

# Yeni Tonometreler ve Göz İçi Basıncı Ölçümünde Yeni Tartışma: Korneanın Biyomekanik Özellikleri

New Tonometers and the New Discussion at Intraocular Pressure Measurement: Corneal Biomechanical Properties

M. Sinan SARICAOĞLU<sup>1</sup>

Güncel Konu

Quest Editorials

## ÖZ

Glokom tedavisinde en önemli konulardan biri, göz içi basıncının (GİB) kontrol altına alınmasıdır. Bu aşamada tedavi öncesi ve sonrası ölçülen GİB'nin doğruluğu son derece kritiktir. Rutin tonometrik yöntemlerle GİB'nin ne kadar doğru ölçüldüğü konusu halen tartışmalıdır. Bu makalede yeni tonometreler incelenecek ve yeni tonometrik yöntemlerle, korneanın biyomekanik özellikleri arasındaki ilişkiler tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Göz içi basıncı, glokom, tonometri, merkezi korneal kalınlık, korneal histerezis, korneanın biyomekanik özellikleri.

## ABSTRACT

One of the most important issues in glaucoma management is controlling intraocular pressure (IOP). At this stage, the accuracy of the IOP before and after the treatment is very critical. Accurate measurement of IOP with the routine tonometric methods is still controversial. In this article, the new tonometers will be examined and the relationships between these new tonometric methods and corneal biomechanical properties will be discussed.

**Key Words:** Intraocular pressure, glaucoma, tonometry, central corneal thickness, corneal hysteresis, corneal biomechanical properties.

*Glo-Kat 2010;5:67-74*

**Geliş Tarihi :** 10/05/2010

**Kabul Tarihi :** 20/05/2010

**Received :** May 10, 2010

**Accepted :** May 20, 2010

1- Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi 3. Göz Servisi, Ankara, Doç. Dr.

1- M.D. Associate Professor, Ankara Numune Training and Research Hospital 3 st Eye Clinic Sıhıye Ankara/TURKEY  
SARICAOĞLU M.S., msinansarica@yahoo.com

**Correspondence:** M.D. Associate Professor, M. Sinan SARICAOĞLU  
Ankara Numune Training and Research Hospital 3 st Eye Clinic Sıhıye Ankara/TURKEY

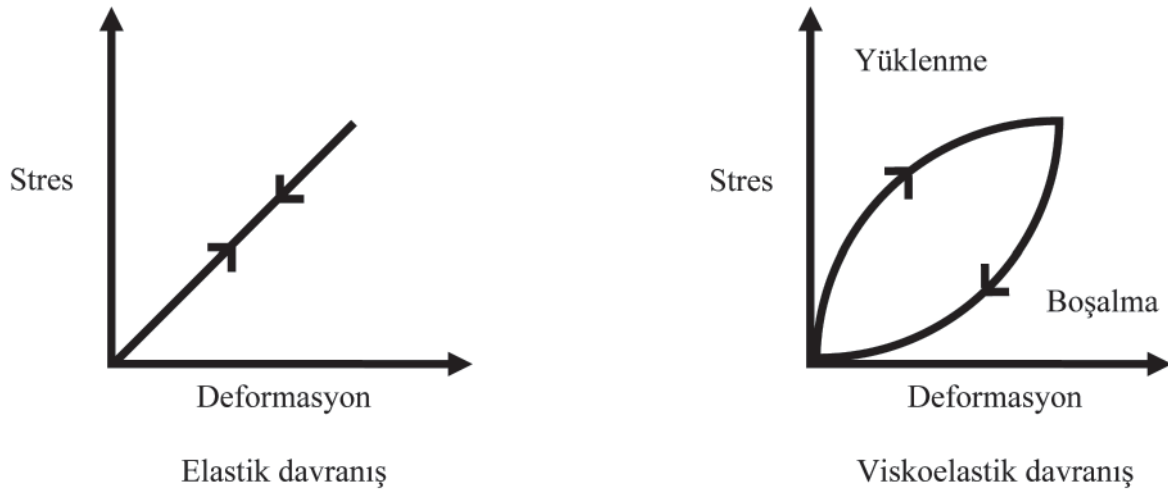
## GİRİŞ

Glokomda halen kontrol edilebilir tek parametre GİB (Göz İçi Basıncı) olduğundan, doğru GİB ölçümü oftalmolojide yıllardan beri süregelen tartışmalardan biri olmuştur. Buradaki en önemli handikap, belki de basıncın gözün dışından ölçülmesine rağmen, tanımın GİB olarak nitelendirilmesidir. Dolayısıyla araştırmacılar ölçüm metodlarını teknolojik gelişmelere paralel olarak değiştirme ve geliştirme ihtiyacı hissetmektedirler. Çökertme (Schiötz tonometri), aplanasyona dayalı teknikler (Goldmann tonometri, Maklakoff tonometri, Tonopen), hava üfleli tonometreler (Air-puff), pnömotonometrelerden sonra, doğru GİB ölçümüne yönelik çalışmalar, yeni cihazların (Dinamik kontür tonometri, Rebound tonometri, Okuler response analizörü) gelişmesine olanak sağlamıştır. Geliştirilen cihazların bir yandan daha az korneal parametreden (korneal kalınlık, korneal kurvatür ve korneal yapı) etkilenmesi istenirken, bir yandan da glokomda yardımcı bilgiler (korneal histerezis, okuler nabız amplitüdü) sağlamaları hedeflenmektedir (Tablo 1).

GİB ölçümünde tüm cihazlar göz önüne alındığında halen kliniklerde en fazla kullanılan ölçüm yöntemi,

Goldmann aplanasyon tonometrisidir (GAT). Ancak bu yöntemin bir çok okuler parametreden etkilendiği (korneal kalınlık, kırma kusuru, korneal ödem ve korneal yüzey bozuklukları) gösterilmiştir. Bunlardan en çok üzerinde çalışılan konu, santral korneal kalınlıktır (SKK). Çünkü SKK'ın gerek okuler hipertansiyon olgularında glokoma dönüşümde, gerekse glokom progresyonunda en önemli risk faktörlerinden biri olduğu gösterilmiştir.<sup>1-4</sup> Goldmann tonometri korneal kalınlığı 520  $\mu$  olarak kabul eder. Kalın kornealarda yanlış olarak yüksek, ince kornealarda ise düşük GİB ölçümlerine neden olur.<sup>5</sup> Goldmann aplanasyon tonometrisinin SKK'dan ne kadar etkilendiği ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda genel olarak her 10  $\mu$  için 0.19-1 mmHg arasında değişen oranlarda hata payları bildirilmiştir. Buradan yola çıkılarak düzeltme formülleri geliştirilmiştir (Tablo 2), bu formüller pakimetrik ölçüm yapan cihazlara da yüklenerek klinisyene düzeltilmiş GİB'lerini belirleme olanağı sağlanmıştır.<sup>5,6</sup>

GİB ölçümüne yönelik yeni geliştirilen tonometrelerin ortak savunması, daha az korneal parametreden etkilendikleridir. Güncel konumuzun başlığını oluşturan



