

Akromegali Hastalarında Korneal Biyomekanik Özellikler

Corneal Biomechanical Properties in Patients with Acromegaly

Merve İNANÇ,^a
Mert ŞİMŞEK,^b
Özlem BEYAZYILDIZ,^c
Emrullah BEYAZYILDIZ,^c
Seyfullah KAN,^d
Pelin YILMAZBAŞA^a

^aGöz Hastalıkları Kliniği,
Sağlık Bilimleri Üniversitesi,
Ulucanlar Göz Eğitim ve
Araştırma Hastanesi,
Ankara

^bGöz Hastalıkları Kliniği,
Sorgun Devlet Hastanesi,
Yozgat

^cGöz Hastalıkları AD,
Samsun Eğitim ve Araştırma Hastanesi,
Samsun

^dEndokrinoloji ve Metabolizma
Hastalıkları Kliniği,
Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi,
Ankara

Received: 07.02.2018

Received in revised form: 23.04.2018

Accepted: 24.04.2018

Available online: 25.10.2018

Correspondence:

Mert ŞİMŞEK
Sorgun Devlet Hastanesi,
Göz Hastalıkları Kliniği, Yozgat,
TÜRKİYE/TURKEY
mertsimsek86@gmail.com

Bu çalışma, TOD 49. Ulusal Kongresi
(4-9 Kasım 2015, İstanbul)'nde poster
olarak sunulmuştur.

ÖZET Amaç: Akromegali tanısıyla izlenen hastalarda korneanın biyomekanik özelliklerinin oküler cevap analizörü (OCA) ile belirlenmesi ve sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırılmasıdır. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmaya 32 akromegali hastası ile yaş ve cinsiyeti eşleştirilmiş 30 kontrol vakası dâhil edildi. Korneal histerez (KH), korneal rezistans faktör (KRF), Goldmann korele göz içi basıncı (GİBg) ve korneal kompanze edilmiş göz içi basıncı (GİBkk) değerleri OCA ile ölçüldü. Santral kornea kalınlıkları (SKK) ultrasonik pakimetre ile belirlendi ve gruplar arası farklar karşılaştırıldı. **Bulgular:** Akromegalik gözler ile sağlıklı gözlerde bakılan OCA değerleri sırasıyla; KH için $10,35 \pm 1,65$ mmHg ve $9,17 \pm 1,51$ mmHg, KRF için $10,35 \pm 2,01$ mmHg ve $9,04 \pm 1,58$ mmHg, SKK için $546,81 \pm 34,7$ ve $521,9 \pm 37,1$ idi. Akromegali hasta grubunda, sağlıklı bireylere göre ortalama KH, KRF ve SKK değerleri daha yüksek bulundu. Ortalama GİBg ve GİGkk değerleri açısından hasta ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu. **Sonuç:** Akromegali hastalığı multisistemik tutulum ile seyrederken, korneada da biyomekanik değişikliklere neden olmaktadır. Korneal elastikiyet ve dirençte meydana gelen değişiklikler ile KH, KRF ve SKK değerlerinde anlamlı değişim gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akromegali; korneal biyomekanik; oküler cevap analizörü

ABSTRACT Objective: We aimed to determine the biomechanical properties of the cornea with ocular response analyzer (ORA) and to compare it with the healthy control group in cases with acromegaly diagnosis. **Material and Methods:** Thirty-two patients with acromegaly and 30 age- and sex-matched control subjects were included in the study. Corneal hysteresis (CH), corneal resistance factor (CRF), Goldmann-correlated intraocular pressure (IOPg) and cornea-compensated intraocular pressure (IOPcc) values were measured by ORA. Central corneal thickness (CCT) was determined by ultrasonic pachymeter and the differences between the groups were compared. **Results:** ORA values measured in acromegalic eyes and healthy eyes were 10.35 ± 1.65 mmHg and 9.17 ± 1.51 mmHg for CH, 10.35 ± 2.01 mmHg and 9.04 ± 1.58 mmHg for CRF, 546.81 ± 34.7 and 521.9 ± 37.1 for CCT, respectively. The average CH, CRF and CCT values were found to be higher in patients with acromegaly than in healthy subjects. There were no statistically significant difference between the patients with acromegaly and healthy subjects in the terms of mean IOPg values and mean IOPcc values. **Conclusion:** Acromegaly disease is accompanied by multisystemic involvement and also causes biomechanical changes in the cornea. Significant changes were observed in the values of CH, CRF and CCT with changes in corneal elasticity and resistance.

