalışmamızda, komplikasyonsuz fakoemülsifikasyon cerrahisi sonrası oftalmik arter (OA), santral retinal arter (SRA), posterior siliyer arter (PSA) ve superior oftalmik vende (SOV) tepe sistolik hız (PSV), diastol sonu hızı (EDV), direnç indeksi (RI) değerlerini saptamayı hedefledik.

Çalışmamızın sonucunda; (genel olarak) PSV’de düşme, EDV’de artış ve RI’da düşme ile vasküler dirençte azalma yönünde bir değişim olduğunu gördük. Üstelik, özellikle direnç indeksindeki değişimlerin, katarakt derecesi ve risk skoru (KCMRS) ile negatif korelasyon göstermiş olması da, katarakt yoğunluğu arttıkça fakoemülsifikasyon sonrası vasküler direnç azalmasının daha zor olabileceği fikrini aklımıza getirdi. Yine, katarakt cerrahisi sonrası oluşan göz içi basınç düşüşünden yola çıkacak olursak, basıncıdaki düşme ile birlikte oküler vasküleritede bir rahatlama olduğu yorumu yapılabilir. Nitekim literatürde, progresif glokom hastalarında yüksek RI ile birlikte, akım hızlarında karakteristik bir azalma olduğu tespit edilmiştir (99). Kuerten ve ark. (100) ise trabekülektomi yapılan hastalarda uzun dönemde retrobulber damarlarda Doppler parametrelerinin iyileştiğini göstermişlerdir. Bu çalışmalar teorimizin mümkün olduğunu telkin etse de, geniş çaplı klinik araştırmalarla konunun kesin olarak aydınlatılması daha yerinde olacaktır.

6. SONUÇ

Tez çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre; komplikasyonsuz katarakt cerrahisi sonrası oküler elastisitede genel bir artış ile birlikte vasküler dirençte düşüş olmaktadır. Sonuçlarımızın, geniş kitlelerde farklı senaryolarla yapılacak iyi planlanmış klinik çalışmalarla teyit edilmesi gerekmektedir. Gelecek yıllarda teknolojik gelişmelerin de

katkısıyla, elastografi ve Doppler USG tekniklerinin kombinasyonu, yumuşak doku/vasküler yapı değerlendirmesi yapan manyetik rezonans görüntüleme gibi tetkiklere alternatif olabilir. Bunun için, öncelikle kompleks poroelastik özelliklere sahip oküler dokuların (101) ultrasonografik limitleri belirlenip fikir birliği sağlanmalı ve muhtemel klinik tablolardaki değişimler net olarak ortaya koyularak standart nomogramlar belirlenmelidir.



7. KAYNAKLAR

1. Lee CM, Afshari NA. The global state of cataract blindness. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017 Jan;28(1):98-103. doi: 10.1097/ICU.0000000000000340. PMID: 27820750.
2. Asbell PA, Dualan I, Mindel J, Brocks D, Ahmad M, Epstein S. Age-related cataract. *Lancet*. 2005 Feb 12-18;365(9459):599-609. doi: 10.1016/S0140-6736(05)17911-2. PMID: 15708105.
3. Boulter T, Bernhisel A, Mamalis C, Zaugg B, Barlow WR, Olson RJ, Pettey JH. Phacoemulsification in review: Optimization of cataract removal in an in vitro setting. *Surv Ophthalmol*. 2019 Nov-Dec;64(6):868-875. doi: 10.1016/j.survophthal.2019.06.007. Epub 2019 Jul 2. PMID: 31276738.
4. Hoffman RS, Fine IH, Packer M. New phacoemulsification technology. *Curr Opin Ophthalmol*. 2005 Feb;16(1):38-43. doi: 10.1097/00055735-200502000-00007. PMID: 15650578.
5. Sharma N, Singhal D, Nair SP, Sahay P, Sreeshankar SS, Maharana PK. Corneal edema after phacoemulsification. *Indian J Ophthalmol*. 2017 Dec;65(12):1381-1389. doi: 10.4103/ijo.IJO_871_17. PMID: 29208818; PMCID: PMC5742966.
6. Vazquez-Ferreiro P, Carrera-Hueso FJ, Poquet Jornet JE, Fikri-Benbrahim N, Diaz-Rey M, Sanjuan-Cerveró R. Intraoperative complications of phacoemulsification in pseudoexfoliation: Metaanalysis. *J Cataract Refract Surg*. 2016 Nov;42(11):1666-1675. doi: 10.1016/j.jcrs.2016.09.010. PMID: 27956295.
7. Sporea I. Clinical elastography. *Med Ultrason*. 2018 Aug 30;20(3):263-264. doi: 10.11152/mu-1693. PMID: 30167576.
8. Sigrist RMS, Liao J, Kaffas AE, Chammas MC, Willmann JK. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics*. 2017 Mar 7;7(5):1303-1329. doi: 10.7150/thno.18650. PMID: 28435467; PMCID: PMC5399595.
9. Bontzos G, Douglas VP, Douglas KAA, Kapsala Z, Drakonaki EE, Detorakis ET. Ultrasound Elastography in Ocular and Periocular Tissues: A Review.

