

**T.C.  
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI**

**KIRMA KUSURLARI İLE KORNEANIN BİYOMEKANİK  
ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ  
Dr.Nehir İNCEOĞLU**

**TEZ DANIŞMANI  
Yrd. Doç. Dr.Sinan Emre**

**MANİSA – 2010**

## TEŐEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübesinden yararlandığım, yetiŐmemde büyük emekleri geçen değerli hocalarım, Sayın Prof.Dr. Özcan Kayıkcıoğlu, Prof. Dr. Esin Başer, Prof.Dr. Sami İlker, Yrd. Doç.Dr. Göktağ Seymenoğlu'na ve tez çalıŐmalarım sırasında zamanını esirgemeyen tez danıŐmanım Yrd. Doç.Dr. Sinan Emre'ye teŐekkür ve Őükranlarımı sunarım.

KarŐılıklı anlayıŐ ve dostlukla uyum içinde çalıŐtıđım tüm uzman ve asistan arkadaşlarıma ve klinik çalıŐanlarına teŐekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>KISALTMALAR</b>	<b>IV</b>
<b>I. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>II. GENEL BİLGİLER</b>	<b>3</b>
<b>1. KIRMA KUSURLARI</b>	<b>4</b>
<b>2. ULTRASONİK BİYOMETRİ</b>	<b>17</b>
<b>3. MERKEZİ KORNEAL KALINLIK ÖLÇÜMÜ</b>	<b>21</b>
<b>4. OKÜLER RESPONS ANALİZ CİHAZI</b>	<b>26</b>
<b>III. MATERYAL METOD</b>	<b>33</b>
<b>IV. BULGULAR</b>	<b>35</b>
<b>V. TARTIŞMA</b>	<b>47</b>
<b>VI. SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	<b>56</b>
<b>VII. ÖZET</b>	<b>58</b>
<b>VIII. İNGİLİZCE ÖZET</b>	<b>60</b>
<b>IX. KAYNAKLAR</b>	<b>62</b>

## KISALTMALAR

<b>AU</b>	: Aksiyel uzunluk
<b>BİDÖ</b>	: Beden imajı doyumu ölçeği
<b>ÇDÖ</b>	: Çocuklar için depresyon ölçeği
<b>D</b>	: Dioptri
<b>GAT</b>	: Goldman aplanasyon tonometrisi
<b>GİB</b>	: Göz içi basıncı
<b>GİBg</b>	: Goldman korele göz içi basıncı
<b>GİBkk</b>	: Kornea kompanzasyonlu göziçi basıncı
<b>KDF</b>	: Korneal direnç faktörü
<b>KH</b>	: Korneal histerezis
<b>Kort</b>	: Keratometri ortalamaları
<b>MKK</b>	: Merkezi kornea kalınlığı
<b>NKT</b>	: Non-kontak tonometre
<b>NTG</b>	: Normotansif glokom
<b>OHT</b>	: Oküler hipertansiyon
<b>OKT</b>	: Optikal koherans tomografi
<b>ORA</b>	: Oküler respons analiz cihazı
<b>PAAG</b>	: Primer açık açılı glokom
<b>PDKT</b>	: Pascal dinamik kontur tonometre
<b>SE</b>	: Sferik ekivalan
<b>SKK</b>	: Sferik kırma kusuru
<b>UP</b>	: Ultrasonik pakimetre
<b>US</b>	: Ultrasonografi

## I-GİRİŞ

İnsan gözünün optik sistemi kornea ve lens bölümü olmak üzere ikiye ayrılır. Buradan anlaşılacağı gibi göz bileşik bir optik sistemdir. Kornea ve lens yüzeyi, gelen ışık ışınlarının yönünü değiştirerek, retinaya odaklanmalarını sağlar. Gerçekte bu yüzeyler, ne tam olarak ortak bir hat üzerinde yerleşmiş, ne de sferik (küresel) şekillidir. Ancak burada göz bir optik model olarak kabul edileceği için, tüm optik yüzeylerin sferik olduğu ve optik aks olarak adlandırılan düz hat üzerinde yerleştikleri kabul edilecektir. Bu düz hat, korneanın tepe noktası olan verteksten arka kutup, yani retinanın keskin görmeden sorumlu bölgesi olan foveasına uzanmaktadır. Gelen ışık ışınlarının da bu aksa paralel tarzda uzandıkları ve optik yüzeylere küçük açılarla çarptıkları kabul edilmektedir. Bu şekilde gelen ışık ışınlarına paraksial ışın demeti adı verilmiş olup, gözbebeği (pupilla) büyüklüğünün 3 mm çapta olması durumunda göze giren ışınlar bu kapsamda yer alır. Daha geniş açı ile optik yüzeylere çarpan ve daha büyük bir pupilla açıklığından göze girenler, paraksial ışık demetleri olarak kabul edilmezler. Bunların göze giriş açıları büyük olduğu için, odaklaştıkları nokta aberasyonlara bağlı olarak bulanıktır (1).

Göze gelen ışınlar ilk olarak ve en büyük oranda olmak üzere, hava ile kornea arasındaki büyük kırılma indeksi farkından dolayı kornea yüzeyinde kırılmaya uğrar. Kornea akomodasyon (uyum) yapmamış gözün toplam kırıcılık gücünün %70'inden sorumludur (2). Gözümüzün lensi (mercek) kalan refraktif gücü oluşturmaktadır. Akomodasyon sırasında daha yuvarlak bir şekil aldığı kabul ettiğimiz lens, ilave bir refraktif güç kazanır (1).

Normal uzunluğa (24 mm) sahip bir göz istirahat halinde iken 6 m'den daha uzaktaki nesnelerin görüntüsünü retinada (fovea) odaklaştırır ise buna normal kırma gücü olan yani emetrop göz diyoruz. Aksine bir nesnenin görüntüsü retina (fovea) üzerinde odaklaşmaz ise buna da kırma kusuru olan göz, yani ametrop göz demekteyiz (2). Dolayısı ile göze gelen ışınlar kırıcı

ortamlardan (gözyaşı, kornea, hümör aköz, göz merceği ve vitreus) geçtikleri için:

1. Ortamın yapısı, yani kırma indeksi
2. Ortamın eğrilik yarıçapları, yani kurvatürleri

3. Kırılma sonucu odaklaşma uzunluğu (gözün ön-arka uzunluğu) yani gözün aksiyal uzunluğu gibi olaylardan etkilenmekte ve bunların normal değerler dışına sapması sonucu ametropiye sebep olmaktadır.

Tüm bu bağlamlarda göz, insanın doğumundan ölümüne kadar değişim içinde olması nedeni ile yaşamın herhangi bir döneminde kırma kusuru ile karşı karşıya kalabilmektedir. Bugünkü anlayışa göre kırma kusurları (ametropi) değişik toplumlarda ırk, genetik geçiş, beslenme ve kültür seviyesi gibi etkenlere bağlı olarak çok değişiklik göstermektedir.

Gözün birinci yaş sonundaki uzunluğu 16 mm ve göz merceğinin kırma gücü +36 dioptridir (D). Buna karşın korneanın daha dik olması nedeni ile bebeklerin %85'i kısa gözlü ve hipermetroptur (ametrop). Göz 4 yaşında 23 mm uzunluğa ulaşmasına karşın göz merceğinin kırıcı gücü daha çabuk azaldığı için 3 ile 6 yaş arasında hipermetropide artış olmaz, aksine biraz azalır. 3 ile 14 yaş arasında göz ancak 1 mm daha uzayarak 24 mm'ye ulaşır. Bu dönemde +4 D'e kadar olan hipermetropiler puberte ile emetropiye döner. Buna karşın genetik geçiş, beslenme, ırksal bazı faktörlerin etkisiyle göz uzamaya devam edip 24 mm'yi aşar ise ve kompensatuvar elemanlar buna uyum gösteremez ise göz bu dönemden sonra miyopi olarak adlandırılan ametropik duruma geçer (1). Yapılan çalışmalar hipermetropinin en az görüldüğü yaş aralığının 25-35 yaşları arası olduğunu, bu dönemden sonra ise 70 yaşına kadar arttığını bildirmektedir (3,4). Sonuç olarak erişkin bir toplumda hipermetropi %10-15, miyopi %15-25 sıklıktadır. Geri kalan çoğunluk ise emetroptur. Yetişkinlerde tesadüfi olarak bulunması gereken orandan daha fazla olarak emetropi görülmesi, adeta 'emetropizasyon' denilebilecek aktif bir biyolojik olayın doğal seyrini sürdürerek, emetropinin sağlanılmaya çalışıldığını düşündürmektedir. Bu olayda gözün refraksiyon gücünü etkileyen kornea kurvatürü, ön kamara derinliği, lensin refraksiyon

gücü ve aksiyel uzunluk gibi faktörler birbirleri ile koordineli olarak devreye girmektedir. Ancak bu faktörlerin aralarındaki kesin etkileşim mekanizmaları bilinmemektedir (2).

Yurdumuzda kırma kusurlarının %39'unu miyopi, %26'sını hipermetropi, %35'ini astigmatizmanın oluşturduğu bildirilmiştir (2). Ülkemizde genç erişkin erkeklerin değerlendirildiği bir çalışmada, yüksek miyopinin yüksek hipermetropiye göre daha sık olduğu görülmüştür. Astigmatizmanın yüksek miyoplarda daha sık ve daha şiddetli olduğu tespit edilirken, yine aynı grupta anizometropinin de yüksek olduğu görülmüştür. Ambliyopinin ise tam tersi yüksek hipermetropilerde daha sık ve şiddetli olduğu saptanmıştır (5). İlköğretim dönemindeki çocuklar arasında ise %8.3-12.8 oranında kırma kusuru saptanmaktadır (6-8). Bu yaş grubunda kırma kusurlarının %25'ini miyopi, %27'sini miyop astigmat, %24'ünü hipermetropi, %20'sini hipermetrop astigmat, %4'ünü mikst astigmat oluşturmaktadır (9).

Biz tezimizde, erişkinlerde en sık göz polikliniklerine başvuru nedeni olan kırma kusurlarını ele aldık. Son yıllarda kullanıma girmiş olan oküler respons analiz cihazını kullanarak, kırma kusuru olan hastalardaki korneal histerezis, korneal direnç faktörü gibi korneal parametreleri, bu parametrelerin santral kornea kalınlığı, aksiyel uzunluk, kırma kusuru büyüklüğü ile ilişkilerini araştırmayı amaçladık. Araştırmamızda elde edeceğimiz sonuçların, kırma kusuru olan hastaların göz içi basıncı (GİB) ölçümlerine, refraktif cerrahi öncesi ve sonrası göz içi basınçlarının doğru değerlendirilebilmesine ışık tutacağını ümit ediyoruz.

## II- GENEL BİLGİLER

### KIRMA KUSURLARI

#### TARİHÇE

Antik Yunanda, sağlığı koruyan aşağı yukarı 30 kadar tanrı bulunmasına rağmen hiç biri göz sağlığının korunması ile ilgili değildi. Eski Mısırdaki firavunlar, özel saray doktorlarının, vatandaşların kabusu olan korkutucu klamidya hastalığı trahomu tedavi edebileceklerine güveniyorlardı, fakat sonuçta körlüğe karşı çaresiz kalıyorlardı. Yüzyıllar boyunca hekimler bir takım ilaçlarla göz hastalıklarını yenmeye çalışmış, fakat göz fizyolojisi hakkında pek az şey bilindiği için tedavi yöntemleri ilkel ve etkisiz kalmış. Bununla birlikte ilk defa 19. yüzyıl ortalarında dört yetenekli Avrupalı doktor, kendi görüş ve tecrübelerini, yeni tanısal ve tedavi girişimlerini sunan disiplin halinde toplamışlardır. Okulist (gözcü) diye isimlendirilen bu hekimler Carl Ferdinand von Arlt, Franciscus Cornelis Donders, Hermann von Helmholtz ve onların lideri olan Albrecht von Graefe'idi (10).

Albrecht von Graefe, Prusya Sağlık Bakanı ve Berlin Üniversitesi Hastanesi Cerrahi direktörü Dr. Carl Ferdinand von Graefe'nin oğludur. 22 Mayıs 1828'de Berlin'de doğmuş, eğitiminin erken dönemlerini bir Fransız Yüksek Okulunda tamamlamış, felsefe, fizik ve matematik eğitimi görmüş ve 1847'de Tıp Doktoru ünvanı kazanmıştır. Mezun olduktan sonra Prag'da çalışmaya başlamış ve orada Avrupanın en ünlü okulisti Carl Ferdinand von Arlt ile tanışmıştır. Von Arlt, Donders ve von Helmholtz, Albrecht von Graefe'in ilgi alanının göz hastalıklarına dönmesinde önemli bir rol oynamışlardır. Ama asıl dönüm noktası Londra'ya geldiği zaman özel bir göz hastanesi olan Moorefield Hastanesi'nde kırma kusurları alanında ünlü Hollandalı fizyolog Franz Cornelius Donders ile tanışmasıdır. Böylece yeni bir arkadaşlığın yanı sıra kırma kusurları alanındaki bilimsel teorilerin temeli atılmıştır (10).



## KIRMA KUSURLARI

Ametropi (kıırma kusuru), gözün eksen uzunluğu ile lens ve korneanın kıırma gücü arasında bir uyumsuzluk bulunmasıdır. Sonsuzdan gelen (paralel) ışınların, akomodasyon yapmamış bir gözde, tam retina üzerinde odaklanamamasıdır. Ametropi daha çok aksiyel, nadiren refraktif olabilir. Aksiyel ametropide, gözün toplam kırıcılığı, standart şematik gözden farklı olmadığı halde, gözün ön arka (aksiyel) uzunluğu normalden farklıdır. Bu nedenle standart şematik gözdeki mesafeye odaklanan ışık ışınları, retinanın değişen yeri nedeniyle, tam retina üzerine odaklanamaz. Refraktif ametropide, gözün aksiyel uzunluğu standart şematik gözdekinin aynıdır, ama gözün toplam kırıcılığı, standart şematik gözden farklı olduğu için, paralel ışık ışınları normal yerindeki retina üzerine odaklanamaz. Anormallik gözün refraktif komponentlerinden (kornea, lens, aksiyel uzunluk) bir veya bir kaçında ise komponent ametropisi, tek tek hepsi normal iken, aralarında diziliş bozukluğu varlığından kaynaklanıyorsa korelasyon ametropisi adını alır. Toplumda aksiyel ametropilere daha sık rastlanır (2).

Kırma kusurlarının oluşumu hakkında kesin bir fikir belirtmek mümkün görülmemektedir. Ancak bir gözün toplam kırıcılığını oluşturan faktörlerin tek tek genetik etkilerle belirlendiği gerçeği göz önüne alındığında, genetik etkinin çevresel etkilerden daha önemli olduğunu düşünmek mantıklı görünmektedir (2). Literatürde kırma kusurlarının kalıtsal olduğunun gösterildiği pek çok çalışma bulunmaktadır (11-14). Kalıtım formu kompleks olup pek çok değişkeni içermektedir. Emetropide veya korelasyon ametropisinde (toplumun %95'i bu gruptadır) poligenik kalıtım mevcuttur. Bu kalıtım sisteminin biri aksiyel uzunluk, diğeri kornea için geçerli olup, emetropi için bu ikisi korelasyon yapmaktadır. Hem aksiyel uzunluğa bağlı miyopide hem de komponent ametropilerinde multifaktöriyel kalıtım söz konusudur. Bunlarda otozomal resesif, otozomal dominant ve cinsiyete bağlı kalıtlar bildirilmiştir (2).

## MIYOPI

Miyopi terimi eski Yunanca'daki myein (kapalı) ve ops (göz) kelimelerinin birleştirilmesi ile türetilmiş bir sözcüktür. Bu terim, miyopik kişinin göz kapaklarını kısıp, pinhol etkisinden yararlanarak daha net görmeye çalışmasından esinlenmektedir (15). Gallen tarafından kırma kusuru ve gözdeki sıvıların içeriğindeki anormallik olarak tanımlanmıştır. Gözdeki kırılmanın tanımı, 17. yüzyılda Kepler tarafından yapılmış ve miyopik göze gelen paralel ışınların kırıldıktan sonra retina önünde odaklandığı bildirilmiştir. Miyop gözün normalden uzun olduğu 18. yüzyılda saptanmıştır. Göz muayene aletlerinin 19. ve 20. yüzyıllarda gelişmesi ile konu hakkındaki bilgilerimiz modern şeklini almıştır (16).

Miyopi, halk arasında uzağı iyi görememe olarak bilinir. Uzaktaki cisimlerden gelen paralel ışınların retinanın önünde, yakındaki cisimlerden gelen diverjan (birbirinden uzaklaşan) ışınların retina üzerinde odaklaştığı durumdur. Uzaktaki cisimler net görülemezken yakındaki cisimlerin görüntüsü nettir.

Miyopi sarı ırkta daha sık görülürken Afrika'da çok seyrek görülmektedir. Japonya, İsrail ve Çin'de miyopi daha sıktır (2). Sarı ırkta %25, Afrikalılarda ve Amerikalılarda %13, Çinlilerde %26.7 oranında görüldüğü bildirilmektedir (17,18). Yurdumuzda bu konuda geniş kapsamlı bir saha araştırması yoktur. Ancak yapılan çalışmalar ve gözlemler kırma kusurlarının miyopi yönünde daha fazla görüldüğünü göstermektedir (2). En yüksek prevalansı 30-39 yaş grubunda olup, en az 10 yaş altı grupta tespit edilmektedir (4). Miyop gözlerde santral kornea kurvatür dikliği ve aksiyel uzunluk emetrop gözlere göre daha yüksek bulunmuştur (19,20,21). Buna göre;

Miyopinin 3 tipi vardır:

### 1. Uzunluk miyopisi

En sık görülen tipidir. Gözün kırıcılık gücü normaldir fakat ön-arka uzunluğu normalden fazla olduğu için uzak cisimlerden gelen ışınlar retinanın önünde odaklaşmaktadır.

## 2. Eğim miyopisi

Gözün boyutları normaldir fakat ya kornea ya da lensin eğimindeki artış paralel ışınları fazla kırarak retinanın önünde odaklaşmasına neden olmaktadır. Kornea daha dik (keratokonus), ya da göz merceği eğriliğinin normalden fazla ve yuvarlak (lentikonus, sferofaki) olması sonucudur.

## 3. İndeks miyopisi

Yaşla birlikte göz merceğinin merkezinde meydana gelen sertleşme (katarakt başlangıcı) gözün kırıcılığını arttırabilir. Lensin içeriğindeki yapısal değişikliklere bağlı olarak kırıcılık indeksinin değişmesiyle meydana gelen miyopilere indeks miyopileri adı verilir. Kaynaklarda -36 D'ye kadar miyopi bildirilmiştir. Bu tür katarakt başlayan kişiler bu yeni ortaya çıkan miyopiden dolayı daha iyi okuyabildiklerini söyleyebilirler. Diabette glukoz düzeyleri çok yükselirse göz içi sıvısındaki glukoz miktarı da artacağından benzer şekilde gözün kırıcılığı geçici olarak artar. Bu da geçici bir miyopiye neden olur. Bu hastalara kan glukoz düzeyleri normale geldikten sonra gözlük muayenesi yapılmalıdır.

## 4. İatrojenik miyopi

Yapay gözyaşı uygulaması da gözün refraktif durumunu geçici olarak miyopiye kaydırmaktadır. Gözlük reçetesi yazarken ve özellikle de refraktif cerrahi planlarken daha güvenilir sonuçlar için, hastanın yapay gözyaşı damlası kullanıp kullanmadığının sorgulanması gerekmektedir (22). Aspirin, kortizon ve pilokarpin gibi ilaçların uzun süreli kullanılmasıyla ortaya çıkan gelip geçici miyopiler de tarif edilmiştir.

Miyopinin nedeni için pek çok faktör ileri sürülmüştür. Özellikle önemli bir çevresel faktör olan okuma-yazmanın emetrop öğrencilerde miyopi yönünde refraksiyon değişimi yaptığı ve bu değişimin hem ön kamara derinliği (ÖKD) ve aksiyel uzunluk (AU) hem de keratometri (K) değerindeki artma ile birlikte olduğu gösterilmiştir (23). Homosistinüri, Ehler-Danlos, Weill-Marchesani, Stickler, Pierre-Robin, Down ve Marfan sendromu gibi sistemik

hastalıklarda da miyopi sıklığı artmaktadır (24). Diyabetik ayak ülseri, kronik osteomyelit gibi hastalıkları nedeniyle uzun süre her gün hiperbarik oksijen tedavisine alınan hastaların % 20-40'ında, özellikle 50 yaşın üzerindeki kişilerde 2-4 hafta sonra başlayan progressif miyopi geliştiği, hipermetrop olanlarda ise kırma kusurunun hafiflediği bilinmektedir (1). Prematürite ise tartışmalı bir durumdur, miyopi riskini arttırdığını bildiren çalışmalara rağmen aksini savunanlar da bulunmaktadır. Nissenkorn ve ark. 42'sinde prematüre retinopatisi olan 155 çocuğu değerlendirmiş, prematüre retinopatisi olan çocuklarda miyopi riskinin arttığını vurgulamışlardır (25). Başka bir çalışmada miyopinin prematürelere %6.3 oranında, zamanında doğan bebeklerde %1.8 oranında saptandığı belirtilmiştir (26). 248 prematüre bebeğin, 3.5 yıl takip edildiği bir çalışmada prematüritenin miyopi ve anisometri için yüksek risk oluşturduğu bildirilmiştir (27). 198 prematür bebeğin benzer şekilde 3.5 yaşına kadar takip edildiği başka bir çalışmada ise bu bebeklerdeki refraksiyon değişim sürecinin zamanında doğan bebeklerdeki değişim sürecinden farklı olmadığı gösterilmiştir (28). Son yıllarda ülkemizde yapılan iki yeni çalışmada da prematüre bebeklerde miyop sıklığının arttığı bildirilmektedir (29,30). Sonuç olarak prematür bebeklerin refraksiyon açısından izlenmeleri gerekmektedir.

Bugün yaygın olarak kabul edilen görüş miyopinin kalıtsal olduğudur. Miyopi genellikle 5 yaş ile ergenlik çağı arasında başlar. Ergenlik döneminde vücudun hızlı gelişmesi gözleri de etkilediği için hızlı bir şekilde artar. Gözün 1 mm uzaması 3 D miyopiye neden olur. Bu nedenle büyüme çağında miyop gözlük numaraları devamlı artar ve genellikle 20 yaş civarında sabitleşir.

