

## MAKÜLER KORNEA DİSTROFİSİNDE KORNEANIN BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

## BIOMECHANICAL PROPERTIES OF THE CORNEA IN MACULAR CORNEAL DYSTROPHY

Selma ÖZBEK UZMAN<sup>1</sup>, Gülizar DEMİROK<sup>1</sup>, Züleyha YALNIZ AKKAYA<sup>1</sup>, Ümit EKŞİOĞLU<sup>1</sup>, Evin ÖZDEMİR<sup>1</sup>, Mehmet YAKIN<sup>1</sup>, Firdevs ÖRNEK<sup>1</sup>, Ayşe BURCU<sup>1</sup>

## ÖZET

**AMAÇ:** Maküler kornea distrofinin (MKD) korneanın biyomekanik özellikleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi ve sağlıklı bireyler ile karşılaştırılması amaçlandı.

**GEREÇ VE YÖNTEM:** Klinik olarak MKD tanısı konulmuş 45 hastanın 45 gözü (MKD grubu) ve 61 sağlıklı bireyin 61 gözü (kontrol grubu) çalışma kapsamına alındı. Tam oftalmolojik muayene sonrasında oküler cevap analizörü (ORA) ile, kornea histerezi (KH), kornea direnç faktörü (KRF), Goldmann ile uyumlu göz içi basıncı (GİBg) ve kornea düzeltmeli GİB (GİBcc) değerleri ve Pentacam veya ultrason pakimetrisi ile merkezi kornea kalınlığı (MKK) ölçüldü ve kaydedildi.

**BULGULAR:** İki grup, ortalama yaş (37,49 ± 10,05 ve 36,70 ± 10,72 yıl, p=0,703) ve cinsiyet dağılımı açısından (p=0,976) benzerdi. Maküler kornea distrofinin grubu ve kontrol grubunda ortalama KH [9,52 ± 1,37 ve 10,99 ± 1,16 mmHg (p <0,001)]; ortalama KRF [8,92 ± 1,48 ve 10,70 ± 1,30 mmHg (p <0,001)]; ortalama MKK [395,71 ± 41,62 ve 531,39 ± 28,69 µm (p <0,001)]; ortalama GİBg [12,14 ± 2,49 ve 14,75 ± 2,66 mmHg (p <0,001)]; ve ortalama GİBcc [13,78 ± 2,65 ve 14,75 ± 2,56 mmHg (p = 0,021)] açısından anlamlı fark tespit edildi. Ancak MKK'nin etkisi istatistiksel olarak kontrol altına alındığında, KH, KRF, GİBg ve GİBcc her iki grupta da benzer olarak bulundu.

**SONUÇ:** Maküler kornea distrofinininde ortalama CH, CRF, IOPcc ve IOPg sağlıklı kontrollere göre daha düşüktür. Ancak maküler kornea distrofinininde görülen korneanın kollajen tabakaları ve hücre dışı matrisindeki histopatolojik değişiklikler korneanın biyomekanik özelliklerinde ORA ile tespit edilebilen değişikliğe neden olmamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Oküler cevap analizörü (ORA); kornea histerezi (KH); kornea direnç faktörü (KRF); maküler kornea distrofinin (MKD); merkezi kornea kalınlığı (MKK).

## ABSTRACT

**AIM:** To evaluate the effect of macular corneal dystrophy (MCD) on the corneal biomechanical properties and to compare it with healthy individuals.

**MATERIAL AND METHOD:** 45 eyes of 45 patients with a clinical diagnosis of MCD (MCD group) and 61 eyes of 61 healthy individuals (control group) were included in the study. After the full ophthalmologic examination, corneal hysteresis (CH), corneal resistance factor (CRF), Goldmann-correlated intraocular pressure (IOPg) and corneal-compensated IOP (IOPcc) and central corneal thickness (CCT) were measured and recorded.