- Curr Med Imaging. 2021 Oct 13;17(9):1041-1053. doi: 10.2174/1573405616666201214123117. PMID: 33319691.
10. Grudzińska E, Modrzejewska M. Modern Diagnostic Techniques for the Assessment of Ocular Blood Flow in Myopia: Current State of Knowledge. *Journal of Ophthalmology*. 2018;2018.
 11. Aguirre GK. A model of the entrance pupil of the human eye. *Sci Rep*. 2019 Jun 27;9(1):9360. doi: 10.1038/s41598-019-45827-3. PMID: 31249360; PMCID: PMC6597540.
 12. Aliancy JF, Mamalis N. Crystalline Lens and Cataract. *Webvision: The Organization of the Retina and Visual System*. 2017 Aug 15.
 13. Bassnett S. Zinn's zonule. *Prog Retin Eye Res*. 2021 May;82:100902. doi: 10.1016/j.preteyeres.2020.100902. Epub 2020 Sep 25. PMID: 32980533; PMCID: PMC8139560.
 14. Andley UP. The lens epithelium: focus on the expression and function of the alpha-crystallin chaperones. *Int J Biochem Cell Biol*. 2008;40(3):317-23. doi: 10.1016/j.biocel.2007.10.034. Epub 2007 Nov 13. PMID: 18093866; PMCID: PMC2365703.
 15. Fox J. Anatomy of the lens. *Nurs Mirror*. 1984 May 2;158(18):31-5. PMID: 6563597.
 16. S. Standring, Ed., "Eye," in *Gray's Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Practice*, 41st ed., Oxford: Elsevier, 2016.
 17. Khurana AK. Diseases of the Lens, Chapter 8. In: *Comprehensive Ophthalmology*, 4th ed. New Delhi: New Age International Publishers, 2007: 167-204.
 18. Glasser A, Kaufman PL. Accommodation and presbyopia. In: Kaufman PL, Alm A. *Adler's Physiology of the Eye: Clinical Application*, 10th ed. St Louis: Mosby, 2003: 197- 233.
 19. Heckman JJ, Pinto R, Savelyev PA. Lens and Cataract. In: *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. San Francisco,; 2021. p. 5–60.
 20. Lal S, Kumar NL. Age-related cataract. *Aust Dr*. 2011;365(5-AUGUST):27-33.