Miyopların en önemli şikayeti uzağı iyi görememektir. Ancak bir kısmı iyi göremediğinin farkında değildir. Yakını net gördükleri için cisimlerin uzaklaştıkça netliklerini kaybetmelerini mantıklı ve doğal olarak kabullenirler. Uzun süre kırma kusurları farkedilmeyebilir.

Çocuk ve genç miyopların uzağı net görebilmeleri psikolojik yönden çok önemlidir. Uzağı iyi göremeyen miyoplar, diğer yaşlılarına oranla sınırlı bir dünyada yaşarlar. Kültür ve sosyal hayat yönünden gelişemeyebilirler.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada, 12-18 yaş arası ergenlerde gözlük takan ve takmayan iki grupta, Beden İmajı Doyumu Ölçeği (BİDÖ) ve Çocuklar İçin Depresyon Ölçeği (ÇDÖ) kullanarak puanları karşılaştırılmış, sonuçlar iki grup arasında değerlendirilmiştir. Sonuçta gözlük takan ergenlerin BİDÖ puanları takmayanlardan daha düşük, ÇDÖ puanları ise yüksek bulunmuştur (31). Bu çocukların okulda tahtayı görememeleri başarılarını da etkileyebilmektedir. Ders başarısı ile görme fonksiyonu ve oturlan sıranın tahtaya uzaklığı arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir çalışmada, bağlantı bulunmadığının bildirilmesine rağmen arka sıralarda oturan öğrencilerin ders başarısı belirgin şekilde düşük bulunmuştur (32). Bu nedenle miyopi, okul başarısı düşük, sosyal gelişimi yavaş çocuklarda akılda tutulması gereken bir patolojidir. Çocukluk çağında taramalarla tanınarak düzeltilmesi gerekmektedir.

## **HİPERMETROPI**

Hipermetropide gözün kırma gücü ile eksen uzunluğu arasında, paralel ışınların retinanın arkasında toplanmasına neden olan bir uyumsuzluk vardır. Hipermetropi akomodasyon yapmayan gözde 6 m'den uzaktan gelen ışık ışınlarının retinal düzlemin arkasında odaklanmasıdır (2). Gözün santral uzak noktası retinanın arkasında yer alır. Retina üzerinde sadece konverjan olarak giren ışınlar toplanır. Bu durum kırma gücü normal olan aşırı kısa bir gözde olabileceği gibi (aksiyel hipermetropi = eksen hipermetropisi), daha nadir olarak kırma gücü yetersiz normal boyutlarda bir gözde de (refraktif hipermetropi) görülebilmektedir. Eksen hipermetropisi genellikle doğumsal olup, dar bir ön kamara ve kalın sklera ile karakterizedir.

Optik Sınıflandırma:

1- Aksiyel hipermetropi:

En sık görülen tiptir. Göz aksiyel uzunluğunun normalden kısa olmasına bağlıdır. Yenidoğanda genellikle hipermetropi bulunmasının da nedeni budur.

## 2- Kurvatür hipermetropisi:

Gözün kırıcı ortamları olan kornea ve lensin kurvatür değişikliklerine bağlıdır. Korneanın göreceli olarak düz olduğu Kornea Plana (düz kornea) denilen hastalıkta hipermetropi bu kurvatür anomalisine bağlıdır. Ön kamaranın normalden daha derin olması da korelasyon hipermetropisine neden olur.

## 3- İndeks hipermetropisi:

Lensin refraktif indeksindeki değişikliklere bağlı olarak gelişen hipermetropidir. Yaşlılık ve diabet ile ilgili olarak gelişebilir. Klinik açıdan en belirgin örneği, kan şekeri düşen diabetik hastaların daha hipermetrop hale gelmeleri veya miyopilerinin azalmasıdır.

## **Klinik Sınıflandırma**

### 1-Basit hipermetropi:

Gözün optik sisteminin komponentlerinin çoğu normal olduğu halde, yukarıda sayılan nedenlerden birine bağlı olarak gelişen hipermetropidir. Dominant kalıtımı olduğu düşünölmektedir. Bu tür hipermetropiler sadece kırma kusuru olarak kabul edilir, hastalık sayılmazlar. Aşağıdaki şekilde gruplara ayrılabilir;

-Total Hipermetropi: Siklopleji ile belirlenen refraksiyondur. Latent ve manifest hipermetropinin toplamıdır.

-Manifest Hipermetropi: Sikloplejisiz iken tolere edilebilen maksimum (+) cam dioptrisi dir.

-Latent Hipermetropi: Akomodasyon gücü ile istemsiz olarak düzeltilen hipermetropi miktarıdır. Sadece latent hipermetropisi olanlarda akomodasyon bu durumu kompanse ettiği için konveks merceklerle gerek kalmadan net görme sağlanır. Hatta konveks mercekler görmeyi bulandırır. Sikloplejik refraksiyon ile ölçölen toplam hipermetropiden, manifest hipermetropinin çıkartılması ile bulunur.

-Absolü (Mutlak) Hipermetropi: Akomodasyon ile düzeltilemeyen hipermetropidir. Klinik ifade ile kişinin uzağı iyi görmesini sağlayan en düşük (+) cam dioptrsidir.

-Fakültatif Hipermetropi: Manifest hipermetropi ile absolu hipermetropi arasındaki farktır.

## 2- Patolojik Hipermetropi:

Nadir görülürler. Basit hipermetropiden farkı bu grupta yer alan hipermetropilerin kırılma kusuru olmasının yanında, tıbbi veya cerrahi tedavi gerektiren birer hastalık olmalarıdır. Göz küresinin bir deformasyonu (şekil bozukluğu) sonucu oluşabilir. Bu deformasyon genelde aksiyel uzunluğun kısalmasına, bazen de korneanın düzleşmesine neden olur. Aksiyel uzunlukta 1 mm'lik kısalma yaklaşık 3 D hipermetropiye neden olur. Bir gelişim anomalisi olan mikroftalmik gözler genellikle hipermetropiktir. Nanoftalmus diye adlandırılan tabloda ise bu kısalık daha fazladır, gözün aksiyel kısalığına göz içi yapıları ve özellikle lens paralellik göstermemektedir. Bu nedenle rölatif olarak büyük yapıdaki lens, ön kamarayı daha daraltır, bu olgularda tedavisi çok daha zor olan bir dar açılı glokom gelişir (1).

Erişkin toplumda 20-30 yaşları arasındaki kişilerin %20'sinde +1.00 D veya daha yüksek hipermetropi vardır. Yenidoğanların büyük bir kısmı (%80 civarı) da hafif (+2.00 D ve daha az) hipermetropudur. Bu durum 3 yıl içinde geriler. Göz küresinin gelişimini, optik ortam belirli bir kırma gücüne sahip olacak şekilde düzenleyen mekanizma (emetropizasyon) henüz tam olarak anlaşılammıştır (1). 100 bebeğin 1 yaşına kadar izlendiği bir çalışmada, doğumdan sonra, 1. günde, 6. haftada, 3. ay, 6. ay ve 12. aylarda siklopentolatla retinoskopi yapılmış ve yeni doğanların %80'inde 2 D'nin üzerinde hipermetropi, bunların %25'inde ise 4 D'nin üzerinde hipermetropi saptanmıştır. Hipermetropi görülme oranının, 1 yaşında %5'e düştüğü, olguların %42'sinde görülen 1 D üzerinde astigmatizma görülme oranının da aynı yaşta %15'e düştüğü gösterilmiştir (33). Yaşları 5-12 ay arasında olan 426 çocuk üzerinde yapılan başka bir çalışmada; olguların %92'sinin 2 D'nin

altında hipermetrop, %3.4'nün 2 D'nin üzerinde hipermetrop, %4.6'sının miyop, %8.5'nin ise 1.5 D'nin altında astigmatizmasının olduğu gösterilmiştir (34). Karşılaştırmalı çalışmalarda doğumdan 7 yaşına kadar olan dönemde hipermetropinin arttığı, sonrasında miyopiye geçiş olduğu gösterilmiştir (35). Kabul edilen bu görüşün aksine; Hipermetropinin 1, 6 ve 10 nuncu yaşlarda ilerleyen yaşla azaldığını bildiren yayınlar da bulunmaktadır (36). Kayma ve ambliyopi açısından 1 yaşından sonra bilateral +2.5 D'nin üzerindeki değerlerin önemli olduğu vurgulanmaktadır (37). Bu çalışmaların sonuçları topluca değerlendirildiğinde 12 aylık çocuklarda +3 D ve üzeri hipermetropinin düzeltilmediği takdirde ambliyopi ve kayma için risk oluşturduğu söylenebilir. Çocuklarda şaşılık tespit edilmemişse hipermetropik tashihin yapılması gereken durumlar şunlardır (38):

0- 1 yaş > +4.00 D

1- 2 yaş > +3.50 D

2- 6 yaş > +2.00 D

Retinadaki görüntü silik olduğu için akomodasyon ile görüntü retinal düzleme getirilmeye çalışılır. Bu nedenle hipermetrop kişiler uzağa bakarken dahi akomodasyon yapmak zorundadır. Yakındaki objeler için ise gözün yakın için yapması gereken hipermetropisi kadar da fazla akomodasyon yapmak zorundadır. Eğer akomodasyon gücü buna elvermezse, yakındaki objeleri bulanık göreceklerdir. Çocuklarda bu durum ambliyopi oluştururken, yetişkinlerde baş ağrısına neden olur (1). Yetersiz olan kırma gücü ince kenarlı (konverjan, artı, konveks) mercekler ile arttırılmalıdır. Hafif hipermetropisi olan asemptomatik gençlerde, tamamlayıcı akomodasyonun yorgunluk veya yetersizlik yapacağı yaşlara kadar beklenebilir.

Hastanın görme keskinliğini azaltmayan ve rahatça tolere edebildiği en yüksek artı mercek verilmelidir. Böylelikle hem absolu, hem fakültatif hipermetropi, yani manifest hipermetropinin tamamı düzeltilmiş olup, istemli akomodasyona olan ihtiyaç ortadan kaldırılır. Manifest hipermetropiyi aşan ve sadece siklopleji ile ortaya çıkabilen latent hipermetropiye yönelik olarak verilen daha yüksek dioptrili artı mercek, kişinin sikloplejisiz iken uzak



görmesini azaltıcı etki edecektir. Çünkü sürekli kasılmaktan artık gevşemeyi unutmuş siliyer kas tonusu, kısa sürede çözülmez ve latent hipermetropiye yönelik artı cam fazlası kişiyi miyopik kişiler gibi uzağı az görür hale getirir. Latent hipermetropiyi de içeren, yani kişinin total hipermetropisine yönelik tam düzeltme, içe şaşılıkla birlikte seyreden hipermetropilerde verilir. Hastanın bu gözlükleri sürekli takması durumunda zamanla latent bileşkeyi de düzeltme olanağı olur. Bunun nedeni siliyer kastaki sürekli yüklenmenin artık kalkmış olmasıdır (1).

## **ASTİGMATİZMA**

Astigmatizma, Yunancada nokta anlamına gelen stigma sözünden gelir ve bir odak noktasının olmaması anlamındadır (2). Hastalık refraktif ortamın eksenler arası kurvatur farklılığı ile karakterizedir ve bu nedenle gelen paralel ışınlar bir noktada toplanmak yerine iki ayrı yerde birer çizgi oluşturacak şekilde odaklanır, iki odak noktası arasında koniye benzer bir şekil oluştururlar.

Doğumda yaşla beraber azalan bir astigmatizma görülmektedir. Yenidoğanda görülen bu astigmatizma kurala aykırıyken, yaşla beraber aksında görülen değişikliklerle kurala uygun hale gelir. 0-1 yaş arasında astigmatizma izlenmeyen bebeklerde sonrasında astigmatizma gelişimi beklenmemektedir. İki yaşına kadar +2.5 D'den düşük astigmatizma sıklığı ve 2 yaşlarında kaybolma eğilimindedir (38). Fulton ve ark. (39) 1 yaşında 1.5 D'nin üzerinde astigmatizma oranının %13-17 olduğunu, 3.5 yaşında %7'ye düştüğünü belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada; astigmatizmanın 1 yaş içinde 2.5-4 D arasında olduğu, 2 yaşından sonra 2 D'nin altına indiği gösterilmiştir (40). Bu azalma görülüyorsa veya artan bir astigmatizma varsa ambliyojenik faktör oluşturmaktadır. Bu durumda astigmatizmanın tam tashihi yapılmalıdır. Okul çağındaki çocuklarda ise 1.5-2 D' lik astigmatizmanın düzeltilmesini öneren yazarlar bulunmaktadır (38). 1 yaşında 1 D ve üzerinde astigmatizması olan çocukların 4 yıl izlendiği bir çalışmada %7'sinde ambliyopi geliştiği gözlenmiştir (41). 12 aylık çocuklarda 1 D veya üzerinde

olan, 4 yaşa kadar devam eden özellikle oblik astigmatizma tashih edilmediği takdirde ambliyopi için risk oluşturmaktadır (42). Son göstergeler erken çocuklukta düzeltilmemiş yüksek astigmatizmanın miyopik kaymaya da neden olabileceğini (tıpkı tek taraflı optik opasite, ptozis gibi) düşündürmektedir (1).

Toplumun %42'sinde 0.5 D ve daha fazla bir astigmatizma bulunur. %20'sinde astigmatizma 1 D üstündedir ve optik düzeltme gerektirir. Afrikalı çocuklarda en sık görülen kırma kusuru olduğu bildirilmesine rağmen (43) Amerika'da yapılan bir prevalans çalışmasında astigmatizmanın en sık Asya (%33.6) ve İspanyol (%36.9) ırkında, en az ise Afrika kökenli Amerikalılarında (%20) görüldüğü bunu Amerikalı beyazların (%26.4) takip ettiği gösterilmiştir (44). Çinli infantlarda da oldukça yüksek oranda (%44.4) görüldüğü ve bunun Çinlilerdeki kapak yapısından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (45).

Astigmatik gözde kırıcı ortamların sferik olmayıp, birbirine dik olan iki meridyende kırma gücünün farklılık göstermesi iki odak noktasının oluşmasına neden olur. Böylece nokta şeklinde bir objeden gelen ışınlar, her iki meridyenin odak noktalarında birbirine dik açılı iki keskin çizgi şeklinde odaklanırlar. Bu iki çizgisel odak noktası arasındaki mesafeye Sturm aralığı, bu aralığın tam ortasında bulunan daireye en az bulanıklık halkası adı verilir. Bunun anlamı bu bölgede görüntünün tüm yönlerde en az bozulmaya uğramış olması, yani görüntünün en az bulandığı bölge olmasıdır (1). Nokta şeklinde bir görüntü astigmatik bir gözde ancak tam düzeltme yapıldıysa nokta şeklinde görülebilir. Düzeltilmemiş veya kısmen düzeltilmiş astigmatizmada ise oval veya yuvarlak bir görüntü görülecektir. Sturm aralığı ne kadar küçük ise bulanıklıkta o kadar az olacaktır. Bulanıklığın en az olduğu yer en az konfüzyon halkasıdır. Eğer silindirik düzeltme verilemiyor ise arzu edilen en az konfüzyon (bulanıklık) halkasının retinaya düşürülmesidir. Bunu sağlamak için astigmatik ametropinin sferik eşdeğeri hesaplanır. Bu değer şu formülle hesaplanır;

$$\text{Sferik eşdeğer} = \text{Sferik değer} + \text{Silindirik değer} / 2$$

Yüksek astigmatik cam düzeltmesini tolere edemeyen erişkin hastalarda hastanın sferik eşdeğeri korunmak üzere, silindirik düzeltmeleri azaltılabilir. Eğer bir yetişkin ilk kez gözlük kullanacak ise genellikle kısmi düzeltme tercih edilir. Bir süre alışma döneminden sonra düzeltme miktarı arttırılabilir.

Astigmatizma herhangi bir oküler refraktif elemana bağlı meydana gelebileceği gibi %90 olguda korneayla ilişkili bir nedenle oluşur. Kırıcı ortamların bileşenlerinin her bir astigmatik bileşeninin toplamı gözün toplam astigmatizmasını oluşturur. Bu ortamlar:

- Korneanın ön yüzü
- Korneanın arka yüzü
- Lensin ön yüzü
- Lensin arka yüzü
- Retina olabilir.

Astigmatizma kırıcılığın en yüksek olduğu meridylene göre adlandırılır:

\*Kurala uygun astigmatizma: En sık şeklidir. En fazla kırma gücüne sahip olan eksen, dik eksenidir (yani 70 ila 110 derece arasında).

\*Kurala aykırı astigmatizma: Daha fazla kırma gücüne sahip olan eksen yatay eksenidir (yani 160 derece ile 20 derece arasında).

\*Oblik (Eğik) astigmatizma: Daha fazla kırma gücüne sahip olan eksen eğik meridyendedir (yani 20 ile 70 veya 110 ile 160 dereceler arasında).

Buraya kadar örneklenenler, farklı kırıcılıktaki eksenlerin birbirine dik (birbirine 90 derecelik açı ile yerleşmiş) olması durumunda geçerlidir. Bu şekilde aksları birbirine dik (90 derece uzaklıktaki) astigmatizmaya düzenli astigmatizma denir (2).

\*Düzensiz Astigmatizma: Kırıcı ortamın eğriliği (kurvatürü) düzensiz olduğunda, kırma gücü de düzensizdir ve farklı kırıcılıktaki eksenlerin birbirine doksan dereceden farklı eksenlerde yerleştiği bu tabloya düzensiz astigmatizma denir. Düzensiz astigmatizmaya neden olan durumlar:

- Korneal skar (yara izi): İltihap, yara veya yaralanmalara bağlı
- İleri keratokonus
- Katarakt
- Lentikonus

Astigmatizması olan hastalar hem yakını hem uzağı bozuk görürler. Bir ekseninde net diğer ekseninde bulanık gören kişiler bazen bu durumu çift görme şeklinde ifade ederler. Bulanık ekseni netleştirmek için yapılan akomodasyon, bu kez net olan ekseni bulandıracaktır. Bu şekilde netlik kaybını akomodasyon ile telafi etme çabaları gözlerde yanma ve baş ağrısı gibi astenopik şikayetlere yol açar. Düzeltilmemesi, çocukta ambliyopiye (iki gözde birden bulunsa bile) neden olduğu gibi erişkinde de astenopik yakınmalara ve görme azlığına neden olacağından düzeltilmesi önemlidir (1).

Düzenli astigmatizmanın tedavisinde amaç, her iki meridyenin odak çizgilerini tek bir odak noktasında bir araya getirmektir. Bunun için sadece bir düzlemde kırma özelliği olan merceğe gereksinim vardır. Bu amaç için silindirik mercekler kullanılır. Bu iki odak çizgisi bir noktada birleştirildikten sonra, aynen sferik bir ametropi gibi ek sferik mercekler kullanılır. Sadece düzenli astigmatizma gözlükle düzeltilebilir. Düzensiz astigmatizmanın tedavisi gözlük ile mümkün değildir. Sert kontakt lensler ile yeni ve düzgün bir sferik yüzey oluşturularak düzeltilir.

Düzeltilici camlara göre astigmatizma çeşitleri:

Basit silindirik:

-Hipermetropik: Reçetede sadece artı silindirik cam ve aksı vardır.

-Miyopik: Reçetede sadece eksi silindirik cam ve aksı vardır.

Bileşik (Sferosilindirik):

-Hipermetropik: Reçetede artı sferik cama ek olarak, artı silindirik cam ve aksı vardır. Görüntü bir aksta daha fazla olmak üzere, her iki ekseninde de retinanın arkasında odaklanmaktadır.

-Miyopik: Reçetede eksi sferik cama ek olarak, eksi silindirik cam ve aksı vardır. Görüntü bir aksta daha fazla olmak üzere, her iki ekseninde de retinanın önünde odaklanmaktadır.

-Karma: Reçetede sferik cam ile silindirik camın işaretleri farklıdır. Sferik artı silindirik eksi cam olabileceği gibi, sferik eksi silindirik artı cam da olabilir. Karışık astigmatizmada görüntü bir ekseninde retinanın arkasına, bir ekseninde önüne odaklanmaktadır. Ancak gerçek karışık astigmatizma, transpozisyon yapılmadan anlaşılabilir. Transpoze edildiğinde de sferik komponentinin işareti, silindirik komponentininkinden farklı olan ametropi, gerçek karışık astigmatizmadır (1).

Sonuç olarak toplumda oldukça sık rastlanan bir oftalmolojik patoloji olan kırma kusurları gözün çeşitli seviyelerindeki anormalliklerden kaynaklanabilmektedir. Keratometri, skiyaskopi, otorefraktometre, topografi ve biyometri gibi çeşitli yöntemlerle patolojinin kaynağı belirlenip cerrahi ya da cerrahi dışı yöntemlerle genellikle tama yakın düzeltilebilmektedir. Kırma kusurları genellikle aksiyel ya da korneal kaynaklı olarak sınıflandırılmaktadır. Toplumda aksiyel kaynaklı kırma kusurlarına, korneal kaynaklı kırma kusurlarına göre daha sık rastlanmakta ve bunlar gözün ön arka uzunluğunun ölçülmesiyle ortaya konabilmektedir. Aksiyel uzunluk ölçümüne parsiyel koherens interferometri, İOL master (46), Orbscan II (47) gibi pek çok farklı method ve cihaz geliştirilmiş olsa da günümüzde en sık kullanılan method ise ultrasonik biyometridir.

## ULTRASONİK BİYOMETRİ

Ultrasonografi, ses dalgalarının vücut dokularında fizik kurallarına göre etkileşmesine dayanan, tanı ve tedavide kullanılan bir yöntemdir. Ultrasonik biyometri ise gözü oluşturan dinamik ve statik yapıların rakamsal olarak ultrason yardımıyla ölçülmesidir (48).

Ultrasonografinin oftalmolojide kullanılmasına Mundth ve Hughes tarafından 1956 yılında başlanmıştır (49). Değişik oküler dokularda ses hızının farklı olduğu Oksala ve Lehtinen tarafından ortaya konmuştur. Gernet ilk olarak bu tekniği aksiyel uzunluk ölçümünde kullanmıştır. Ossoinig A-mod ultrasonografinin dokulardaki standardizasyonu üzerine çalışmıştır. İmmersiyon yöntemiyle çalışan Baum ve Greenwood 1958 yılında oftalmolojide B-mod ultrasonografiyi tanımlamışlardır. Biyometrik inceleme amacıyla ultrasonografinin ilk kullanımı ise 1963 yılında Ossoinig ve Gernet tarafından gerçekleştirilmiştir (50).