Keywords: Acromegaly; corneal biomechanics; ocular response analyzer

Akromegali, büyüme hormonu (BH) düzeylerinde artış ile seyreden nadir görülen bir hastalıktır. Hastaların %90'ından fazlasında altta yatan hipofiz bezi tümörü mevcuttur.¹ Akromegali hastalarında bulgular fazla salgılanan BH ve/veya tümörün bası etkisine bağlı olarak karşımıza çıkabilmektedir. Yükselen BH ve buna sekonder karaciğerden salınımı artan insülin benzeri büyüme faktörü-1 [insulin-like growth factor (IGF-1)] hücre proliferasyonunu tetiklemekte, apoptozu ise inhibe etmektedir. Bunun sonucunda hastalarda akrall büyüme, büyük, geniş dudak ve burun

yapısı, artmış cilt kalınlığı ve hipertrofik frontal kemik ile karakterize dış görünüm izlenmektedir.² Ayrıca bu hastalarda kardiyovasküler, serebrovasküler ve respiratuar komorbiditeler de görülmektedir.

Oküler bulgular incelendiğinde, tümörün kitle etkisi ile bitemporal hemianopsi ve görme kaybı görülebilir iken, kitle etkisinden bağımsız olarak ise diyabetik retinopati, artmış göz içi basıncı (GİB) ve artmış santral kornea kalınlığı (SKK) yapılan çalışmalarla gösterilmiştir.^{3,4}

Kornea biyomekaniği, korneayı etkileyen oküler ve sistemik hastalıklarda değişebilmekte ve ölçülen GİB değerlerini ve aynı zamanda korneanın visköz ve elastik özelliklerini etkileyebilmektedir. Bu çalışma ile akromegali nedeni ile izlem altında olan hastalarda oküler cevap analizörü (OCA) ile ölçülen korneanın biyomekanik özelliklerinin yaş ve cinsiyeti eşleştirilmiş sağlıklı bireylerle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu kesitsel çalışma, Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi ile Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Endokrinoloji ve Metabolizma Hastalıkları Kliniği tarafından ortak yürütülmüştür. Çalışma protokolü etik kurul tarafından onaylanmış ve çalışma Helsinki Deklarasyonu'na uygun olarak yapılmıştır. Her katılımcıdan yazılı bilgilendirilmiş onam formu alınmıştır.

Endokrinoloji ve Metabolizma Kliniği tarafından izlem altında olan, en az 5 yıldır hastalığı bulunan ve hormon düzeyleri kontrol altında olan 32 akromegali hastasının 32 gözü ile yaş ve cinsiyeti uyumlu, herhangi bir sistemik ve oküler hastalığı olmayan, basit kırma kusurları nedeni ile oftalmoloji polikliniğine başvuran sağlıklı 30 kontrol grubunun 30 gözü çalışmaya dâhil edilmiştir.

