

# Dinamik Kontur Tonometre, Nonkontakt Tonometre, Tonopen ve Goldmann Applanasyon Tonometresi ile Göz İçi Basıncı Ölçümlerinin Santral Kornea Kalınlığı ile İlişkisi

The Relationship Between Central Corneal Thickness and Intraocular Pressure Measurements Obtained with a Dynamic Contour Tonometer, Noncontact Tonometer, Tono-Pen, and Goldmann Applanation Tonometer

Eray ESER<sup>1</sup>, Esin F. BAŞER<sup>2</sup>, Göktuğ SEYMENOĞLU<sup>3</sup>

Klinik Çalışma

Original Article

## ÖZ

**Amaç:** Pascal dinamik kontur tonometre (DKT), nonkontakt tonometre (NKT), Goldmann applanasyon tonometresi (GAT) ve Tonopen ile göz içi basıncı (GİB) ölçümlerinin santral kornea kalınlığı (SKK) ile ilişkisini araştırmak.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmaya sağlıklı bireyler ile okuler hipertansiyon tanısı almış 240 hastanın 480 gözü dahil edildi. Ultrasonik pakimetre ile tüm gözlerle SKK ölçümü yapıldıktan sonra DKT, GAT, NKT ve Tonopen cihazlarıyla randomize sıralamayla GİB ölçümleri yapıldı. Bu tonometrelerin ölçümleri ile SKK arasında korelasyon olup olmadığı istatistiksel olarak analiz edildi.

**Bulgular:** SKK ince (520  $\mu\text{m}$  altındaki) gözlerde SKK ile DKT ölçümü arasında korelasyon olmadığı, diğer tonometrelerin SKK'dan etkilendiği görüldü. Normal kalınlıktaki kornealarda (520-580  $\mu\text{m}$ ) SKK ile GİB ölçümleri arasında en düşük korelasyonu sırayla DKT ve Tonopen gösterdi. Kalın kornealarda (580  $\mu\text{m}$  üzerinde) ise Tonopen SKK ile en az korelasyonu gösteren tonometre olarak dikkati çekti; bu grupta GAT, DKT ve NKT SKK ile korelasyon gösteriyordu.

**Sonuç:** Özellikle glokom kliniklerinde ve refraktif cerrahi geçirmiş bireylerde GİB ölçümünde SKK değerlerinin tonometrik ölçümlere etkili olabileceği akılda tutulmalıdır. Bulgularımız DKT'nin SKK'dan oldukça bağımsız ölçüm yapma potansiyeli ile gelecekte GAT'nin yanında yer alacağını düşündürmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Göz içi basıncı, santral kornea kalınlığı, tonometre.

## ABSTRACT

**Purpose:** To investigate the relationship between central corneal thickness (CCT) and intraocular pressure (IOP) measurements obtained with Pascal dynamic contour tonometry (DCT), noncontact tonometer (NCT), Goldmann applanation tonometry (GAT), and TONO-PEN.

**Materials and Methods:** Four hundred eighty eyes of 240 healthy individuals and ocular hypertension patients were included in the study. After central corneal thickness (CCT) was measured in all eyes with ultrasonic pachymetry, IOP was measured with DCT, GAT, NCT and TONO-PEN, at 5-minute intervals, in random order. Correlations between IOP measurements from these tonometers and CCT were statistically analyzed.

**Results:** In eyes with thin corneas (below 520  $\mu\text{m}$ ), there was no correlation between CCT and DCT measurements, while all other tonometers were influenced by CCT. In eyes with normal thickness corneas (520-580  $\mu\text{m}$ ), the weakest correlation with CCT and IOP measurements was seen with DCT and TONO-PEN. In eyes with thick corneas (above 580  $\mu\text{m}$ ) TONO-PEN had the weakest correlation with CCT, while GAT, DCT, and NCT measurements correlated with CCT.

**Conclusions:** It should be kept in mind that CCT values might affect tonometric measurements of IOP, especially in glaucoma clinics and in patients who have undergone refractive surgery. Our findings indicate that DCT, with its potential for measuring IOP independently from CCT, will be used alongside GAT in the future.

**Key Words:** Central corneal thickness, intraocular pressure, tonometer.

Glo-Kat 2008;107-112

Geliş Tarihi : 21/01/2008

Kabul Tarihi : 26/03/2008

Received : January 21, 2008

Accepted : March 26, 2008

- 1- Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D., Manisa, Uzm. Dr.
- 2- Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D., Manisa, Prof. Dr.
- 3- Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D., Manisa, Yard. Doç. Dr.