A-mod ultrasonografide dokuya düz bir hat halinde ultrason enerjisi gönderilerek dokudan yansıyan ekolar ekranda görüntü halinde izlenmektedir. Eko; iki ortam arasında oluşan akustik impedanstır. Akustik empetans ise maddenin yoğunluk ve elastisitesine bağlı bir faktördür. Yansıyan ekonun büyüklüğü, yansıyan enerji miktarına, geliş açısına, gönderilen ve geri alınan sinyal miktarına bağlı değişmektedir. Kullanılan alete göre doku duyarlılığı değişmektedir. Biyometrik ölçümde ise amplifikasyonun yaklaşık 15 desibel azaltılması önerilmektedir (51). Ölçüm sırasında yeterli eşik miktarını aşan sinyaller ekrana yansımaktadır. Ultrasonografik ses hızı gönderildiği dokuya göre değişmektedir (52). Aksiyel uzunluğun (AU) ölçümünde yeterli ses hızının kullanılması ölçümün güvenilirliği açısından önemlidir. Bugün kullanılan aletlerde fakik hastalarda AU ölçümü için ses hızı 1550 m/sn, psödo-fak ve afak hastalarda 1532 m/sn olarak kullanılmaktadır.

Çeşitli ortamlarda ortalama ses hızları (50):

Fakik	1550 m/sn
Afak	1532 m/sn
Lens	1641 m/sn
Lens(Katarakt)	1629 m/sn
Kornea	1640 m/sn
Aköz vitreus	1532 m/sn
Kristalin lens	1696 m/sn
PMMA lens	2780 m/sn
Silikon lens	1486 m/sn
Akrilik lens	2180 m/sn
Silikon yağı	980 m/sn

Biyometri en sık AU'ü ölçmek amaçlı kullanılmaktadır. Ayrıca lens, vitreus, ön kamara derinliğinin ölçümünde ve oküler patolojilerde tanı amaçlı kullanılmaktadır. Kullanılan ultrason aletlerinde AU manuel ve otomatik olarak ölçülebilmektedir. Manuel ölçümde ultrasonu kullanan kişi hem ekrana yansıyan ekoları izlemek zorunda kalmakta hem de ölçümün güvenilir olması için kullandığı tekniğe dikkat etmek durumunda kalmaktadır. Otomatik ölçümde ise alet eşik değeri geçen ve sensitivitesi uygun olan ölçümü ekranda dondurmaktadır. Bu durum kullanıcının sadece ölçüm tekniğiyle ilgilenmesini sağlamakta ve hata riskini azaltmaktadır (50,52,53).

Aksiyel uzunluğun ölçümünde kontakt ve immersiyon metodları kullanılmaktadır. Her iki yöntemde de gönderilen ses dalgasının optik akstan geçmesi gerekmektedir ve lens ön- arka refleşiyle retina refleşi yeterli ve eşit yükseklikte olmaktadır (52-55).

Kontakt tekniği:

Hasta sırt üstü yatar veya oturur ve primer bakış pozisyonunda ultrason probu korneaya temas ettirilerek yapılmaktadır. Gözün fiksasyonunu sağlamak için tavana asılı bir objeden veya ultrason probunun ışığından yararlanılır. Doğru ölçüm için ses dalgasının lens ve retinaya dik ulaşması gerekmektedir. En sık karşılaşılan hata kaynağını ölçüm sırasında korneaya bası uygulanması oluşturmaktadır. Ayrıca kornea ve prob arasında sıvı menisküsünün olması, ses hızının yanlış ayarlanması, ölçümün optik akstan yapılmaması, kornea üzerinde pomad ve jel olması yanlış ölçüme neden olmaktadır. Basıyı engellemek için ölçüm sırasında kornea yan taraftan izlenmelidir. Diğer bir izlem ise ölçüm sırasında ön kamara derinliğinin takip edilmesidir, derinliğin azalması korneal bası lehinedir (50).

İmmersiyon tekniği:

Su banyosu tekniği de denilen bu teknikte, hasta sırt üstü pozisyonda yatar ve hastanın kapaklarının arasına ölçüm için özel olarak yapılmış bir kap konur. Kap %1'lik metilselüloz ile doldurulur ve ultrason probu içine daldırılır. Probun korneaya değmemesine özen gösterilmelidir. Bu ölçüm kontakt methodda izlenmeyen kornea ekosunun izlenmesine neden olmaktadır. Ölçümde kornea, lens ön-arka yüzü ve retinaya ait dört refle elde edilir. Ölçüm sırasında dikkat edilmesi gereken nokta hava kabarcığının oluşmamasıdır. Hava kabarcığını cihaz, elde etmemiz gereken refleler yerine algılayabilmektedir. Göz içi cerrahi ve delici travma geçirenlerde immersiyon tekniği önerilmemektedir. Kontakt methoda göre avantajı korneal bası ve sıvı menisküsünün oluşmamasıdır (50).

Her iki teknikte de aralarında 0.3 mm'den fazla fark olmayan, en az 3 ölçüm alınmalıdır (56). İki göz arasında, gözlerden herhangi birinde bir patoloji olmadığı sürece aksiyel uzunluk farkı 0.3 mm'nin altındadır. Eğer iki göz arasındaki uzunluk farkı 0.3 mm'nin üzerinde ise ölçümlerin tekrarlanması gerekmektedir. Stafilom, retina dekolmanı, intraoküler kitleler ve vitreusta membran oluşumu ölçüm hatalarına yol açabilmektedir. Bu tür durumlarda A-mod ölçümlerinin, B-mod ölçümleriyle desteklenmesi hataları



azaltabilmektedir. B-mod ultrasonografide gözün optimal aksiyel kesiti elde edilir ve dondurulmuş ekran üzerinde kornea tepesi ile optik sinirin 15 derece temporalı bir vektör yardımıyla ölçülür. Bu şekilde biyometriden daha güvenilir sonuçlara ulaşılabileceği bildirilmektedir (57).

Sonuç olarak aksiyel uzunluk ölçümünde hata olasılığını en aza indirmek için:

-Aksiyel uzunluk ölçümü dikkatli ve mümkün olduğunca aynı kişi tarafından yapılmalıdır.

-Prob optik aksa dik tutulmalıdır.

-Lens ön-arka yüzüne ve vitreoretinal ara yüzeye gelen ekolar yeterli yükseklikte ve eşit olmalıdır.

-Periyodik aralıklarla ultrason aleti tekrar kalibre edilmelidir.

Ayrıca her hastadan sonra prob dezenfeksiyon solusyonu ile temizlenmeli, kornea hasarlanmasını engellemek için su ile durulanmalıdır. Prob sıcağa maruz kalmamalıdır. Cihazın içindeki piezoelektrik kristal hasarlanabilmektedir.

Sonuç olarak biyometri, aksiyel uzunluk ölçümünde yıllardır kullanılan bir teknik olmakla birlikte oftalmik patolojilerden (stafilom, katarakt, retina dekolmanı, silikon yağı vs.) cihaz ve kullanıcıyla ilgili pek çok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenle tecrübeli ellerde, güvenilir cihazlarla ve titizlikle uygulanması gerekmektedir.

US'nun oftalmolojide yaygın olarak kullanıldığı başka bir saha da merkezi korneal kalınlık ölçümüdür. Birçok göz patolojisinin tanı ve takibinde kullanılmaktadır. 1980'lerden sonra gittikçe artan keratorefraktif cerrahide ameliyat öncesi değerlendirmede, kontakt lens uygulamalarında, korneal transplantasyon cerrahisinde donör kornea incelemesinde, korneal hastalıkların tanı (Keratokonus, Fuch's distrofi) ve takibinde, kuru göz hastalarında kullanılmakla birlikte en yaygın kullanım sahasını glokom birimleri oluşturmaktadır.

## MERKEZİ KORNEAL KALINLIK ÖLÇÜMÜ

Merkezi korneal kalınlık (MKK) ölçümü ilk kez Blix tarafından 1880 yılında, yaşayan insanlarda yapılmıştır. Daha önceki çalışmalar postmortem anatomik çalışmalar olup MKK 1 mm olarak bildirilmiştir. Blix 10 gözde direkt optik ölçüm yapmış ve MKK değerini genç erkeklerde 0.5 mm olarak belirtmiştir (58). Bin dokuzyüz ellili yıllarda David Maurice tarafından fizyolojisi ile ilgili bir makale yayınlanmış ve 50 yıl boyunca basit biyolojik bir parametre olarak çalışmalara konu olmuştur (59).

Mae Gordon ve ark. yayınladıkları çalışmada, oküler hipertansiyon (OHT) hastalarında, MKK'lığı 555 µm veya daha ince olan gözlerde, 588 µm veya daha kalın olan gözlerle göre glokom gelişme riskinin 3 kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bundan sonra bu konuya olan ilgi artmıştır (60).

1951'de Maurice ve Giardini pratik, klinikte kullanılabilen bir pakimetre geliştirmiştir. Bu pakimetre optik prensiplere dayalı ölçüm yapıyordu. Korneanın ön ve arka yüzeyinden yansıyan speküler görüntülerin Haag-Streit slit-lamp 900 mikroskobunda görüntülenmesi esasına dayalıydı. Maurice ve Giardini kırkdört kişide yaptıkları ölçümlerde MKK'nı 507 µm olarak bulmuşlardır (59). Olsen ve Ehlers 1984'de benzer speküler yöntemi kullanarak yaptıkları ölçümlerde MKK'ı yaklaşık 517 µm olarak belirlemişlerdir (59).

1952'de Jaeger son 10 yıldır yaygın bir şekilde kullanılacak olan optik pakimetreyi geliştirmiştir (61). Bu sistemde Haag-Streit slit-lamp 900 mikroskobuna monte bir sistemle, saydam yapılarda, optik bölümde ışığın yayılımı prensibine dayalı olarak ön ve arka sınırlar belirlenerek, sırasıyla korneal epitelyum ve endotelden yansıyan iki görüntüden optik kısmın kalınlığı tahmini olarak tesbit edilmektedir. Hansen bu aletle 1971'de yaptığı çalışmada ortalama MKK değerini 520 µm olarak tesbit etmiştir (59). 1975'de Green ve ark. korneada ışığın hızı ile ilişkili, dokulardan geri yansıyan ışık hızları arasındaki farkı tesbit ederek korneal kalınlık ölçümünün mümkün olabileceğini göstermişlerdir (59). Bu bir optik interferometri olup, saydam

dokuların kalınlığı ölçülebilmektedir. Günümüzde ise optikal koherans tomografi bu prensibe göre ölçüm yapmaktadır. Ultrasonik pakimetre, optik interferometriye benzemektedir fakat ışık yerine ultrason dalgaları kullanılmaktadır. Doku içinde ses dalgalarının yayılım hızındaki değişikliğe bağlı akustik yüzeylerden oluşan, ekolar tesbit edilmektedir. 1980'lerden sonra bilgisayarlı korneal topografik sistemler geliştirilmiştir. Günümüzde lazer interferometri, konfokal mikroskopi, nonkontakt speküler mikroskopi ve ultrason biyomikroskopi gibi yeni ve daha karmaşık aletler kullanıma girmiştir.

Günümüzde MKK ölçümünde kullanılan aletler iki prensibe göre ölçüm yapmaktadır:

1-Ultrasonik yöntem

2-Optik yöntem

Ultrasonik yöntemle ölçüm yapan aletler: Ultrasonik pakimetre (UP) ve ultrason biyomikroskobu'dur.

Optik yöntemle ölçüm yapan aletler: IOL master, speküler mikroskopi (Topcon SP-2000P), scanning-slit korneal topografi (Orbscan II), konfokal mikroskopi, optikal koherans tomografi (OKT)'dir.

Farklı tip pakimetrelerle yapılan MKK ölçüm değerleri çok değişkenlik göstermektedir (62). MKK ölçüm yöntemlerini birbiriyle karşılaştıran birçok çalışma vardır. Doughty ve Zaman, UP ile MKK ölçümü hakkında yayınlanmış 80 çalışmanın metaanalizini yaparak MKK değerini  $545 \mu\text{m}$  ( $544 \pm 34 \mu\text{m}$ ) olarak bildirmiştir (62). 114 hastanın 216 gözünde UP, Orbscan II ve speküler mikroskop ile MKK ölçüm sonuçlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, UP ile  $548.1 \pm 33 \mu\text{m}$ , Orbscan II ile  $546.9 \pm 35.4 \mu\text{m}$ , speküler mikroskop ile  $525.3 \pm 31.4 \mu\text{m}$  olarak bildirilmiş ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı lineer korelasyon ( $p < 0.001$ ) olduğu gösterilmiştir. UP ile ölçümlerin, diğerlerinden biraz daha yüksek olduğu da eklenmiştir (63). Benzer bir çalışmada UP, konfokal mikroskopi ve Orbscan II karşılaştırılmış (64), konfokal mikroskopi ile  $516 \pm 30 \mu\text{m}$ , Orbscan II ile  $540 \pm 35 \mu\text{m}$ , UP ile  $554 \pm 28 \mu\text{m}$  olarak ölçülmüştür. UP ile ölçümlerin, diğerlerinden daha yüksek olduğu bu çalışmada da belirtilmiştir ( $p < 0.001$ ). Ayrıca konfokal mikroskopi ile

yapılan ölçümlerin UP'den 39 µm (7.0%) ve Orbscan II den 24 µm (4.4%) daha kısa olduğu gösterilmiştir. LASİK cerrahisi uygulanmış hasta grubunda Orbscan II, UP ve "Nonkontakt speküler mikroskopi (SP-2000P)" karşılaştırıldığında, Orbscan II ile yapılan ölçümlerin her ikisinden de daha az olduğu, UP ile speküler mikroskop değerleri arasında oldukça iyi lineer korelasyon olduğu ( $p<0.0001$ ) gösterilmiştir (65). "Nonkontakt speküler mikroskopi (SP-2000P)" ile UP karşılaştırıldığında ise ve UP ölçümlerinin 32 µm daha fazla olduğu görülmüştür (66). UP'nin diğer pakimetrelerden daha kalın ölçülmesinin nedeni olarak ileri sürülen görüş, UP'de kornea arka yüzeyinden oluşan yansımanın tam olarak yerinin belirli olmaması, Descement membranı ile ön kamara arasında bir yer olduğunun düşünülmesidir (67).

Günümüzde farklı özelliklere sahip birçok UP vardır. Glokom hastalarında, UP'lerin ucuz, kolay taşınabilir olması da daha çok tercih edilmelerini sağlamıştır. Özellikle yeni cep pakimetrelerinde GİB'nı ve MKK'lığı aynı anda ölçülebilmektedir (Tonopach gibi). Yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda, arada 3-65 µm fark olduğu, bu farkın klinik olarak pek anlamlı olmadığı, el tipi pakimetrelerin de doğru ve güvenilir ölçüm yaptığı ileri sürülmüştür (68). Pakimetrinin doğruluğu ve geçerliliği, ölçüm yapan kişilere göre sonuçların değişkenliğine ve aynı kişinin ölçümleri arasındaki farklılık miktarına bağlıdır. 51 gönüllü hasta ile yapılan bir çalışmada, ölçüm yapan 3 farklı kişinin sonuçları ve kişilerin daha sonraki ölçüm sonuçları karşılaştırılmış ve UP sonuçlarının oldukça güvenilir olduğu bildirilmiştir (69). Benzer sonuçları Mc Laren ve ark. da yayınlamıştır (64). Ölçümler arasında farklılık anlamlı olmasa da glokom şüphesi olan olgularda hastanın yanlış değerlendirilmesini önlemek için iki kez ölçüm yapmak faydalı olacaktır (70). Korneaya temas etmesi ve topikal anestezi gerektirmesi UP'nin dezavantajlarıdır. Tekrarlayan ölçümler sırasında gözyaşı film tabakasının değişikliği, korneal epitel tabakasının baskıya uğraması ve hücre sayısındaki değişiklikler klinik olarak pek anlamlı olmasa da ölçüm değerlerinde yaklaşık 5 µm civarında hataya neden olabilir. Ultrasonik pakimetre ile MKK ölçüm tekniğinde temel prensipler şunlardır: Hasta oturur pozisyondayken lokal

anestezik damla damlatılır. Hasta karşıya baktırılır ve korneal ışık refleksi belirlenir ve ışık reflexinin 1.5 mm temporaline yani kornea santraline ultrason probu (1.5 mm lik bir alan) temas ettirilerek 3 kez ölçüm yapılır ve ortalaması alınır. Kornea santrali doğru tesbit edilmelidir. Korneanın santralinden periferine doğru gidildikçe kornea kalınlığı artmaktadır. Bu nedenle gerçek kornea santralini belirlemek önemlidir (71). Yanlış lokalizasyon yanlış ölçüme yol açacaktır. Kornea santrali, vizüel aksın 1.5 mm temporalisi olarak kabul edilir. Vizüel aks, korneanın santrali, pupilla ve lensin ortasından geçerek makulayı birleştiren çizgidir. Pratik olarak, kornea ışık reflexinin 1.5 mm temporalidir. Korneanın en ince bölgesi ise korneal ışık reflexinin 1.5 mm alt temporalidir. Kornea santralinin %69 oranında vizüel aks ile çakıştığı, %26 oranında vizüel aksın temporalinde, %5 nazalinde yer aldığı bildirilmektedir (59).

MKK ırklara göre de değişkenlik göstermektedir. Özellikle Afrikalı Amerikalılarda hem normal hem de glokomlu gözlerde, yerli Amerikalılardan daha ince ölçülmüştür (72). Ayrıca bu grupta MKK diğer ırklardan da belirgin derecede ince ölçülmüştür. Diğer ırklar arasında ise (Çinli, İspanyol, Beyaz ve Filipinliler) anlamlı bir fark tespit edilmemiş olmakla birlikte, Japonların Çinli ve Filipinlilerden daha ince MKK'a sahip olduğu belirtilmiştir (73).

MKK'a etkili olabilecek parametrelerden bir diğeri yaştır. Bazı çalışmalarda yaş ilerledikçe kalınlığın arttığı (74), bazı çalışmalarda ise azaldığı (kadınlarda 0.003 mm/dekat, Japonlarda 0.004 mm/dekat incelme) bildirilmektedir (73,75). Cinsiyet konusunda tam bir fikir birliği yoktur. Bir çalışmada MKK kadınlarda erkeklere göre daha ince bulunmuştur (Kadın: 569 µm, Erkek: 574 µm) (76). Ancak cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını bildiren çalışmalarda mevcuttur (77). MKK'nın katarakt (78) ve kırma kusuru (79) gibi faktörlerden de etkilenmediği bildirilmektedir. MKK sağ ve sol gözde benzerdir. Yaşlı popülasyonda sağ ve sol göz arasında maksimum 42 µm fark olduğu, fakat istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirilmektedir (74).

MKK'nın doğru ve güvenilir olarak ölçülmesinin pratik olarak önemi göz içi basıncının (GİB) objektif değerlendirilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle MKK ölçümleri arasında farklılık anlamlı olmasa da glokom şüphesi olan olgularda hastanın yanlış değerlendirilmesini önlemek için iki kez ölçüm yapmak faydalı olacaktır (70).

GİB'inin objektif, doğru ve güvenilir ölçülebilmesi için korneal etkileri minimale indirmek gerekmektedir. Bu amaçla korneal kalınlıktan daha az etkilenen tonometrelerle ölçüm yapmak yada ölçümleri hastanın MKK'sına göre modifiye etmek gerekmektedir. Fakat bu yöntemlerle MKK etkisi azaltılabilirse de korneal biyomekanik yapının etkisini dışlamak mümkün olmamaktadır. "Reichert oküler repons analiz cihazı" korneal biyomekanik etkiyi elimine etmek için son yıllarda geliştirilmiş yeni bir tonometridir. ORA, korneal biyomekaniği de göz önünde bulundurarak GİB ölçümü yaptığı için gerçeğe daha yakın değerler verebildiği düşünülmektedir. Çalışmalar bu yeni cihazla yapılan ölçümlerin tekrarlanabilirliğinin yüksek olduğunu ve klinik kullanımda yeterli güvenilirliğinin bulunduğunu bildirmektedir (80).

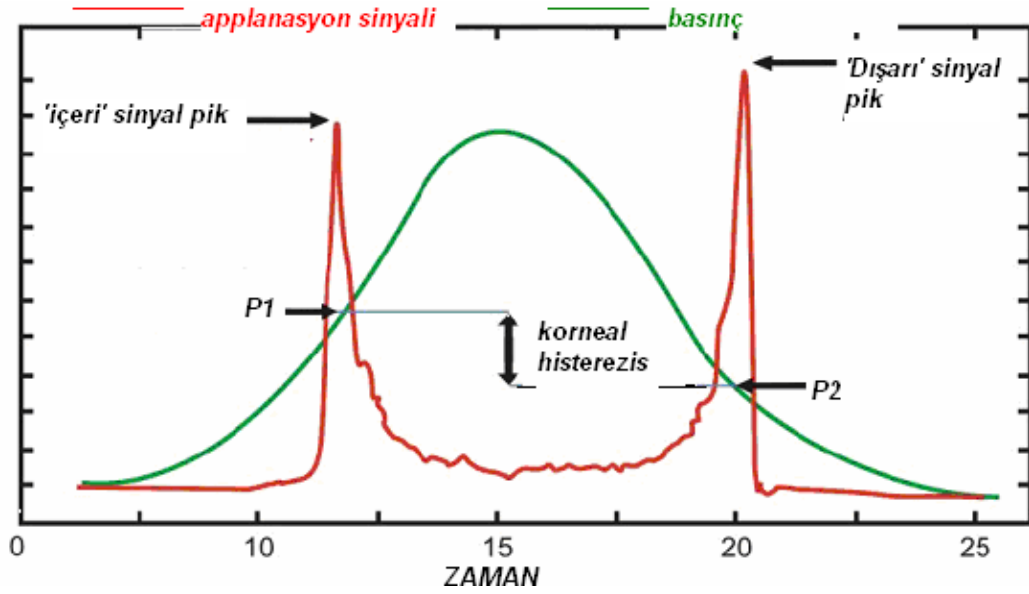
## OKÜLER RESPONS ANALİZ CİHAZI

Oküler respons analiz cihazı (ORA); özellikle Amerika ve Avrupa ülkelerinde glokom tanı ve takibinde, geleneksel yöntemlerle teşhisi son derece güç olan normotansif glokom (NTG) hastalarının tesbitinde, refraktif cerrahi sonrasında gelişebilecek ektazi gibi hastalıkların, keratokonus ve Fuch's distrofisi gibi kornea rahatsızlıklarının erken teşhisinde ve tedavi sürecinin gözlemlenmesinde, göz kliniklerinde önemli bir yer edinmiştir. Reichert tarafından geliştirilen ORA cihazı, korneal rijidite ve elastisiteyi bütün hastalarda kolay ölçülebilir ve klinisyenlerce kabul edilebilir, objektif ölçüm değerleri olarak verebilen bir enstrümandır. Cihaz iki yönlü aplanasyon imkanı sağlayan hareketli hava püskürtme sistemi ile ölçümlerini almaktadır. Hareketli hava püskürtme sistemi ile göze uygulanan birincil aplanasyon değeri kornea düzleştiği anda alınır. Cihaz bu sırada geleneksel non-kontakt tonometrelerde olduğu gibi hava akımını kesmez ve korneayı ikincil aplanasyon için içe doğru hareket ettirmeye devam eder. Kornea iç bükey bir yapı aldıktan sonra uygulanan basınç dinamik olarak azaltılır, bu sırada cihaz ölçüm almaya devam etmektedir. Korneanın ilk durumuna geri dönmesi esnasında dışarı doğru bir aplanasyon ölçümü daha alınır. Korneanın viskoelastik yapısı ve toplam sertlik ve direnci nedeniyle içe doğru ve dışa doğru gerçekleşen aplanasyon değerleri teorik olarak aynı olması gerekirken birbirinden farklılık gösterir. Bu durum klinisyen ya da araştırmacıya korneanın visko-elastik yapısı ve direnci hakkında bilgi verir (81).