**RESULTS:** The two groups were similar in terms of mean age (37.49 ± 10.05 and 36.70 ± 10.72 years, p = 0.703) and gender distribution (p = 0.976). In the MCD group and control group mean CH [9.52 ± 1.37 and 10.99 ± 1.16 mmHg (p <0.001)]; mean CRF [8.92 ± 1.48 and 10.70 ± 1.30 mmHg (p <0.001)]; mean CCT [395.71 ± 41.62 and 531.39 ± 28.69 µm (p <0.001)]; mean IOPg [12.14 ± 2.49 and 14.75 ± 2.66 mmHg (p <0.001)]; and mean IOPcc [13.78 ± 2.65 and 14.75 ± 2.56 mmHg (p = 0.021)] a significant difference were found in terms of. When the effect of CCT was statistically controlled, CH, CRF, IOPg and IOPcc were similar in both groups.

**CONCLUSION:** In MCD, mean CH, CRF, IOPcc and IOPg are lower than healthy controls. However, histopathological changes in the collagen layers and extracellular matrix of the cornea in MCD do not cause changes in the corneal biomechanical properties that can be detected by ORA.

**Keywords:** Ocular response analyzer (ORA); corneal hysteresis (CH); corneal resistance factor (CRF); macular corneal dystrophy (MCD); central corneal thickness (CCT).

<sup>1</sup> Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Ankara, Türkiye

Geliş Tarihi / Submitted : Nisan 2021 / April 2021

Kabul Tarihi / Accepted : Temmuz 2021 / July 2021

## Sorumlu Yazar / Corresponding Author:

Selma ÖZBEK-UZMAN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Uluçanlar Cad. No: 89, 06230, Ankara, Türkiye

Gsm: +90 505 250 06 34 E-posta: ozbekselma@yahoo.com

## Yazar Bilgileri / Author Information:

Selma ÖZBEK-UZMAN (ORCID : 0000-0002-4967-7325),

Gülizar DEMİROK (ORCID : 0000-0003-4655-4669) E-posta: gulizardemirok@hotmail.com,

Züleyha YALNIZ-AKKAYA (ORCID : 0000-0003-3817-2214) E-posta: zyalniz@yahoo.com,

Ümit EKŞİOĞLU (ORCID : 0000-0002-3061-7162) E-posta: ekioglu@gmail.com,

Evin ÖZDEMİR (ORCID : 0000-0002-8452-8595) E-posta: evinsingar@yahoo.com,

Mehmet YAKIN (ORCID : 0000-0002-3470-4124) E-posta: yakinmehmet@hotmail.com,

Firdevs ÖRNEK (ORCID : 0000-0003-2412-0675) E-posta: firdevsornek@gmail.com,

Ayşe BURCU (ORCID : 0000-0002-2345-0456) E-posta: anurozler@yahoo.com.tr

Çalışma için, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Etik Kurulu'ndan (Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ankara Sağlık Araştırma Uygulama Merkezi Tıpta Uzmanlık Kurulu) onay alındı (10.01.2018 - 0032)

## GİRİŞ

Maküler kornea distrofisi (MKD), sıklıkla yaşamın ilk on yılında ortaya çıkan, bilateral, progresif ve hızlı görme bozukluğuyla karakterize otozomal resesif geçişli bir kornea bozukluğudur. Başlangıçta ön stromada çok sayıda küçük, düzensiz, gri-beyaz, yuvarlak opasiteler mevcutken zamanla periferik olarak limbus ile derin stroma ve Descemet membranına kadar uzanan arada temiz alan bırakmayan yoğun stromal bulanıklık ortaya çıkar (1,2). Kornea stromasındaki histopatolojik bozulma, korneanın sertliğinde değişikliklere ve su bağlama kapasitesinde düşmeye bu da merkezi kornea kalınlığında azalmaya yol açar (1,2). Avrupa, Japonya ve Kuzey Amerika'da en nadir görülen stromal distrofi iken ülkemiz gibi akraba evliliklerinin sık görüldüğü Suudi Arabistan ve Güney Hindistan'da en sık görülen stromal distrofidir (3-5).