Tüm katılımcıların yaş, cinsiyet, demografik verileriyle birlikte Snellen eşeline göre en iyi düzeltilmiş görme keskinliği, biyomikroskopi, dilatasyon sonrası fundus incelemelerini içeren tam oftalmolojik muayeneleri kayıt altına alınmıştır. Katılımcıların korneal histerez (KH), korneal rezistans faktör (KRF), Goldmann korneal göz içi ba-

sıncı (GİBg) ve korneal kompanse edilmiş göz içi basıncı (GİBkk)'ni içeren korneal biyomekanik özellikleri OCA (Reichert Ophthalmic Instruments, Depew, NY, ABD) ile SKK ölçümleri Tomey AL-1000 ultrasonik biyo-pakimetrisi (Tomey Corporation, Nagoya, Japonya) ile belirlenmiştir. Ölçümler aynı cihaz ve aynı klinisyen tarafından yapılmıştır. Hastaların her bir gözü için birbirine yakın sinyallerde 3 ölçüm alınmış ve bu değerlerin ortalamaları kaydedilmiştir. Atipik sinyaller kayıt dışı bırakılmıştır. Her bireyin sadece sağ gözü çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Oküler biyomekanik parametreleri değiştirebileceği ya da etkileyebileceği için oküler cerrahi, oküler travma, kornea skar ve opasiteleri içerenler, kontakt lens kullanımı, topikal ve/veya sistemik sürekli ilaç kullanımı, üveit, keratokonus gibi oküler hastalık öyküsü olanlar çalışma dışında bırakılmıştır. Ayrıca, $\geq 3D$ sferik ve/veya $\geq 1D$ silindirik kırma kusuru saptananlar, 21 mmHg'dan yüksek GİB bulunanlar ve 65 yaş üstü olanlar çalışmaya dâhil edilmemiştir.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel analizler SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, ABD) yazılımı kullanılarak yapıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile kontrol edildi. Değişkenlerin gruplar arası karşılaştırılmasında normal dağılım gösteren parametreler için Student t-testi, normal dağılım göstermeyen parametreler için Mann-Whitney U testi kullanıldı. $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Çalışmanın gücü %81,8 olarak belirlendi.

BULGULAR

On iki (%37,5) kadın ve 20 (%62,5) erkekten oluşan hasta grubunda ortalama yaş $49,20 \pm 11,07$ yıl olup; 12 (%40) kadın ve 18 (%60) erkekten oluşan kontrol grubunda ortalama yaş $48,43 \pm 13,97$ yıl idi. Gruplar arasında yaş ve cinsiyet açısından anlamlı fark saptanmadı (Tablo 1).

OCA ile ölçülen parametreler değerlendirildiğinde; akromegali hasta grubunda KH $10,35 \pm 1,65$ mmHg, KRF $10,35 \pm 2,01$ mmHg, GİBg $15,61 \pm 4,58$ mmHg, GİBkk $16,19 \pm 4,22$ mmHg, SKK $546,81 \pm 34,7$ μ m olarak saptandı. Kontrol grubunda

TABLO 1: Katılımcıların demografik verileri.

	Akromegali hasta grubu (n=32)	Kontrol grubu (n=30)	p
Yaş (yıl, ort±SS)	49,20±11,07	48,43±13,97	0,841
Cinsiyet (e/k)	20/12	18/12	0,840

p: Yaş için Mann-Whitney U testi, Cinsiyet için ki-kare testi.

TABLO 2: Akromegali hasta grubu ve kontrol grubunun oküler cevap analizörü ölçüm parametrelerinin karşılaştırılması.

	Akromegali hasta grubu (n=32)	Kontrol grubu (n=30)	p
GİBkk	16,19±4,22	16,40±3,10	0,826
GİBg	15,61±4,58	14,45±3,06	0,247
KH	10,35±1,65	9,17±1,51	0,008
KRF	10,35±2,01	9,04±1,58	0,008
SKK	546,81±34,7	521,9±37,1	0,001

p: Bağımsız gruplar için Student t-testi.