Korneanın içeri ve dışarı hareketi sırasında alınan aplanasyon değerlerinin farkı korneal histerezis (KH) olarak ifade edilmektedir. Histerezis kelime olarak 'geç kalmak, gerisinde ve eksik kalmak' anlamına gelmektedir. Vücut üzerine etki eden kuvvetler değişiklik gösterdiğinde (viskozite ya da dahili sürtünme) etkinin gecikmesi; Fiziksel sistemlerin, üzerine etki eden güçleri hemen ardından değilde yavaşça takip etmesi özelliği yada orijinal durumuna tamamen dönmemesidir. Kısacası visköz niteliğin kantitatif ölçümüdür, mmHg cinsinden gösterilmektedir. Korneal histerezis ilk defa Luce tarafından ORA ile ölçülmüştür. Luce KH'in 1.8-14.6 mmHg arasında

değiştiğini bildirmiştir. KDF ise korneanın viskoelastik özelliğinin kantitatif ölçümüdür. Benzer şekilde mmHg cinsinden gösterilmektedir (82).

Cihaz, bu korneal parametrik, nümerik ölçüm sonuçlarının yanında, kornea yapısını yorumlayabilmek için uygulanan basınca bağlı değişim gösteren, bir sinyal grafiği görüntülemektedir (Şekil 1).



Şekil 1. ORA cihazı ile ölçümün grafiksel görüntüsü.

ORA cihazı, üzerine monte edilmiş pakimetre ile merkezi kornea kalınlığı ölçümü de yapabilmektedir. Cihaz üzerindeki pakimetre  $\pm 5 \mu\text{m}$  ölçüm keskinliğine,  $\pm 1 \mu\text{m}$  ölçüm çözünürlüğüne sahiptir. 20 Mhz.'lik pakimetre probu ile pakimetrede ölçüm aralığı 200 ila 999  $\mu\text{m}$  arasındadır. Probu ses dalgı boyu 82 mikrondur. Bu değeri sesin kornea içindeki hızının (1640 m/s) prob frekansına bölünmesiyle bulunabilir.

ORA cihazı, temelde bir non-kontakt tonometre cihazıdır. Günümüzde GİB ölçümünde kullanılan tonometrelerin en sık kullanılanları; Schiötz tonometresi, Perkins tonometresi, hava üfleli tonometre, pulsair 2000 (Keeler), Tonopen, Pascal dinamik kontur tonometre (PDKT), Goldman aplanasyon tonometresi ve son yıllarda kullanıma girmiş yeni tonometre olan ORA'dır. Şimdiye kadar GİB ölçümünde altın standart yöntemin Goldman aplanasyon tonometresi (GAT) olduğu bildirilmekteydi. Bu yöntem aynı zamanda MKK'dan en fazla etkilenen GİB ölçüm metodudur (Şekil 2). Bin



dokuzyüz ellili yıllarda ilk kez Goldmann tarafından tanıtılmış ve son 50 yıldır fazla değişikliğe uğramadan klinik kullanımı yaygınlaşmıştır (58). GAT tasarlanırken göz, fazla ıslak olmayan kuru, ince duvarlı bir yapı olarak kabul edilmiştir. MKK'nın 500 µm olduğu ve sağlıklı kişilerde değişmediği varsayılmıştır. Günümüzde MKK değerinin kişiler arasında çok fazla değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Goldmann, GAT tanıtımını yaparken GAT ile GİB ölçüm değerlerini etkileyecek hata kaynaklarının olabileceğinden bahsetmiştir. Bin dokuz elli yedi yılında Goldmann ve Schmidt MKK ile GAT arasında bir ilişkinin varlığını ve 500 µm'nin altında veya üstünde MKK değerlerinin yanlış GİB ölçümüne neden olacağını bildirmişlerdir (59).

GAT ile GİB ölçümünde 3 önemli parametre vardır (83); GİB, gözyaşı film tabakası çekim gücü ve korneal rijiditedir (elastikiyet). MKK, korneal rijiditeyi etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bunlar arasındaki uyumun bozulması GAT'de hataya neden olur. Korneal kalınlık, korneanın elastik yapısının en önemli komponentidir. Korneanın yapısını oluşturan diğer etkenler de korneal kalınlık değişimi yapabilmektedir, örneğin:

-Korneal hidrasyon: MKK'ı artırır. Düzeltme algoritmaları işe yaramaz.

-Ekstraselüler matriks: Kollajen fibriller korneal elastikiyeti sağlar. Lipid damlalar ekstraselüler matriksi değiştirir ve elastikiyeti artırır, kornea kalınlığının ince ölçülmesine neden olabilir.

-Yara iyileşmesi, lameller insizyon: Kollajen yapımı ve dizilimindeki farklılık MKK'ı inceltir.

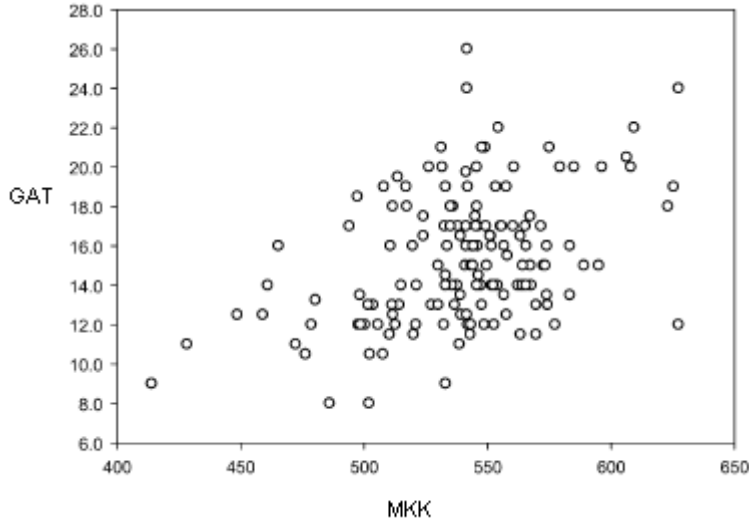
Ayrıca korneanın biyomekanik yapısı da GİB ölçümünde önemlidir:

1- Korneal kalınlık; Kalın ise GİB yüksek, ince ise GİB düşük ölçülür. Hata oranı ortadır.

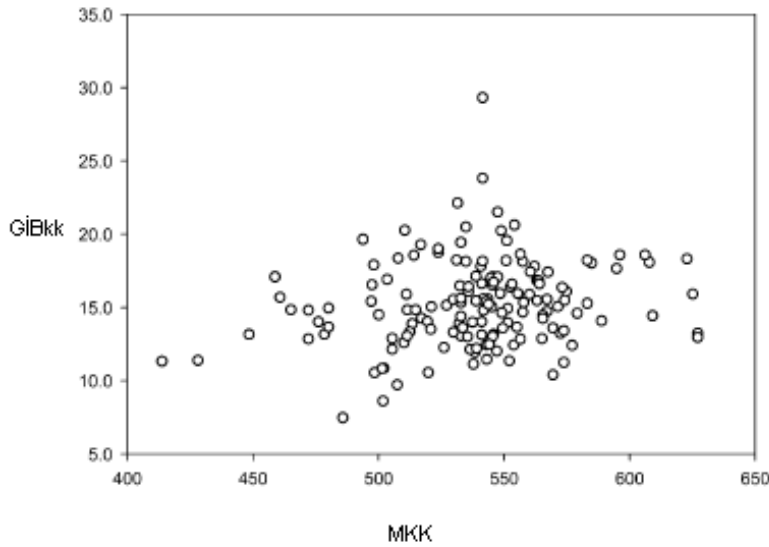
2- Korneal kurvatur; Kornea düzleştikçe düşük GİB, dikleştikçe yüksek GİB ölçülür ve hata oranı çok azdır. Korneal astigmatizmalı hastalarda GAT değerleri daha yüksek ölçülmekte, ORA ise korneal astigmatizmadan daha az etkilenmektedir (83).

3- Korneal biyomekanik yapı; Daha sıkı yapı yüksek GİB, daha gevşek yapı düşük GİB ölçümüne neden olur. Hata oranı yüksektir, 10 mmHg ve daha fazlası olabilir, hata oranını en fazla yükselten parametredir (59).

ORA kornea kalınlığı, viskoelastik yapısı ve direncinden bağımsız olarak hesaplanan gerçek GİB ölçümünü (GİBkk) ve GAT ile alınan ölçümler ile korele GİB değerini (GİBg) verebilmektedir. GİBkk, GAT'a göre kornea kalınlığı (Şekil 3) ve postoperatif biyomekanik yapıların deforme olmasından son derece düşük bir oranla etkilenmekte, korneanın niteliği ve kornea kalınlığından bağımsız gerçek göz içi basıncını vermektedir.



Şekil 2. GAT ile alınan GİB ölçümleri MKK'dan etkilenmektedir (82).



Şekil 3. GİBkk ile MKK'nın korelasyonu saptanmamıştır (82).

Ülkemizde 240 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada GAT, tonopen, “Pascal Dinamik Kontur Tonometre” (PDKT) ve NKT'nin MKK ile ilişkileri değerlendirilmiş ve ince ve orta kalınlıktaki kornealarda PDKT'nin MKK'dan en az etkilenen GİB yöntemi olduğu, kalın kornealarda ise PDKT ve tonopenin MKK'dan en az etkilenen GİB yöntemleri oldukları gösterilmiştir (84). Benzer şekilde başka bir çalışmada da tonopenin korneal kurvatür ile ilişkisinin olmadığını ve MKK'dan minimal etkilendiğini belirtilmiştir (85). Başer ve ark., GAT, tonopen, NKT (non-kontakt tonometre) ve PDKT'nin MKK, keratometri, sferik ekivalan ve aksiyel uzunluk ile ilişkisini değerlendirmiş ve 4 tonometrenin de keratometri, sferik ekivalan ve aksiyel uzunluk değerlerinden etkilenmediğini bildirmişlerdir (86).

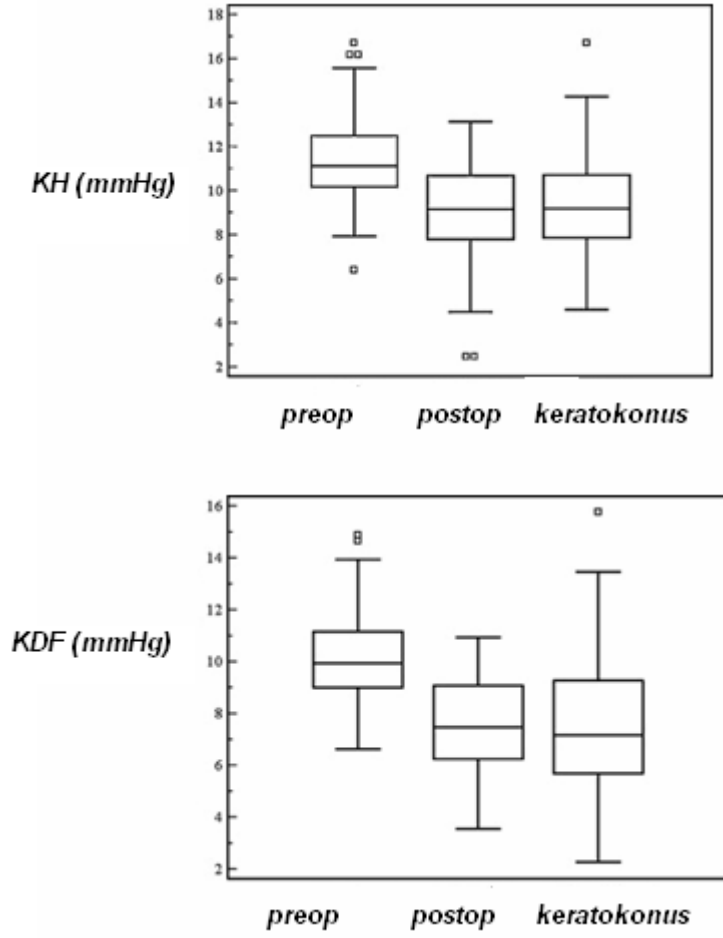
30 NTG'lu gözle yapılan bir çalışmada bu hastalardaki GİBkk değeri, PDKT ve GAT ile alınan GİB değerleriyle ayrıca GİBg ile karşılaştırılmış, GİBkk'nın diğer ölçüm değerlerinden daha yüksek olduğunu görülmüştür (87). PDKT, GAT, ORA'nın karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, PDKT ve ORA ile elde edilen GİB basınç değerlerinin birbiri ile uyum gösterdiğini fakat elde edilen değerlerin GAT değerlerinden yüksek olduğu ifade edilmiştir (88). Fakat ORA ile ölçülen GİB'in hem PDKT hem de GAT ile ölçülen GİB'den daha yüksek olduğunu ya da GAT, GİBkk ve GİBg'nin korele olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (89-91). GİB ölçüm tekniklerinden hangisinin en yüksek değeri verdiği konusunda fikir birliği olmamasına rağmen ORA ile alınan GİBkk'nın korneal faktörlerden en az etkilenen GİB değeri olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir.

GİBkk, GAT'nin hesaplamalara katmadığı değişkenleri değerlendirdiğinden glokom tedavisi sürecinin gözlenmesinde, NTG (normotansif glokom) hastalarının teşhisinde ya da KH-KDF değerlerinin etkisi nedeniyle yanlış konulmuş (yanlış pozitif) glokom teşhislerinin tespitinde kullanılmaktadır (92). Özellikle miyop hastalarda tigroid fundus, peripapiller atrofi, retina sinir lifi tabakasında incelmeler ve atipik görme alanı defektleri eşlik edebildiği için glokom tanısı ve takibi zorluk oluşturmaktadır. Bu nedenle miyop hastalarda GİB'nin doğru değerlendirilmesi önemlidir.

ORA, GİBkk ile miyop hastalardaki glokom tanı ve takibinin güvenilirliğini arttırmaktadır.

Yapılan klinik araştırma ve çalışmalar bu parametreler için normal kişilere ve farklı hastalıklara göre ne tür sapmalar gösterdiğini de ortaya koymaktadır. Araştırmalar keratokonus ve Fuch's distrofisi rahatsızlıkları için korneal biyomekanik ölçümlerin normal kişilere göre 2-2.5 mmHg civarında bir farklılık (azalma) gösterdiğini ortaya koymaktadır. Keratokonuslu hastalarda KH ve KDF değerlerinin daha düşük ölçülmesinin ektazi progresyonunun monitorizasyonunda kullanılabileceği bildirilmektedir (93,94).

Refraktif cerrahide ise KH ve KDF değerleri 9-13 mmHg'dan daha düşük olan hastalarda ektazi riskini göstermektedir. Ülkemizde 23 miyop astigmat hastanın 46 gözünde yapılan bir çalışmada LASIK sonrası KDF, KH, GİBg ve GİBkk ölçümlerindeki değişiklikler incelenmiş ve femtosaniye laser yardımıyla yapılan LASIK'in GİBg, KDF ve KH'nın ameliyat sonrası erken dönemde anlamlı derecede düşük ölçüldüğü fakat GİBkk değerinin bu cerrahiden pek etkilenmediği gösterilmiştir (95). Benzer sonuçlar başka çalışmalarda da doğrulanmıştır (96,97). Özetle; Refraktif cerrahi uygulanan hastalarda, KH ve KDF değerlerinde, cerrahi sonrası 3-4 mmHg arasında bir düşüş beklenmektedir (Şekil 4). ORA ile cerrahlar hastanın refraktif bir cerrahiye girip girmemesine karar verebilmektedir, dolayısıyla normalden düşük KH ve KDF değerlerine sahip hastalarda, cerrahi sonrası gelişme riski olan ve tam tedavisi mümkün olmayan ektazi riskini ortadan kaldırmış olacaktırlar.



Şekil 4. Refraktif cerrahi uygulanan hastalarda, KH ve KDF değerlerinde, cerrahi sonrası 3-4 mmHg arasında bir düşüş görülmektedir (97).

Tüm bu çalışmaların ışığında da oftalmolojide henüz yeni bir enstrüman olan ORA objektif ve güvenilir ölçümleriyle birçok alanda hasta tanı, takip ve monitorizasyonunda hakettiği yeri hızla almaktadır.

## MATERYAL METOD

Çalışmaya Şubat 2009 – Kasım 2009 tarihleri arasında Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı polikliniğine başvuran hastalar arasından (-5.00 D) ve üzerinde sferik kırma kusuru olan 27 miyop hasta, (+3.00 D) ve üzerinde sferik kırma kusuru olan 20 hipermetrop hasta ve 53 emetrop (refraksiyonu -1.00 D ile +1.00 D arasında) hasta alındı. Çalışma grupları oluşturulurken eşlik eden silindirik kırma kusurlarının 1.5 D'nin üzerinde olmamasına dikkat edildi.

20 yaş altı ve 40 yaş üstü olgular, oküler cerrahi geçirmiş olanlar, keratokonus başta olmak üzere başka bir oküler hastalığı bulunanlar, herhangi bir göz travması geçirmiş, son 1 hafta içinde topikal tedavi almış hastalar ve bilinen sistemik bir hastalığı olan olgular çalışmaya alınmadı. Çalışmamız Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Sekreterliği tarafından desteklendi (Proje no: 2009-2) ve Üniversitemiz Etik kurulu tarafından onaylandı.

Tüm olgulara, uygulanacak işlemler hakkında bilgi verilerek onam formları imzalatıldıktan sonra muayene ve ölçümlere geçildi. Sırasıyla refraksiyon muayenesi, biyomikroskopik muayene, fundus muayenesi yapıldı, keratometri, aksiyel uzunluk, ön kamara derinliği, GİB ve MKK ölçümleri alındı. ORA ile korneal biyomekanik ölçüm ve GİB değerlendirmeleri yapıldı. Tüm olgularda ölçümler aynı göz hekimi tarafından yapıldı.

Tüm hastaların Nidek NRK -8000 otorefraktometre ile otorefraktometre ve keratometri ölçümleri yapıldıktan sonra LogMAR ile en iyi düzeltilmiş görme keskinlikleri alındı. Haag-Streit biyomikroskop (CH-3097 Kőniz/Switzerland) ile ön segment muayeneleri yapılarak dosyalarına kaydedildi. Reichert oküler analiz cihazı (Depew, N.Y. USA) ile oturur pozisyonda hastanın alnı cihaz üzerinde uygun pozisyonda yerleştirilip, cihaz içindeki ışıklı bölmeye bakması istenerek dinamik airpuf sistemi ile ölçümleri alındı ve güvenilirlik indeksi %60'ın üzerinde olan ölçüm sonuçları kaydedildi [Kornea histerezisi (KH), kornea direnç faktörü (KDF), Goldmann ile korele GİB (GİBg), kornea kompanzasyonlu GİB (GİBkk)]. MKK ölçümü proparakain

hidroklorür %0.5 (Alcaine®, Alcon) ile topikal anesteziden sonra yine aynı cihaz üzerindeki ultrasonik pakimetre ile yapıldı. MKK ölçümü hasta oturur pozisyonda karşıya doğru bakarken, korneaya baskı uygulamadan ve pakimetri probu korneaya dik olarak yerleştirilerek gerçekleştirildi. Cihazın otomatik olarak ölçtüğü 10 değerın ortalamasını aldı.

Bundan sonra GAT ile GİB ölçümüne geçildi. Hasta ölçüm tekniği hakkında bilgilendirildikten sonra, her göze bir damla % 0.5 proparakain hidroklorür (Alcaine®, Alcon) damlatıldı, fluoresseinli kağıt alt kapak forniksine temas ettirildi. Hasta tam karşıya bakarken biyomikroskoba monte edilmiş GAT ile kobalt mavisi ışığı 60 derece açı yapar konumda, halkaların iç kısımları üst üste gelene kadar alet üzerindeki düğme çevirildi. Bulunan değer 10 ile çarpılarak GİB hesaplandı. Son olarak aksiyel uzunluk ölçümü için hasta muayene masasına supin pozisyonda, yüzü tavana bakacak şekilde yatırıldı. PASCAN 300 A ultrasonik biometri cihazı ile aksiyel uzunluk ölçümleri yapıldı. Probun ucunun kornea santraline dik olmasına ve bası oluşturmamasına özen gösterildi. Her defasında en az beşer ölçüm yapıldı. Beş ölçümün ortalaması kaydedildi. Ölçümler tamamlandıktan sonra % 0.5 tropikamid damla ile dilatasyon sağlanarak fundus muayenesi yapıldı. Bulgular hasta dosyasına kayıt edildi.

Çalışma verilerinin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 16.0 programı kullanıldı. Bulgular ortalama  $\pm$  standard deviasyon (ort  $\pm$  SD) olarak belirtildi. Çalışmada ortalamaların karşılaştırılmasında Oneway ANOVA, ikili grupların ortalamaları karşılaştırılırken parametreler için uygun koşullar sağlandığında t testi, uygun koşullar sağlanmadığında Mann-Whitney U testi kullanıldı. Ortalamaların farklılığı  $p < 0.05$  ise istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Parametrelerin birbiri ile korelasyonunun saptanmasında Pearson korelasyon testi kullanıldı. Buna göre  $r < 0.24$  zayıf, 0.25-0.49 arası orta, 0.50-0.72 arası yüksek, 0.75-1.00 arası çok yüksek korele kabul edildi.