**Grafik 1:** Stres karşısında oluşan elastik ve viskoelastik davranış biçimleri.

**Tablo 1:** Yeni tonometrelerin karakteristikleri.

Tonometri	Avantaj	Dezavantaj	Ek veriler
Rebound tonometri	Taşınabilir. Periferik korneadan ölçüm yapabilir. Zor hastalarda avantaj sağlar. Topikal anestezi gerekmez.	SKK'dan etkilenir.	
DKT	SKK'dan etkilenmez ya da az oranda etkilenir.	Hasta uyumu ve öğrenme periyodu gerekliliği	ONA
ORA	SKK'dan etkilenmez ya da az oranda etkilenir. Non-kontakt ölçüm yapar.	Popülasyon çalışması ihtiyacı	KH, KRF

DKT: Dinamik Kontür Tonometri  
ORA: Ocular Response Analyser  
SKK: Santral Korneal Kalınlık

ONA: Ocular Nabız Amplitüdü  
KH: Korneal Histerezis  
KRF:Korneal Rezistan Faktör

korneanın biyomekanik özellikleri ise, son zamanlarda üzerinde çalışmaların yoğunlaştığı önemli konulardan bir diğeridir. Korneanın viskoelastik yapısında değişikliklere yol açan patolojiler, doğru GİB saptamamızı engellemekte midir? Son derece güncel tartışmalarla birlikte korneanın sertliği etkilendiğinde (GİB yüksekliği, keratokonus, kornea distrofileri, geçirilmiş fotorefraktif cerrahiler) kullandığımız rutin tonometrik yöntemler, yanlış GİB ölçümüne mi neden olmaktadır? Makalede bu soruları eldeki verilerle birlikte yanıtlamaya çalışacağız.

## OKULER HİSTEREZİS

Elastisite, bir maddenin stres karşısında deformatsiyona uğraması, ancak stres ortadan kalktıktan sonra eski şekline dönmesidir. Viskozite ise akışkanlığa karşı gösterilen dirençtir. Visköz sıvılar stres karşısında deformatsiyona uğrarlar, ancak kuvvet ortadan kalktığında orijinal şekillerine dönmezler. Yüksek visköz materyaller uygulanan strese yavaş yanıt verirlerken, düşük visköz materyaller daha hızlı yanıt verirler. Viskoelastik materyaller hem visköz, hem de elastik özellikler gösterirler. Kornea, viskoelastik özellikleri olan bir dokudur. Korneaya herhangi bir kuvvet uygulandığında buna deformatsiyonla, daha sonra relaksasyonla cevap verir. Ancak deformatsiyon ve relaksasyon yolları birbirinden farklı olup, bu farklı cevapla tanımlanan enerji kaybı, korneanın kuvvet karşısında esneyebilme ve daha sonra eski haline dönebilme yeteneğine işaret eden, korneal histerezisi (KH) tarifler (Grafik1).

Okuler sertlik göz tabakalarının strese karşı gösterdikleri dirençtir. Moleküler düzeye indiğimizde bu direnci sağlayan esas öge, skleral ve korneal içeriğin ana molekülü olan kollajendir. Korneanın stromal tabakasındaki kollajen, proteoglikan matriksde düzgün lameller bir dizilim gösterir. Ekstraselüler matriks hidrofilik yapıdadır. Gerek kornea epiteli ile gözyaşı filmi arasında, gerekse endotel ile humor aköz arasında kontrollü sıvı geçişleri mümkündür. Korneanın şeffaf yapısı, stromadaki düzgün kollajen yapı ve korneal endotelin etkin pompa fonksiyonu ile sağlanır. Yaşla birlikte çapraz bağlı kollajen yapıda meydana gelen artış, korneanın biyomekanik özelliklerini de etkiler ve daha sert bir hal almasına neden olur. Ancak viskoelastik yanıt da azalır. Zamanla gelişen bu fizyolojik değişimler yanında, korneanın kalınlığını, hidrasyonunu ve yapısını değiştiren patolojiler ya da uygulamalar da, korneal sertliği ve strese karşı verilen cevabı değiştirir.<sup>6</sup>

## OCULAR RESPONSE ANALYSER

Ocular response analizörü (ORA, Reichert; USA) hızlı hava jeti ile çöktürülen korneanın cevabını değerlendirir. Temelde yapı olarak non-kontakt tonometrilere benzer. Hızlı hava atımından (20 ms) sonra korneanın deformatsiyona uğradığı anda ve eski haline dönmeye başladığı sürede elektro-optik sistem aracılığı ile iki applanasyon değeri (P1, P2) elde edilir. Bu iki basınç değeri arasın-

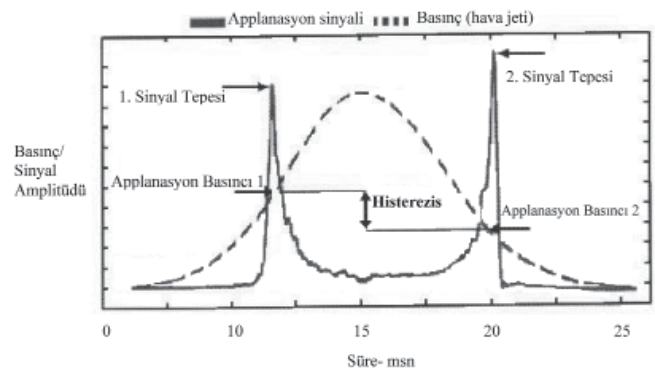
**Tablo 2:** SKK'a göre Dresden GİB düzeltme tablosu

SKK ( $\mu$ )	Düzeltilme değeri (mmHg)
475	+3.19
500	+2.13
525	+1.07
550	+0.02
575	-1.04
600	-2.10
625	-3.16
650	-4.21
675	-5.27
700	-6.33

daki fark (P1-P2) "korneal histerezis" olarak adlandırılır (Grafik 2).<sup>6</sup> KH, korneanın biyomekanik özelliklerinin iyi bir indikatörüdür. İki applanasyon basıncının ortalaması, Goldmann ile uyumlu GİB (GİBg) olarak raporlanır. Cihaz ayrıca KH'i dikkate alarak, korneanın biyomekanik özellikleri ile kompanse edilmiş ikinci bir GİB değeri (GİBkk) daha belirler. Kornea sabit faktörü (KKF), P1-kP2 formülü ile elde edilir. Bu formülde "k" sabit bir çarpandır. Cihazın bir diğer önemli parametresi ise, korneal direnç faktörüdür (KRF).<sup>6</sup>