- 1- M.D., Celal Bayar University School of Medicine, Department of Ophthalmology Manisa/TURKEY  
ESER E.,
  - 2- M.D. Professor, Celal Bayar University School of Medicine, Department of Ophthalmology Manisa/TURKEY  
BASER E.F., esinbaser@yahoo.com
  - 3- M.D. Assistant Professor, Celal Bayar University School of Medicine, Department of Ophthalmology Manisa/TURKEY  
SEYMENOĞLU G., gseymeno@gmail.com
- Correspondence:** M.D. Professor, Esin F. BASER  
Celal Bayar University School of Medicine, Department of Ophthalmology  
Manisa/TURKEY

## GİRİŞ

Goldmann tarafından 50 yıl önce tarif edilen Goldmann applanasyon tonometresi (GAT) göz içi basıncı (GİB) ölçümünde kullanılan altın standart cihazdır. Bu tonometrede santral kornea kalınlığının (SKK) 520  $\mu\text{m}$  olduğu varsayılmıştır.<sup>1</sup> Ancak SKK'nın oküler hipertansif (OHT) olgularda normalden daha kalın, normotansif glokomlu olgularda ise daha ince olabilmesi nedeniyle, GAT ile gerçek GİB değerini saptarken SKK'da göz önünde bulundurulmalıdır.<sup>2-4</sup> Ayrıca SKK sağlıklı normal bireyler arasında da oldukça değişkenlik gösterebilmektedir.

Ülkemizde ve tüm dünyada refraktif cerrahi uygulamaları hızla artmaktadır. Bu hastalarda gelecekte beklenen önemli bir problem kornealarının incelmış olması nedeniyle glokom tanısı ve takibinde doğacak sorunlardır.<sup>5</sup> Rutin pratikte kullandığımız tonometrelerin ince kornealı gözlerde normalden düşük ölçüm yapabilme potansiyeli çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir.<sup>6-8</sup>

Nonkontakt tonometre (NKT), fluoressein boyası ve topikal anestezi gerektirmemesi nedeniyle, rutin GİB ölçümünde göz polikliniklerinde sık tercih edilen bir tonometredir. Ancak bu tonometrenin de SKK'dan en az GAT kadar etkilendiği iddia edilmektedir.<sup>9-11</sup> Tonopen ise biyomikroskopa ihtiyaç duyulmaması ve uygulama kolaylığı ile oftalmoloji pratiğine girmiş bir diğer tonometredir.<sup>12,13</sup> Son yıllarda geliştirilmiş olan Paskal Dinamik Kontur Tonometrenin (DKT) SKK'dan etkilenmeden standart bir ölçüm sağladığı iddia edilmektedir.<sup>14</sup>

Bu çalışmada, OHT ve sağlıklı bireylerde GAT, DKT, NKT ve Tonopen ile ölçülen GİB değerleri karşılaştırılmış ve bu ölçümlerin SKK ile ilişkisi araştırılmıştır. Böylece rutin uygulamalarda, refraktif cerrahi geçirenlerde ve glokom kliniklerinde tonometrelerin birbirine üstünlüğü olup olmadığının öngörülmesi hedeflenmiştir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı polikliniğine gözlük muayenesi için başvuran sağlıklı bireyler ile glokom biriminde izlenmekte olan oküler hipertansif (OHT) hastalardan oluşan 240 birey alındı.

Oküler yüzey hastalığı olan veya 1.00 D. üzerinde astigmatizması olan, sferik ekivalan değeri 3.00 D. üzerinde olan, son 1 haftadır topikal ilaç kullanmış olan

olgular ile önceden oküler cerrahi geçirmiş hastalar ve kontakt lens kullananlar değerlendirme dışı bırakıldı. Tüm olgulara tanıları ve uygulanacak işlemler hakkında bilgi verildikten ve onayları alındıktan sonra ölçümlere geçildi. Çalışma "Üniversite Etik Kurulu"na onaylandı.

Tüm olgularda ölçümler aynı göz hekimi tarafından yapıldı. SKK'da diüurnal varyasyon etkisinden kaçınmak için ölçümler sabah saat 9:00-11:00 arasında yapıldı. SKK ölçümü proparakain hidroklorür %0.5 (Alcaine®, Alcon) ile topikal anesteziden sonra, ultrasonik pakimetre (Nidek UP 1000, Gamori, Japonya) cihazı ile yapıldı. Ölçümler hasta oturur pozisyonda karşıya doğru bakarken, korneaya baskı uygulamadan ve pakimetri probu korneaya dik olarak yerleştirilerek gerçekleştirildi. SKK her göz için 3'er kez ölçüldü ve ölçülen en küçük değer kaydedildi.<sup>15</sup>

Pakimetrik ölçümden en az 30 dakika sonra GİB ölçümlerine geçildi. Önceden hazırlanan randomizasyon tablosuna uygun bir şekilde değişik tonometreler ile sırayla GİB ölçümleri yapıldı ve her bir cihazla yapılan 3 ölçümün aritmetik ortalaması alındı. Farklı bir tonometre ile ölçüme geçerken göze bir damla suni gözyaşı (Tears Naturale II®, Alcon) damlatıldı ve en az 5 dakika beklenildi.