21. Boulton M SLA. Boulton M, Saxby LA. Lens ile ilgili temel bilgiler. Yanoff M, Duker JS (Eds.). Bavdek T(Çeviri editörü). Oftalmoloji. İkinci baskı. İstanbul Hayat Yayıncılık 2007: 241-67.
22. Karel F. Lens Hastalıkları, Akova YA. ed. Temel Göz Hastalıkları. Ankara: Güneş Kitabevi 2015:415-27.
23. WM Jr, ed. Adler's Physiology of the Eye: Clinical Application. 9th ed. St Louis: Mosby; 1992:362.
24. Cantor LB RC, Cioffi GA. American Academy of Ophthalmology. Basic and Clinical Science Course 2016-2017. Section 10. Glaucoma. San francisco . 3-22. 2016.
25. Schmitt C, Hockwin O. The mechanisms of cataract formation. J Inherit Metab Dis. 1990;13(4):501-8. doi: 10.1007/BF01799507. PMID: 2122116.
26. Hejtmancik JF, Shiels A. Overview of the Lens. Prog Mol Biol Transl Sci. 2015;134:119-27. doi: 10.1016/bs.pmbts.2015.04.006. Epub 2015 May 27. PMID: 26310153; PMCID: PMC5656279.
27. Greenberg MJ, Bamba S. Diabetic cataracts. Dis Mon. 2021 May;67(5):101134. doi: 10.1016/j.disamonth.2021.101134. Epub 2021 Jan 21. PMID: 33485606.
28. Bassnett S, Šikić H. The lens growth process. Prog Retin Eye Res. 2017 Sep;60:181-200. doi: 10.1016/j.preteyeres.2017.04.001. Epub 2017 Apr 11. PMID: 28411123; PMCID: PMC5605917.
29. Hashemi, H., Pakzad, R., Yekta, A. *et al.* Global and regional prevalence of age-related cataract: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Eye* **34**, 1357–1370 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41433-020-0806-3>.
30. Prokofyeva E, Wegener A, Zrenner E. Cataract prevalence and prevention in Europe: a literature review. *Acta Ophthalmologica*. 2013 Aug 1;91(5):395–405.
31. Klein BE, Klein R, Lee KE. Incidence of age-related cataract: the Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol*. 1998 Feb;116(2):219-25. doi: 10.1001/archopht.116.2.219. PMID: 9488275.

32. R. Hiller, R. D. Sperduto, and F. Ederer, "Epidemiologic associations with nuclear, cortical, and posterior subcapsular cataracts," *Am. J. Epidemiol.*, vol. 124, no. 6, pp. 916–925, 1986, doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a114481. In.
33. Delbarre M, Froussart-Maille F. Sémiologie et formes cliniques de la cataracte chez l'adulte [Signs, symptoms, and clinical forms of cataract in adults]. *J Fr Ophtalmol*. 2020 Sep;43(7):653-659. French. doi: 10.1016/j.jfo.2019.11.009. Epub 2020 Jun 22. PMID: 32586638.
34. Michael R, Pareja-Aricò L, Rauscher FG, Barraquer RI. Cortical Cataract and Refractive Error. *Ophthalmic Res*. 2019;62(3):157-165. doi: 10.1159/000496865. Epub 2019 Mar 28. PMID: 30921809.
35. Lin X, Li H, Yang T, Liu X, Fan F, Zhou X, Luo Y. Transcriptomics Analysis of Lens from Patients with Posterior Subcapsular Congenital Cataract. *Genes (Basel)*. 2021 Nov 27;12(12):1904. doi: 10.3390/genes12121904. PMID: 34946854; PMCID: PMC8702110.
36. Pathak S, Raj R, Singh K, Verma PK, Kumar B. Development of portable and robust cataract detection and grading system by analyzing multiple texture features for Tele-Ophthalmology. *Multimed Tools Appl*. 2022 Mar 18:1-17. doi: 10.1007/s11042-022-12544-5. Epub ahead of print. PMID: 35317470; PMCID: PMC8931454.
37. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, Leske MC, Bullimore MA, Bailey IL, Friend J, McCarthy D, Wu SY. The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol*. 1993 Jun;111(6):831-6. doi: 10.1001/archopht.1993.01090060119035. PMID: 8512486.
38. Helvacioğlu F. , Şencan S. , Tunç Z. , Uyar O. M. , Kapran Z. Katarakt ve Güncel Tedavi Yaklaşımları. *Maltepe Tıp Dergisi*. 2014; 6(1): 30-37.
39. Clayman HM. Evolution and Current Status of Cataract Surgery. *Ophthalmic Surgery Principles and Techniques*. Blackwell Science, Inc. 1999; Vol.2, Chapter 21: 250-56.
40. Pandey SK, Milverton EJ, Maloof AJ. A tribute to Charles David Kelman MD: ophthalmologist, inventor and pioneer of phacoemulsification surgery. *Clin*