## BULGULAR

Çalışmaya, değerlendirilen 100 hastanın toplam 193 gözü dahil edildi. Çalışmaya alınan birinci gruptaki 53 hastanın 102 gözü kontrol grubunu, ikinci gruptaki 27 hastanın 53 gözü miyop grubunu, üçüncü gruptaki 20 hastanın 38 gözü hipermetrop grubunu oluşturdu. Grup I'de 34 kadın, 19 erkek toplam 53 hasta, 102 göz (4 hastanın birer gözleri emetrop olmadığı için gruba dahil edilmedi), grup II'de 9 erkek, 18 kadın 27 hasta, 53 göz (bir hastanın diğer gözü yüksek miyop olmadığı için gruba dahil edilmedi), grup III'de 11 erkek, 9 kadın 20 hasta 38 göz (iki hastanın birer gözü yüksek hipermetrop olmadığı için gruba dahil edilmedi) çalışmaya alındı. Grup I'deki 53 hastanın ortalama yaşı  $28.9 \pm 5.6$  (20-40), grup II'de 27 hastanın ortalama yaşı  $30.7 \pm 6.9$  (20-40), grup III'de 20 hastanın ortalama yaşı  $29.1 \pm 7.7$  (20-40) idi.

Çalışmada değerlendirilen hasta gruplarının yaş ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktu ( $p=0.223$ ). Gruplar yaş dağılımı açısından uyumluydu. Grup I'i oluşturan kontrol grubu olgularının sferik kırma kusuru (SKK) değerlerinin ortalaması  $-0.09 \pm 0.24$  D, Grup II'yi oluşturan miyop tanılı olguların SKK değerleri ortalaması  $-7.28 \pm 3.55$  D, Grup III'ü oluşturan hipermetrop tanılı olguların SKK değerleri ortalaması  $+5.04 \pm 2.06$  D olarak tespit edildi (Tablo 1).

**Tablo 1.** Demografik özellikler.

	Tanı	Hasta sayısı	Göz sayısı	Yaş ort ( $\pm$ SS)	Cinsiyet	
					E	K
<b>Grup I</b>	Emetrop	53	102	$28.9 \pm 5.6$	19	34
<b>Grup II</b>	Miyop	27	53	$30.7 \pm 6.9$	9	18
<b>Grup III</b>	Hipermetrop	20	38	$29.1 \pm 7.7$	11	9



Çalışmaya alınan hastaların SKK, SE, Kort ve AU'ları ölçülmüştür. Ölçülen tüm parametrelerin gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturdukları izlenmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Tanı gruplarında SKK, SE, Ortalama Keratometrik Değerleri (Kort) ve AU değerlerinin ortalaması  $\pm$  standart sapmaları (SS).

	<b>SKK (D)</b>	<b>SE (D)</b>	<b>Kort (D)</b>	<b>AU (mm)</b>
<b>Grup I</b>	-0.09 $\pm$ 0.24	-0.19 $\pm$ 0.35	43.18 $\pm$ 1.47	23.37 $\pm$ 0.85
<b>Grup II</b>	-7.28 $\pm$ 3.55	-7.75 $\pm$ 3.50	43.96 $\pm$ 1.82	26.52 $\pm$ 2.00
<b>Grup III</b>	+5.04 $\pm$ 2.06	+5.50 $\pm$ 1.98	43.88 $\pm$ 2.18	20.47 $\pm$ 1.30
<b>P</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.01</b>	<b>&lt;0.001</b>

Çalışmada değerlendirilen hastaların KH, GİBg, GİBkk ve GAT ölçümleri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmaktadır fakat MKK ve KDF ölçümlerinin gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark oluşturmadığı izlenmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Tanı gruplarında KH, KDF, GİBg, GİBkk, GAT, MKK değerlerinin ortalaması  $\pm$  standart sapmaları (SS).

	<b>KH (mmHg)</b>	<b>KDF (mmHg)</b>	<b>GİBg (mmHg)</b>	<b>GİBkk (mmHg)</b>	<b>GAT (mmHg)</b>	<b>MKK (<math>\mu</math>m)</b>
<b>Grup I</b>	10.33 $\pm$ 1.50	9.99 $\pm$ 1.66	14.32 $\pm$ 2.80	15.04 $\pm$ 2.63	15.10 $\pm$ 2.89	545 $\pm$ 33
<b>Grup II</b>	9.95 $\pm$ 1.55	9.97 $\pm$ 1.85	15.31 $\pm$ 3.48	16.31 $\pm$ 3.09	15.90 $\pm$ 2.61	544 $\pm$ 33
<b>Grup III</b>	11.48 $\pm$ 1.83	10.76 $\pm$ 2.43	13.59 $\pm$ 3.88	13.17 $\pm$ 2.73	14.23 $\pm$ 3.35	546 $\pm$ 44
<b>p</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.079	<b>0.038</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.028</b>	0.985

ORA cihazının verdiği korneal biyomekanik ölçümler olan KH ve KDF değerlerinin cinsiyetle korelasyonları saptanmamıştır. Fakat yaşla zayıf negatif korelasyon gösterdikleri izlenmiştir (Tablo 4,5).

**Tablo 4.** KH ve KDF'nin yaş ve cinsiyetle ilişkisinin p değerleri.

	<b>KH (mmHg)</b>	<b>KDF (mmHg)</b>
<b>Cinsiyet</b>	0.173	0.064
<b>Yaş</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.04</b>

**Tablo 5.** KH ve KDF'nin yaş ve cinsiyetle korelasyonunun r değerleri.

	<b>KH (mmHg)</b>	<b>KDF (mmHg)</b>
<b>Cinsiyet</b>	-0.098	-0.133
<b>Yaş</b>	-0.267	-0.208

Çalışma gruplarında KH'nın çalışılan parametrelerle ve KDF ile ilişkisi araştırıldığında özellikle KDF ve MKK ile her 3 grupta da yüksek korelasyon gösterdiği izlenmiştir. Buna ait dağılım grafik l'de gösterilmiştir. Tüm çalışma grubunun korelasyon analizinde ise SKK ve SE ile orta düzeyde pozitif korelasyonu, AU ile yine orta düzeyde negatif korelasyonu saptanmıştır. Fakat gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde SKK, SE ve AU ile grupların hiçbirinde anlamlı korelasyon saptanmamıştır (Tablo 6,7).

KH'nın GİB'larıyla korelasyonunun analizinde, tüm hastalar ele alındığında GİBg ile pozitif, GİBkk ile negatif korelasyon gösterdiği izlenmiştir. GAT ile korelasyonu anlamlılık sınırındadır. Gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise, GİBg ile grup I ve grup III, GİBkk ile grup I ve grup II'de korelasyon gösterirken, GAT ile yalnızca grup III'de korelasyon göstermektedir. KH'nın ölçülen diğer parametrelerle korelasyonunun anlamlılıkları ve korelasyon düzeylerinin ayrıntıları Tablo 6 ve 7'de gösterilmiştir.

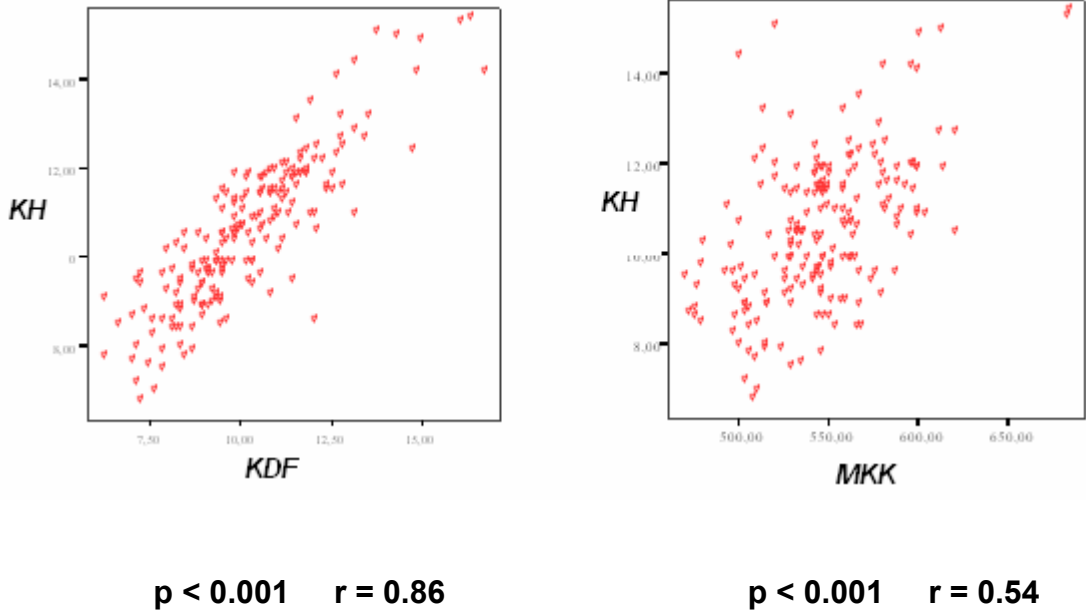
**Tablo 6.** KH değerleri ile ölçülen diğer parametreler arasındaki ilişkinin p değerleri.

	SKK (D)	SE (D)	Kort (D)	KDF (mmHg)	AU (mm)	MKK ( $\mu$ m)	GİBg (mmHg)	GİBkk (mmHg)	GAT (mmHg)
<b>Grup I</b>	0.87	0.94	0.72	<b>&lt;0.001</b>	0.17	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.04</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.25
<b>Grup II</b>	0.53	0.51	0.56	<b>&lt;0.001</b>	0.15	<b>&lt;0.001</b>	0.10	<b>0.018</b>	0.15
<b>Grup III</b>	0.14	0.28	0.54	<b>&lt;0.001</b>	0.10	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.90	<b>0.009</b>
<b>Tüm hastalar</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.30	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.05</b>

**Tablo 7.** KH değerleri ile ölçülen diğer parametreler arasındaki korelasyonun r değerleri.

	SKK (D)	SE (D)	Kort (D)	KDF (mmHg)	AU (mm)	MKK ( $\mu$ m)	GİBg (mmHg)	GİBkk (mmHg)	GAT (mmHg)
<b>Grup I</b>	-0.01	0.006	0.03	<b>0.86</b>	-0.13	<b>0.53</b>	0.19	<b>-0.43</b>	0.11
<b>Grup II</b>	0.08	0.09	0.08	<b>0.83</b>	-0.20	<b>0.63</b>	0.22	<b>-0.32</b>	0.19
<b>Grup III</b>	0.24	0.17	0.10	<b>0.92</b>	-0.26	<b>0.56</b>	0.58	-0.02	<b>0.41</b>
<b>Tüm hastalar</b>	<b>0.29</b>	<b>0.29</b>	0.07	<b>0.86</b>	<b>-0.34</b>	<b>0.54</b>	<b>0.23</b>	<b>-0.38</b>	<b>0.13</b>

Tablo 6 ve 7’de görülen, KH değeri ile yüksek korelasyona sahip KDF ve MKK değerlerine ilişkin şekil aşağıdaki gibidir.



**Şekil 5.** KH’nın tüm çalışma gruplarında, MKK ile yüksek korelasyon, KDF ile çok yüksek korelasyon gösterdiği izlendi. Bu korelasyonlara ait Bland-Altman plots grafikleri yukarıda görülmektedir (Tablo 6 ve 7’de bu korelasyonların düzeyi ve anlamlılığı gösterilmektedir).

Çalışmaya alınan parametrelerin KDF ile ilişkileri araştırıldığında MKK ve GİBg ile her 3 grupta da yüksek, GAT ile orta düzeyde korelasyon gösterdiği izlenmektedir. Ancak SKK, SE, Kort, AU ve GİBkk ile grupların hiçbirinde anlamlı korelasyonu izlenmemiştir. KDF’nin MKK, GİBg ve GAT ile ilişkisi Şekil 6’da gösterilmiştir. KDF’nin değerlendirilen tüm parametrelerle korelasyonunun istatistiksel anlamlılığı ve korelasyon düzeyi Tablo 8 ve 9’da ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

**Tablo 8.** KDF değerleri ile ölçülen diğer parametreler arasındaki ilişkinin p değerleri.

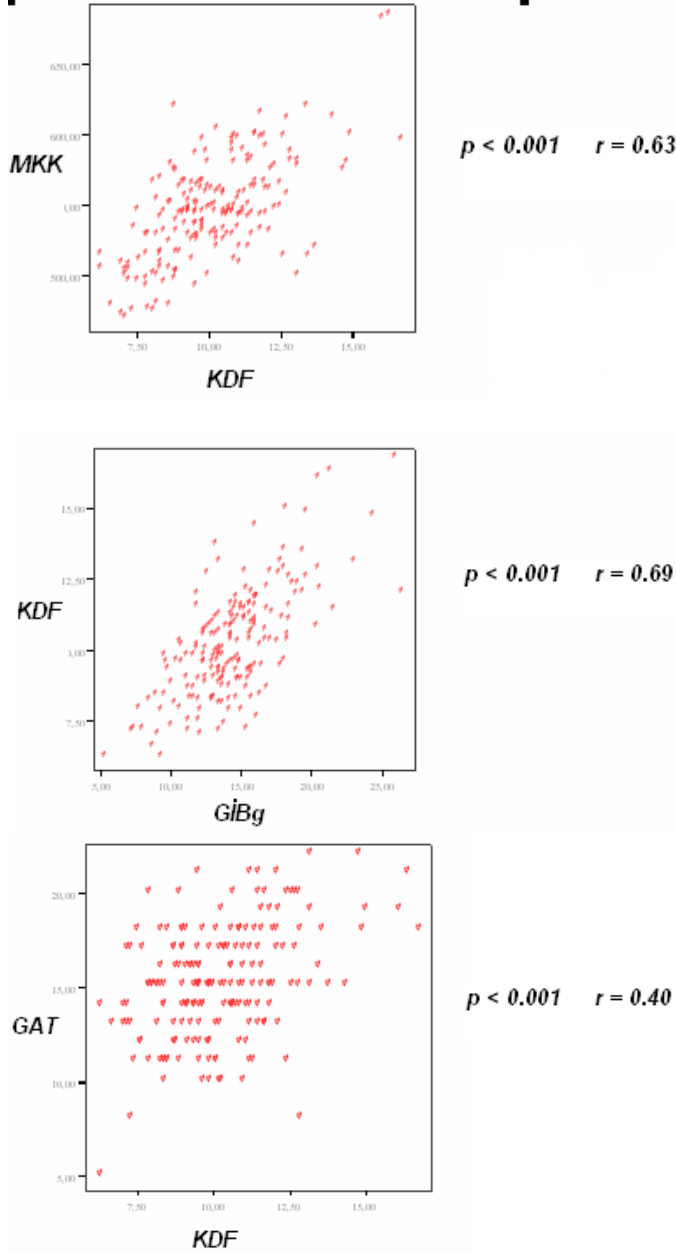
	<b>SKK (D)</b>	<b>SE (D)</b>	<b>Kort (D)</b>	<b>AU (mm)</b>	<b>MKK (<math>\mu</math>m)</b>	<b>GİBg (mmHg)</b>	<b>GİBkk (mmHg)</b>	<b>GAT (mmHg)</b>
<b>Grup I</b>	0.37	0.67	0.94	0.98	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.46	<b>&lt;0.001</b>
<b>Grup II</b>	0.71	0.64	0.97	0.87	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.07	<b>&lt;0.001</b>
<b>Grup III</b>	0.38	0.59	0.87	0.42	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.23	<b>&lt;0.001</b>
<b>Tüm hastalar</b>	0.07	0.07	0.74	0.07	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.07	<b>&lt;0.001</b>

40

**Tablo 9.** KDF değerleri ile ölçülen diğer parametreler arasındaki korelasyonun r değerleri.

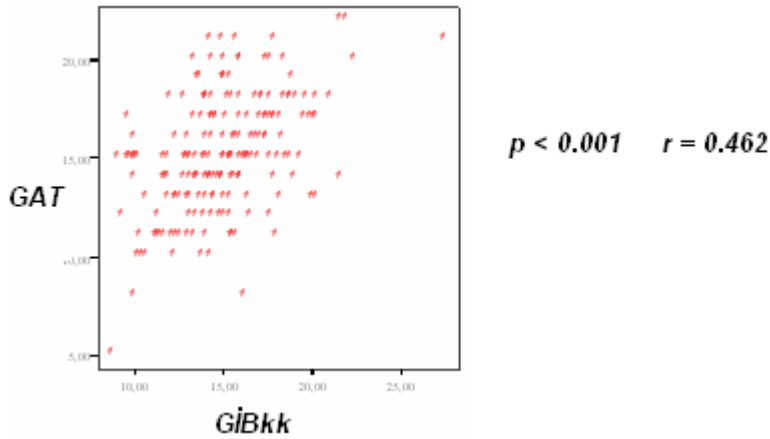
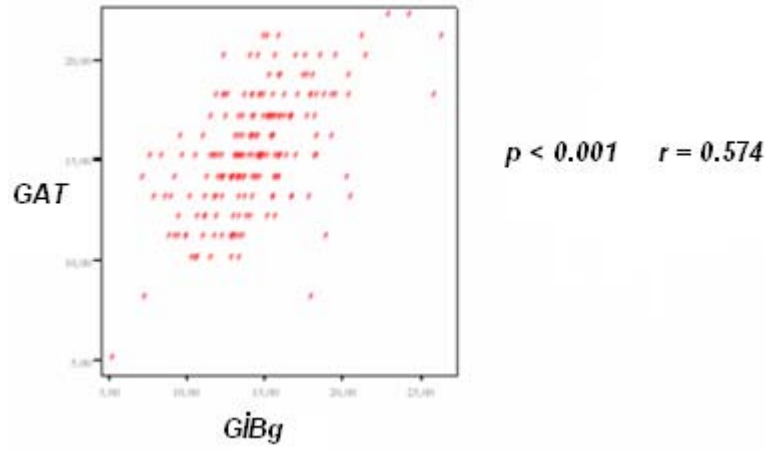
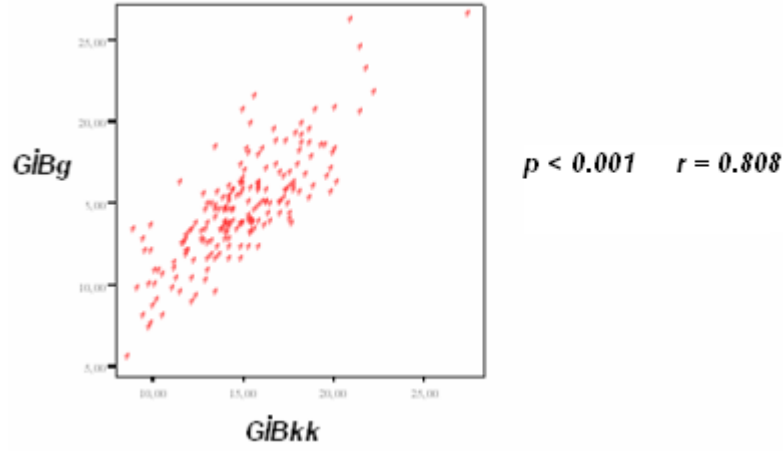
	<b>SKK (D)</b>	<b>SE (D)</b>	<b>Kort (D)</b>	<b>AU (mm)</b>	<b>MKK (<math>\mu</math>m)</b>	<b>GİBg (mmHg)</b>	<b>GİBkk (mmHg)</b>	<b>GAT (mmHg)</b>
<b>Grup I</b>	-0.08	-0.04	0.007	0.002	<b>0.56</b>	<b>0.66</b>	0.07	<b>0.35</b>
<b>Grup II</b>	0.05	0.06	0.001	-0.02	<b>0.69</b>	<b>0.72</b>	0.24	<b>0.41</b>
<b>Grup III</b>	0.14	0.08	0.02	-0.13	<b>0.70</b>	<b>0.84</b>	0.36	<b>0.61</b>
<b>Tüm hastalar</b>	0.13	0.13	0.02	-0.12	<b>0.63</b>	<b>0.69</b>	0.13	<b>0.40</b>

Tablo 8 de görülen, KDF değeri ile yüksek korelasyona sahip GiBg, MKK ve GAT değerlerine ait şekil aşağıda gösterilmektedir.



**Şekil 6.** Yaptığımız çalışmada KDF'nin MKK ile yüksek korelasyon gösterdiği izlenmiştir. KDF'nin göz içi basınç ölçümlerine etkisini değerlendirdiğimizde, GiBg ve GAT'ın KDF'den etkilenen göz içi basınç ölçümleri olduğu tespit edilmiştir.

GİBg, GAT ve GİBkk'nın birbiriyle ilişkileri aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



**Şekil 7.** Çalışmamızda GİBg, GİBkk ve GAT'ın birbirleri ile korelasyonlarını ele aldığımızda, GİBg ile GİBkk'nın çok yüksek korelasyonunun olduğu, GAT'ın ise GİBkk ile orta, GİBg ile yüksek korelasyonunun olduğu izlenmiştir.

Çalışma gruplarında MKK'nın çalışılan parametrelerle ilişkisi araştırıldığında, AU, SKK, Sferik ekivalandan etkilenmediği izlenmiştir. GİBg ile tüm çalışma gruplarında, GAT ile grup II ve grup III'de korele olduğu görülmüştür. GİBkk'nın ise MKK'dan etkilenmeyen bir GİB ölçümü olduğu saptanmıştır (Tablo 10,11).