GİBg: Goldmann korele göz içi basıncı; **GİBkk:** Korneal kompanse edilmiş göz içi basıncı; **KH:** Korneal histerez; **KRF:** Korneal rezistans faktör; **SKK:** Santral korneal kalınlığı.

ise bu değerler sırasıyla; 9,17±1,51 mmHg, 9,04±1,58 mmHg, 14,45±3,06 mmHg, 16,40±3,10 mmHg, 521,9±37,1 µm bulundu. İki grup arasında KH, KRF ve SKK açısından anlamlı fark mevcuttu (sırasıyla p=0,008, p=0,008 ve p=0,001). GİBg ve GİBkk açısından ise kontrol grubu ile akromegali hastaları arasında istatistiksel anlamlı fark mevcut değildi (sırasıyla p=0,247, p=0,826) (Tablo 2).

TARTIŞMA

Akromegali; multisistemik, kronik bir endokrinolojik hastalıktır. BH ve IGF-1 sekresyonundaki artış, akromegali hastalığı spektrumunda görülen bozuklukların temelini oluşturmaktadır.² Birçok doku ve organ gibi oküler dokuların da akromegali hastalarında hedef dokular arasında olduğu gösterilmiştir.⁵⁻⁷ Literatürde, akromegali hastaları ve sağlıklı kontrol grubunda GİB ve SKK'nin karşılaştırıldığı birçok çalışma mevcuttur.⁵⁻¹⁰ Ancak bu çalışmalarda farklı sonuçlar bildirilmiştir. Bramsen ve ark. ile Altınkaynak ve ark., SKK değerini akromegali hastalarında kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek bulur iken;⁵ Şen ve ark. ile

Özkök ve ark. ise akromegali hastalarında SKK değerini daha yüksek bulmalarına rağmen bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmişlerdir.⁸⁻¹⁰ Çalışmamızda literatüre benzer şekilde, akromegali hastalarında SKK değeri sağlıklı kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek saptanmıştır. SKK'deki bu yükseklik akromegali hastalarında BH-IGF1 hormon aksının artmış düzeylerinin, diğer dokularda gözlendiği gibi kornea üzerinde de hücrelerde büyümeyi indüklemesi ile açıklanabilmektedir. Özellikle stromal glikozaminoglikan sentezini uyararak bu büyüme etkisini oluşturuyor görünmektedir.¹¹ Ayrıca BH, dokuda büyüme etkisini hücre apoptozunu önleyerek de sağlamaktadır.¹²

KH ve KRF gibi korneanın biyomekanik özellikleri korneal hastalıkların sınıflandırılması, refraktif cerrahi, glokom tanı ve izleminde önem taşımaktadırlar.¹³⁻¹⁸ KH'nin azalmasının ve KRF'nin artmasının glokom ile ilişkili olduğu gösterilmiştir.^{15,16} Ayrıca, KH ve KRF'nin keratokonus hastalarında, psödo-fakik gözlerde, Fuchs kornea distrofinde, primer açık açılı glokom ve normal basıncılı glokom hastalarında daha düşük olduğu gösterilmiştir.¹⁹⁻²² Akromegali hastalarında korneanın biyomekanik özelliklerinin OCA ile değerlendirildiği önceki çalışmalar incelendiğinde, Özkök ve ark. ile Altınkaynak ve ark., KH ve KRF değerlerini akromegali hastalarında anlamlı olarak yüksek bulur iken; Şen ve ark., KH ve KRF değerlerini akromegali hasta grubunda daha yüksek ölçmüş, ancak aradaki farkı istatistiksel olarak anlamlı bulmamışlardır.⁸⁻¹⁰ Bu farklı sonuçların iki çalışmaya dâhil edilen akromegali hasta gruplarındaki hormon düzeyleri kontrol altında olan ve olmayan hasta oranlarının farklı olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Çalışmamızda ise KH, akromegali hastalarında sağlıklı kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir farkla daha yüksek bulunur iken, KRF istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük saptanmıştır.