ORA ile yapılan klinik çalışmalar cihazın SKK'dan etkilenmediği ya da az etkilendiği yönündedir.<sup>5,6</sup> Farmakolojik olarak GİB'nin düşürülmesiyle kurgulanan bir çalışmada, ORA ile yapılan ölçümlerde yüksek histerezis değerlerinin daha düşük GİB düzeyleri ile; düşük histerezis değerlerinin ise daha yüksek GİB düzeyleri ile birliktelik gösterdiği saptanmıştır. KH ve GİB düzeyleri arasında zayıf, ancak anlamlı bir negatif korelasyonun varlığı gösterilmiştir.<sup>7</sup> Dolayısıyla KH'in, GİB ile bağlantılı bir parametre olduğu aşıkardır. KKF ve KRF, ORA ile elde edilen iki korneal parametre olup, GİB'dan kısmen bağımsızdırlar. Özellikle SKK ile güçlü birliktelik gösterirler. Bu iki parametre, korneanın elastik özelliklerini daha iyi yansıtırlarken; KH, korneanın visköz özelliklerinin iyi bir göstergesidir.<sup>6</sup>

Yaş ortalamaları 28 olan 339 gözde yapılan çalışmada KH, ortalama 9.6 mmHg olarak tespit edilmiştir.<sup>8</sup> Hager ve ark.'nın bir çalışmasında ise, 156 normal gözde 10.6 mmHg olarak saptanmıştır.<sup>9</sup> Yaş ortalaması 39.8 yıl olan 42 gözde KH'de meydana gelebilecek



**Grafik 2:** Korneal histerezis (KH): İki applanasyon basıncı değeri arasındaki farkla tariflenir.

muhtemel diüurnal değişikliklerin incelendiği bir çalışmada ise, KH'in 12.2-12.7 mmHg arasında değiştiği gözlenmiştir.<sup>10</sup>

Yaşla birlikte korneada meydana gelen değişikliklerin ORA ile incelenmesi sonucu oldukça ilginç veriler elde edilmiştir. Yaşla korneadaki kollajen yapı çapraz bağların artışı ile güçlenmekte ve kornea daha sert bir yapı kazanmaktadır. Ancak korneanın viskoelastik yanıtı, sertleşmeye bağlı olarak azalmaktadır. Kotecha ve ark.'nın çalışmalarında KKF'ün her dekad için 0.28 mmHg azaldığı gösterilmiştir. Ayrıca KKF'ün SKK'dan anlamlı oranda etkilendiği, SKK'da meydana gelen her 10  $\mu$  artış için, KKF'ün 0.36 mmHg artış kaydettiği bildirilmiştir.<sup>7</sup> Aynı çalışmada elde edilen önemli bir sonuç da, ORA ile saptanan GİB'nin SKK'dan etkilendiğidir.<sup>7</sup> Kida ve ark.'nın ilerleyen yaşın korneanın biyomekanik özellikleri üzerindeki etkileri ve diüurnal değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, KH ve KRF değerlerinin yaşla birlikte azaldığı, fakat her iki parametrenin de diüurnal değişiklikler gösterdiği rapor edilmiştir.<sup>11</sup>

Luce ve ark.'nın farklı korneal patolojileri olan hasta gruplarında ORA ile yaptıkları değerlendirmelerde kaydedilen veriler elde edilmiştir. Keratokonus hastalarında SKK'da ilerleyici bir azalma vardır ve KH düşüktür. Fuchs korneal distrofinde ise ödeme ilişkili olarak SKK'da ilerleyici bir artış vardır, ancak KH en düşük değerlerde tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışma da, KH'in SKK'dan bağımsız bir parametre olup; stromal kollajenin lameller organizasyonuna ait değişiklikleri yansıması açısından, korneanın biyomekanik özelliklerini belirlemede iyi bir indikatör olduğunu göstermesi açısından önemlidir.<sup>8</sup> Gerçek GİB düzeylerinin belirlenmesinde ve glokom takibinde sorunlarla karşılaşılan bir diğer grup ise, fotorefraktif cerrahi geçirmiş olan hastalardır. Çalışmalar göstermiştir ki, LASİK (laser assisted in situ keratomileusis) cerrahisi geçiren gözlerde KH ve KRF azalmaktadır. Bu durum lazer ablasyon ve anterior stromal lameller yapıda meydana gelen değişikliklerle ilişkilidir.<sup>8</sup> Touboul ve ark., normal bireyleri, glokom, keratokonus, LASİK cerrahisi geçirmiş gözler ve fotorefraktif keratektomi yapılan hastalarla karşılaştırdıkları; 258 hastanın 498 gözünü kapsayan çalışmalarında, en düşük KH değerlerini keratokonus (8.34 mmHg) ve LASİK grubunda (8.87 mmHg) tespit ettiklerini bildirmişlerdir.<sup>12</sup> Dolayısıyla bu hasta grubunda korneanın biyomekanik özelliklerinin dikkate alınarak doğru GİB'nin belirlenmesinde ORA başarılı görünmektedir.

Glokomu olan hastalarda KH değeri, Martinez de la Casa ve ark.'nın 48 gözü kapsayan çalışmalarında ortalama 8.8 mmHg olarak tespit edilirken<sup>13</sup>; Hager ve ark.'nın çalışmalarında yaş ortalaması 65 olan hasta grubunda 10.2 mmHg olarak bulunmuştur.<sup>14</sup> Kirwan ve ark., konjenital glokomlu gözlerde KH değerlerinin normal gözlere göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir (6.3 mmHg'ya karşılık 12.5 mmHg). Özellikle Haab strialarının söz konusu olduğu buftalmik gözlerde en düşük KH değerleri elde edilmiştir.<sup>15</sup>

Shah ve ark., normal tansiyonlu glokom (NTG), primer açık açılı glokom (PAAG) ve okuler hipertansiyonlu (OHT) hasta gruplarında ORA ile KH ve KRF sonuçlarını karşılaştırmışlar ve en yüksek KH ve KRF değerlerini OHT grubunda ölçtüklerini bildirmişlerdir. KH değerleri sırasıyla ortalama 9 mmHg, 9.9 mmHg ve 10.2 mmHg iken; KRF değerleri sırasıyla 9.1 mmHg, 10.6 mmHg ve 12 mmHg olarak tespit edilmiştir.<sup>16</sup> Morita ve ark., 16 normal birey ve 16 NTG olan hasta üzerinde GAT, DKT ve ORA ile incelemeler yaparak sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada en yüksek GİB değeri her iki grupta da ORA ile tespit edilen GİBkk'dır. Ancak normal gözlerde tüm tonometrik yöntemlerle yapılan GİB düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmazken; NTG olan gözlerde ölçüm değerleri arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir. Bu grupta GAT ile GİB ortalaması 13.1 mmHg, DKT ile 13.7 mmHg olarak tespit edilirken; ORA ile ölçülen basınç ortalamaları GİBkk 15.2 mmHg ve GİBg 12.7 mmHg'dır. Dolayısıyla araştırmacılar diğer tonometrik yöntemler ve ORA ile ölçülen iki basınç değeri arasındaki farklılığa dikkat çekerek, NTG olan olgularda hatalı olarak normalden daha düşük GİB ölçümü yapılabileceğine işaret etmişlerdir. Sonuç, korneanın biyomekanik özelliklerini dikkate alınarak yapılan GİB ölçümünün (GİBkk) bu hasta grubunda daha değerli olabileceğidir.<sup>17</sup>