GAT ile GİB ölçümü için 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 çevrildi. Bulunan değer 10 ile çarpılarak GİB hesaplandı. Ölçüm 3 kez yapıp ortalaması alındı. Tonopen (Tonopen XL, Medtronic Solan, USA) ile GİB ölçümü için proparakain hidroklorür %0.5 (Alcaine®, Alcon) ile topikal anesteziden sonra olguların karşılarında duran sabit bir nesneye bakmaları istendi. Tonopen kornea santraline mümkün olduğunca dik, hafifçe temas ettirilerek ölçüm gerçekleştirildi. Farklı olguların ölçümleri arasında Tonopenin ucu değiştirildi. %5 güvenilirlikteki 3 ölçümün ortalaması alındı.

NKT (Nidek NT 3000, Japonya) ile ölçümde topikal anestezi uygulamaksızın hastanın tonometrenin yeşil ışığına fikse etmesi istendi ve elde edilen 3 ölçümün ortalaması alındı.

**Tablo 1:** Farklı tonometrelerle GİB ölçüm değerleri.

| Tonometreler | Ortalama GİB (mmHg) | Min GİB (mmHg) | Max GİB (mmHg) | P değeri* |
|--------------|---------------------|----------------|----------------|-----------|
| Tonopen      | 19.70±4.43          | 8.70           | 27.70          | 0.20*     |
| GAT          | 19.78±4.38          | 9.00           | 27.50          | 0.20*     |
| DKT          | 20.22±4.11          | 10.80          | 29.40          | <0.01**   |
| NKT          | 19.50±4.43          | 9.00           | 27.30          | <0.01**   |

GAT: Goldmann Applanasyon Tonometresi, DKT: Dinamik Kontur Tonometre, NKT: Nonkontakt Tonometre

\* Tonopen ile GAT karşılaştırıldığında anlamlı farklılık yok (eşleşmiş t testi), \*\*Diğer tonometrelerle karşılaştırmada anlamlı farklılıklar var (eşleşmiş t testi) .

Pascal DKT (Swiss Microtechnology, İsviçre) ile ölçümde göze topikal anestezi damlatıldıktan sonra hasta karşıya düz bakar pozisyondayken tonometrenin ucu korneaya temas ettirilip biyomikroskoptan santralizasyonu kontrol edildi. Yaklaşık 5-6 saniye süreyle temas sağlandı. Tonometre gözden geri çekilince LCD ekranından ölçülen GİB değeri ve güvenilirliği 1 ile 5 arası sayısal değerlerde ekrandan değerlendirildi. Yalnızca güvenilirlik değeri 1 ve 2 olan ölçümlerin ortalamaları alındı.

Çalışmaya alınan 240 hastanın 480 gözü SKK'larına göre gruplara ayrıldı. 520  $\mu\text{m}$  altı (ince kornealar), 520-580  $\mu\text{m}$  (normal kalınlıkta kornealar), 580  $\mu\text{m}$  üzeri (kalın kornealar) olmak üzere üçe ayrıldı. Kornea kalınlığının GAT, DKT, NKT ve Tonopen ölçümlerine etkisi değerlendirildi. Verilerin istatistiksel analizi Celal Bayar Üniversitesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı'nda SPSS 10.0 paket programı kullanılarak yapıldı.  $p < 0.01$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Değişik tonometrelerle yapılan GİB ölçümlerinin birbirlerinden farklılık gösterip göstermediği eşleştirilmiş t testi ile, SKK ile farklı tonometrelerin GİB ölçümleri arasında korelasyon olup olmadığı ise Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi.

## BULGULAR

Çalışmamıza refraksiyon kusuru dışında patolojisi olmayan sağlıklı bireyler ve OHT tanısıyla ilaşız izlenen 240 hastanın 480 gözü dahil edildi. Çalışma grubumuz 108 (%45) erkek ve 132 (%55) kadın hastadan oluşmaktaydı. Çalışmadaki 480 göz verileri değerlendirildiğinde ortalama SKK  $562.06 \pm 35.82$  (458-648)  $\mu\text{m}$  olarak bulundu.