**Tablo 10.** MKK ve diğer parametreler arasındaki ilişkinin p değerleri.

	<b>AU (mm)</b>	<b>SKK (D)</b>	<b>SE (D)</b>	<b>GİBkk (mmHg)</b>	<b>GİBg (mmHg)</b>	<b>GAT (mmHg)</b>
<b>Grup I</b>	0.063	0.683	0.300	0.560	<b>&lt;0.001</b>	0.550
<b>Grup II</b>	0.297	0.210	0.210	0.570	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.003</b>
<b>Grup III</b>	0.080	0.179	0.060	<b>0.002</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.002</b>
<b>Tüm hastalar</b>	0.217	0.557	0.564	0.170	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>

**Tablo 11.** MKK ve diğer parametrelerin korelasyonunun r değerleri.

	<b>AU (mm)</b>	<b>SKK (mmHg)</b>	<b>SE (D)</b>	<b>GİBkk (mmHg)</b>	<b>GİBg (mmHg)</b>	<b>GAT (mmHg)</b>
<b>Grup I</b>	0.18	0.04	0.10	-0.05	<b>0.29</b>	0.05
<b>Grup II</b>	0.14	-0.17	-0.17	0.07	<b>0.43</b>	<b>0.39</b>
<b>Grup III</b>	0.28	-0.22	-0.30	<b>0.48</b>	<b>0.72</b>	<b>0.49</b>
<b>Tüm hastalar</b>	0.08	-0.04	-0.42	0.09	<b>0.44</b>	<b>0.25</b>



Çalışmaya alınan tüm hastalar için değerlendirildiğinde GİBg-GAT farkının KDF ile bütün gruplarda orta düzeyde pozitif korelasyon gösterdiği izlenmiştir. MKK ile grup II (yüksek miyop grup) dışındaki gruplarda, AU ile grup III (yüksek hipermetrop) dışındaki gruplarda pozitif korelasyonu saptanmıştır (Tablo 12,13).

**Tablo 12.** GİBg-GAT farkının KH, KDF, MKK ve AU ile ilişkisinin p değerleri.

	<b>KH (mmHg)</b>	<b>KDF (mmHg)</b>	<b>MKK (µm)</b>	<b>AU (mm)</b>
<b>Grup I</b>	0.42	<b>0.003</b>	<b>0.017</b>	<b>0.005</b>
<b>Grup II</b>	0.54	<b>0.001</b>	0.280	<b>0.017</b>
<b>Grup III</b>	0.06	<b>0.004</b>	<b>0.008</b>	0.310
<b>Tüm hastalar</b>	0.89	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.030

**Tablo 13.** GİBg-GAT farkının KH, KDF, MKK ve AU ile korelasyonlarının r değerleri.

	<b>KH (mmHg)</b>	<b>KDF (mmHg)</b>	<b>MKK (µm)</b>	<b>AU (mm)</b>
<b>Grup I</b>	0.07	<b>0.29</b>	<b>0.23</b>	<b>0.27</b>
<b>Grup II</b>	0.08	<b>0.45</b>	0.15	<b>0.32</b>
<b>Grup III</b>	0.30	<b>0.45</b>	<b>0.42</b>	0.16
<b>Tüm hastalar</b>	0.12	<b>0.37</b>	<b>0.25</b>	0.15

GİBkk-GİBg farkı KH, KDF ve MKK ile tüm gruplarda güçlü negatif korelasyon göstermektedir. AU ile grupların hiç birinde korelasyonu saptanmazken, çalışmaya alınan tüm hastalar için değerlendirildiğinde orta düzeyde korelasyonu izlenmiştir (Tablo 14,15).

**Tablo 14.** GİBkk-GİBg farkının KH, KDF, MKK ve AU ile ilişkisinin p değerleri.

	<b>KH (mmHg)</b>	<b>KDF (mmHg)</b>	<b>MKK (µm)</b>	<b>AU (mm)</b>
<b>Grup I</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.43
<b>Grup II</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.37
<b>Grup III</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.21
<b>Tüm hastalar</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>

**Tablo 15.** GİBkk-GİBg farkının KH, KDF, MKK ve AU ile korelasyonlarının r değerleri.

	<b>KH (mmHg)</b>	<b>KDF (mmHg)</b>	<b>MKK (µm)</b>	<b>AU (mm)</b>
<b>Grup I</b>	<b>-0.97</b>	<b>-0.95</b>	<b>-0.56</b>	0.07
<b>Grup II</b>	<b>-0.96</b>	<b>-0.94</b>	<b>-0.68</b>	0.12
<b>Grup III</b>	<b>-0.98</b>	<b>-0.97</b>	<b>-0.64</b>	0.20
<b>Tüm hastalar</b>	<b>-0.97</b>	<b>-0.95</b>	<b>-0.60</b>	<b>0.25</b>

GİBkk-GAT farkı, KH, KDF ve AU ile korelasyon göstermektedir. KH ve AU ile korelasyonu tüm grupları kapsarken, KDF ile grup II'de korelasyonu bulunmamaktadır. MKK ile tüm hastalar ele alındığında zayıf korelasyon göstermekte fakat gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde korelasyon saptanmamaktadır (Tablo 16,17).

**Tablo 16.** GİBkk-GAT farkının KH, KDF, MKK ve AU ile ilişkisinin p değerleri.

	<b>KH (mmHg)</b>	<b>KDF (mmHg)</b>	<b>MKK (µm)</b>	<b>AU (mm)</b>
<b>Grup I</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.005</b>	0.28	<b>0.002</b>
<b>Grup II</b>	<b>&lt;0.001</b>	0.47	0.07	<b>0.004</b>
<b>Grup III</b>	<b>0.001</b>	0.02	0.47	<b>0.04</b>
<b>Tüm hastalar</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.04</b>	<b>&lt;0.001</b>

**Tablo 17.** GİBkk-GAT farkının KH, KDF, MKK ve AU ile korelasyonlarının r değerleri.

	<b>KH (mmHg)</b>	<b>KDF (mmHg)</b>	<b>MKK (µm)</b>	<b>AU (mm)</b>
<b>Grup I</b>	<b>-0.48</b>	<b>-0.27</b>	-0.10	<b>0.29</b>
<b>Grup II</b>	<b>-0.47</b>	-0.10	-0.24	<b>0.39</b>
<b>Grup III</b>	<b>-0.51</b>	<b>-0.36</b>	-0.11	<b>0.33</b>
<b>Tüm hastalar</b>	<b>-0.50</b>	<b>-0.26</b>	-0.14	<b>0.30</b>

## TARTIŞMA

Kırma kusurları bütün toplumlarda göz hastalıkları polikliniklerine en sık başvuru nedenlerinden birini oluşturmaktadır. Kırma kusurları ile aksiyel uzunluk, keratometri gibi parametreler arasındaki ilişkinin araştırılmış olduğu pek çok çalışma bulunmaktadır (98-100). Ancak kırma kusuru progresyonu ile viskosite, elastisite, hidrasyon, akışkanlık gibi korneal biyomekanik özelliklerdeki değişimin ilişkisini gösteren çalışma bulunmamaktadır.

Oküler respons analiz cihazı (ORA) oftalmolojide son yıllarda kullanıma girmiş yeni bir enstrümandır. Korneal histerezis (KH) ve korneal direnç faktör (KDF) ORA ile ölçülebilen iki parametredir. Bu parametreler korneal biyomekanik özelliklerin kantitatif değerlendirilmesini ifade etmektedir. İlk defa Luce (101) tarafından ortaya konmuştur. KH, korneanın viskositesiyle ilgili bir parametredir. Cihazın püskürttüğü havayla korneada oluşan anlık deformasyonla elde edilen bir fenomendir. Luce'a göre (KH; p1-p2) KH, cihaz hava püskürtürken korneada meydana gelen çöküntüyle alınan; İlk aplanasyon değeri (p1) ile hava püskürtme işlemi durdurulduktan sonra kornea tekrar dışarı yöneldiğinde alınan; İkinci aplanasyon değeri (p2) arasındaki farkı göstermektedir. KDF ise bu deformasyona korneanın göstermiş olduğu direnci ifade etmekte olup, şu denklemlerle gösterilmektedir;

$$KDF: k1 \times (p1 - 0.7 \times p2) + k2$$
 düzenlenecek olursa;  $k1(p1 - p2) + 0.3 \times k1p2 + k2$ .

k1 kalibrasyon sabitini, k2 kalibrasyon ofsetini ifade etmektedir. Bu formülden de anlaşılacağı gibi KDF, KH'e bağlı bir değerdir. Bu durum bizim çalışmamızda da KH-KDF arasında çok yüksek korelasyon ( $p < 0.001$ ,  $r = 0.86$ ) bulunduğunun gösterilmesiyle ispatlanmaktadır. Literatürde korneal biyomekanikle ilgili pek çok çalışmada belirtilmektedir (82, 94, 101, 102).

Yaptığımız çalışmada öncelikle KH ve KDF'nin yaşla ve cinsiyetle değişimini değerlendirdik. Literatürde yaşla korneal biyomekanik arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalardan biri, KH ve KDF'nin yaşla zayıf korelasyon gösterdiğini (103) bildirirken bir diğeri yaşlılarda KH'nin daha düşük değer vermeye eğilimli olduğunu ve yaşlı gruptaki değerlerle genç gruptaki değerler

arasındaki farkın istatistiksel anlamlık gösterdiğini (104) bildirmektedir. Biz kendi çalışmamızda benzer şekilde yaşla zayıf korelasyon saptadık. Fakat yaşla KH ve KDF'de anlamlı değişiklik oluşmadığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (103, 105-107). Hasta yaşının korneal biyomekaniğe etkili olabileceğini inkar edemeyiz fakat başka çalışmalarla bu noktaya açıklık getirilmesi gerekmektedir.

Cinsiyetle korneal biyomekanik parametreler arasındaki ilişki değerlendirildiğinde genelde literatürdeki tüm çalışmalarda bu iki faktör arasında korelasyon bulunmadığı belirtilmiştir (105,107). Biz de kendi çalışmamızda literatüre uygun olarak cinsiyetle kornea biyomekaniği arasında anlamlı ilişki olmadığını saptadık.

Tüm oftalmik cihazlarda alınan ölçümlerin güvenilirliğinin tekrarlanabilirlikleriyle ilişkili olduğu bilinmektedir. ORA ile alınan ölçümlerin tekrarlanabilirliklerinin yüksek olduğu çeşitli çalışmalarda ifade edilmektedir. KH'nin tekrarlanabilirliği bazı çalışmalarda  $0.1\pm 0.5$  mmHg (105) bildirilirken bazıları 0.8 mmHg olarak bildirilmektedir (108). Biz cihazın tekrarlanabilirliğini sayısal olarak değerlendirmemiş olsak da tekrarlanabilirliğinin güvenilirlik indeksi ile ilişkili olabileceğine inanıyoruz. Bu nedenle güvenilirlik indeksi %60'ın üzerinde olan ölçümleri çalışmamıza dahil ettik.

Daha önce de belirttiğimiz gibi KH ve KDF'nin birbirleri ile çok yüksek korelasyon ( $p<0.01$ ,  $r=0.86$ ) gösterdiklerini izledik. Çin'de yapılan bir çalışmada, yüksek miyop hastalarda korneal biyomekanik özellikler araştırılmış ve KDF'nin KH ve MKK'den etkilendiği gösterilmiştir (109). KDF ve MKK arasındaki güçlü korelasyon literatürdeki bir çok çalışmada doğrulanmıştır (90,102,107,109-112). Biz kendi çalışmamızda da literatürle uyumlu olarak hem KH ( $p<0.01$ ,  $r=0.54$ ) hem de KDF ( $p<0.01$ ,  $r=0.63$ )'nin MKK ile anlamlı pozitif korelasyon gösterdiğini saptadık. Bu sonuç zaten korneal biyomekanikle ilgili pek çok çalışma ile desteklenmektedir (90,102,107,109,112). KH'nin MKK ile güçlü korelasyonu ispatlanmış olmasına rağmen kontakt lenslerle ilgili bir çalışmada kontakt lens çıkarıldıktan sonra korneal kalınlık %10'dan fazla değiştiği halde KH'nin

değişmediği gösterilmiştir (108). Bu durum bize KH'nın yalnızca korneal kalınlıkla değil, korneal içerikle de ilgili bir parametre olduğunu ve korneal değişikliklerden (örn: skar, nefelyon, ödem) etkilenmediğini düşündürmektedir.

Kornea biyomekaniğinin korneal kalınlıktan etkilendiğinin görülmesi, LASIK geçirmiş ve keratokonuslu hastalarda gelişen KH düşüklüğünün nedenlerinden birinin de bu hastalarda meydana gelen MKK incelmeye olabileceğini düşündürmektedir.

Korneal biyomekanikle ilgili diğer parametre olan KDF ise 3 grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmamaktadır. Bu şu hipotezi gündeme getirebilir; p2 GİBg artışına bağlı olarak artmış olmalı ki bu da KDF'nin gruplar arasında anlamlı fark oluşturmaması sonucunu meydana getirmiş olabilir (109).

Çalışmamıza aldığımız parametrelerden MKK ve KDF dışındakilerin tamamı miyop, hipermetrop ve kontrol gruplarında istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmuyordu. Aksiyel uzunluk beklenildiği gibi miyop grupta en yüksek, hipermetrop grupta en düşüktü. KH ve KDF'e etki eden refraksiyonel faktörleri ortaya koymayı amaçlayarak sferik kırma kusuru (SKK), sferik ekivalan (SE), aksiyel uzunluk (AU) ve keratometri ile ilişkilerini de inceledik. Gruplar ayrı ayrı incelendiğinde KH'nın hiçbir parametreyle korelasyonu saptanamazken (105) tüm hastaları birlikte ele aldığımızda SKK ( $p<0.01$ ,  $r=0.29$ ), SE ( $p<0.01$ ,  $r=0.29$ ) ile pozitif, AU ( $p<0.01$ ,  $r=-0.34$ ) ile negatif korelasyon gösterdiğini izledik. İlginçtir ki benzer şekilde yüksek miyop ve kontrol grubundan oluşan başka bir çalışmada da ayrı ayrı gruplarda SE ile korelasyon saptanmamış ancak gruplar kombine edildiğinde KH ile SE'nin korelasyonunun olduğu görülmüştür (109). İki çalışmada da karşılaşılan bu durumu açıklamak güçtür. Fakat her iki çalışmada da kontrol ve hasta gruplarındaki vaka sayılarının oldukça farklı olmasından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Nitekim benzer durum çalışmamıza aldığımız birçok parametrenin analizinde izlenmektedir.

Sonuç olarak çalışmamızda KH'nın miyoptan hipermetropa gidildikçe arttığı saptandı. Bu durumun miyop hastalardaki korneal biyomekanik değişikliklere bağlı olabileceği düşünülebilir. Skleral biyomekaniğin miyopi progresyonuna neden olan skleral kollajendeki değişikliklerle korelasyon gösterdiği bilinmektedir (113). Korneal stroma ise skleranın devamı olan kollajen ekstrasellüler matriksden oluşmaktadır (114). İlginçtir ki korneal kollajen sentezinin miyopi gelişimini izleyen ilk günlerde değişmediği bildirilmektedir (115). Fakat hem posterior sklera hem de total sklerada belirgin azalma görülmektedir. KH, muhtemelen sklera ve dolayısıyla korneada meydana gelen bu değişikliklerle miyop hastalarda düşük ölçülmektedir. Bu durum yüksek miyop hastalardaki GİB ölçümlerine şüpheyle yaklaşılması gerektiğini düşündürmektedir.

Çalışmamızda KH ile SKK ( $p<0.001$ ,  $r=0.29$ ) ve SE ( $p<0.001$ ,  $r=0.29$ ) arasında pozitif korelasyon saptamamıza rağmen KDF ile ne SKK ne de SE arasında korelasyon olmadığını izledik. Shen ve ark.'nın çalışmalarında da KH ile sferik ekivalan (SE) arasında korelasyon bulunduğu fakat KDF ve SE arasında herhangi bir korelasyon bulunmadığı belirtilmiştir (109). Shen'in çalışmasında MKK ve KH yüksek miyop grupta kontrollerden daha düşük ölçülmüştür, bizim çalışmamızda ise KH miyop grupta kontrolden daha düşük, hipermetrop grupta ise daha yüksek izlenmiştir fakat MKK 3 grup arasında istatistiksel anlamlı fark oluşturmamıştır. Çalışmamızda KH ile AU arasında negatif korelasyon saptanmıştır ki bu durumda KH'nin miyop hastalarda daha düşük değerler vermesi sonucuyla uyumludur. KDF ile aksiyel uzunluk arasında ise korelasyon saptanmamıştır. Halbuki Chang ve ark. çocukluk çağındaki miyop hastalarla yaptığı çalışmasında hem KH hem de KDF ile aksiyel uzunluklar arasında korelasyon bulunduğunu bildirmektedir (116). Bizim çalışmamızda KDF'nin yalnızca AU'dan değil SKK, SE gibi refraksiyonla ilişkili parametrelerden de etkilenmediği izlenmektedir. Tablo 8 ve 9'da gösterildiği gibi KDF'nin MKK, GİBg ve GAT ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Fakat KDF'nin anlamlı korelasyon gösterdiği MKK da SKK, SE ve AU'dan etkilenmemektedir. Benzer sonuçlar daha önce Shen ve ark. çalışmasında da gösterilmiştir (109). Bu durumda KDF'nin hastanın

refraksiyonundan hiçbir şekilde etkilenmeyen bir parametre olduğu söylenebilir. Fakat korneal hidrasyon ve diğer pek çok bilmediğimiz olaydan etkilenmesi mümkündür.

Çalışmadaki bizce en önemli sonuçlardan biri de GİB'lerinin, MKK ve korneal biyomekanik ile ilişkilerinin ortaya konmasıdır. MKK'nin Goldman aplanasyon tonometresiyle ilgili ölçüm sonuçlarını etkilediği uzun zamandır bilinmektedir. Aplanasyon tonometri, korneaya güç uygulayıp düzleştirerek ölçüm yapan bir cihazdır. Korneaya temas eden sferik yüzeye uygulanan güçle kornea düzleşmekte, korneaya içeriden ve dışarıdan uygulanan kuvvet eşitlendiğinde ölçüm alınmaktadır. Bu yöntem yüzeyi mükemmel derecede sferik, elastik ve ince kabul etmektedir fakat kornea sınırlı bir kalınlığa sahiptir ve tamamen elastik yapıda değildir. Katarakt ve glokom cerrahisi geçirmiş 29 göze aplanasyon tonometrisi ile ölçüm yapılan bir çalışmada GİB'leri değerlendirilmiş ve sadece MKK 520  $\mu\text{m}$  olan hastalarda doğru değer alındığı gösterilmiştir (118). MKK ile GİB ilişkisinin değerlendirildiği başka bir çalışmada MKK'daki her %10'luk farkın GİB'ini 1.1 mmHg değiştirdiği ifade edilmiştir (62). Benzer başka bir çalışmada ise MKK'daki her 100  $\mu\text{m}$  artışın GAT'ı 2.739 mmHg artırdığı bildirilmiştir (82). Bizim çalışmamızda da MKK'nın GİBg ve GAT ile anlamlı korelasyonu izlenmiştir. Bu sonuçların klinik önemi, MKK'a göre düzeltilmiş GİB'lerini hesaplayarak glokom hastalarını yeniden değerlendirilen bir çalışmada; bu yöntemle PAAG (primer açık açılı glokom) hastalarının %31'inin, OHT (oküler hipertansiyon) hastalarının ise %56'sının normal olarak sınıflandırıldığı ifade edilmesiyile belirtilmiştir (119).

Her ne kadar GAT'a etki eden korneal faktörleri inceleyen çalışmalar MKK'a odaklanmış olsa da, deliller korneal biyomekaniğin de GAT'a etkili olabileceğini göstermektedir, hatta bu etkilenme MKK'dan daha fazla olabilir (120). Bizim çalışmamızda KH'nın GAT ile korelasyonu anlamlılık sınırındadır (Tablo 6-7,  $p=0.05$ ,  $r=0.13$ ), GİBg ile korelasyonu ancak tüm hastalar değerlendirildiğinde izlenmiştir (Tablo 6-7,  $p<0.001$ ,  $r=0.23$ ). KDF'nin ise tüm hasta gruplarında hem GAT (Tablo 8-9,  $p<0.001$ ,  $r=0.40$ ) hem de GİBg (Tablo 8-9,  $p<0.001$ ,  $r=0.69$ ) ile anlamlı korelasyonu saptanmıştır. Korneal



histerezis, MKK ve GİB'lerinin diüurnal varyasyonlarını inceleyen pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bazıları KDF'deki diüurnal değişikliklerin GİBg'deki değişikliklerle korelasyon gösterdiğini belirtirken (121), bazıları parametrelerin hiçbirinin gün içi değişikliklerinde istatistiksel anlamlı fark olmadığını bildirmektedir (122). Fakat gün içinde oluşan minör değişiklikler değerlendirildiğinde özellikle KH ile GİBkk ve KDF ile GİBg'nin değişikliklerinin güçlü korelasyonu izlenmiştir (122). Korneal biyomekanikle ilgili parametrelerin gün içi değişikliklerini inceleyen başka bir çalışmada ise GİB'ları ve MKK'nın geceleri daha yüksek değerler verdiği belirtilmiş fakat daha önceki çalışmalarla çelişkili olarak KH'nin bu değişime uyum göstermediği ifade edilmiştir (123). Sonuç olarak GİB ve korneal biyomekanik arasında güçlü ilişki olduğuna inanılmakla birlikte bu ilişkilerin ayrıntılarının anlaşılabilmesi için devam eden çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Şu an için GİBg ve GAT'ın MKK ve korneal biyomekanikten etkilenen GİB ölçümleri olduğu görünmektedir. Çalışmamızda GİBkk'nın MKK'dan etkilenmediği izlenmiştir. Bu sonuç literatürdeki çalışmalar ile benzerdir (90,124). GİBkk'nın korneal biyomekanikle ilişkisi değerlendirildiğinde KH ile orta düzeyde negatif korelasyonunun bulunduğu fakat KDF'den etkilenmediği saptanmıştır. GİBkk'nın KDF'den etkilenmeyen bir GİB değeri olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (82). Korneal biyomekaniğe etkili faktörlerin incelendiği bir çalışmada GİBkk'nın AU, korneal kurvatür, yaş gibi diğer parametrelerden de etkilenmediği ifade edilmiştir (82). Fakat GİBkk ile korneal biyomekanik arasındaki ilişki henüz netlik kazanamamıştır. Şimdilik kesin olarak ifade edilebilecek olan GİBkk'nın MKK'dan etkilenmediğidir. Bu durumda özellikle MKK'si normalden ince veya kalın hastalarda ORA'nın diğer GİB ölçüm tekniklerine göre üstün olduğu izlenmektedir.