Oküler cevap analizörü (ORA) ile korneal histerezis (KH) ve kornea direnç faktörü (KRF), Goldmann ile uyumlu göz içi basıncı (GİBg) ve kornea düzeltmeli GİB (GİBcc) dahil olmak üzere kornea biyomekanik özelliklerini değerlendirmek için kullanılan elektro-optik bir cihazdır (6). Korneal histerezis, korneanın kalınlığını, hidrasyonunu, rijiditesini ve henüz tanımlanmamış faktörlerin birikmiş etkisini göstermektedir ve daha çok korneanın viskoz özelliklerinin bir ifadesidir, GİB'den bağımsız olduğu gösterilmiştir. Kornea direnç faktörü ise, KH'den elde edilen bir değerdir ve korneanın elastik özelliğini yansıtan ve korneanın genel direncini ifade eden bir parametredir (6-9).

Korneanın biyomekanik özellikleri, GİB'in doğru değerlendirilmesi, keratorefraktif cerrahi adaylarında postoperatif ektazi gibi risklerin preoperatif değerlendirilebilmesi ve sağlıklı ve anormal kornealar arasındaki ayrımı sağlaması açısından önemlidir (6,7).

Keratokonus (KK), Fuchs kornea distrofisi (FKD) ve keratorefraktif cerrahinin korneanın biyomekanik özelliklerine etkisi üzerine çok sayıda çalışma vardır (6-10). Bununla birlikte, bildiğimiz kadarıyla, MKD'li hastalarda korneanın biyomekanik özellikleri üzerine çalışma mevcut değildir. Bu nedenle, bu çalışmada MKD'li gözlerin ORA ile ölçülen korneanın biyomekanik özelliklerini sağlıklı gözlerle karşılaştırmayı amaçladık.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma için, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Etik Kurulu'ndan (Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ankara Sağlık Araştırma Uygulama Merkezi Tıpta Uzmanlık Kurulu) onay alındı (10.01.2018 - 0032) ve çalışma insan konularını içeren araştırmalar için Helsinki Deklarasyonu hükümlerine bağlı kalınarak gerçekleştirildi.

Maküler korneal distrofilili 45 hastanın 45 gözü (22 erkek ve 23 kadın) ve 61 sağlıklı bireyin 61 gözü (30 erkek ve 31 kadın) çalışma kapsamına alındı. MKD tanısı, tıbbi öykü, aile öyküsü ve yarık lamba muayenelerine

dayanarak deneyimli bir kornea uzmanı (AB) tarafından kornea distrofilerinin uluslararası sınıflandırmasına (IC3D) göre konuldu (11). Tüm hastalarımızda bilateral MKD olmasına rağmen her hastanın sadece tek gözü rastgele seçilerek çalışmaya dahil edildi. Her iki grup için; 18 yaş altı olan, başka bir kornea hastalığı veya geçirilmiş göz operasyonu olan, kornea dokusunu etkileyebilecek ilaç kullanan, kontakt lens kullanıcısı, bağ dokusu hastalığı veya diyabet gibi sistemik hastalığı olan bireyler çalışmaya çalışma dışı bırakıldı.

Tüm gözlere slit-lamba biyomikroskopi, fundus muayenesi, Goldmann aplanasyon tonometrisi (GAT; Haag-Streit, Koenitz, Switzerland) ile göz içi basıncı ölçümü ve ORA (Reichert Ophthalmic Instruments, software version 3.01, Buffalo, NY, USA) ile korneanın biyomekanik özelliklerin incelenmesi dahil olmak üzere ayrıntılı oftalmik değerlendirme yapıldı. Merkezi kornea kalınlığı (MCK) Scheimpflug kamera (Pentacam; Oculus, Wetzlar, Germany) kullanılarak değerlendirildi. Ancak yoğun kornea opasitesine bağlı olarak Pentacam ile pakimetri haritası alınamayan MKD hastaları için ultrasonografik pakimetri (Sonomed Pacscan 300 AP digital biometric ruler, Lac Success, NY, USA) kullanıldı. Her bir göz için dört adet ORA ölçümü ve pakimetrik harita elde edildi ve en yüksek kaliteli ölçümler çalışmaya dahil edildi.

## İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler ticari yazılım (SPSS for Windows, sürüm 22,0; SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapıldı. Sürekli değişkenlerin dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak belirlendi. Varyansların homojenliğini değerlendirmek için Levene testi kullanıldı. Aksi belirtilmedikçe, sürekli veriler normal dağılımlar için ortalama  $\pm$  standart sapma ve normal dağılmayanlar için medyan (aralık, minimum - maksimum değer) olarak tanımlandı. Kategorik veriler, vaka sayısı (%) olarak tanımlandı.

