

Pascal Dinamik Kontur Tonometre, Goldmann Aplanasyon Tonometresi, Tonopen ve Nonkontakt Tonometre ile Göz İçi Basıncı Ölçümlerine Korneal, Refraktif ve Biyometrik Parametrelerin Etkisi

Effects of Corneal, Refractive and Biometric Parameters on Intraocular Pressure Measurements with Pascal Dynamic Contour Tonometer, Goldmann Appplanation Tonometer, Tonopen and Noncontact Tonometer

Eray ESER¹, Esin F. BAŞER², Göktuğ SEYMENOĞLU³

Klinik Çalışma

Original Article

ÖZ

Amaç: Pascal dinamik kontur tonometre (DKT), Goldmann aplanasyon tonometresi (GAT), nonkontakt tonometre (NKT) ve Tonopen ile yapılan göz içi basıncı (GİB) ölçümlerine korneal, refraktif ve biyometrik parametrelerin etkisini araştırmak.

Gereç ve Yöntem: Çalışma kapsamına toplam 120 oküler hipertansif (OHT) olgu ile GİB'ı normal olan 120 sağlıklı kontrol olgu alındı. Tüm olgulara refraksiyon muayenesi, keratometrik ölçüm, aksiyel uzunluk ölçümü ve santral kornea kalınlığı (SKK) ölçümleri yapıldıktan sonra dört farklı tonometrenin tümüyle randomize sıralamayla GİB ölçümleri yapıldı. Korneal (SKK, keratometri), refraktif (sferik ekivalan) ve biyometrik parametrelerle (aksiyel uzunluk) 4 farklı tonometrenin GİB ölçümleri arasında korelasyon olup olmadığı Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi.

Bulgular: Hem OHT hem kontrol grubunda DKT ile yapılan ölçümler diğer tonometrelerin ölçümlerinden daha yüksek bulundu. Yine her iki grupta tüm tonometrelerde keratometri, sferik ekivalan, aksiyel uzunluk ile GİB ölçümleri arasında korelasyon olmadığı belirlendi. Korneal parametrelerden SKK kontrol grubu olgularda GAT, NKT ve Tonopen ile ılımlı düzeyde korelasyon gösterirken, DKT ile korelasyon göstermiyordu. Ağırlıklı olarak kalın kornealardan oluşan OHT grubunda ise yalnızca SSK ile Tonopen arasında korelasyon olmadığı, diğer tüm tonometre ölçümlerinin SKK ile ılımlı düzeyde korelasyon gösterdiği görüldü.

Sonuçlar: Normalden ince veya kalın SKK değerleri tonometrik ölçümlerde hatalara yol açabilir. Bu çalışmada kullanılan tonometreler içinde DKT ve Tonopen sırasıyla GİB sağlıklı bireylerde ve OHT olgularında SKK'dan en az etkilenen tonometreler olarak dikkat çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Goldmann aplanasyon tonometresi, göz içi basıncı, dinamik kontur tonometre, nonkontakt tonometre, santral kornea kalınlığı, Tonopen.

ABSTRACT

Purpose: To search the effects of corneal, refractive and biometric parameters on intraocular pressure (IOP) measurements performed with Pascal dynamic contour tonometer (DCT), Goldmann applanation tonometer (GAT), noncontact tonometer (NCT) and Tonopen.

Materials and Methods: A total of 120 ocular hypertensive (OHT) patients and 120 healthy control individuals with normal IOP values were included in the study. After all patients underwent refraction examination, keratometric measurement, axial length measurement and central corneal thickness (CCT) measurements IOP was measured with 4 different tonometers in random order. Whether if any correlations existed between IOP measurements of 4 different tonometers with corneal (CCT, keratometry), refractive (spherical equivalent) and biometric parameters (axial length) were evaluated with Pearson correlation analysis.

Findings: IOP measurements with DCT were higher than those of other tonometers' in both OHT and control individuals. There was no correlation between IOP measurements and keratometry, spherical equivalent refraction, axial length in both groups. In the control group, while CCT showed mild correlations with GAT, NCT and Tonopen, there was no correlation with DCT. In the OHT group with predominantly thick corneas there was no correlation between Tonopen and CCT only, while all other tonometers showed mild correlations with CCT.

Conclusions: CCT values above or below normal values can lead to faulty tonometric measurements. Among the tonometers used in this study, DCT and Tonopen attract attention as tonometers effected the least from CCT in healthy individuals with normal IOP and in OHT patients, respectively.

Key Words: Central corneal thickness, dynamic contour tonometry, Goldmann applanation tonometry, intraocular pressure, noncontact tonometry, Tonopen.

Glo-Kat 2008;3:230-235

Geliş Tarihi : 05/05/2008

Kabul Tarihi : 12/11/2008

Received : May 05, 2008

Accepted : September 12, 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, Yrd. Doç. Dr.

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

GİRİŞ

Glokom, optik sinir başında atrofi ve çukurlaşma ve tipik görme alanı kayıpları ile karakterize, kronik, progresif bir optik nöropatidir. Önemli toplum sağlığı sorunlarından olan bu tabloda başlıca risk faktörü göz içi basıncı (GİB) yüksekliğidir. Glokomun tanı ve izlenmesinde, uygulanan medikal veya cerrahi tedavinin etkinliğini değerlendirmede GİB'nin düzenli olarak ve doğru bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir.