Çalışmamızda ortalama GİB Tonopen ile  $19.70 \pm 4.43$  mmHg (8.70-27.70), GAT ile  $19.78 \pm 4.38$  mmHg (9.00-27.50), DKT ile  $20.22 \pm 4.11$  mmHg (10.80-29.40), NKT ile  $19.50 \pm 4.43$  mmHg (9.00-27.30) olarak

bulundu. Tonometrelerin ölçümleri birbirleriyle karşılaştırıldığında yalnızca Tonopen ile GAT ölçümleri arasında anlamlı farklılık yoktu ( $p=0.20$ , eşleşmiş t testi), diğer tonometrelerin ölçümleri birbiri ile kıyaslandıklarında aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar vardı ( $p < 0.01$ ; eşleşmiş t testi) (Tablo 1).

Çalışmamızdaki 480 göz SKK'larına göre 3 gruba ayrıldı. Birinci grup (ince kornealar) 520  $\mu\text{m}$  altındaki kornealara sahip gözler ( $499 \pm 15$   $\mu\text{m}$ ,  $n=57$ ), ikinci grup (normal kalınlığa sahip) 520-580  $\mu\text{m}$  arasındaki gözler ( $553 \pm 17$   $\mu\text{m}$ ,  $n=270$ ), üçüncü grup ise 580  $\mu\text{m}$  üzerindeki (kalın kornealar) gözler ( $601 \pm 15$   $\mu\text{m}$ ,  $n=153$ ) olarak ayrıldı. Tüm gruplarda en yüksek GİB değerleri DKT ile ölçüldü (Tablo 2). Her üç grupta tonopen ile GAT ölçümleri arasında anlamlı farklılık olmadığı görüldü: ince kornealı grupta ( $p=0.41$ ), normal kalınlığa sahip ikinci grupta ( $p=0.2$ ), kalın kornealardan oluşan grupta ( $p=0.07$ ). Kalın kornealarda GAT ile DKT arasındaki ölçümler yakın olmakla beraber istatistiksel olarak farklı bulundu ( $p=0.03$ ). İnce kornea ve normal kalınlıkta kornea gruplarında GAT ile DKT ve NKT ölçümleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar mevcuttu ( $p < 0.01$ ), (Tablo 2).

Çalışmamızda farklı kornea kalınlığı gruplarında SKK ile tonometrik ölçümlerin arasındaki ilişki Pearson korelasyon analiziyle incelendi (Tablo 3). Korneası ince grupta SKK ile GİB ölçümü arasında en düşük korelasyon DKT ile bulundu; diğer tonometrelerde ise, Tonopen'de daha fazla olmak üzere, GİB değerleri SKK ile korelasyon gösteriyordu (Tablo 3).

SKK 520-580  $\mu\text{m}$  grubunda ise yine DKT ölçüm sonuçları SKK ile en zayıf korelasyonu gösterdi. Kalın kornea grubunda ise ilginç olarak DKT SKK'dan en çok etkilenen tonometre olarak izlendi. Bu grupta SKK'dan en az etkilenen tonometre Tonopen olarak dikkati çekmekteydi (Tablo 3).

**Tablo 2:** Kornea kalınlığına göre GİB ölçüm ortalamaları.

| GİB Ölçümleri                | SKK<br>520 ↓ $\mu\text{m}$ | SKK<br>520 – 580 $\mu\text{m}$ | SKK<br>580 ↑ $\mu\text{m}$ |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Tonopen (mmHg)               | $15.28 \pm 3.60$           | $19.13 \pm 3.99$               | $22.36 \pm 3.71$           |
| GAT (mmHg)                   | $14.84 \pm 3.54$           | $19.24 \pm 3.95$               | $22.58 \pm 3.27$           |
| DKT (mmHg)                   | $16.92 \pm 3.28$           | $19.44 \pm 3.69$               | $22.85 \pm 3.63$           |
| NKT (mmHg)                   | $14.82 \pm 3.82$           | $18.90 \pm 4.09$               | $22.29 \pm 3.20$           |
| P değeri*<br>(GAT- Tonopen)  | 0.41                       | 0.20                           | 0.07                       |
| P değeri*<br>(DKT - Tonopen) | 0.00                       | 0.002                          | 0.002                      |
| P değeri*<br>(DKT- GAT)      | 0.00                       | 0.00                           | 0.031                      |
| P Değeri*<br>(DKT - NKT)     | 0.00                       | 0.00                           | 0.00                       |