İki bağımsız grup arasında normal dağılan değişkenlerdeki farklılıklar Student's t-testi kullanılarak analiz edildi ve normal dağılmayan verilerin karşılaştırmaları için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Kategorik verilerin analizinde ki-kare testi kullanıldı. MCK etkisinin kontrolü için gruplar arası farklılıklar ANCOVA testi ile analiz edilmiştir (Kovaryans analizi). Değişkenler arasındaki ilişki derecesi Pearson korelasyon katsayısı ve kısmi korelasyon analizi kullanılarak değerlendirildi.  $p < 0,05$  değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Maküler kornea distrofisi grubu ve kontrol grubunun demografik verileri **Tablo 1**'de gösterilmiştir. İki grup ortalamaya yaş ve cinsiyet dağılımı açısından benzerdi ( $p > 0,05$ ).

Her iki grubun kornea biyomekanik özellikleri ve MCK değerleri **Tablo 2**'de özetlenmiştir. Kornea histerezisi, KRF, GİBg, GİBcc ve MCK açısından gruplar arasındaki fark anlamlı idi. ( $p < 0,05$ ). Bu farklılık hasta grubunda

bütün bu bahsi geçen değişkenlerin ortalama veya medyan değerlerinin kontrol grubuna göre düşük olmasından kaynaklanmaktadır. (Normal dağılanlarda ortalama ve standart sapma, normal dağılmayanlarda medyan ve minimum-maksimum değerleri kullanılmıştır.)

Maküler kornea distrofisi ve kontrol grubunda yaş ve cinsiyete göre düzeltme yapılmadan önce ve düzeltme yapıldıktan sonra MKK ile KH ve KRF arasındaki korelasyonlar **Tablo 3**'de gösterilmiştir. Yaş ve cinsiyet için düzeltme yapıldıktan sonra, MKK; MKD grubunda

hem KH hem de KRF ile korele iken ve kontrol grubunda sadece KRF ile korele idi ( $p < 0.05$ ).

Maküler kornea distrofisi grubunda GİBcc ile MKK, KH ve KRF arasında korelasyon yokken, kontrol grubunda GİBcc ile MKK ve KRF arasında pozitif korelasyon ayrıca KH arasında negatif korelasyon vardı (**Tablo 4**). Merkezi kornea kalınlığı için düzeltme yapıldıktan sonra, her iki grup KH, KRF, GİBcc ve GİBg değerleri açısından istatistiksel olarak benzer bulundu (düzeltilmiş ortalama =) (**Tablo 5**).

**Tablo 1. Maküler kornea distrofisi grubu ve kontrol grubunun demografik verileri.**

Değişkenler		MKD grubu (n:45)	Kontrol grubu (n:61)	p
Yaş (yıl) †		37,49 ± 10,05	36,70 ± 10,72	0,703
Cinsiyet ‡	<b>Kadın</b>	23 (51,1%)	31 (50,8%)	0,976
Yn ‡	<b>Sağ</b>	24 (53,3%)	39 (63,9%)	0,272

MKD, Maküler kornea distrofisi;

Veriler devamlı değişkenler için ortalama ± standart deviasyon ve kategorik değişkenler için sayı (yüzde) olarak verilmiştir; †: Student t test and ‡: Chi-square test,  $p < 0,05$

**Tablo 2. Korneanın biyomekanik zellikleri & MKK değerleri**

	MKD grubu (n = 45)	Kontrol grubu (n = 61)	p
KH† (mmHg)	9,52 ± 1,37 (7,2–12,5)	10,99 ± 1,16 (8,2–13,9)	< <b>0,001</b>
KRF† (mmHg)	8,92 ± 1,48 (6–13)	10,70 ± 1,30 (8,4–14,1)	< <b>0,001</b>
GİBg‡ (mmHg)	12 (7,70–19,70)	14,70 (10,4–20,8)	< <b>0,001</b>
GİBcc† (mmHg)	13,54 ± 2,70 (8–23,1)	14,75 ± 2,56 (10,4–20,1)	<b>0,021</b>
MKK† (µm)	395,71±41,62 (320–481)	531,39± 28,69 (491–597)	< <b>0,001</b>