- Exp Ophthalmol. 2004 Oct;32(5):529-33. doi: 10.1111/j.1442-9071.2004.00887.x. PMID: 15498067.
41. Yılmaz OF. Fakoemulsifikasyon aygıtları ve sıvı dinamiği. Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları no:2. Fakoemülsifikasyon. Birinci baskı. Bursa Fikret Özsan Matbaası 2004;11-30.
 42. SS H. Orbital vascular anatomy. Eye (London, England) [Internet]. 2006 [cited 2021 Aug 26];20(10):1130–44. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17019411/>
 43. Snell RS, Lemp MA. Clinical Anatomy of The Eye: Boston. Blackwell Scientific Publications, 1989: 251-265.
 44. Yanoff M, Duker JS. Ophthalmology, Second Edition. Mosby, St.Louis, USA, 2004.
 45. Karagül S, Periferik Retinanın Anatomisi, varyasyonları ve Muayenesi. Ret Vitxc1995;3;15-9.
 46. Flynn HW, et. al. Basic and Clinical Science Course, Section 12, Retina and Vitreous. American Academy of Ophthalmology, San Francisco, USA, 2003-2004.
 47. Ovalı T. Fizyoloji Temel Göz Hastalıkları. Aydın P, Akova YA. Ankara ; Güneş kitabevi, 2001, 39-51.
 48. Williamson TH, Haris A. Ocular blood flow measurement. Br.J Ophthalmol 1994; 78:939-945.
 49. YS Y, JW K. Choroidal Blood Flow Change in Eyes with High Myopia. Korean journal of ophthalmology : KJO. 2015 Oct 1;29(5):309–14.
 50. Merrit CRB. Bioeffects and Safety Of Ultrasound. Ultrasound Congress in Ephesus, Syllabus. 1997: 20-28 Oct.
 51. Scoutt LM, Zawin ML, Taylor KJW. Doppler US Part II. Clinical Applications. Radiology 1990; 174: 309–319.
 52. Shah SS, Khanam S. Orbital Color Doppler Imaging. StatPearls. 2021 Jul 19.
 53. Guthof RF, Berger RW, Winkler P, Helmke K, Chumbley LC. Doppler ultrasonography of the ophtalmic an central retinal vessels. Arch Ophtalmol 1991, 109:532-536.

54. Burns PN. The physical principles of Doppler and spectral analysis. *J Clin Ultrasound* 1987;15: 567–590.
55. Modrzejewska M. Guidelines for ultrasound examination in ophthalmology. Part III: Color Doppler ultrasonography. *Journal of Ultrasonography*. 2019 Jul 1;19(77):128.
56. Sigel B., Machi J.,Beitler JC.,Justin JR. Red cell aggregation as a cause of blood flow echogenicity *Radiology* 1983 ; 151: 439-47. In.
57. Kiel JW, Shepherd AP. Autoregulation of choroidal blood *Ophthalmol Vis Sci* 1992; 33: 2399–2410.
58. Bill A, Sperber GO. Control of retinal and choroidal blood flow. *Eye* 1990; 4: 319–325.
59. Ozturk A, Grajo JR, Dhyani M, Anthony BW, Samir AE. PRINCIPLES OF ULTRASOUND ELASTOGRAPHY. *Abdominal radiology (New York)*. 2018 Apr 1;43(4):773.
60. Li G-Y, Cao Y. Mechanics of ultrasound elastography. *Proceedings Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*. 2017 Mar 1;473(2199).
61. Gültekin, Serap. Ultrasonografide Yeni Uygulamalar. *Trd Sem* 2014; 2: 158-170. doi:10.5152/trs.2014.013.
62. Garra BS. Elastography: history, principles, and technique comparison. *Abdominal Imaging*. 2015;40(4):680–97. doi: 10.1007/s00261-014-0305-8.
63. Guibal A, Boularan C, Bruce M, Vallin M, Pilleul F, Walter T, Scoazec JY, Boublay N, Dumortier J, Lefort T. Evaluation of shear wave elastography for the characterisation of focal liver lesions on ultrasound. *Eur Radiol*. 2012;23:1138–1149.
64. Prado-Costa R, Rebelo J, Monteiro-Barroso J, Preto AS. Ultrasound elastography: compression elastography and shear-wave elastography in the assessment of tendon injury. *Insights into Imaging*. 2018 Oct 1;9(5):791.
65. Pekel G, Ağladioğlu K, Acer S, Yağcı R, Kaşıkçı A. Evaluation of Ocular and Periocular Elasticity after Panretinal Photocoagulation: An Ultrasonic Elastography Study. <https://doi.org/103109/027136832014918151>. 2015 Mar 1;40(3):332–7.