Martinez de la Casa ve ark., glokom hastalarında GAT ve ORA ile saptanan GİB'leri (GİBkk) arasında ortalama 8.3 mmHg fark tespit etmişlerdir.<sup>13</sup> Hager ve ark. ise GİBkk ve GAT arasında 1.6 mmHg değişim bildirmişlerdir.<sup>9</sup> Weinreb ve Medrios ise, normal optik disk ve görme alanına sahip 153 gözde yaptıkları çalışmada GAT ve ORA ölçümleri arasında anlamlı farka rastlamadıklarını, ancak GAT'ın ORA'ya göre SKK'dan anlamlı olarak etkilendiğini belirtmişlerdir.<sup>18</sup> Hager ve ark., 94 glokomlu gözde GAT, ORA ve DKT ile yapılan GİB ölçümlerini karşılaştırmışlar; GİBkk ve GAT ölçümleri arasında 3.65 mmHg, GİBkk ve DKT arasında ise 2.8 mmHg fark tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada en yüksek GİB ortalaması 17.94 mmHg ile ORA'ya aittir (DKT ile 15.14 mmHg ve GAT ile 14.3 mmHg). Bu çalışmanın önemli sonuçlarından biri de yeni tonometrik yöntemlerden her ikisinin de, SKK'dan bağımsız ölçüm yaptıklarının belirlenmesidir.<sup>14</sup> Çalışmalarda genellikle ORA ile belirlenen GİB düzeyleri GAT'a göre daha yüksektir. Martinez de la Casa ve ark.'nın<sup>13</sup> diğer çalışmalara göre GAT ve ORA ile ölçülen GİB'leri arasında çok yüksek fark saptamış olmalarının nedeni, çalışmanın prototip ORA cihazı ile yapılmış olması olabilir.

Düşük KH değerlerinin glokom progresyonu (görme alanı kötüleşmesi) ile birlikte olduğunu bildiren ilk rapor, Condgon ve ark.'na aittir.<sup>19</sup> Glokomda KH ve korneanın biyomekanik özelliklerinin önemli bir etken olup olmadığının belirlenebilmesi için, ilk aşamada popülasyon çalışmaları ile KH ve KRF'ün normal sınırlarının saptanması önemlidir. Buna göre glokom ve diğer korneal patoloji ve uygulamalarda, korneanın biyomekanik özelliklerinin ne oranda değiştiği sorusu yanıtlanabilecektir.<sup>6</sup> Yeni teşhis edilmiş glokom olguları ve takiplerinde hastalığın

progresyonu ile korneanın biyomekanik parametrelerinin ilişkisi değerlendirilerek, bu konunun ne derecede önem taşıdığını araştırmak mümkün olabilecektir.

Glokom hastalarında konunun farklı bir boyutu da, topikal antiglokom ilaçların KH ve kornea biyomekaniği üzerindeki etkileri ile bu durumun GİB ölçümüne nasıl yansıtacağıdır. Örneğin prostaglandin analogu grubu ilaçların siliyer cisim ve trabeküler sistemde olduğu gibi korneada da ekstraselüler matriks değişikliklerine neden olarak, kornea sertliğini etkilemeleri söz konusu olabilir. Stromal hücre kültürlerinde ekstraselüler matriks üzerine etki doğrulanmıştır. Ayrıca dorzolamidin SKK'da artışa neden olduğu yönünde veriler de mevcuttur. GİB dışında glokom ilaçlarının korneada ne gibi biyomekanik değişikliklere neden olduğunun belirlenmesi de, ancak prospektif çalışmalarla mümkün olabilir.<sup>6</sup>

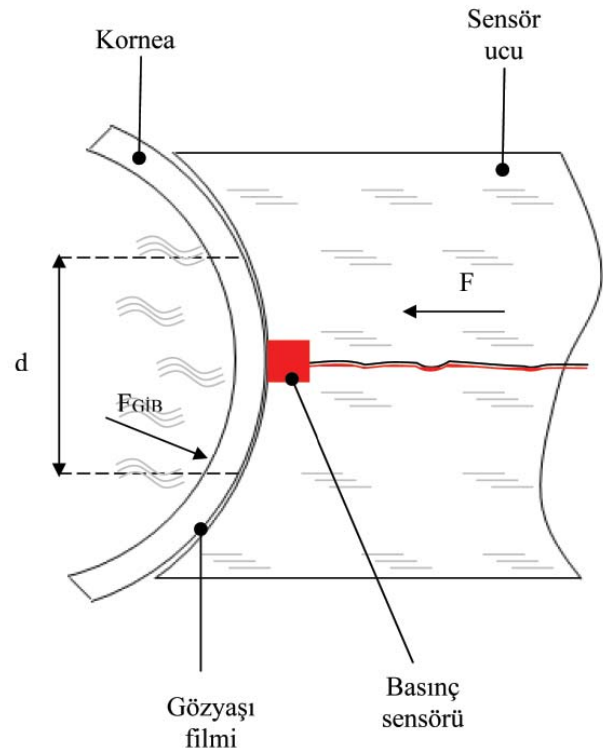
### DİNAMİK KONTUR TONOMETRİ

Pascal dinamik kontur tonometre (DKT) (Swiss Microtechnology, Port, Switzerland), konkav kornea yüzeyine uyumlu, yeni nesil dijital bir tonometredir. Çalışma prensibi, ince elastik bir membran içerisinde bulunan sıvı veya gazlara dışarıdan dik bir kuvvet uygulandığında, bu kuvvetin tüm yüzeylere eşit olarak dağılması esasına dayanır. DKT, 10.5 mm çaplı kornea ile uyum gösteren konkav yüzeye sahip olup, 7 mm çapında temas alanı oluşturur. Tonometrenin silikon başlıkla korunan ve basınç algılayıcı bölümü, "Sensotrip" olarak adlandırılır. Minyatür piezo elektrik basınç algılayıcısı 1.7 mm çapındadır (Grafik 3). Korneada deformasyon oluşturmadan çok sayıda GİB ölçümü yaparak ortalamasını alır. Basınç ölçümü yapan bölüm bir dirsek yardımıyla ana üniteye bağlanmıştır. Ana ünite üzerinde ölçüm sonuçlarını gösteren LCD ekran bulunur. Kablosuz yazıcı ile sonuçlar yazdırılarak kaydedilebilmektedir. DKT ile GİB ölçümünde 5-10 kalp atımı süresince (5 sn) tonometre ile kornea temas halinde bulunur. GİB ölçümü ile birlikte oküler nabız amplitüdü (ONA) de belirlenir. Ölçümün kalite skoru (Q skoru) da ekran üzerinde görülebilir.<sup>20-22</sup>