Veriler devamlı değişkenler için ortalama ± standart deviasyon veya medyan (minimum–maksimum) ve kategorik değişkenler için sayı (yüzde) olarak verilmiştir; †: Student's t- test, ‡: Mann–Whitney U test,  $p < 0,05$

MKD, Maküler kornea distrofisi; MKK, Merkezi kornea kalınlığı; KH, Kornea Histerezisi; KRF, Kornea Direnç Faktörü; GİBg, Goldman ile uyumlu göz içi basıncı ve GİBcc, Kornea düzeltmeli göz içi basıncı.

**Tablo 3. MKK, KH, ve KRF arasındaki korelasyonlar**

		MKK			
		Düzeltme yok		Yaş ve cinsiyete göre düzeltmeli	
		r	p	r	p
MKD grubu (n = 45)	<b>KH</b>	0,287	0,056	0,339	<b>0,026</b>
	<b>KRF</b>	0,369	<b>0,013</b>	0,470	<b>0,001</b>
Kontrol grubu (n = 61)	<b>KH</b>	0,169	0,193	0,205	0,119
	<b>KRF</b>	0,371	<b>0,003</b>	0,425	<b>0,001</b>

r, korelasyon katsayısı; Pearson korelasyon katsayısı ve kısmi korelasyon analizi kullanıldı,  $p < 0,05$ . MKD, Maküler Kornea Distrofisi; MKK, Merkezi Kornea Kalınlığı; KH, Kornea Histeresizi; KRF, Kornea Direnç Faktörü.

**Tablo 4. GİBcc ile MKK, KH, KRF arasındaki korelasyonlar**

		GİBcc			
		Düzeltme yok		Yaş ve cinsiyete göre düzeltmeli	
		r	p	r	p
MKD grubu (n = 45)	<b>MKK</b>	0,232	0,125	0,256	0,098
	<b>KH</b>	–0,275	0,067	–0,284	0,064
	<b>KRF</b>	0,198	0,192	0,177	0,257
Kontrol grubu (n = 61)	<b>MKK</b>	0,270	<b>0,035</b>	0,277	<b>0,033</b>
	<b>KH</b>	–0,438	< <b>0,001</b>	–0,438	<b>0,001</b>
	<b>KRF</b>	0,215	0,095	0,261	<b>0,046</b>

r, korelasyon katsayısı; Pearson korelasyon katsayısı ve Parsiyel korelasyon analizi kullanıldı,  $p < 0,05$ . MKD, Maküler Kornea Distrofisi; MKK, Merkezi Kornea Kalınlığı; KH, Kornea Histeresizi; KRF, Kornea Direnç Faktörü ve GİBcc, Kornea düzeltmeli göz içi basıncı.

**Tablo 5. Merkezi kornea kalınlığı etkisi kontrol edildikten sonra grupların KH, KRF, GİBcc ve GİBg açısından karşılaştırılması.**

	MKD grubu (n:45)		Kontrol grubu (n:61)		p
	X	SE	X	SE	
KH	10,175	0,326	10,505	0,253	0,533
KRF	10,055	0,343	9,864	0,267	0,731
GİBcc	14,991	0,679	13,674	0,528	0,234
GİBg	14,266	0,666	13,220	0,518	0,334

Kovaryat değişkeni: MKK (ANCOVA kullanılarak kontrol edildi), X Düzeltilmiş ortalama; SE, Standart Hata; MKD, Maküler Kornea Distrofisi; MKK, Merkezi Kornea Kalınlığı; KH, Kornea Histeresizi; KRF, Kornea Direnç Faktörü; GİBcc, Kornea düzeltilmeli GİB; ve GİBg, Goldman ile uyumlu göz içi basıncı.