66. Kim BZ, Patel DV, Sherwin T, McGhee CN. The Auckland Cataract Study: Assessing Preoperative Risk Stratification Systems for Phacoemulsification Surgery in a Teaching Hospital. *Am J Ophthalmol*. 2016 Nov;171:145-150. doi: 10.1016/j.ajo.2016.09.003. Epub 2016 Sep 13. PMID: 27637785.
67. Han JV, Patel DV, Liu K, Kim BZ, Sherwin T, McGhee CNJ. Auckland Cataract Study IV: Practical application of NZCRS cataract risk stratification to reduce phacoemulsification complications. *Clin Exp Ophthalmol*. 2020 Apr;48(3):311-318. doi: 10.1111/ceo.13696. Epub 2019 Dec 25. PMID: 31804765.
68. Najjar DM, Awwad ST. Cataract surgery risk score for residents and beginning surgeons. *J Cataract Refract Surg*. 2003 Oct;29(10):2036-7. doi: 10.1016/j.jcrs.2003.08.004. PMID: 14604735.
69. Shah A, Johal S, Lee N. Mydriasept pupillary dilation for cataract surgery: an economic and clinical study. *BMC Ophthalmol*. 2015 Jun 3;15:56. doi: 10.1186/s12886-015-0042-y. PMID: 26036871; PMCID: PMC4454272.
70. Akpolat C, Demir M, Cevher S, Ozturk SZ, Yesiltas S. The impact of phacoemulsification surgery on vision-related quality of life in senile cataract patients. *Ther Adv Ophthalmol*. 2022 Jan 21;14:25158414211063293. doi: 10.1177/25158414211063293. PMID: 35083419; PMCID: PMC8785351.
71. Sakhnov SN, Yanchenko SV, Malyshev AV, Karapetov GY. Izmeneniya glaznoi poverkhnosti posle fakoemul'sifikatsii [Ocular surface changes after cataract phacoemulsification]. *Vestn Oftalmol*. 2021;137(6):55-60. Russian. doi: 10.17116/oftalma202113706155. PMID: 34965068.
72. Hong Y, Zhang C, Wang W. The effects of phacoemulsification on intraocular pressure and the ultrasound biomicroscopic image of filtering bleb in eyes with cataract and functioning filtering blebs: comparison of the Tongren Eye Center and Peking University Eye Center data. *Eye (Lond)*. 2010 Aug;24(8):1421. doi: 10.1038/eye.2010.32. Epub 2010 Mar 26. PMID: 20339386.
73. Alaghband P, Beltran-Agulló L, Galvis EA, Overby DR, Lim KS. Effect of phacoemulsification on facility of outflow. *Br J Ophthalmol*. 2018 Nov;102(11):1520-1526. doi: 10.1136/bjophthalmol-2017-311548. Epub 2018 Apr 13. PMID