DKT'nin önemli dezavantajlarından biri iyi hasta kooperasyonu ve ölçüm süresince daha uzun süre okuler fiksasyon gerektirmesidir. Yeterli kooperasyonu olmayan (çocuk ve yaşlı hastalar), nistagmusu bulunan ve az gören hastalarda ölçüm yapmak zordur.<sup>6,22</sup> Ayrıca DKT ile doğru GİB ölçümünde, ölçüm yapan kişinin öğrenme süreci de etkilidir. Bu durumda kalite skoru önem taşır. Skor değeri 1-5 arasında derecelendirilir. Kalite skorunun iyi olmadığı durumlarda,<sup>4-5</sup> yapılan ölçümler tekrarlanmalıdır. Aletin silikon korumalı ucu hastaları kontaminasyona bağlı enfeksiyonlara karşı korumada önem taşır. DKT'nin dahili kalibrasyon sisteminin bulunması, buna bağlı ölçüm hatalarının önlenmesinde avantaj sağlar. Ayrıca sonuçların dijital olarak gösterilmesi ve kaydedilebilirliği de, önemli bir artışı olarak dikkat çekmektedir.<sup>6</sup>

DKT'nin korneal parametrelerden etkilenmeden ölçüm yapabilmesi için, tonometre ucunun kurtatür yarıçapından küçük olması (10.4 mm altı), korneal temas alanının basınç algılayıcısı alanından geniş olması (5 mm üstü) ve SKK'nın 300-700  $\mu$  aralığında olması gerekir.<sup>22</sup>

Yapılan çalışmalar DKT'nin korneal parametrelerden etkilenmediği ya da daha az oranda etkilendiği yönündedir. Bu konuda en çok üzerinde yoğunlaşılan parametre, GAT ve diğer tonometrik yöntemlerle karşılaştırmalı olarak çalışılan SKK'dır. Kaufmann ve ark. normal gözlerde DKT ile yapılan ölçümlerin SKK'dan etkilenmediğini ve GAT ile iyi korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. DKT ile tespit edilen basınç değeri, GAT'a göre 1.7 mmHg daha fazladır.<sup>23</sup> Schneider ve Grehn de benzer olarak DKT'nin SKK'dan etkilenmediğini rapor etmişler ve DKT ile GAT ölçümleri arasındaki farkı 2.34 mmHg olarak hesaplamışlardır.<sup>24</sup> Özçetin ve ark'nın çalışmalarında GAT ile saptanan GİB ortalaması 17.8 mmHg, DKT ile 18.2 mmHg olarak bulunmuş ve fark 0.46 mmHg olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada DKT ölçümlerinin SKK'dan etkilenmediği, Dresdner formülü ile GAT ölçümlerinde yapılan düzeltmenin, DKT ile yapılan ölçümlerle uyumluluğu artırdığı sonucuna varılmıştır.<sup>25</sup> Eser ve ark'nın çalışmalarında DKT, non-kontakt tonometre (NKT), GAT ve Tonopen sonuçları karşılaştırılmış, SKK'dan etkilenme konusunda DKT ince (520 $\mu$  altı) ve normal kalınlıktaki (520-580  $\mu$ ) kornealarda avantajlı bulunmuştur. Kalın kornealarda (580  $\mu$  üstü) ise Tonopen SKK ile en az korelasyonu gösteren tonometre olarak dikkat çekmiştir.<sup>26</sup> Siganos ve ark., LASİK cerrahisi geçirmiş gözlerde cerrahi öncesi ve sonrası dönemde GİB ölçümlerinde DKT ile anlamlı fark saptamazlarken, GAT ve NKT ile yapılan ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı değişim tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Bu hastaların takibinin GAT veya NKT ile yapılmamasını önermişlerdir.<sup>27</sup> Dolayısıyla DKT'nin SKK'dan önemli oranda etkilenmediği, bu çalış-



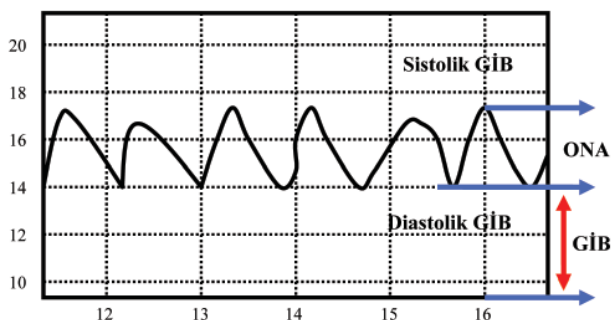
Grafik 3: Dinamik kontur tonometri (DKT)

ma ile de destek bulmuştur. Ku ve ark., 116 gözü kapsayan çalışmalarında DKT'nin SKK'dan istatistiksel olarak etkilendiğini, ancak bu değer istatistiksel anlamlılık sınırına oldukça yakın olduğuna işaret etmişlerdir.<sup>28</sup> Bu çalışmalar yanında DKT ölçümlerinin SKK'dan etkilendiğini bildiren raporlar da mevcuttur. Martinez de la Casa ve ark., 90 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada GAT, DKT ve Rebound tonometre (RT) sonuçlarını karşılaştırmışlar, her üç tonometre ile sonuçların uyum gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada DKT'nin de SKK'dan etkilendiği, ancak diğer iki tonometreye göre bu düzeyin daha az olduğu vurgulanmıştır.<sup>29</sup> Öztürk ve ark.'nın çalışmalarında DKT, GAT, NKT ve Tonopen sonuçları karşılaştırılmış, SKK'dan etkilene konusunda Tonopen korelasyon göstermezken, DKT'nin GAT ve NKT'ye göre daha az etkilendiği tespit edilmiştir.<sup>30</sup> Karahan ve ark.'nın çalışmalarında PAAG (50 olgu), OHT (43 olgu) ve normal gözler (50 olgu), DKT ve GAT ile değerlendirilerek sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Her iki tonometrik yöntemin de SKK'dan etkilendiği, ancak korelasyon değerinin DKT ile yapılan ölçüm değerlerinde daha düşük olduğu belirtilmiştir.<sup>31</sup> Kotecha ve ark.'nın çalışmalarında da GAT ve DKT ölçümleri karşılaştırılmış, DKT ile yapılan ölçümler 0.17 mmHg daha yüksek bulunurken, DKT'nin GAT'a göre SKK'dan daha az etkilendiği bildirilmiştir.<sup>32</sup> Kotecha ve ark.'nın diğer bir çalışmalarında ise, DKT ölçüm sonuçları, GAT ve ORA ile karşılaştırılmış ve GİB ölçümlerinin kesinliği ve tekrarlanabilirliğinde DKT daha avantajlı bulunmuştur.<sup>33</sup>

Tüm çalışmalar göz önüne alındığında DKT'nin, GAT ve NKT'ye göre SKK'dan daha az oranda etkilendiği açıktır. Bir diğer önemli saptama da, kadavra gözlerinde yapılan manometrik değerlendirmelerde, DKT'nin manometrik ölçüm değerlerine yakın saptamalar yapabildiğinin gösterilmiş olmasıdır.<sup>34</sup>

DKT'nin korneal kurvaturdan ne derecede etkilendiği de bir diğer çalışma konusu olmuştur. Kaufmann ve ark.<sup>23</sup>, Schneider ve Grehn<sup>24</sup> ve Siganos ve ark.<sup>27</sup> yaptıkları çalışmalarda DKT ölçümlerinin korneal kurvatur ile korelasyon göstermediğini bildirmişlerdir. Francis ve ark. ise, kornea kurvaturunun DKT ölçümlerini etkilediğini; daha flat kornealarda DKT ile yapılan ölçümlerin daha düşük, dik kornealarda ise daha yüksek ölçümlere meyil gösterdiğini tespit etmişlerdir.<sup>35</sup>