## TARTIŞMA

Kornea stroması, proteoglikan matris tarafından oluşturulan oldukça organize kollajen fibrillerinden (tip I, III ve V) oluşur ve korneanın biyomekanik özelliklerinin ana belirleyicisidir (12-14). Maküler kornea distrofil hastalarda gözlemlenen korneanın ara maddesi ve kollajen bileşenindeki yapısal değişikliklerin ORA ile ölçülen biyomekanik değişikliklere yol açabileceği düşünülmektedir. Kollajen ve elastin korneanın direncinden ve elastikiyetinden sorumlu olup ve KRF ile ilişkili iken, proteoglikanlar, keratinositler ve fibroblastlar tarafından oluşturulan ara madde viskoelastisite sağlar ve KH ile ilişkilidir (12,14).

Maküler kornea distrofisinde primer patolojik değişiklikler keratositlerde ve kornea endotelinde ortaya çıkan glikozaminoglikanların intrasitoplazmik birikimidir. Proteoglikanların çapı ve miktarı artarken kollajen fibril çapı ve fibriller arasındaki mesafe de önemli ölçüde azalır. Normal bir korneada proteoglikanlar sadece tek bir kollajen fibrili ile temas halindeyken MKD'de proteoglikanlar büyük çaplıdır ve genellikle 2-3 kollajen fibrili ile temas halindedir. Maküler kornea distrofisinde kollajen fibril çapı ve fibriller arası mesafede azalma, anormal glikozaminoglikanların birikimi ve sülfatasyonda düşmeye bağlı ortaya çıkan keratan sülfat miktarında azalma şeklindeki histopatolojik değişiklikler, korneanın sertliği ile birlikte korneanın su bağlama kapasitesinde bir azalmaya ve kornea kalınlığında azalmaya neden olur(1,15-19) Çalışmamızda MKD grubunda MKK kontrol grubuna göre daha düşük iken, topografi analizinde hiçbir olguda eş zamanlı keratokonus saptanmadı.

Korneada yapısal değişikliklere neden olan hastalıklarda, biyomekanik parametrelerde etkilenir. Sağlıklı gözlerde KH ve KRF, MKK ile pozitif ilişkilidir (20). Fuchs kornea distrofisinde KH ve KRF'nin normal gözlerden daha düşük olduğu, KRF'nin MKK ile negatif korelasyon gösterdiği ve bunun kornea hidrasyonu yanı sıra kornea dokularında viskozitede azalmaya yol açabilen kornea biyomekaniklerinin diğer yönleriyle ilişkili olabileceği bildirilmiştir (8,9). KK'lu hastaların gözlerinde; KH ve KRF'ün, yaş, cinsiyet ve MKK'nin ayarlanmasından sonra bile sağlıklı gözlerle göre daha düşük olduğu gösterilmiştir (12,20-22). Ancak çapraz bağlamayı takiben korneaların gücündeki % 300 artışa rağmen KH ve KRF'nin değişmediği bulunmuştur (23,24). Ayrıca,

granüler korneal distrofisindeki yapısal değişikliklerin de ORA tarafından belirlenebilen biyomekanik değişikliklere neden olmadığı bildirilmiştir (25).

Çalışmamızda, MKD'li gözlerde normal gözlerle göre KH, KRF, GİBcc ve GİBg değerlerinin anlamlı derecede düşük olduğu ve MKK'nin KRF ile zayıf bir korelasyon gösterirken KH ile korele olmadığı bulundu. Yaş ve cinsiyet faktörü ayarlandıktan sonra da, KRF; MKK ile pozitif korelasyon gösterirken KH; MKK ile orta derecede korele idi. Ancak MKK'nin etkisi kontrol altına alındığında, bu yapısal değişikliklerin ORA tarafından belirlenebilen istatistiksel olarak anlamlı farka yol açan biyomekanik değişikliklere neden olmadığı görüldü. Bu durum MKK'den farklı yapısal değişikliklerin ORA ölçümlerinde gözlemlenen etkilerden sorumlu olabileceğini düşündürmektedir.

Korneal biyomekanik özellikler potansiyel olarak GİB ölçümlerinin doğruluğunu etkiler. Son çalışmaların sonuçları göz önüne alındığında, daha yüksek KH ve KRF'li kornealarda deformasyona karşı daha yüksek bir direncin ortaya çıkacağı ve dolayısıyla GAT, GİBcc veya GİBg değerlerinin gerçek değerlerden daha yüksek olacağı beklenmektedir (6,8,9,26,27). Gerçek GİB'in daha doğru bir göstergesi olduğu bilinen GİBcc, MKK ile korelasyon göstermezken, KH ile koreledir bu nedenle GİBg'ye göre korneal biyomekanik özelliklerden daha az etkilenir (8,26-28).