74. Assaf AH, Aziz BF. Ultrasound-Energy Consumption During Phases of Phacoemulsification of Nuclear Cataracts Using Femtosecond Laser: A Comparative Study. *Clin Ophthalmol*. 2020 Sep 24;14:2829-2835. doi: 10.2147/OPTH.S257813. PMID: 33061267; PMCID: PMC7522599.
75. Mundt GH, Hughes WF. Ultrasonics in ocular diagnosis. *Am J Ophthalmol* 1956;41:488—98.
76. Samir AE, Dhyani M, Vij A, Bhan AK, Halpern EF, Méndez-Navarro J, Corey KE, Chung RT. Shear-Wave Elastography for the Estimation of Liver Fibrosis in Chronic Liver Disease: Determining Accuracy and Ideal Site for Measurement. *Radiology*. 2015;274:888–896. .
77. Hong S, Woo OH, Shin HS, Hwang S-Y, Cho KR, Seo BK. Reproducibility and diagnostic performance of shear wave elastography in evaluating breast solid mass. *Clinical Imaging Elsevier Inc*. 2017;44:42–45. doi: 10.1016/j.clinimag.2017.03.022.
78. Lupsor-Platon M. Ultrasonographic elastography, no longer for the "select few". *Med Ultrason*. 2020 Mar 1;22(1):5-6. doi: 10.11152/mu-2464. PMID: 32096780.
79. Detorakis ET, Drakonaki EE, Tsilimbaris MK, Pallikaris IG, Giarmenitis S. Real-time ultrasound elastographic imaging of ocular and periocular tissues: a feasibility study. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2010 Jan-Feb;41(1):135-41. doi: 10.3928/15428877-20091230-24. PMID: 20128584.
80. Thitaikumar A, Ophir J. Effect of lesion boundary conditions on axial strain elastograms: a parametric study. *Ultrasound Med Biol*. 2007;33:1463–1467. doi: [10.1016/j.ultrasmedbio.2007.03.011](https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2007.03.011).
81. Zemanova M. Shear wave elastography in ophthalmic diagnosis. *J Fr Ophthalmol*. 2019 Jan;42(1):73-80. doi: 10.1016/j.jfo.2018.05.006. Epub 2019 Jan 7. PMID: 30630638.
82. Taljanovic MS, Gimber LH, Becker GW, Latt LD, Klauser AS, Melville DM, Gao L, Witte RS. Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications. *Radiographics*. 2017 May-Jun;37(3):855-870. doi: 10.1148/rg.2017160116. PMID: 28493799; PMCID: PMC5452887. Agladioglu K, Pekel G, Kasikci SA, Yagci R, Kiroglu Y. An

- evaluation of ocular elasticity using real-time ultrasound elastography in primary open-angle glaucoma. *The British Journal of Radiology*. 2016;89(1060).
83. Oğurel T, Burulday V. Strain and Shear Wave Elastography in Diagnosis of Retrobulbar Neuritis. *J Neuroophthalmol*. 2020 Jun;40(2):169-173. doi: 10.1097/WNO.0000000000000793. PMID: 31022061.
 84. Vural M, Acar D, Toprak U, Alp MN, Köz ÖG, Sayın B, Abat GK. The evaluation of the retrobulbar orbital fat tissue and optic nerve with strain ratio elastography. *Med Ultrason*. 2015 Mar;17(1):45-8. doi: 10.11152/mu.2013.2066.171.muv. PMID: 25745657.
 85. Kosekahya P, Caglayan M, Unal O, Yuzbasioglu S, Koc M, Ucgul Atilgan C, Yulek F. Optic Nerve Head Elastometry in Both Eyes of Patients with Unilateral Non-arteritic Anterior Ischaemic Optic Neuropathy - May It Be a Novel Aspect of the Pathogenesis? *Neuroophthalmology*. 2017 Nov 9;42(4):222-228. doi: 10.1080/01658107.2017.1397702. PMID: 30042792; PMCID: PMC6056220.
 86. Pekel G, Ağladioğlu K, Acer S, Bozkurt K, Çetin EN, Yağcı R. Evaluation of ocular elasticity in high myopia. *Optom Vis Sci*. 2015 May;92(5):573-8. doi: 10.1097/OPX.0000000000000588. PMID: 25875687.
 87. Unal O, Cay N, Yulek F, Taslipinar AG, Bozkurt S, Gumus M. Real-Time Ultrasound Elastographic Features of Primary Open Angle Glaucoma. *Ultrasound Q*. 2016 Dec;32(4):333-337. doi: 10.1097/RUQ.0000000000000250. PMID: 27599308.
 88. İnal M, Tan S, Yumusak EM, Şahan MH, Alpua M, Örnek K. Evaluation of the optic nerve using strain and shear wave elastography in patients with multiple sclerosis and healthy subjects. *Med Ultrason*. 2017 Jan 31;19(1):39-44. doi: 10.11152/mu-939. PMID: 28180195.
 89. Batur M, Batur A, Çilingir V, Seven E, Çinal A, Bora A, Yaşar T. Ultrasonic Elastography Evaluation in Optic Neuritis. *Semin Ophthalmol*. 2018;33(2):237-241. doi: 10.1080/08820538.2016.1208765. Epub 2016 Sep 14. PMID: 27628306.