Keratokonus hastalarında doğru GİB ölçümü her



**Grafik 4:** Oküler nabız amplitüdü (ONA): Sistolik ve diastolik göz içi basınçları arasındaki farkla tariflenir.

zaman önemli bir problem olmuştur. Kalınlığı azalmış, dik ve yüzey bozuklukları gösterebilen bir patolojik tabloda, doğru GİB ölçümü yapabilmek zordur. Keratokonuslu hastalarda yapılan çalışmalarda DKT ile saptanan GİB değerlerinin GAT, NKT ve Tonopene göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Özbek ve ark.'nın çalışmalarında DKT ölçümleri GAT'a göre 2.7 mmHg, Tonopene göre ise 3.2 mmHg daha yüksek bulunmuştur.<sup>36</sup> Ocakoğlu ve ark.'nın çalışmalarında ise keratokonusu olan 28 hasta DKT, GAT ve NKT ile incelenmiş, en yüksek GİB değerlerinin DKT ile ölçüldüğü bildirilmiştir. Ölçüm ortalamaları sırasıyla 14.3 mmHg, 11.1 mmHg ve 8.1 mmHg'dir.<sup>37</sup> Barreto ve ark.'nın çalışmalarında 10 keratokonuslu ve 12 normal bireyde DKT ve GAT ile GİB ölçümleri yapılmıştır. Keratokonuslu gözlerde GİB ortalaması GAT ile 10.3 mmHg, DKT ile 14.6 mmHg olarak ölçülmüştür. DKT ölçümleri GAT'a göre 4.3 mmHg daha yüksek bulunmuştur.<sup>38</sup> Buradaki ana soru, DKT ile keratokonuslu olgularda daha doğru GİB ölçümü mü yapılmaktadır? Yoksa DKT probu ile dik kornea arasındaki yüzey uyumsuzluğu, DKT'nin bu hasta grubunda sınırlamaları olduğunu mu göstermektedir? DKT'nin düşük hata oranı ile ölçüm yapabilmesi için SKK aralığının 300-700µ aralığında olması ve büyük değişimlerde korneal kurvaturdan da etkilenebilirliği düşünülürse, çok ince ve çok dik kornealarda hatalı ölçümlerin yapılabileceği göz ardı edilemez. Nitekim Meyenberg ve ark., keratokonuslu hastalarda ve keratoplasti geçirmiş gözlerdeki çalışmalarında, irregüler korneanın biyomekanik özelliklerinin DKT ve GAT ölçümlerini değişen oranlarda etkileyebileceğini bildirmişlerdir.<sup>39</sup> Bu olgularda ORA, GİB ölçümünde (GİBkk) daha iyi bir seçenek olabilir.

## OKULER NABIZ AMPLİTÜDÜ

Oküler nabız amplitüdü (ONA), koroidal kan akımının indirekt bir göstergesidir. Kalp atımı ile birlikte gerçekleşen oküler kan akımı hakkında bilgi verir. Gözdeki kan akımının %85-90'ı koroidal dolaşım ile ilişkilidir. ONA, genel dolaşım ile ilgili bir parametre olduğundan, sistemik faktörlerden etkilendir.<sup>22,25,40</sup> Ayrıca yaş, cinsiyet ve gözle ilgili faktörler de (GİB, aksiyel uzunluk) bu değeri etkiler.<sup>22</sup>

DKT, GİB ile birlikte ONA'yı da ölçerek oküler perfüzyon konusunda indirekt olarak bizi bilgilendirebilir. ONA ile tariflenen değer, sistol ve diastolde ölçülen GİB farkıdır (Grafik 4).<sup>22,40</sup> GİB ve ONA arasında pozitif bir korelasyon saptanmıştır. Göze artan kan akımı göz duvarında direnci artırmakta ve bu durum artan ONA değeri ile yüksek GİB arasındaki korelasyonu kısmen açıklamaktadır.<sup>22</sup> Aksiyel uzunluğun artması ile birlikte ise göze ulaşan kan volümü azalmakta ve ONA değeri düşmektedir. Artmış aksiyel uzunlukta sklera daha ince olup, bu gözlerde daha düşük direnç faktörü söz konusudur. Ayrıca miyopik gözlerde vasküler yapıdaki değişikliklere bağlı olarak da, oküler kan akımı azalmaktadır.<sup>41,42</sup>

Kaufmann ve ark. 223 gözü kapsayan çalışmalarında, sağlıklı bireylerde DKT ile ölçülen ONA değerlerini 0.9-7.2 mmHg (ort. 3 mmHg) olarak saptamışlardır.

ONA'nın SKK, korneal kurvatür, ön kamara derinliği ile yaş ve cinsiyetten etkilenmediğini bildirmişlerdir. ONA'nın GİB düzeyi ile korelasyon gösterdiğini ve GİB'nda her 1 mmHg artış için, ONA değerinde 0.12 mmHg artış tespit ettiklerini belirtmişlerdir.<sup>43</sup> Özçetin ve ark., 34 sağlıklı gözü DKT ve POKA (Pulsatil okuler kan akımı analizörü) ile değerlendirmişler ve DKT ile ONA ortalamasını 2.8 mmHg olarak saptamışlardır.<sup>25</sup> Erdurmuş ve ark. da çalışmalarında benzer olarak ONA ortalamasını 2.8 mmHg olarak bulmuşlardır.<sup>44</sup> Punjabi ve ark., PAAG, OHT, NTG, PEXG (psödoeksfoliatif glokom) ve sağlıklı bireyleri içeren ve 501 olgunun 906 gözünü inceledikleri çalışmalarında, DKT ile saptanan ONA değerlerini en yüksek OHT grubunda (3.61 mmHg), en düşük ise sağlıklı gözlerde (2.86 mmHg) ölçtüklerini bildirmişlerdir. Tüm gruplarda GİB artışıyla ONA değerlerinin de anlamlı oranda arttığını vurgulamışlardır.<sup>45</sup> Rompainan ve ark., ONA değerlerini sağlıklı bireyler, OHT, PAAG, NTG ve trabekülektomi geçirmiş gözlerde değerlendirmişler, sırasıyla ortalama 3.1 mmHg, 3.6 mmHg, 3.1 mmHg, 2.9 mmHg ve 2.4 mmHg olarak değerler saptadıklarını rapor etmişlerdir.<sup>46</sup> En yüksek ONA değeri bu çalışmada da OHT hastalarına aittir. Weizer ve ark., 32 hastayı inceledikleri çalışmalarında, artmış ONA değerlerinin azalmış glokom harabiyeti ile birlikte olduğunu bildirmişlerdir.<sup>47</sup> Yapılan çalışmalardan da görüleceği üzere, ONA değerleri farklı glokom tiplerinde, GİB değişimleriyle korele olmak üzere artış ya da azalış gösterebilmektedir. Ancak glokom hastalarında yapılan çalışmalarda, kullanılan antiglokom ilaçların okuler kan akımı üzerindeki etkileri<sup>48-50</sup> ve bunun çalışma sonuçlarına yansımaları da göz ardı edilmemelidir. Bu konuda yapılan çalışmaların en önemli kısıtlamalarından biri budur.