Bununla birlikte, çalışmamızda KH, GİBcc ile korelasyon göstermemiştir, ancak yaş ve cinsiyetin etkisi kontrol edildiğinde, orta derecede anlamlı negatif korelasyon kaydedilmiştir. Bizim sonuçlarımıza göre, MKK'nin etkisi dışlandığında, MKD grubunda sağlıklı kontrollere göre KH daha düşük ve KRF, GİBcc ve GİBg daha yüksek değerlerine sahipti. Ancak, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi. Bu farklılık, bireysel varyasyonlar ve çalışmamızın küçük örneklem büyüklüğü nedeniyle ortaya çıkmış olabilir.

Çalışmamızın en önemli kısıtlılıkları; MKD grubunda MKK'nin kontrol grubundan anlamlı olarak düşük olması ve bu farklılığın istatistiksel yöntemle ortadan kaldırılarak biyomekanik özelliklerin karşılaştırılmış olması ve MKD'nin nadir bir hastalık olması nedeniyle küçük örneklem büyüklüğüne sahip olunmasıdır. Kontrol grubu olarak daha ince kornea kalınlığına sahip olgu-

larla daha büyük bir örneklem boyutuna sahip gelecek-teki çalışmalarda daha tutarlı sonuçlar elde edilebilir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, FKD ve keratokonus hastalarında kolla-jen tabakalarının veya ekstraselüler matriksin histopa-tolojik olarak bozulması kornea biyomekanik özellik-lerini etkilerken, çapraz bağlama sonrası kornealarda olduğu gibi MKD'de de korneanın ORA ile ölçülen biyomekanik özelliklerini etkilememektedir. Bu durum MKD'de MKK'den farklı yapısal değişikliklerin ORA ölçümlerinde gözlemlenen etkilerden sorumlu olabi-leceğini, kornea biyomekanikliğinin diğer yönünü tespit etmek için bunlar dışındaki parametrelerin değerlendi-rilmesinin gerekli olduğunu düşündürmektedir.

## Yazarlık katkıları:

**Fikir/kavram:** Selma Özbek-Uzman;

**Tasarım:** Selma Özbek-Uzman,

**Denetleme/Danışmanlık:** Züleyha Yalnız-Akkaya, Gülizar Demirok, Ayşe Burcu;

**Veri toplama/ İşleme:** Selma Özbek-Uzman, Züleyha Yalnız-Akkaya, Gülizar Demirok, Mehmet Yakın, Ümit Eksioğlu; Kaynak taraması: Züleyha Yalnız-Akkaya, Evin Özdemir, Firdevs Örnek;

**Makalenin yazımı:** Selma Özbek-Uzman;

**Eleştirel inceleme:** Züleyha Yalnız-Akkaya, Gülizar Demirok, Ayşe Burcu.

**Teşekkür:** İstatistiksel analiz için Dr. Esra Arslanoğ-lu'na teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- 1.)Javadi MA, Rafee'i AB, Kamalian N, et al. Concomitant keratoconus and macular corneal dystrophy. *Cornea*. 2004;23:508-12.
- 2.)Kocluk Y, Yalnız-Akkaya Z, Burcu A, et al. Corneal topography analysis of stromal corneal dystrophies. *Pak J Med Sci*. 2015;31:116-120.
- 3.)Lang GK, Naumann GO. The frequency of corneal dystrophies requiring keratoplasty in Europe and the U.S.A. *Cornea*. 1987;6:209-11.
- 4.)Alzuhairy S, Alkatan HM, Al-Rajhi AA. Prevalence and histopathological characteristics of corneal stromal dystrophies in Saudi Arabia. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2015;22:179-85.
- 5.)Pandrowala H, Bansal A, Vemuganti GK, et al. Frequency, distribution, and outcome of keratoplasty for corneal dystrophies at a tertiary eye care center in South India. *Cornea*. 2004;23:541-6.
- 6.)Garcia-Porta N, Fernandes P, Queiros A, et al. Corneal biomechanical properties in different ocular conditions and new measurement techniques. *ISRN Ophthalmol*. 2014;4:724546.
- 7.)Gkika M, Labiris G, Giarmoukakis A, et al. Evaluation of corneal hysteresis and corneal resistance factor after corneal cross-linking for keratoconus. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2012;250:565-73.
- 8.)del Buey MA, Cristóbal JA, Ascaso FJ, et al. Biomechanical properties of the cornea in Fuchs' corneal dystrophy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50:3199-3202.
- 9.)Clemmensen K, Hjortdal J. Intraocular pressure and corneal