**Tablo 3:** Farklı kornea kalınlıklarında tonometrik ölçümlerin korelasyon katsayıları.\*

| SKK       | Tonopen           | GAT               | DKT               | NKT               |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 520 altı  | 0.41<br>(p=0.001) | 0.31<br>(p=0.017) | 0.03<br>(p=0.8)   | 0.34<br>(p=0.009) |
| 520 - 580 | 0.21<br>(p=0.001) | 0.26<br>(p=0.001) | 0.18<br>(p=0.003) | 0.25<br>(p=0.001) |
| 580 üstü  | 0.19<br>(p=0.015) | 0.22<br>(p=0.004) | 0.35<br>(p=0.001) | 0.27<br>(p=0.001) |

\*Pearson korelasyon analizi, SKK: Santral Kornea Kalınlığı, GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi, NKT: Nonkontakt Tonometre, DKT: Dinamik Kontur Tonometre.

## TARTIŞMA

Glokomun tanı ve takibinde en önemli parametre olan GİB'nin ölçümünde yıllardır kullanılan altın standart tonometre GAT'dir. Ancak GAT'nin SKK'dan etkilenme potansiyeli nedeniyle glokom kliniklerinde pakimetrik ölçümler artık rutin uygulamalar arasına girmiştir. GAT ölçümlerinin SKK ve muhtemelen korneanın diğer biyomekanik özelliklerinden etkilenbilmesi yeni tonometrelerin geliştirilmesini teşvik etmektedir.

SKK bireyden bireye oldukça farklılık göstermektedir. 1968 yılında Mishima sağlıklı kornealarda SKK'nın 500 ile 570  $\mu\text{m}$  arasında olduğunu, ortalama SKK'nın 518  $\mu\text{m}$  olduğunu bildirmiştir.<sup>16</sup> İlerleyen yıllarda yapılan çalışmalarda erişkinlerde ortalama SKK için 504  $\mu\text{m}$ <sup>17</sup>, 510  $\mu\text{m}$ <sup>18</sup> gibi düşük değerler ve 580  $\mu\text{m}$ <sup>19</sup> gibi yüksek değerler bildirenler olmuştur. Doughty ve Zaman<sup>20</sup> 300 makalenin meta analizi sonucunda ultrasonik pakimetre ile ölçülen ortalama SKK'nın 545  $\mu\text{m}$  olduğunu bildirmiştir. Normal bireylerde kornea kalınlığının 427  $\mu\text{m}$  ile 670  $\mu\text{m}$  arasında değişebildiği söylenmektedir. Kliniğimizde daha önce yapmış olduğumuz bir çalışmada normal bireylerde ortalama SKK'nı 550  $\mu\text{m}$  bulmuştuk.<sup>21</sup> Şimdiki çalışmamızda ise çalışma grubumuzda OHT bireyler de olması nedeniyle ortalama SKK biraz daha kalın (562  $\mu\text{m}$ ) bulundu.

SKK aplanasyon prensibiyle çalışan tonometrelerde sonucu etkileyen önemli bir faktördür.<sup>18,19,22-24</sup> SKK kalın olan gözlerde aplanasyon için daha fazla güç kullanılması gerekirken, ince kornealarda daha az güç uygulayarak korneal düzleşme sağlandığından, SKK yüksek olan olgularda GİB normalden yüksek, ince kornealarda ise hatalı olarak düşük ölçülebilir.<sup>25</sup>

GAT elli yılı aşkın süredir GİB ölçümünde altın standart tonometre olmakla birlikte, ölçümlerinde SKK'nı 520  $\mu\text{m}$  olarak kabul ettiği için hatalı ölçümlere neden olabilmektedir. Ayrıca GAT'nin skarlı, ödemli, düzensiz kornealarda ölçüm yapamaması, mobilize olamayan hastalarda kullanılamaması yeni tonometrelerin geliştirilmesine ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Bu amaçla geliştirilmiş bir diğer tonometre Tonopen'dir. Tonopen düzensiz korneal yüzeye sahip hastalarda kullanılabilirliği kolay, hızlı ölçümler yapması, biyomikroskoba ihtiyaç duymaması, yumuşak kontakt lens üzerinden ölçüm yapabilmesi, kolay taşınması gibi sebeplerle günlük pratik-

te kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

1972 yılında Grolman tarafından keşfedilen NKT bir diğer aplanasyon tonometresidir.<sup>26</sup> NKT topikal anestezi gerektirmeden ve korneaya temas etmeden, hava ile kornea santralini düzleştirerek ölçüm yapar. Ölçüm için teknik bilgi gerektirmemesi, tıbbi olmayan personelce de kullanılabilmesi ve tarama amaçlı kullanılabilir olması bu cihazın kullanımını giderek yaygınlaştırmıştır.