KH; korneanın viskoz yapısı, enerji absorpsiyonu ve dağıtım özelliğini yansıtan korneal biyomekanik bir parametredir.²³ KRF ise korneanın bir elastisite ölçütü, ortalama rijidite kriteri ve direnç parametresidir.²⁴ Oküler hastalık ve/veya travma-

dan sistemik hastalıklara kadar geniş bir yelpazede korneal stromayı etkileyen hastalıklar KH ve KRF ölçümlerini değiştirebilmektedir. Özellikle hormon düzeyleri kontrol altına alınamamış akromegali hastalarındaki yüksek BH seviyeleri sonucu artmış stromal kollajen ve glikozaminoglikan sentezi ve oluşan aşırı matriks elemanlarının dizilim farklılıkları neticesinde korneal viskozite ve elastisite ölçümlerini değiştirebileceğini düşündürmektedir.

GİB kornea üzerinden indirekt yöntemlerle ölçülmektedir. Bu nedenle GİB ölçümünün doğruluğu korneal kalınlık, KH ve KRF gibi korneanın biyomekanik özelliklerinden etkilenmektedir.²⁵ Korneal biyomekanik özelliklerden en az etkilenen GİB olan GİBkk'nin en doğru GİB değeri olduğu öne sürülmektedir.²⁶ Literatürde, akromegali hastalarında GİB'nin değerlendirildiği çalışmalarda ise GİB, Goldmann aplanasyon tonometresi ile ölçülmüştür.⁵⁻⁷ Ciresi ve ark., GİBkk değerinde akromegali hastaları ile kontrol grubu arasında anlamlı fark saptamamışlardır. Özkök ve ark. ile Altınkaynak ve ark., GİBkk değerlerinde akromegali hastaları ile sağlıklı kontrol grubu arasında anlamlı fark saptamaz iken, GİBg değerini akromegali hastalarında daha yüksek ölçmüşlerdir. GİBg değerindeki bu yüksekliği korneanın biyomekanik özelliklerindeki değişikliklere bağlamışlardır.^{6,9,10} Şen ve ark. ise GİBkk ve GİBg değerlerinde akromegali hasta grubu ile sağlıklı kontrol grubu arasında anlamlı fark saptamamışlardır. Benzer şekilde çalışmamızda akromegali hasta grubu ve sağlıklı kontrol grupları arasında GİBkk ve GİBg değerlerinde anlamlı fark bulunmamıştır.

Bilinmektedir ki; KH ile GİB değerleri negatif korelasyon göstermektedir. KH'deki yüksek değerler GİB sonuçlarının yanlış olarak düşük ölçülmesine ve olası glokom tanısının atlanmasına sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle korneal biyomekanik özelliklerden en az etkilenen GİBkk'nin akromegali hastalarında glokom tanı ve izleminde ön planda tutulması gerektiği düşünülmektedir.

Korneanın biyomekanik özellikleri, refraktif cerrahi sonrası ektazi riskini belirlemek, keratokonus gibi ektatik hastalıkların erken teşhisinde de

kullanılmaktadır. Ambrósio ve ark., düşük preoperatif riske rağmen Laser-Assisted in Situ Keratomileusis sonrası korneal ektazi gelişen hastaların cerrahi uygulanmayan diğer gözlerinde düşük KH ve KRF değerleri saptamışlardır.²⁷ Ayrıca, Pniakowska ve ark.nın refraktif cerrahi adaylarında kornea biyomekanik özelliklerine göre erken keratokonusu saptamak için planladıkları çalışmalarda, KH ve KRF'nin refraktif cerrahi için başvuran hastalarda subklinik keratokonusu saptamak için klinik olarak yardımcı parametreler olabileceklerini belirtmişlerdir.²⁸ Bu nedenle, akromegali hastalarında korneal refraktif cerrahi planlanırken, bu korneal biyomekanik özellikler göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamızdaki en önemli kısıtlayıcı faktör, akromegali grubundaki hastaların azlığı nedeni ile, BH ve IGF-1 düzeylerine göre sınıflandırılmamasıdır. Gerçekleştirilecek daha çok olgu serisi ile bu alt grupta yapılacak yapılabilecek ve daha detaylı sonuçlar alınabilecektir.