Konunun bir diğer araştırılmış yönü de, cerrahinin ONA üzerine etkisidir. Breusegem ve ark., 48 göze trabekülektomi uygularken, diğer gözü ise kontrol göz olarak değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada DKT ile ölçülen ameliyat öncesi GİB ve ONA değerleri 21.33 mmHg ve 3.23 mmHg iken, ameliyat sonrası 1. ayda değerler sırasıyla 14.45 mmHg ve 2.12 mmHg olarak saptanmıştır. Kontrol gözlerle göre trabekülektomi sonrası ONA, trabekülektomi yapılan gözlerde istatistiksel olarak anlamlı oranda düşmüştür. Çalışmada GİB değişiklikleriyle ONA'nın güçlü bir korelasyon gösterdiği de vurgulanmıştır.<sup>51</sup> Von Schulthess ve ark., benzer bir çalışmada trabekülektominin ONA üzerindeki etkilerini incelemiştir. Ameliyat sonrası erken dönemde meydana gelen ONA düşüşünün, ameliyatın uzun dönem başarısı konusunda prognostik bir parametre olup olamayacağını araştırmışlardır. PAAG ve PEXG'ü olan 14 hasta çalışmaya alınmış ve ONA'da ameliyat sonrası erken dönemde 2 mmHg'dan daha fazla meydana gelen düşüşün, uzun dönem GİB kontrolünde iyi bir prognostik parametre olabileceği belirtilmiştir.<sup>52</sup>

## REBOUND TONOMETRE (ICARE)

Rebound tonometre (RT-ICare) (Tiolat, Oy, Helsinki, Finland), ölçüm sırasında topikal anestetik madde ve biyomikroskop birlikteliği gerektirmeyen portatif bir tonometredir. Hayvan çalışmalarıyla alınan güvenli sonuçlar sonrasında insan gözlerinde denenmiştir.<sup>53</sup> Kullanım kolaylığı ve özellikle çocuklarda, yaşlılarda ve fiziksel problemleri nedeniyle baş pozisyonu verilmesi sorunlu hastalarda yararlıdır. Paslanmaz çelik probu 50 mm uzunluğunda olup, 1.4-1 mm çaplı 2 adet koaksiyel miknatıs sistem içerir. Prob korneaya 4-8 mm mesafede hareket eder. Probun hareketiyle gerçekleşen korneal temasla manyetik sistemde oluşan voltaj, sensor aracılığı ile saptanarak, dijital bir sinyale dönüştürülür. Ölçülen değerler cihaz üzerinden okunur. Prob tipi plastik bir sistem ile örtülü olup, korneal hasar riski en aza indirilmiştir.<sup>6</sup>

RT ve GAT ile yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda sonuçlar arasında uyumluluk bildirilmiştir. Ancak RT, GAT'a göre GİB'ni 0.6-1.8 mmHg daha yüksek ölçme eğilimindedir.<sup>4</sup> Perkins tonometre ile yapılan karşılaştırmalı çalışmada da, ortalama 3.35 mmHg daha yüksek sonuç verdiği rapor edilmiştir.<sup>54</sup> RT de SKK'dan ve korneanın biyomekanik özelliklerinden etkilenmektedir.<sup>55-57</sup>

## KAYNAKLAR/REFERENCES

- Jonas JB, Stroux A, Velten I, et al.: Central corneal thickness correlated with glaucoma damage and rate of progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46:1269-1274.
- Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, et al.: The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2002;120:714-720.
- Coleman AL, Gordon MO, Beiser JA, et al.: Ocular Hypertension Treatment Study. Baseline risk factors for the development of primary open-angle glaucoma in the Ocular Hypertension Treatment Study. *Am J Ophthalmol.* 2004;138:684-685.
- Brown KE, Congdon NG.: Corneal structure and biomechanics: impact on the diagnosis and management of glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol.* 2006;17:338-343.
- Chihara E.: Assessment of true intraocular pressure: the gap between theory and practical data. *Surv Ophthalmol.* 2008; 53:203-218.
- Kotecha A.: What biomechanical properties of the cornea are relevant for the clinician? *Surv Ophthalmol.* 2007;52:109-114.
- Kotecha A, Elsheikh A, Roberts CR, et al.: Corneal thickness- and age-related biomechanical properties of the cornea measured with the ocular response analyzer. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:5337-5347.
- Luce DA.: Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:156-162.
- Hager A, Schroeder B, Sadeghi M, et al.: Influence of corneal hysteresis and corneal resistance factor on the measurement of intraocular pressure. *Ophthalmologie.* 2007;104:484-489.
- Laiguzzaman M, Bhojwani R, Cunliffe I, et al.: Diurnal variation of ocular hysteresis in normal subjects: relevance in clinical context. *Clin Exp Ophthalmol.* 2006;34:114-118.
- Kida T, Liu JH, Weinreb RN.: Effects of aging on corneal biomechanical properties and their impact on 24-hour measurement of intraocular pressure. *Am J Ophthalmol.* 2008;146:567-572.
- 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.
- Martinez-de-la-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Fernandez-Vidal A, et al.: Ocular response analyzer versus Goldmann applanation tonometry for intraocular pressure measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:4410-4414.