DKT, korneaya temas etmesine rağmen düzleşme yapmayan, yeni bir tonometredir. DKT ile GİB ölçümünün SKK, aksiyel uzunluk, korneal eğrilik, astigmatizma gibi oküler faktörlerden etkilenmediği iddia edilmektedir. LCD ekranında ölçüm sonuçlarını göstermesi, objektif ölçümler yapması, her ölçümde ölçüm kalitesini göstermesi ve fluoressein gerektirmemesi GAT'a olan üstünlükleridir. DKT özellikle de GİB ölçümünü en çok etkileyen faktör olarak bilinen SKK'dan etkilenmediği iddiası ile göz doktorlarının dikkatini çekmektedir.<sup>6,7,27,28</sup>

Pratikte kullanılan farklı tonometrelerin SKK'dan nasıl etkilendiği çeşitli çalışmalarda araştırılmıştır. Nakamura ve ark. normal, glokomlu ve OHT bireylerden oluşan 45 gözde GİB'ini GAT, NKT ve Tonopen ile ölçmüş, SKK'nın bu üç aplanasyon tonometresinin ölçüm sonuçlarını etkilediğini bildirmişlerdir.<sup>29</sup> Bir başka çalışmada, normal bireylerde GAT, NKT, Tonopen ve pnömotonometre ölçümlerinin yine tümünün SKK'dan etkilendikleri, NKT'nin bu cihazlar içinde SKK'dan en çok etkilenen cihaz olduğu bildirilmiştir.<sup>30</sup> Çalışmamızda da benzer şekilde GAT, Tonopen ve NKT'nin SKK ile korelasyon gösterdiği, NKT'nin SKK'dan en çok etkilenen tonometre olduğu görülmüştür.

DKT'nin özellikle SKK'nın LASIK cerrahisine bağlı incelendiği gözlerde GAT'ne üstün olduğu iddia edilmektedir.<sup>6,31,32</sup> Kaufmann ve ark. miyopi için LASIK cerrahisi geçiren 62 gözde GİB değerlerini GAT ve DKT ile ölçüp kıyasladıklarında LASIK sonrası SKK'da ortalama 90  $\mu\text{m}$  incelme, GAT ölçümlerinde 3.0 mmHg düşüş, DKT ölçümlerinde ise anlamlı bir değişim olmadığını görmüştür.<sup>6</sup> Benzer şekilde Duba ve ark. 39 gözü LASIK öncesi ve sonrası karşılaştırmada, ortalama SKK'da 85  $\mu\text{m}$  incelme, GAT ölçümlerinde 3.3 mmHg düşüş, DKT ölçümlerinde ise anlamlı değişiklik bulmamışlardır.<sup>31</sup> Bu veriler DKT'nin SKK'dan etkilenmediği tezini desteklemektedir. Benzer şekilde Siganos ve ark. GAT, NKT ve

DKT ile 118 gözde yapılan ölçümlerde, LASIK sonrası 1. ayda GAT ölçümlerinin 5.4 mmHg, NKT ölçümlerinin 6.1 mmHg azaldığını, fakat DKT ölçümlerinin anlamlı değişime uğramadığını görmüştür.<sup>32</sup> Yazarlar GAT ve NKT ölçümlerinde her 10  $\mu$ m değişimin 0.3 mmHg farka neden olacağını bildirmiş ve LASIK sonrası hastaların takibinin NKT ve GAT ile yapılmamasını önermişlerdir.

Kampeter ve ark. ise 36 primer açık açılı glokom, 137 normal gözün GIB'nı GAT ve DKT ile ölçtüklerinde DKT'nin GIB'nı anlamlı düzeyde yüksek ölçtüğünü ancak SKK'dan etkilenmediğini, GAT ölçümlerinin ise SKK ile korelasyon gösterdiğini bildirilmiştir.<sup>33</sup> DKT ile SKK'dan oldukça bağımsız ölçüm yapılarak glokom takibinde daha doğru sonuçlar elde edileceğini bildiren yazarın bu sonuçları çalışmamızla uyumludur.

Çalışmamızda gözler SKK'a göre 3 gruba ayrılarak incelendi. Çalışmamız verilerine göre ince kornealarda DKT dışındaki diğer tonometreler SKK'dan etkilenmiştir. GIB ölçüm ortalamaları ince kornealarda GAT ile 14.8 mmHg, DKT ile 16.9 mmHg, ( $p<0.01$ ) olarak bulundu. Ölçümler arasındaki 2.1 mmHg'lik bu fark klinik olarak da anlamlıdır. Bu sonuçlar özellikle refraktif cerrahi geçirmiş veya doğal olarak korneası ince bireylerde GIB'nın GAT ile takibinin uygun olmayacağını düşündürmüştür. DKT özellikle bu bireylerin takibinde diğer tonometrelere tercih edilmelidir.