SONUÇ

Çalışmamızda akromegali hasta grubunda saptanan yüksek SKK, KH ve KRF değerleri, yüksek BH ve IGF-1 seviyelerinin korneanın biyomekanik özellikleri üzerinde değişikliklere sebep olabileceğini göstermektedir. Bu değişiklikler GİB'nin hatalı değerlendirilmesine neden olabileceğinden, akromegali hastalarında bu etkiler akılda tutulmalıdır.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Özlem Beyazyıldız, Emrullah Beyazyıldız; **Tasarım:** Özlem Beyazyıldız, Seyfullah Kan; **Denetleme/Danışmanlık:** Emrullah Beyazyıldız, Seyfullah Kan, Pelin Yılmazbaş; **Veri Toplama Ve/Veya İşleme:** Merve İnanç, Mert Şimşek, Seyfullah Kan; **Analiz ve/veya Yorum:** Merve İnanç, Mert Şimşek, Emrullah Be-

yazyıldız; **Kaynak Taraması:** Merve İnanç, Mert Şimşek, Özlem Beyazyıldız; **Makalenin Yazımı:** Merve İnanç, Mert Şimşek, Emrullah Beyazyıldız, Pelin Yılmazbaş; **Eleştirel İnceleme:** Özlem Beyazyıldız, Seyfullah Kan, Pelin Yılmazbaş; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Merve İnanç, Mert Şimşek, Özlem Beyazyıldız; **Malzemeler:** Merve İnanç, Özlem Beyazyıldız, Seyfullah Kan.