90. Khizer Razak, Meena GL. Demystifying Role of Ultrasound Elastography in the Evaluation of Primary Open Angle Glaucoma. *W J Ophthalmol & Vision Res* . 1(1): 2018. WJOVR.MS.ID.000501.
91. Dikici AS, Mihmanli I, Kilic F, Ozkok A, Kuyumcu G, Sultan P, Samanci C, Halit Yilmaz M, Rafiee B, Tamcelik N, Isik Hasiloglu Z, Kantarci F. In Vivo Evaluation of the Biomechanical Properties of Optic Nerve and Peripapillary Structures by Ultrasonic Shear Wave Elastography in Glaucoma. *Iran J Radiol*. 2016 Mar 31;13(2):e36849. doi: 10.5812/iranjradiol.36849. PMID: 27703662; PMCID: PMC5039735.
92. Xiao C, Huang X, Li M, Wu J, Huang H. Evaluation of the biomechanical properties of the posterior eye using Shear Wave Elastography in patients with increased intracranial pressure. *Med Ultrason*. 2021 Aug 11;23(3):305-310. doi: 10.11152/mu-2940. Epub 2021 Mar 1. PMID: 33657194.
93. Asal N, Sayan CD, Gökçınar NB, Şahan MH, Doğan A, İnal M. Evaluation of the optic nerve using strain and shear-wave elastography in pre-eclampsia. *Clin Radiol*. 2019 Oct;74(10): 813.e1-813.e9. doi: 10.1016/j.crad.2019.06.008. Epub 2019 Jul 10. PMID: 31301764.
94. Grytz R, Meschke G, Jonas JB. The collagen fibril architecture in the lamina cribrosa and peripapillary sclera predicted by a computational remodeling approach. *Biomech Model Mechanobiol*. 2011 Jun;10(3):371-82. doi: 10.1007/s10237-010-0240-8. Epub 2010 Jul 14. PMID: 20628781.
95. Lieb WE. Color Doppler ultrasonography of the eye and orbit. *Curr Opin Ophthalmol*. 1993 Jun;4(3):68-75. doi: 10.1097/00055735-199306000-00012. PMID: 10146212.
96. Turaçlı ME, Bardak Y. Glokom ve renkli Doppler görüntüleme. *T. Klin. Oftalmoloji* 1995; 4(2):167-175.
97. Modrzejewska M, Wiącek MP. A Novel Approach to the Differentiation of Intrabulbar Tumors in Color Doppler Imaging. *Curr Eye Res*. 2017 Nov;42(11):1482-1490.
98. Costa VP, Molnar LJ, Cerri GG. Diagnosing and monitoring carotid cavernous fistulas with color Doppler imaging. *J Clin Ultrasound*. 1997 Oct;25(8):448-52.

99. Jimenez-Aragon F, Garcia-Martin E, Larrosa-Lopez R, Artigas-Martín JM, Seral-Moral P, Pablo LE. Role of color Doppler imaging in early diagnosis and prediction of progression in glaucoma. *Biomed Res Int*. 2013;2013:871689.
100. Kuerten D, Fuest M, Koch EC, Remky A, Plange N. Long term effect of trabeculectomy on retrobulbar haemodynamics in glaucoma. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2015 Mar;35(2):194-200.
101. Zvietcovich F, Nair A, Singh M, Aglyamov SR, Twa MD, Larin KV. Dynamic Optical Coherence Elastography of the Anterior Eye: Understanding the Biomechanics of the Limbus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2020 Nov 2;61(13):7. doi: 10.1167/iovs.61.13.7. PMID: 33141893; PMCID: PMC7645208.