Normal SKK grubunda ise ortalama GIB GAT ile 19.2 mmHg, DKT ile 19.4 mmHg ( $p<0.01$ ) olarak bulundu; bu fark istatistiksel olarak anlamlı olmasına rağmen, klinik olarak anlamsızdır. SKK normal olan bireylerde cihazların ölçümleri arasında anlamlı fark olmaması tonometrelerin normal kornea kalınlığına göre ayarlanmış olmasına bağlanabilir.

Çalışmamız verilerine bakıldığında kalın kornealarda tonometreler birbirine yakın ölçümler yapmaktadır. Kalın kornealarda GAT ve DKT ölçümleri arasında anlamlı fark olmasına rağmen bu fark klinik olarak anlamlı bulunmadı (sırasıyla 22.5 ve 22.8 mmHg,  $p=0.03$ ). Diğer bir deyişle kalın kornealarda DKT'nin GAT'ne önemli bir üstünlük getirmediği görüldü. Bu hasta grubunda tonopen SKK ile en düşük korelasyonu gösterdiği için özellikle OHT hastalarında tercih sebebi olabilir.

Doyle ve ark. GAT ve DKT ölçümlerini çalışmamızda olduğu gibi 3 farklı SKK grubunda incelemişlerdir (520  $\mu$ m-580  $\mu$ m arası normal SKK grubu, 520  $\mu$ m altı ince SKK grubu, 580  $\mu$ m üstü kalın SKK grubu).<sup>34</sup> Yazarların çalışmasında normal SKK grubunda GIB ölçüm ortalaması GAT ile 15.9 mmHg, DKT ile 16.0 mmHg, ince kornealı grupta GAT ölçüm ortalaması 13.2 mmHg, DKT ile 15.9 mmHg, kalın kornealı grupta GAT ölçüm ortalaması 17.4 mmHg, DKT ile 17.4 mmHg bulunmuştur. Bu bulgular ile GAT'ın 520  $\mu$ m'un altında her 10  $\mu$ m incelik için 0.7 mmHg daha düşük ölçtüğü, normal SKK'da ise GAT ölçümlerinin DKT ile uyumlu olduğu bildirilmiştir. Kalın kornealarda ise DKT ölçümlerinin, ince kornealardaki gibi değerli sonuçlar vermediği bildirilmiştir. Çalışmamız sonuçları yazarların sonuçlarıyla uyum içindedir.

Sonuç olarak çalışmamız DKT'nin oftalmoloji pratiğinde kullanılan diğer tonometrelere özellikle kalın kor-

nealardan oluşan OHT grubunda üstünlüğü olmadığını, ancak daha heterojen kornea kalınlığına sahip normal bireylerde SKK'dan etkilenmeme avantajı nedeniyle üstün olduğunu düşündürmektedir. DKT özellikle ince kornealarda SKK'dan hemen hemen bağımsız ölçüm yapmaktadır. İnce kornealı gözlerde diğer tüm tonometreler SKK ile korelasyon göstermekte ve dolayısıyla hatalı düşük ölçüm yapabilmektedir. Refraktif cerrahi geçirmiş bireylerde ve yapısal olarak SKK ince bireylerde gerçek GIB değerlendirilmesi için DKT en uygun tonometre olarak görünmektedir. Normal tansiyonlu glokom olgularında SKK'nın ince olabildiği göz önüne alınırsa, bu olgularda da DKT kullanılması doğru olacaktır. SKK'nın normal aralıkta (520-580  $\mu$ m) olduğu gözlerde de yine DKT SKK'dan en az etkilenen tonometre olarak görünmektedir. DKT ile ilgili tecrübelerin ve çalışmaların artmasıyla ilerleyen yıllarda GAT'nin yerini alabileceğini öngörmek mümkündür.

#### KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Goldmann H, Schmidt T.: Über applanationstonometrie. *Ophthalmologica*. 1957;134:221-242.
2. Whitacre MM, Stein RA, Hassanein K.: The effect of corneal thickness on applanation tonometry. *Am J Ophthalmol*. 1993;115:592-596.
3. Argus WA.: Ocular hypertension and central corneal thickness. *Ophthalmology*. 1995;102:1810-1812.
4. Morad Y, Sharon E, Hefetz L, et al.: Corneal thickness and curvature in normal tension glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 1998;125:164-168.
5. Bashford KP, Shafranov G, Tauber S, et al.: Considerations of glaucoma in patients undergoing corneal refractive surgery. *Surv Ophthalmol*. 2005;50:245-251.
6. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA.: Intraocular pressure measurements using Dynamic contour tonometry after Laser In Situ Keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44:3790-3794.
7. Rashad KM, Bahnassy AA.: Changes in intraocular pressure after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg*. 2001;17:420-427.
8. Garzozzi HJ, Chung HS, Lang Y, et al.: Intraocular pressure and photorefractive keratectomy: a comparison of three different tonometers. *Cornea*. 2001;20:33-36.
9. Climenhaga H, Plucinska H.: Comparison of the Pulsair noncontact tonometer and the Goldmann applanation tonometer. *Can J Ophthalmol*. 1989;24:7-9.
10. Moseley MJ, Evans NM, Fielder AR.: Comparison of a new non-contact tonometer with Goldmann applanation. *Eye*. 1989;3:332-337.
11. Sponsel WE, Kaufman PL, Strinden TI, et al.: Evaluation of the Keeler Pulsair non-contact tonometer. *Acta Ophthalmol*. 1989;67:567-572.
12. Iester M, Mermoud A, Achache F, et al.: New Tonopen XL: comparison with the Goldmann tonometer. *Eye*. 2001;15:52-58.
13. Bandyopadhyay M, Raychaudhuri A, Lahiri SK, Schwartz EC, Myatt M, Johnson GJ. Comparison of Goldmann applanation tonometry with the Tonopen for measuring intraocular pressure in a population-based glaucoma survey in rural West Bengal. *Ophthalmic Epidemiol* 2002; 9: 215-24.
14. Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YC.: Dynamic contour tonometry: presentation of a new tonometer. *J Glaucoma*. 2005;14:344-350.
15. Dayanir V, Sakarya R.: Effect of corneal drying on central corneal thickness. *J Glaucoma*. 2004;13:6-8.
16. Mishima S.: Corneal thickness. *Surv Ophthalmol*. 1968;13:57-96.
17. De Cevallos E, Dohlman CH, Reinhart WJ.: Corneal thickness in glaucoma. *Ann Ophthalmol*. 1976;8:177-182.

18. Graf M.: Significance of the corneal thickness in non-contact tonometry. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 1991;199:183-186.
19. Stodtmeister R.: Applanation tonometry and correction according to corneal thickness. *Acta Ophthalmol Scand.* 1998;76:319-324.
20. Doughty M, Zaman M.: Human corneal thickness measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol.* 2000;44:367-408.
21. Başer EF, Eser E, Toprak B, ve ark.: Santral kornea kalınlığının ultrasonik pakimetre ile ölçümlerinde tekrarlanabilirlik. *Glo-Kat.* 2007;2:35-38.
22. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S.: Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol.* 1975;53:34-43.
23. Garzozzi HJ, Chung HS, Lang Y, et al.: Intraocular pressure and photorefractive keratectomy: a comparison of three different tonometers. *Cornea.* 2001;20:33-36.
24. Levy Y, Zadok D, Glovinsky Y, Krakowski D, et al.: Tono-Pen versus Goldmann tonometry after excimer laser photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25:486-491.
25. Bron AM, Creuzot-Garcher C, Goudeau-Boutillon S, et al.: Falsely elevated intraocular pressure due to increased central corneal thickness. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1999;237:220-224.
26. Grolman B.: A new tonometer system. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 1972;49:646-666.
27. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA.: Comparison of dynamic contour tonometry with goldmann applanation tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2004;45:3118-3121.
28. Medeiros FA, Sample PA, Weinreb RN.: Comparison of dynamic contour tonometry and goldmann applanation tonometry in African American subjects. *Ophthalmology.* 2007;114:658-665.
29. 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.
30. Tonnu PA, Ho T, Newson T, et al.: The influence of central corneal thickness and age on intraocular pressure measured by pneumotonometry, non-contact tonometry, the Tono-Pen XL and Goldmann applanation tonometry. *Br J Ophthalmol.* 2005;89:851-854.
31. Duba I, Wirthlin AC.: Dynamic contour tonometry for post-LASIK intraocular pressure measurements. *Klin Monatsbl fur Augenheilkd.* 2004;221:347-350.
32. Siganos DS, Papastergiou G, 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.
33. Kamppeter BA, Jonas JB.: Dynamic contour tonometry for intraocular pressure measurement. *Am J Ophthalmol.* 2005;140:318-320.
34. Doyle A, Lachkar Y.: Comparison of dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry over a wide range of central corneal thickness. *J Glaucoma.* 2005;14:288-292.