14. Hager A, Loge K, Schroeder B, et al.: 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;17:361-365.
15. 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;142:990-992.
16. Shah S, Laiquzzaman M, Mantry S, et al.: Ocular response analyzer to assess hysteresis and corneal resistance factor in low tension, open angle glaucoma and ocular hypertension. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2008;36:508-513.
17. Morita T, Shoji N, Kamiya K, et al.: Intraocular pressure measured by dynamic contour tonometer and ocular response analyzer in normal tension glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2010;248:73-77.
18. Medeiros FA, Weinreb RN.: Evaluation of the influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurements using the ocular response analyzer. *J Glaucoma*. 2006;15:364-770.
19. Congdon NG, Broman AT, Bandeen-Roche K, et al.: Central corneal thickness and corneal hysteresis associated with glaucoma damage. *Am J Ophthalmol*. 2006;141:868-875.
20. Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YC.: Dynamic contour tonometry: presentation of a new tonometer. *J Glaucoma*. 2005;14:344-350.
21. Punjabi OS, Kniestedt C, Stamper RL, et al.: Dynamic contour tonometry: principle and use. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2006;34:837-840.
22. Erdurmuş M, Hepşen İF.: Paskal dinamik kontur tonometre. *Glo-Kat*. 2007;2:143-148.
23. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA.: Comparison of dynamic contour tonometry with goldmann applanation tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45:3118-3121.
24. Schneider E, Grehn F.: Intraocular pressure measurement-comparison of dynamic contour tonometry and goldmann applanation tonometry. *J Glaucoma*. 2006;15:2-6.
25. Özçetin H.: Glukom:Tanısı, tipleri ve tedavisi, göziçi basıncı ölçümü ve tonometreler Nobel kitabevleri ltd. sti. 2009;3:55-116.
26. Eser E, Başer EF, Seymenoğlu G.: Dinamik kontur tonometre, Nonkontakt tonometre, Tonopen ve Goldmann applanasyon tonometresi ile göz içi basıncı ölçümlerinin santral korneal kalınlığı ile ilişkisi. *Glo-Kat*. 2008;3:107-112.
27. Siganos DS, Papastergiou GI, Moedas C.: Assessment of the Pascal dynamic contour tonometer in monitoring intraocular pressure in unoperated eyes and eyes after LASIK. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30:746-751.
28. Ku JY, Danesh-Meyer HV, Craig JP, et al.: Comparison of intraocular pressure measured by Pascal dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry. *Eye*. 2006;20:191-198.
29. Martinez-de-la-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Vico E, et al.: Effect of corneal thickness on dynamic contour, rebound, and goldmann tonometry. *Ophthalmology*. 2006;113:2156-2162.
30. Öztürk F, Küsbeci T, Yavaş G ve ark.: Paskal dinamik kontur tonometre ile ölçülen Göz içi basınç değerlerinin Goldmann applanasyon tonometresi, Non kontakt tonometre ve Tonopen ile karşılaştırılması ve santral korneal kalınlığın etkisi. *Glo-Kat*. 2006;1:171-175.
31. Karahan E, Güneç Ü, Arıkan G, ve ark.: Goldmann applanasyon tonometresi ve Paskal dinamik kontur tonometrenin karşılaştırılması ve merkezi kornea kalınlığının göz içi basıncı ölçümlerine etkisi. *Glo-Kat*. 2009;4:150-156.
32. Kotecha A, White ET, Shewry JM, et al.: The relative effects of corneal thickness and age on Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry. *Br J Ophthalmol* 2005;89(12):1572-5.
33. Kotecha A, White E, Schlottmann PG, et al.: Intraocular pressure measurement precision with the Goldmann applanation, dynamic contour, and ocular response analyzer tonometers. *Ophthalmology*. 2010;117:730-737.
34. Kniestedt C, Nee M, Stamper RL.: Dynamic contour tonometry: a comparative study on human cadaver eyes. *Arch Ophthalmol*. 2004;122:1287-1293.
35. Francis BA, hsieh A, Lai MY, et al.: Los Angeles Latino eye Study Group. Effect of corneal thickness, corneal curvature, and intraocular pressure level on Goldmann applanation tonometry and. *Ophthalmology*. 2007;114:20-26.
36. Ozbek Z, Cohen EJ, Hammersmith KM, et al.: Dynamic contour tonometry:a new way to assess intraocular pressure in ectatic corneas. *Cornea*. 2006;25:890-894.
37. Ocakoğlu Ö, İskeleli G, Uçar D.: Keratokonuslu gözlerde Paskal dinamik kontur tonometresi ile göz içi basıncı ölçümü. *T Off Gaz*. 2008;38:185-190.
38. Barreto J Jr, Babic M, Vessani RM, et al.: Dynamic contour tonometry and goldman applanation tonometry in eyes with keratoconus. *Clinics*. 2006;61:511-514.
39. Meyenberg A, Iliev ME, Eschmann R, et al.: Dynamic contour tonometry in keratoconus and postkeratoplasty eyes. *Cornea*. 2008;27:305-310.
40. Özçetin H, Baykara M, Atasoy A ve ark.: Oküler nabız amplitüdünün değerlendirilmesinde Dinamik kontur tonometrenin önemi. *Glo-Kat*. 2008;3:153-157.
41. Akyol N, Kükner AS, Ozdemir T, et al.: Choroidal and retinal blood flow changes in degenerative myopia. *Can J Ophthalmol*. 1996;31:113-119.
42. Shih YF, Fitzgerald ME, Norton TT, et al.: Reduction in choroidal blood flow occurs in chicks wearing goggles that induce eye growth toward myopia. *Curr Eye Res*. 1993;12:219-227.
43. Kaufmann C, Bachmann LM, Robert YC, et al.: Ocular pulse amplitude in healthy subjects as measured by dynamic contour tonometry. *Arch Ophthalmol*. 2006;124:1104-1108.
44. Erdurmuş M, Yagci R.: Dynamic contour tonometer versus Goldmann applanation tonometer. *J Glaucoma*. 2006;15:471.
45. Punjabi OS, Ho HK, Kniestedt C, et al.: Intraocular pressure and ocular puls amplitude comparisons in different types of glaucoma using Dynamic contour tonometry. *Curr eye Res*. 2006;31:851-862.
46. Romppainen T, Kniestedt C, Bachmann LM, et al.: [Ocular pulse amplitude: a new biometrical parameter for the diagnose of glaucoma?] *Ophthalmologie*. 2007;104:230-235.
47. Weizer JS, Asrani S, Stinnett SS, et al.: The clinical utility of dynamic contour tonometry and ocular pulse amplitude. *J Glaucoma*. 2007;16:700-703.
48. Fuchsjaeger-Mayrl G, Wally B, Rainer G, et al.: Effect of dorzolamide and timolol on ocular blood flow in patients with primary open angle glaucoma and ocular hypertension. *Br J Ophthalmol*. 2005;89:1293-1297.
49. Costa VP, Harris A, Stefansson E, et al.: The effects of antiglaucoma and systemic medications on ocular blood flow. *Prog Retin Eye Res*. 2003;22:769-805.
50. Akarsu C, Yılma S, Taner P, et al.: Effect of bimatoprost on ocular circulation in patients with open angle glaucoma or ocular hypertension. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2004;242:814-818.
51. Breusegem C, Fieuws S, Zeyen T, et al.: The effect of trabeculectomy on ocular pulse amplitude. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51:231-235.
52. von Schulthess SR, Kaufmann C, Bachmann LM, et al.: Ocular pulse amplitude after trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2006;244:46-51.
53. Kontiola AI, Goldblum D, Mittag T, et al.: The induction/impact tonometer: a new instrument to measure intraocular pressure in the rat. *Exp Eye Res*. 2001;73:781-785.
54. García-Resúa C, González-Meijome JM, Gilino J, et al.: Accuracy of the new ICare rebound tonometer vs. other portable tonometers in healthy eyes. *Optom Vis Sci*. 2006;83:102-107.
55. Martinez-de-la-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Castillo A, et al.: Reproducibility and clinical evaluation of rebound tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46:4578-4580.
56. Iliev ME, Goldblum D, Katsoulis K, et al.: Comparison of rebound tonometry with Goldmann applanation tonometry and correlation with central corneal thickness. *Br J Ophthalmol*. 2006;90:833-835.
57. Nakamura M, Darhad U, Tatsumi Y, et al.: Agreement of rebound tonometer in measuring intraocular pressure with three types of applanation tonometers. *Am J Ophthalmol*. 2006;142:332-334.