KH'nin GİBg ve GAT ile pozitif fakat GİBkk ile negatif korelasyon göstermesi (92) KDF'nin GİBg ve GAT ile pozitif korelasyon göstermesine rağmen GİBkk ( $p=0.07$ ) ile korelasyonunun izlenmemesi GİBg-GİBkk-GAT arasında tespit ettiğimiz yüksek korelasyonla çelişkili görünmektedir. KH'nin

GİBg ile pozitif GİBkk ile negatif korelasyon göstermesi bize bu GİB ölçümlerinin KH'nin bilmediğimiz bir değerinde birbiri ile aynı GİB değerini vererek, bu değer altında ve üstünde birbirinden uzaklaşıyor olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim Çin toplumunda yapılan bir çalışmada bu hipotezimiz doğrulanmakta ve bu değerlerin yaklaşık olarak KH için 10.75 mmHg, KDF için 10.92 mmHg olduğu bildirilmektedir. Yani KH; 10.75 mmHg, KDF; 10.92 mmHg değerini aldığı anda GİBg ve GİBkk arasındaki farkın sıfıra yaklaştığı gösterilmektedir (90). Bizim kendi çalışmamızda bu değerlerin KH için 11.2 mmHg, KDF için 10.9 mmHg olduğu saptanmıştır. Yani bizim çalışmamızda refraksiyondan bağımsız olarak, KH ve KDF bu değerlere yaklaştıkça GİBkk ve GİBg arasındaki farkın azaldığı saptanmıştır. Gruplardaki ortalama KH ve KDF değerlerini ele aldığımızda ise KH'nin 11.2 mmHg'a en yakın değer aldığı grubun yüksek hipermetrop grup olduğu, 11.2 mmHg'dan en uzak değer aldığı grubun ise yüksek miyop grup olduğu izlenmiştir. KDF grupları arasında istatistiksel anlamlı fark oluşturmadığı için KDF için benzer bir yorumun mümkün olmadığı görülmüştür. Bu sonuçtan yola çıkarak yüksek miyop hastalardaki GİB ölçümlerine daha fazla şüpheyle yaklaşılması gerektiği düşünülebilir.

GİB'ları ve refraktif parametrelerin ilişkilerini ele aldığımızda ise öncelikle refraksiyonun GİB'a etkisinin bilinmesi gerekir. Çocuklarda refraksiyonla GİB ilişkisini değerlendiren bir çalışmada yüksek miyoplarda GAT ile yapılan ölçümlerin daha yüksek değerler verdiği gösterilmiştir (125,126). Bu konuda ülkemizde yapılmış başka bir çalışmada GAT ile yapılan ölçümlerde miyop hastalardaki GİB değerlerinin hipermetrop ve emetrop kontrol grubundakilerden anlamlı yüksek ölçüldüğü bildirilmiştir (127). Benzer şekilde Shen ve ark. çalışmasında da GİBg ve GİBkk yüksek miyoplarda, kontrollere göre belirgin yüksek ölçülmüştür (109). Biz kendi çalışmamızda literatürle de uyumlu olarak GİBkk, GİBg ve GAT ölçümlerinin miyop grupta en yüksek, hipermetrop grupta en düşük olduğunu, 3 grup arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlılık taşıdığını gördük. KH'nin GİBg

ve GAT ile anlamlı pozitif korelasyonunun bulunduğunu belirtmiştik. Bu nedenle KH'nin miyop grupta düşük saptanması GİB'nin da bu grupta düşük olması beklentisini oluşturuyordu ancak GİB bu grupta daha yüksek saptanmıştır.

GİBg, GİBkk, GAT 'ın birbiri ile farklarının hangi durumlarda artıp hangi durumlarda azaldığını analiz edebilmek için bu GİB'leri arasındaki farkı diğer parametrelerle karşılaştırdık. GİBg-GAT arasındaki farkın KDF ( $p<0.01$ ,  $r=0.37$ ) ile orta, MKK ( $p<0.01$ ,  $r=0.25$ ) ile zayıf pozitif korelasyon gösterdiğini saptadık. GİBg-GAT farkını değerlendiren başka bir çalışmada da benzer sonuçlar daha önce bildirilmişdi (90). GİBkk ile GİBg'nin farkını (GİBkk-GİBg) ele aldığımızda ise yine literatüre benzer şekilde KDF ( $p<0.01$ ,  $r=-0.95$ ), KH ( $p<0.01$ ,  $r=-0.97$ ) ve MKK ( $p<0.01$ ,  $r=-0.60$ ) ile güçlü negatif korelasyonu olduğunu, AU ile ise tüm hastalar kombine edildiğinde pozitif korelasyon gösterdiğini izledik (90). GİBkk ile GAT farkına gelince yine KH ( $p<0.01$ ,  $r=-0.50$ ), KDF ( $p<0.01$ ,  $r=-0.26$ ), MKK ( $p<0.01$ ,  $r=-0.14$ ) ile negatif korelasyon ayrıca AU ( $p<0.01$ ,  $r=0.30$ ) ile pozitif korelasyon gösterdiğini izledik. Fakat bu korelasyonların dereceleri GİBkk-GİBg farkı ile izlenenlerden daha zayıftı. GİBkk-GAT farkı ile MKK arasındaki negatif korelasyon başka çalışmalarda da doğrulanmaktadır. Bir çalışmada MKK'deki her  $100\mu\text{m}$ 'lik değişikliğin GİBkk-GAT farkında  $1.3\text{ mmHg}$  değişim oluşturduğu belirtilirken (90), başka bir çalışmada ise  $2.256\text{ mmHg}$  değişim oluşturduğu bildirilmektedir (82). Halbuki GİBg-GAT farkı ile MKK arasında pozitif korelasyon izlenmektedir. Bu durum GİBkk MKK'dan etkilenmemesine rağmen GAT ve GİBg'nin MKK ile pozitif korelasyonunun bulunmasından kaynaklanmaktadır. Yani MKK'nın yüksek değerlerinde GAT ve GİBg'nin, GİBkk'dan yüksek değerler, MKK'nın düşük olduğu hastalarda GİBkk'dan düşük değerler almalarından kaynaklanmaktadır.

Özetle; Korneal biyomekanik içerikle ilgili 2 parametre olan KH ve KDF, birbirleri ve MKK ile anlamlı ve güçlü korelasyon göstermektedir. Özellikle KH, kırma kusurları ve aksiyel uzunluktan etkilenmektedir. KH'nin anlamlı korelasyon gösterdiği KDF'nin ise refraksiyon ve AU'dan hiç etkilenmemesi ilginç görünmektedir. MKK, korneal biyomekanik parametreler

üzerine oldukça etkili gibi görünmekle birlikte ORA ile ölçülen GİB değeri olan GİBkk'i değiştirmediği izlenmektedir. GİBkk ile korneal biyomekanik ilişkisi araştırıldığında KH ile korelasyon gösterdiği fakat KDF'den etkilenmediği saptanmıştır.

Çalışmamızda GİBg, GİBkk ve GAT'ın birbiri ile yüksek korelasyon gösterdiği fakat GİBkk-GAT ve GİBkk-GİBg farklarının KH ve KDF ile negatif korele oldukları görülmektedir. Ayrıca GİBkk ve GİBg farkının KH; 11.2 mmHg, KDF; 10.9 mmHg değerlerini aldığında sifıra yaklaştığı izlenmiştir. ORA ile alınan GİBg ile Goldmann applanasyon tonometresiyle aldığımız GİB (GAT)'ları arasındaki fark ise tam tersi KDF ve MKK ile pozitif korelasyon göstermektedir. Bu sonucun, GİBkk'nın KDF ve MKK'dan etkilenmemesi fakat GİBg ve GAT'ın bu parametrelerden etkilenmesinden kaynaklanıyor olabileceğini düşünüyoruz.

Biz çalışmamızda korneal biyomekanikle göz içi basınçları arasındaki ilişkiyi değerlendirerek göz içi basınçlarını kişiye özgü değerlendirebilmeyi amaçladık. ORA ile ölçtüğümüz GİBg ve GİBkk'i GAT ile elde ettiğimiz GİB'larıyla karşılaştırarak iki alet arasındaki korelasyonu inceledik. Bu çalışmadan elde edeceğimiz sonuçlarla glokom progresyonuna en etkili, tek değiştirilebilir parametre olan GİB'ı daha sağlıklı değerlendirmenin mümkün olacağının mit ediyoruz.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Oküler respons analiz cihazı (ORA) oftalmolojide son yıllarda kullanıma girmiş yeni bir cihazdır. Korneal histerezis (KH) ve korneal resistans faktör (KDF) ORA ile ölçülebilen korneal biyomekanik özellikleri bildiren iki parametredir. Bu çalışma miyop ve hipermetrop hastalarda korneal biyomekanik değerlendirmeler olan KH ve KDF'ü değerlendirmek, bu parametrelere etkili faktörleri araştırmak ve elde edilen sonuçları emetrop kontrol grubuyla karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır.

Çalışmamızda değerlendirmeye alınan parametrelerden biri olan KH, miyop, hipermetrop ve kontrol gruplarında istatistiksel anlamlı fark oluşturmasına rağmen KDF gruplar arasında anlamlı fark oluşturmamıştır. KH'in miyoptan hipermetropa gidildikçe arttığı izlenmiştir. KH, KDF ve MKK arasında yüksek korelasyon saptanmıştır. KH'nin MKK, SE ve AU ile korelasyon gösterdiği izlenmiş fakat KDF'nin bu parametrelerden hiçbirisiyle korelasyonu izlenmemiştir. KDF'nin MKK ve KH ile yüksek korelasyonu düşünülerek MKK, SE ve AU'un MKK ile ilişkisi değerlendirilmiş fakat korelasyon saptanmamıştır. Bu sonuç, KDF'nin kırma kusurlarından etkilenmeyen bir parametre olduğunu göstermektedir.

Çalışmanın önemli sonuçlarından biri de GİBkk'nin GİBg ve GAT'ın aksine MKK'den etkilenmeyen bir göz içi basınç ölçüm değeri olduğunun gösterilmiş olmasıdır. GİBg, GAT ve GİBkk ile KH ve KDF arasındaki ilişkiyi değerlendirdiğimizde şu sonuçları elde ettik;

◆ GİBg ve GAT'ın KH ile korelasyonu gruplar arasında değişkenlik göstermekteydi fakat KDF ile tüm gruplarda anlamlı pozitif korelasyonu mevcuttu.

◆ GİBkk ile korneal biyomekaniğin ilişkisi ele alındığında ise KH ile korelasyonu hipermetrop grup dışındaki tüm gruplarda anlamlıydı fakat grupların hiçbirinde KDF'den etkilenmiyordu.

Çalışmamızda üç GİB ölçüm değerinin de miyoptan hipermetropa gidildikçe azaldığı görülmüştür. GİBg-GAT farkının KDF ve MKK ile pozitif korelasyon gösterdiği, GİBkk-GİBg farkının ise KDF, KH, MKK ile güçlü negatif, AU ile zayıf pozitif korelasyon gösterdiği izlenmiştir. Benzer şekilde GİBkk ile GAT farkının da KH, KDF, MKK negatif (fakat orta derecede) ayrıca AU ile pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Çalışmamızda GİBkk ve GİBg'nın, KH 11.2 mmHg'a yaklaştıkça birbirine yakın değerler aldığı izlenmiş, gruplar arasında 11.2 mmHg'a en uzak KH ortalamasının yüksek miyop grupta olduğu görülmüştür.

Bu çalışmadaki en ciddi problemi tüm hastalar değerlendirildiğinde saptanan bazı korelasyonların gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde saptanmamasıdır. Bu sonucun gruplar arasındaki olgu sayılarının eşitsizliğinden kaynaklanıyor olabileceğini düşünüyoruz. Bu durum çalışmanın eksik tarafını oluşturmaktadır.

Sonuç olarak korneal biyomekanik parametrelere refraksiyonun etkisi tartışmalı görünmektedir. KH'nın refraksiyon ile ilişkili bir parametre olduğu fakat KDF'nin refraksiyondan etkilenmediği saptanmıştır.

ORA'nın korneal biyomekaniği de değerlendirerek verdiği göz içi basınç değeri olan GİBkk özellikle korneası normalden kalın ya da ince olan hastalarda GİBg ve GAT'dan daha güvenilir bir göz içi basınç değeri gibi görünmektedir. GİBkk'nın korneal biyomekanikle ilişkisi değerlendirildiğinde ise KH'dan etkilenmesine rağmen KDF'den etkilenmediği izlenmiştir. Bu konuda literatürdeki çalışmaların sonuçları değişiklik göstermektedir. GİBkk'nın korneal biyomekanikle ilişkisinin netleşebilmesi için yeni ve geniş çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## ÖZET

**AMAÇ:** Oküler respons analiz cihazı (ORA) oftalmolojide son yıllarda kullanıma girmiş yeni bir cihazdır. Korneal histerezis (KH) ve korneal direnç faktörü (KDF), ORA ile ölçülebilen korneal biyomekanik özellikleri bildiren iki parametredir. Bu çalışmanın amacı miyop ve hipermetrop hastalarda korneal biyomekanik parametreler olan KH ve KDF'ü değerlendirmek, bu parametrelere etkili faktörleri araştırmak ve elde edilen sonuçları emetrop kontrol grubuyla karşılaştırmaktır.

**GEREÇ VE YÖNTEM:** Çalışmaya 100 hastanın toplam 193 gözü dahil edildi. 1. gruba refraksiyon değeri +1.00 D ile -1.00 D arasında (19 erkek, 34 kadın) 53 emetrop hastanın 102 gözü, 2. gruba refraksiyon değeri -5.00D'den yüksek (9 erkek, 18 kadın) 27 miyop hastanın 53 gözü, 3. gruba refraksiyonu +3.00D'den yüksek (11 erkek, 9 kadın) 20 hipermetrop hastanın 38 gözü alındı.

Çalışmaya alınan tüm hastaların refraksiyonları ve keratometreleri otorefraktometre ile ölçüldü, Biyomikroskopik bakıları ve fundus bakıları yapıldı ve kaydedildi. Ultrason biyometri ile aksiyel uzunlukları alındı, Goldmann aplanasyon tonometri ile GİB'ları ölçüldü. Son olarak ORA ile KH, KDF, GİBkk, GİBg değerleri alındı ve cihaza monte edilmiş ultrasonik biyometri ile MKK'ları ölçüldü.

**SONUÇLAR:** 1. gruptaki hastaların ortalama yaşı  $28.9 \pm 5.6$  (20-40), 2. gruptaki hastaların ortalama yaşı  $30.7 \pm 6.9$  (20-40), 3. gruptaki hastaların ortalama yaşı  $29.1 \pm 7.7$  (20-40) idi. Gruplar arasında yaş ortalamaları açısından anlamlı fark yoktu ( $p > 0.05$ ). Grup-1'i oluşturan kontrol grubu olguların SKK değerleri ortalaması  $-0.09 \pm 0.24$  D, Grup-2'yi oluşturan yüksek miyop tanılı olguların SKK değerleri ortalaması  $-7.28 \pm 3.55$  D, Grup-3 'ü oluşturan yüksek hipermetrop tanılı olguların SKK değerleri ortalaması  $+5.04 \pm 2.06$  D olarak ölçüldü. Çalışmaya alınan parametrelerden MKK ( $p=0.985$ ) ve KDF ( $p=0.79$ ) dışındakilerin tamamı 3 grup arasında istatistiksel olarak farklıydı.

Çalışmada KH ve KDF'nin yaşla zayıf korelasyon gösterdikleri izlendi fakat cinsiyetle anlamlı korelasyonları saptanmadı. KH'in miyoptan hipermetropa gidildikçe arttığı izlendi. KH-KDF, KH-MMK ve KDF-MKK arasında yüksek korelasyon saptandı ( $p<0.05$ ). KH'nin MKK, SE ve AU ile korelasyon gösterdiği fakat KDF'nin bu parametrelerden hiçbirisiyle korelasyonunun olmadığı izlendi.

Çalışmada GİB ölçüm değerlerinin miyoptan hipermetropa gidildikçe azaldığı izlendi ve GİBkk'nin, GİBg ve GAT'ın aksine MKK'den etkilenmeyen bir göz içi basınç ölçüm değeri olduğu gösterildi. GİBkk ile korneal biyomekanik arasındaki ilişki değerlendirildiğinde ise KH'dan etkilendiği fakat KDF'den etkilenmediği izlendi. ORA ile alınan göz içi basınç ölçümleri olan GİBg, GİBkk ve Goldmann aplanasyon tonometresiyle alınan göz içi basınç değeri olan GAT'ın birbirleriyle farklarına etki eden faktörler değerlendirildiğinde; GİBg-GAT farkının KDF ve MKK ile pozitif korelasyon gösterdiği, GİBkk-GİBg farkının ise KDF, KH, MKK ile güçlü negatif, AU ile pozitif korelasyon gösterdiği izlendi. Benzer şekilde GİBkk ile GAT farkının da KH, KDF, MKK ile negatif, AU ile pozitif korelasyon gösterdiği saptandı. Çalışmamızdaki en önemli sonuçlardan biri, KH 11.2 mmHg'a yaklaştığında GİBkk ve GİBg arasındaki farkın sifıra yaklaştığının saptanmasıdır. Nitekim; ortalama KH değerleri ele aldığı anda 11.2 mmHg değerine en yakın ortalamanın yüksek hipermetrop grupta, en uzak değer ise yüksek miyop grupta olduğu izlenmiştir.

**TARTIŞMA:** Korneal biyomekanik ile ilgili elde ettiğimiz sonuçlar, KDF'nin KH'nin aksine refraksiyondan bağımsız bir korneal biyomekanik ölçüm değeri olduğunu ve GİBkk'ı da değiştirmedini gösterdi. Ayrıca GİBkk'nin MKK'dan etkilenmediği ve özellikle korneası normalden kalın ya da ince olan hastalarda GİBg ve GAT'dan daha güvenilir göz içi basınç değeri olabileceği gösterildi. GİBkk ve GİBg arasındaki farkın yüksek miyop grupta en fazla olduğu, bu nedenle miyop hastalardaki GİB'larının şüpheli değerlendirilmesi gerektiğini düşündürdü.



## SUMMARY

**PURPOSE:** Corneal Hysteresis (CH) and Corneal Resistans Factor (CRF) are two corneal biomechanical parameters which were measured by ORA. Major aim of this study was to define the corneal CH and CRF in the myopic and hypermetropic patients and investigate the effectiveness of these parameters on intraocular pressure measurement and compare the results with emmetropic control group.

**MATERIAL AND METHODS:** 193 eyes of 100 healthy volunteers were recruited. Study groups were recruited as; high myopia patients (n=27) with spheric refractive errors (SRE) of greater than -5.00 D, high hiperopia patients (n=20) with SRE of greater than +3.00 D and controls (n=53) with SRE between  $\pm 1.00$  D. All subjects underwent IOP and corneal biomechanical evaluation with the ORA. Also Goldmann applanation tonometry, central corneal thickness (CCT), corneal curvature and axial length measurements were performed.

**RESULTS:** Mean age of groups were  $30.7 \pm 6.9$ ,  $29.1 \pm 7.7$ ,  $28.9 \pm 5.6$  years respectively, statistical difference was not significant ( $p > 0.05$ ). Among study groups except CRF and CCT, all parameters were significantly different between study groups. CH was lowest in the high myopia group and highest in the high hypermetropia. In all groups, there were significant correlations between CH and CRF, CCT, SRE, SE, AL and between CRF and CCT. GAT and IOPg measurements were significantly correlated with CCT, whereas IOPcc measurements were not. The difference between GAT and IOPcc measurements was significantly influenced by corneal thickness, AL, CH and CRF. Similarly the difference between IOPg and IOPcc measurements was significantly influenced by CRF, CH, CCT and AL. One of the major findings was; as the CH approaches to 11.2 mmHg, IOPcc and IOPg get close to each other. Meanwhile, the closest average CH values to 11.2 mmHg were recorded in hyperopia group. The difference between GAT and IOPg measurements was significantly influenced by corneal thickness and CRF.

**CONCLUSIONS:** The results indicate that some compromised aspects of the biomechanical properties of cornea may exist in people. Results revealed that, CRF, unlike to CH, is not affected from refractive errors and IOPcc is not affected from any other ocular parameter. The difference between IOPcc and IOPg was greatest in myopia group and IOP measurement in these patients deserve high suspicion.

## KAYNAKLAR

1. Yağcı A, Eğrilmez S. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Optisyenlik Bölümü. Görme Optiği s: 8 -10.
2. Aydın P, Akova Y. Temel Göz Hastalıkları. Güneş Kitabevi, Ankara; 2001;93-102.
3. Hashemi H, Iribarren R, Morgan IG, Khabazkhoob M, Mohammad K, Fotouhi A. Increased hyperopia with ageing based on cycloplegic refractions in adults: the Tehran Eye Study. Br J Ophthalmol. 2009;18 [Epub ahead of print].
4. Schellini SA, Durkin SR, Hoyama E, Hirai F, Cordeiro R, Casson RJ, Selva D, Padovani CR. Prevalence of refractive errors in a Brazilian population: the Botucatu eye study. Ophthalmic Epidemiol. 2009;16(2):90-97.
5. Erdoğan MG, Çelik Y, Durukan AH. Genç erişkin erkeklerde yüksek refraksiyon kusurları ve eşlik eden astigmatizma. M N Oftalmoloji 2007;14(4):271-275.
6. Işıklı B, Kalyoncu C. Eskişehir kırsal kesim ilk öğretim öğrencilerinde görme kusurları. Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi (STED) 2007;16(7):95-99.
7. Toygar O, Öğüt MS, Kazakoğlu H. İstanbul'da ilköğretim çağı çocuklarında yapılan göz taraması sonuçları. T Oft Gaz. 2003;33(4):585-591.
8. Şahin HA, Sucaklı MH, Özdemir M. Van ili merkez ilköğretim öğrencilerinde refraksiyon kusuru ve diğer göz patolojilerinin prevalansı. Anadolu Tıp Dergisi 2003;5(2):106-110.
9. Öztürk F, Kurt E. Kayseri ve Manisa merkez ilkokullarında yapılan göz muayenesi sonuçları. M N Ofatlmoloji 1999;6(1):77-79.
10. Tan SY, Zia JK. Medicine in stamps. Albrecht von Graefe (1828- 1870). Founder of scientific ophthalmology. Singapore Med J. 2007; 48:797-798.
11. Chang JX, Zhang DD, Lin Y, Liu B, Lu F, Tang X, Yang Y, Chen B, Zhang CJ, Yang ZL. Linkage analysis of one family with autosomal dominant high myopia. Zhonghua Yi Xue Yi Chuan Xue Za Zhi. 2008;25(4):424-426.