KAYNAKLAR

- Holdaway IM, Rajasooraya C. Epidemiology of acromegaly. Pituitary 1999;2(1):29-41.
- Scacchi M, Cavagnini F. Acromegaly. Pituitary 2006;9(4):297-303.
- Melmed S, Colao A, Barkan A, Molitch M, Grossman AB, Kleinberg D, et al; Acromegaly Consensus Group. Guidelines for acromegaly management: an update. J Clin Endocrinol Metab 2009;94(5):1509-17.
- Sönksen PH, Russell-Jones D, Jones RH. Growth hormone and diabetes mellitus. A review of sixty-three years of medical research and a glimpse into the future? Horm Res 1993;40(1-3):68-79.
- Bramsen T, Klauber A, Bjerre P. Central corneal thickness and intraocular tension in patients with acromegaly. Acta Ophthalmol (Copenh) 1980; 58(6):971-4.
- Ciresi A, Amato MC, Morreale D, Lodato G, Galluzzo A, Giordano C. Cornea in acromegalic patients as a possible target of growth hormone action. J Endocrinol Invest 2011;34(2):e30-5.
- Polat SB, Ugurlu N, Ersoy R, Oguz O, Duru N, Cakir B. Evaluation of central corneal and central retinal thicknesses and intraocular pressure in acromegaly patients. Pituitary 2014;17(4): 327-32.
- Sen E, Tutuncu Y, Balıkcıoğlu-Yılmaz M, Elgin U, Berker D, Öztürk F, et al. Corneal biomechanical properties measured by the ocular response analyzer in acromegalic patients. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2014;252(8):1283-8.
- Ozkok A, Hatipoğlu E, Tamcelik N, Balta B, Gundogdu AS, Ozdamar MA, et al. Corneal biomechanical properties of patients with acromegaly. Br J Ophthalmol 2014;98(5):651-7.
- Altinkaynak H, Duru N, Ersoy R, Kalkan Akçay E, Ugurlu N, Cagil N, et al. Topographic and biomechanical evaluation of cornea in patients with acromegaly. Cornea 2015;34(1):65-70.
- Hassell JR, Kane BP, Etheredge LT, Valkov N, Birk DE. Increased stromal extracellular matrix synthesis and assembly by insulin activated bovine keratocytes cultured under agarose. Exp Eye Res 2008;87(6):604-11.
- Jeay S, Sonenshein GE, Postel-Vinay MC, Baixeras E. Growth hormone prevents apoptosis through activation of nuclear factor-kappaB in interleukin-3-dependent Ba/F3 cell line. Mol Endocrinol 2000;14(5):650-61.
- Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of cornea with an ocular response analyzer. J Cataract Refract Surg 2010;31(1):156-62.
- Congdon NG, Broman AT, Bandeen-Roche K, Grover D, Quigley HA. Central corneal thickness and corneal hysteresis associated with glaucoma damage. Am J Ophthalmol 2006;141(5): 868-75.
- Sullivan-Mee M, Billingsley SC, Patel AD, Halverson KD, Alldredge BR, Qualls C. Ocular response analyzer in subjects with and without glaucoma. Optom Vis Sci 2008;85(6):463-70.
- De Moraes CV, Hill V, Tello C, Liebmann JM, Ritch R. Lower corneal hysteresis is associated with more rapid glaucomatous visual field progression. J Glaucoma 2012;21(4):209-13.
- Kirwan C, O'Keefe M, Lanigan B. Corneal hysteresis and intraocular pressure measurement in children using the reichert ocular response analyzer. Am J Ophthalmol 2006;142(6):990-2.
- Ambrósio R Jr, Dawson DG, Salomão M, Guerra FP, Caiado AL, Belin MW. Corneal ectasia after LASIK despite low preoperative risk: tomographic and biomechanical findings in the unoperated, stable, fellow eye. J Refract Surg 2010;26(11):906-11.
- Sedaghat MR, Ostadi-Moghadam H, Jabbarvand M, Askarizadeh F, Momeni-Moghaddam H, Naroioe-Noori F. Corneal hysteresis and corneal resistance factor in pellucid marginal degeneration. J Curr Ophthalmol 2017;30(1): 42-7.
- de Freitas Valbon B, Ventura MP, da Silva RS, Canedo AL, Velarde GC, Ambrósio R Jr. Central corneal thickness and biomechanical changes after clear corneal phacoemulsification. J Refract Surg 2012;28(3):215-9.
- del Buey MA, Cristóbal JA, Ascaso FJ, Lavilla L, Lanchares E. Biomechanical properties of the cornea in Fuchs' corneal dystrophy. Invest Ophthalmol Vis Sci 2009;50(7):3199-202.
- Pillunat KR, Hermann C, Spoerl E, Pillunat LE. Analyzing biomechanical parameters of the cornea with glaucoma severity in open-angle glaucoma. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2016;254(7):1345-51.
- Narayanawamy A, Chung RS, Wu RY, Park J, Wong WL, Saw SM, et al. Determinants of corneal biomechanical properties in an adult Chinese population. Ophthalmology 2011; 118(7):1253-9.
- Shah S, Laiquzzaman M, Cunliffe I, Mantry S. The use of the Reichert ocular response analyzer to establish the relationship between ocular hysteresis, corneal resistance factor and central corneal thickness in normal eyes. Cont Lens Anterior Eye 2006;29(5):257-62.
- 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):364-70.
- Terai N, Raikup F, Haustein M, Pillunat LE, Spoerl E. Identification of biomechanical properties of the cornea: the ocular response analyzer. Curr Eye Res 2012;37(7):553-62.
- Ambrósio R Jr, Dawson DG, Salomão M, Guerra FP, Caiado AL, Belin MW. Corneal ectasia after LASIK despite low preoperative risk: tomographic and biomechanical findings in the unoperated, stable, fellow eye. J Refract Surg 2010;26(11):906-11.
- Pniakowska Z, Jurowski P. Detection of the early keratoconus based on corneal biomechanical properties in the refractive surgery candidates. Indian J Ophthalmol 2016;64(2): 109-13.