biomechanics in Fuchs' endothelial dystrophy and after posterior lamellar keratoplasty. *Acta Ophthalmologica*. 2014;4:350-54.

10.)Ortiz D, Piñero D, Shabayek MH, et al. Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33:1371-5.

11.)Weiss JS, Moller HU, Aldave AJ, et al. IC3D classification of corneal dystrophies-edition 2. *Cornea*. 2015;34:117-59.

12.)Moshirfar M, Edmonds JN, Behunin NL, et al. Corneal biomechanics in iatrogenic ectasia and keratoconus: A review of the literature. *Oman J Ophthalmol*. 2013;6:12-7.

13.)Del Monte DW, Kim T. Anatomy and physiology of the cornea. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:588-598.

14.)Ihanamaki T, Pelliniemi LJ, Vuorio E. Collagens and collagen-related matrix components in the human and mouse eye. *Prog Retin Eye Res*. 2004;23:403-44.

15.)Murab S, Chameettachal S, Ghosh S. Establishment of an in vitro monolayer model of macular corneal dystrophy. *Lab Invest*. 2016;96:1311-26.

16.)Akhtar S, Alkatan HM, Kirat O, et al. Collagen fibrils and proteoglycans of macular dystrophy cornea: ultrastructure and 3D transmission electron tomography. *Microsc Microanal*. 2015;21:666-79.

17.)Meek KM, Quantock AJ, Elliott GF, et al. Macular corneal dystrophy: the macromolecular structure of the stroma observed using electron microscopy and synchrotron X-ray diffraction. *Exp Eye Res*. 1989;49:941-958.

18.)Quantock AJ, Meek KM, Thonar EJ, et al. Synchrotron X-ray diffraction in atypical macular dystrophy. *Eye (Lond)*. 1993;7:779-784.

19.)Birk DE, Fitch JM, Babiarz JP, et al. Collagen fibrillogenesis in vitro: interaction of types I and V collagen regulates fibril diameter. *J Cell Sci*. 1990;95:649-657.

20.)Shah S, Laiquzzaman M, Bhojwani R, et al. Assessment of the biomechanical properties of the cornea with the ocular response analyzer in normal and keratoconic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48:3026-3031.

21.)Kara N, Altinkaynak H, Baz O, et al. Biomechanical evaluation of cornea in topographically normal relatives of patients with keratoconus. *Cornea*. 2013;32:262-266.

22.)Meek KM, Tuft SJ, Huang Y, et al. Changes in collagen orientation and distribution in keratoconus corneas. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46:1948-1956.

23.)Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Stress-strain measurements of human and porcine corneas after riboflavinultraviolet-A-induced cross-linking. *J Cataract and Refract Surg*. 2003;29:1780-1785.

24.)Poli M, Cornut PL, Balmigere T, et al. Prospective study of corneal collagen cross-linking efficacy and tolerance in the treatment of keratoconus and Corneal ectasia: 3-year results. *Cornea*. 2013;5:583-590.

25.)Kamiya K, Shimizu K, Ohmoto F. The changes in corneal biomechanical parameters after phototherapeutic keratectomy in eyes with granular corneal dystrophy. *Eye (Lond)*. 2009;23:1790-1795.

26.)Medeiros FA, Weinreb RN. Evaluation of the influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurements using the ocular response analyzer. *J Glaucoma*. 2006;15:364-370.

27.)Touboul D, Roberts C, Kérautret J, et al. Correlations between corneal hysteresis, intraocular pressure, and corneal central pachymetry. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34:616-622.28.

28.)Franco S and 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 Expt Optom*. 2009;92:469-475.