12. Lam DS, Fan DS, Lam RF, Rao SK, Chong KS, Lau JT, Lai RY, Cheung EY. The effect of parental history of myopia on children's eye size and growth: results of a longitudinal study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49(3):873 -876.
13. Dirani M, Shekar SN, Baird PN. The role of educational attainment in refraction: the Gene in Myopia (GEM) twin study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49(2):534 -538.
14. Peet JA, Cotch MF, Wojciechowski R, Bailey-Wilson JE, Stambolian D. Heritability and familial aggregation of refractive error in the Old Order Amish. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48(9):4002-4006.
15. Yanoff M, Duker JS. Optics and refraction. *Ophthalmology.* Mosby London; 1998;(2):8.2
16. Özçetin H, Şener B. Gözde kırılma kusurları ve uyum. *Miyopi ve Tedavisi.* Nobel Tıp Kitabevleri, Bursa; 2002;(1):63-95.
17. Yanoff M, Duker JS. Optics and refraction. *Ophthalmology.* Mosby London; 2004;(3):123-132.
18. Liang YB, Wong TY, Sun LP, Tao QS, Wang JJ, Yang XH, Xiong Y, Wang NL, Friedman DS. Refractive errors in a rural chinese adult population the handan eye study. *Ophthalmology* 2009;116(11):2119-2127.
19. Erdinç E, Asyalı AŞ, Demirbay PD, Köklü G, Fırat E. Emetrop ve miyop gözlerde aksiyel uzunluk ve kornea refraktif parametrelerinin karşılaştırılması. *M N Oftalmoloji* 2001;8(1):26-28.
20. Klein AP, Suktitipat B, Duggal P, Lee KE, Klein R, Bailey-Wilson JE, Klein BE. Heritability analysis of spherical equivalent, axial length, corneal curvature, and anterior chamber depth in the Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol.* 2009;127(5):649-655.
21. Dirani M, Shekar SN, Baird PN. Evidence of shared genes in refraction and axial length: the Genes in Myopia (GEM) twin study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49(10):4336-4339.
22. Karadayı K, Çiftçi F, Akın T, Yıldız T, Bilge AH. Yapay gözyaşı ile refraksiyon değişikliği. *T Oft Gaz.* 2005;35(3):191-196.

23. Hepşen İF, Everekliolu C, Bayramlar H. Emetrop ortaokul öğrencilerinde yoğun okumanın miyopi oluşumuna etkisinin prospektif incelenmesi: İlk sonuçlar. İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi. 1998;5(2-3):148-152.
24. Şahin Z, Kayabaşı U, Mertoğlu Ö, Doğan ÖK, Andaç K, Menteş J, Yağcı A, Haznedaroğlu G. Yenidoğanda Refraksiyon. XXVII. Türk Oft Kong Bül Marmaris; 1993;1:220-222.
25. Nissenkorn I, Yassur Y, Mashkowski D, Sherf I, Bensira I. Myopia in premature babies with and without retinopathy of prematurity. Br J Ophthalmol. 1983;67(3):170-173.
26. Gallo JE, Lannerstrand G. A population based study of ocular abnormalities in premature children aged 5 to 10 years. Am J Ophthalmol. 1991;111(5):539-547.
27. Holmström M, Azazi M, Kugelberg U. Ophthalmological long-term follow up of preterm infants: a population based, prospective study of the refraction and its development. Br J Ophthalmol. 1998;82(11):1265-1271.
28. Shapiro A, Yanko L, Nawratzki I, Merin S. Refractive power of premature children at infancy and early childhood. Am J Ophthalmol. 1980;90:234-238.
29. Çamurlu SE, Ziylan Ş, Tümşen D. Prematüre retinopatisi geç dönem bulguları. T Oft Gaz. 2001;31(6):754-758.
30. Ergür Ö, Güler C. Sivas yöresinde prematüre doğan 5-8 yaş grubundaki çocukların oküler bulguları. T Oft Gaz. 2001;31(5):644-651.
31. Arslan SH, İşigüzel İ, Hacıyakupoğlu G, Avcı A. Gözlük takan ergenlerde beden imajı doyumu ve depresyon; karşılaştırmalı bir çalışma. Düşünen Adam: Psikiyatri ve Nörolojik Bilimler Dergisi 1996;9(1):4-7.
32. Kır E, Okyay P, Topaloğlu A, Özkan SB, Beşer E. Aydın ili ilköğretim okulu öğrencilerinde görme durumunun ders başarısına etkisi. T Oft Gaz. 2003;33(4):538-542.
33. Hopkisson B, Arnold P, Billingham B, McGarrigle M, Shribman S. Can retinoscopy be used to screen infants for amblyopia A longitudinal study of refraction in the first year of life. Eye (Lond); 1992;6(6):607-609.

34. Althaus K, Bischoff P. Video refraction measurement in the first year of life. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 1994;205(3):133-137.
35. Repka XM. Refraction in Infants and children. in: Nelson L B, Calhoun JH, Harlcy RD, eds. *pediatric ophthalmology.* 3rd ed. Philadelphia, WB Saunders 1990;94-106.
36. Chan OY, Edwards M. Refractive errors in Hong Kong Chinese pre-school children. *Optom Vis Sci.* 1993;70(6):501-505.
37. Ingram RM, Trayner MJ, Walker C, Wilson JM. Screening for refractive errors at age 1 year: a pilot study. *Br J Ophthalmol.* 1979;63(4):243-250.
38. Spencer JB, Mets MB. Refractive abnormalities in childhood. *Ophthalmol Clin of North Am.* 1990;3:265-279.
39. Fulton AB, Dobson V, Salem D, Mor C, Peterson RA. Cycloplegic refractions in infants and young children. *Am J Ophthalmol.* 1980;90(2):239-247.
40. Mohindra I, Held R, Gwiazda J, Brill S. Astigmatism in infants. *Vision res.* 1985;25(9):1269-1276.
41. Sjöstrand J, Abrahamsson M. Risk factors in amblyopia. *Eye (Lond).* 1990;4(6):787-793.
42. Koçak N, Berk T. Çocukta Görsel Gelişim ve Refraksiyon. *T Klin Oftalmoloji* 1999;8:147-152.
43. Anera RG, Soler M, de la Cruz Cardona J, Salas C, Ortiz C. Prevalence of refractive errors in school-age children in Morocco. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2009;37(2):191-196.
44. Kleinstein RN, Jones LA, Hullett S, Kwon S, Lee RJ, Friedman NE, Manny RE, Mutti DO, Yu JA, Zadnik K. Collaborative longitudinal evaluation of ethnicity and refractive error study group. Refractive error and ethnicity in children. *Arch Ophthalmol.* 2003;121(8):1141-1147.
45. Thorn F, Held R, Fang LL. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* Orthogonal astigmatic axes in Chinese and Caucasian infants 1987;28(1):191-194.
46. Findl O. Biometry and intraocular lens power calculation. *Curr Opin Ophthalmol.* 2005;16(1):61-64.

47. Zengin Ö, Barut SÖ, Özbek Z, Yaman A, Durak İ. Ön kamara derinliği ölçümlerinin ultrasonik biyometri ve orbiscan II topografi teknikleri ile karşılaştırılması. T Oftl Gaz. 2009;39(1):27-31.
48. Bardak YK, Zilelioğlu G. Ultrasonik biyometri ile göz içi lens gücünün hesaplanması. M N Oftalmoloji 1997;4:70-74.
49. Mundth GH, Hughes WE. Ultrasonics in ocular diagnosis. Am J Ophthalmology 1956;41(3):488-498.
50. Koçak N, Öner H, Yaman A, Kaynak S, Çıngıl G. Biometri Teknikleri ve Özellikli Olgularda Biyometrik Değerlendirme. T Klin Oftalmoloji 2002;11:108-116.
51. Guthloff R. Ultrasound in ophthalmologic diagnosis. A practical guide. New York: Theime Medical Publishers, Inc. 1991;1-24.
52. Byrne SF, Gren RL. Axial eye length measurements. In: Craven, eds. Ultrasound of the eye and orbit. St Louis: Mosby Company 1992;215-241.
53. Shammas HJ. Axial length measurements. In: Klein EA, eds. Atlas of ophthalmic ultrasonography and biometry. St Louis: Mosby Company 1984;273-301.
54. Mason PJ. Echography in ophthalmology. 3rd ed. USA: Year Book Medical Publishers, Inc. 1985;13-21.
55. Koplin RS, Gernsten M, Hodes B. Real time ultrasonography and biometry. Slack incorporated 1985;170-189.
56. Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg. 1992;18(2):125-129.
57. Berges O, Puech M, Assouline M. B-mode-guided vector-A-mode versus A-mode biometry to determine axial length and intraocular lens power. J Cataract Refract Surg. 1998;24(4):529-535.
58. Arıtürk N. Glokomda santral korneal kalınlık ölçümü ve önemi. Glokom-Katarakt 2006;1:1-6.
59. Ehler N, Hjortdal J. Corneal thickness: measurement and implications. Experimental Eye Research 2004;78(3):543-548.
60. Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA, Keltner JL, Miller JP. Gordon the ocular hypertension treatment study:

Baseline factors that predict the onset of primary open angle glaucoma. Arch Ophthalmol. 2002;120(6):714-720.

61. Jaeger W. Tiefenmessung der menschlichen Vorderkammer mit planparallelen Platten. Graefes Arch Ophthalmol. 1952;153(2):120-131.

62. Doughty M, Zaman M. Human corneal thickness measures: a review and meta-analysis approach. Surv Ophthalmol. 2000;44(5):367-408.

63. Suzuki S, Oshika T, Oki K, Sakabe I, Iwase A, Amona S, Araie M. Corneal thickness measurements: scanning-slit corneal topography and noncontact specular microscopy versus ultrasonic pachymetry. J Cataract Refract Surg. 2003;29(7):1313-1318.

64. McLaren JW, Nau CB, Erie JC, Bourne WM. Corneal thickness measurement by confocal microscopy, ultrasound, and scanning slit methods. Am J Ophthalmol. 2004;137(6):1011-1020.

65. Kawana K, Tokunaga T, Miyata K. Comparison of corneal thickness measurements using Orbscan II, non-contact specular microscopy, and ultrasonic pachymetry in eyes after laser in situ keratomileusis. Br J Ophthalmol. 2004;88(4):466-468.

66. Bovelle R, Kaufmann SC, Thompson SW. Corneal thickness measurements with the Topcon SP-2000P specular microscope and an ultrasound pachymeter. Arch Ophthalmol. 1999;117(7):868-870.

67. Nissen J, Hjerdal JO, Ehlers N. A clinical comparison of optical and ultrasonic pachymetry. Acta Ophthalmol. 1991;69(5):659-663.

68. Wheeler NC, Morantes CM, Kristensen RM. Reliability coefficients of three corneal pachymeters. Am J Ophthalmol. 1992;113(6):645-651.

69. Miglior S, Albe E, Guareschi M. Intraobserver and interobserver reproducibility in the evaluation of ultrasonic pachymetry measurements of central corneal thickness. Br J Ophthalmol. 2004;88(2):174-177.

70. Whickham L, Edmunds B, Murdach IE. Central corneal thickness: Will one measurement suffice? Ophthalmology 2005;112(2):225-228.

71. Rabsilber TM, Becker KA, Auffart GU. Reliability of Orbscan II topography measurements in relation to refractive status. J Cataract Refract Surg. 2005;31(8):1607-1613.



72. La Rosa FA, Gross RL, Orengo S. Central corneal thickness of caucasians and african americans in glaucomatous and nonglaucomatous populations. *Arch Ophthalmol.* 2001;119(1):23-27.
73. Aghaian E, Choe JE, Lin S. Central corneal thickness of Caucasians, Chinese, Hispanics, Filipinos, African Americans, and Japanese in a glaucoma clinic. *Ophthalmology* 2004;111(12):2211-2219.
74. Wolfs RC, Klaver CC, Vingerling JR. Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure: The Rotterdam Study. *Am J Ophthalmol.* 1997;123(6):767-772.
75. Şen E, Yazıcı A, Altınok A, Aksakal N, Tuna T, Elgin U, Köklü G. Glokom ve oküler hipertansiyonda merkezi kornea kalınlığı ve merkezi kornea kalınlığını etkileyen faktörler. *Glokom-Katarakt* 2009;4(2):79-83.
76. Brand JD, Beiser JA, Gordon MO. Central corneal thickness in ocular hypertension Treatment Study. *Ophthalmology* 2001;108(10):1779- 1788.
77. Sertöz AD, Ateş O, Uçar M, Vançelik S, Koçer İ, İznulov İ. Refraksiyon ile Merkezi Kornea Kalınlığı İlişkisi. *Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 2009;11(3):1-4.
78. Özcura F, Aydın S. Yaşa bağlı kataraktın merkezi kornea kalınlığı üzerine etkisi. *Glokom-Katarakt* 2008;3(1):47-50.
79. Esen E, Özdemir G, Özdemir N. Merkezi kornea kalınlığı ile refraksiyon ilişkisi. *Glokom-Katarakt* 2006;1(1):53-55.
80. Sullivan MM, Gerhardt G, Halverson KD, Qualls C. Repeatability and reproducibility for intraocular pressure measurement by dynamic contour, ocular response analyzer, and goldmann applanation tonometry. *J Glaucoma* 2009;18(9):666-673.
81. Elsheikh A, Alhasso D, Kotecha A, Garway HD. Assessment of the ocular response analyzer as a tool for intraocular pressure measurement. *J Biomech Eng.* 2009;131(8):81-84.
82. Medeiros FA, Weinreb RN. Evaluation of the influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurements using the ocular response analyzer. *J Glaucoma* 2006;15(5):364-370.

83. Hagishima M, Kamiya K, Fujimura F, Morita T, Shoji N, Shimizu K. Effect of corneal astigmatism on intraocular pressure measurement using ocular response analyzer and Goldmann applanation tonometer. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2010;248(2):257-262.
84. Eser E, Başer EF, Seymenoğlu G. Dinamik kontur tonometre, nonkontakt tonometre, tonopen ve goldmann applanasyon tonometresi ile göz içi basıncı ölçümlerinin santral kornea kalınlığı ile ilişkisi. *Glokom-Katarakt.* 2008;(3):107-112.
85. Morgan AJ, Halper J, Hosking SL. The effect of corneal thickness and corneal curvature on pneumatonometer measurements. *Curr Eye Res.* 2002;25(2):107-112.
86. Eser E, Başer EF, Seymenoğlu G. Pascal dinamik kontur tonometre, goldmann applanasyon tonometresi, tonopen ve nonkontakt tonometre ile göz ii basıncı ölçümlerine korneal, refraktif ve biyometrik parametrelerin etkisi. *Glokom-Katarakt.* 2008;(3):230-235
87. Morita T, Shoji N, Kamiya K, Hagishima M, Fujimura F, Shimizu K. Intraocular pressure measured by dynamic contour tonometer and ocular response analyzer in normal tension glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2010;248(1):73-77.
88. Vandewalle E, Vandebroek S, Stalmans I, Zeyen T. Comparison of ICare, dynamic contour tonometer, and ocular response analyzer with Goldmann applanation tonometer in patients with glaucoma. *Eur J Ophthalmol.* 2009;19(5):783-789.
89. Hager A, Loge K, Schroeder B, Füllhas MO, Wiegand W. Effect of central corneal thickness and corneal hysteresis on tonometry as measured by dynamic contour tonometry, ocular response analyzer, and Goldmann tonometry in glaucomatous eyes. *J Glaucoma* 2008;17(5):361-365.
90. Lam A, Chen D, Chiu R, Chui WS. Comparison of IOP measurements between ORA and GAT in normal Chinese. *Optom Vis Sci.* 2007;84(9):909-914.
91. Martinez-de-la-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Fernandez-Vidal A, Mendez-Hernandez C, Garcia-Sanchez J. Ocular response analyzer versus

- Goldmann applanation tonometry for intraocular pressure measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(10):4410-4414.
92. Streho M, Dariel R, Giraud JM, Verret C, Fenolland JR, Crochelet O, May F, Maurin JF, Renard JP. Evaluation of the Ocular Response Analyzer in ocular hypertension, glaucoma, and normal populations. Prospective study on 329 eyes. *J Fr Ophtalmol.* 2008;31(10):953-960.
93. Kirwan C, O'Malley D, O'Keefe M. Corneal hysteresis and corneal resistance factor in keratoectasia: findings using the Reichert ocular response analyzer. *Ophthalmologica* 2008;222(5):334-337.
94. Shah S, Laiquzzaman M, Bhojwani R, Mantry S, Cunliffe I. Assessment of the biomechanical properties of the cornea with the ocular response analyzer in normal and keratoconic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48(7):3026-3031.
95. Küçümen RB, Yenerel NM, Görgün E, Kohen MC, Başar D, Alimgil L. Femtosaniye laser yardımıyla LASİK ameliyatından sonra korneanın biyomekanik özelliklerinde oluşan değişimlerin oküler cevap analizörü ile değerlendirilmesi. *T Oft Gaz.* 2009;39(4):250-255.
96. Franco S, Lira M. Biomechanical properties of the cornea measured by the Ocular Response Analyzer and their association with intraocular pressure and the central corneal curvature. *Clin Exp Optom.* 2009;92(6):469-475.
97. Shah S, Laiquzzaman M, Yeung I, Pan X, Roberts C. The use of the Ocular Response Analyser to determine corneal hysteresis in eyes before and after excimer laser refractive surgery. *Cont Lens Anterior Eye* 2009;32(3):123-128.
98. He M, Huang W, Li Y, Zheng Y, Yin Q, Foster PJ. Refractive error and biometry in older Chinese adults: the Liwan eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009;50(11):5130-5136.
99. Xie R, Zhou XT, Lu F, Chen M, Xue A, Chen S, Qu J. Correlation between myopia and major biometric parameters of the eye: a retrospective clinical study. *Optom Vis Sci.* 2009;86(5):503-508.
100. Tayah D, Dall'coll MW, Alves MR. [Refraction and its components in anisometropia]. *Arq Bras Oftalmol.* 2009;72(1):7-12.

101. Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(1):156-162.
102. Shah S, Laiquzzaman M, Cunliffe I, Mantry S. The use of the Reichert ocular response analyser to establish the relationship between ocular hysteresis, corneal resistance factor and central corneal thickness in normal eyes. *Cont Lens Anterior Eye* 2006;29(5):257-262.
103. Kamiya K, Shimizu K, Ohmoto F. Effect of aging on corneal biomechanical parameters using the ocular response analyzer. *J Refract Surg.* 2009;25(10):888-893.
104. Ortiz D, Piñero D, Shabayek MH, Arnalich-Montiel F, Alió JL Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(8):1371–1375.
105. Kamiya K, Hagishima M, Fujimura F, Shimizu K. Factors affecting corneal hysteresis in normal eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2008;246(10):1491–1494.
106. Lim L, Gazzard G, Chan YH, Fong A, Kotecha A, Sim EL, Tan D, Tong L, Saw SM. Cornea biomechanical characteristics and their correlates with refractive error in Singaporean children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49(9):3852-3857.
107. Liu R, Chu RY, Wang L, Zhou XT. [The measured value of corneal hysteresis and resistance factor with their related factors analysis in normal eyes]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi.* 2008;44(8):715-719.
108. Lu F, Xu S, Qu J, Shen M, Wang X, Fang H, Wang J Central corneal thickness and corneal hysteresis during corneal swelling induced by contact lens wear with eye closure. *Am J Ophthalmol.* 2007;143(4):616–622
109. Shen M, Fan F, Xue A, Wang J, Zhou X, Lu F. Biomechanical properties of the cornea in high myopia. *Vision Res.* 2008;48(21):2167-2171.
110. Luce D. Methodology for corneal compensated IOP and corneal resistance factor for an ocular response analyzer. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:2266

111. Kotecha A, Elsheikh A, Roberts CR, Zhu H, Garway-Heath DF. Corneal thickness- and age-related biomechanical properties of the cornea measured with the ocular response analyzer. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(12):5337–5347.
112. Broman AT, Congdon NG, Bandeen-Roche K, Quigley HA. Influence of corneal structure, corneal responsiveness, and other ocular parameters on tonometric measurement of intraocular pressure. *J Glaucoma.* 2007;16(7):581–588.
113. Grossniklaus HE, Green WR. Pathologic findings in pathologic myopia retina 1992;12(2):127–133.
114. McBrien NA, Gentle A. Role of the sclera in the development and pathological complications of myopia. *Progress in Retinal and Eye Research* 2003;22(3):307–338.
115. Gentle A, Liu Y, Martin JE, Conti GL, McBrien NA. Collagen gene expression and the altered accumulation of scleral collagen during the development of high myopia. *The Journal of Biological Chemistry* 2003;278(19):587–594.
116. Chang PY, Chang SW, Wang JY. Assessment of corneal biomechanical properties and intraocular pressure with Ocular Response Analyzer in childhood myopia. *Br J Ophthalmol.* 2009;14 [Epub ahead of print].
117. Song Y, Congdon N, Li L, Zhou Z, Choi K, Lam DS, Pang CP, Xie Z, Liu X, Sharma A, Chen W, Zhang M. Corneal hysteresis and axial length among chinese secondary school children. *Am J Ophthalmol.* 2008;145(5):819-826.
118. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 1975;53(1):34–43.
119. Copt RP, Thomas R, Mermoud A. Corneal thickness in ocular hypertension, primary open-angle glaucoma, and normal tension glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 1999;117(1):14–16.
120. Liu J, Roberts CJ. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement: quantitative analysis. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(1):146–155.

121. Shen M, Wang J, Qu J, Xu S, Wang X, Fang H, Lu F. Diurnal variation of ocular hysteresis, corneal thickness, and intraocular pressure. *Optom Vis Sci.* 2008;85(12):1185-1192.
122. González-Méijome JM, Queirós A, Jorge J, Díaz-Rey A, Parafita MA. Intraoffice variability of corneal biomechanical parameters and intraocular pressure (IOP). *Optom Vis Sci.* 2008;85(6):457-462.
123. Kida T, Liu JH, Weinreb RN. Effect of 24-hour corneal biomechanical changes on intraocular pressure measurement. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(10):4422-4426.
124. Hager A, Schroeder B, Sadeghi M, Grossherr M, Wiegand W. The influence of corneal hysteresis and corneal resistance factor on the measurement of intraocular pressure. *Ophthalmologe* 2007;104(6):484-489.
125. Edwards MH, Brown B. Intraocular pressure in a selected sample of myopic and nonmyopic chinese children. *Optom Vis Sci.* 1993;70(1):15–17.
126. Edwards MH, Brown B. IOP in myopic children: the relationship between increases in IOP and the development of myopia. *Ophthalmic Physiological Optics* 1996;16(3):243–246.
127. Kurt E, Kurultay I. The Relationship Between Intraocular Pressure, Central Corneal Thickness and Refractive Errors. *Turkiye Klinikleri J Ophthalmol.* 2008;17:84-89.