Günümüzde GİB ölçümü farklı tonometrelerle yapılabilmektedir. Tonometrik ölçümlerde hastaya ait korneal, refraktif ve biyometrik parametreler ölçüm sonucuna etkili olabilmektedir. Özellikle de santral kornea kalınlığı (SKK) aplanasyon prensibiyle çalışan tonometrelerde sonucu etkileyen önemli bir faktördür. SKK'ı kalın gözlerde aplanasyon için daha fazla güç kullanılması gerekirken, ince kornealarda daha az güç uygulayarak korneal düzleşme sağlandığından, kornea kalınlığı yüksek olan olgularda GİB hatalı olarak normalden yüksek, ince kornealarda ise hatalı olarak normalden düşük ölçülebilir.¹ Son yıllarda SKK'nın oküler hipertansif (OHT) olgularda normalden daha kalın, normotansif glokomlu olgularda ise daha ince bulunması, gerçek GİB değerini saptarken SKK'nın da göz önünde bulundurulması gerekliliğini göstermiştir.²⁻⁴

Günümüzde GİB ölçümünde kullanılan altın standart cihaz Goldmann aplanasyon tonometresidir (GAT). Yaklaşık 50 yıl önce Goldmann tarafından tarif edilen bu tonometrede gözün kuru, ince duvarlı, sferik yapıda olduğu ve SKK'nın 520 μ m olduğu varsayılmıştır.⁵ GAT halen GİB ölçümünde altın standart olmakla birlikte, SKK'nı 520 μ m olarak kabul ettiği için hatalı ölçümlere neden olabilmektedir.

Göz polikliniklerinde rutin GİB ölçümünde, fluoressein boyası ve topikal anestezi gerektirmemesi, göze temas etmemesi, enfeksiyon yayılımı gibi potansiyel tehlikelerin eliminasyonu, yardımcı sağlık personelince kullanılabilmesi ve populasyon taramalarında kullanılabilmesi gibi sebeplerden dolayı en sık tercih edilen tonometre nonkontakt tonometredir (NKT). Ancak bu tonometre de SKK'dan GAT gibi etkilendiğinden SKK'ı normalden

ince veya kalın hastalarda doğru sonuçlar vermemektedir.⁶⁻⁹ Diğer bir tonometre, Tonopen ise taşıma ve uygulama kolaylığı, biyomikroskopa ihtiyaç duymaması, kontaminasyon riskinin olmaması ve kontakt lens üzerinden ölçüm yapabilme gibi avantajlarıyla oftalmoloji pratiğine girmiştir.¹⁰⁻¹²

GAT ölçümlerinin SKK başta olmak üzere korneanın diğer biyomekanik özelliklerinden etkilenebilme potansiyeli nedeniyle yeni tonometreler geliştirilmeye çalışılmıştır. Son yıllarda geliştirilmiş olan Paskal Dinamik Kontur Tonometrenin (DKT) SKK'dan etkilenmeden standart bir ölçüm sağladığı iddia edilmektedir.¹³⁻¹⁵

Bu çalışmada oküler hipertansif (OHT) ve sağlıklı (GİB'ı normal) bireylerde GAT, Tonopen, NKT ve Paskal DKT ile GİB ölçümlerine korneal, refraktif ve biyometrik parametrelerin etkisinin olup olmadığının araştırılması hedeflenmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı Glokom biriminde izlenen veya poliklinik muayenesinde yeni tanı almış olan 120 OHT olgusu ile gözlük muayenesi için polikliniğimize başvurmuş olan GİB'ı normal 120 sağlıklı birey alındı (kontrol grubu).

Çalışmaya alma kriterlerimizde alt yaş sınırı 18 iken, üst yaş sınırı konulmadı. OHT tanısı GAT ile 3 ölçüm ortalamasının 22 mmHg ve üzerinde olması, ancak optik sinir başında glokomatöz değişikliklerin ve görme alanı defektlerinin bulunmaması ile konuldu. Bu olgularda önceden hiçbir antiglokomatöz ilaç kullanmamış olmasının yanısıra, topikal ilaç kullananların ise en az 1 hafta ilaç kullanmamış olma şartları arandı. Kontrol grubu refraksiyon kusuru dışında oküler patolojisi bulunmayan bireylerden oluşturuldu. Kuru göz dahil oküler yüzey hastalığı olan veya 1.00 D. üzerinde astigmatizması olan, sferik ekivalan değeri 3.00 D. üzerinde olan olgular çalışmaya alınmadı. Önceden oküler cerrahi geçirmiş hastalar ve kontakt lens kullananlar da değerlendirme dışı bırakıldı. Çalışma Üniversitemiz Etik Kurulu tarafından onaylandı.

Tablo 1: Normal ve oküler hipertansif bireylerde korneal, refraktif ve biyometrik parametreler.

Parametreler	Kontrol Grubu (ort \pm SD) (min-max)	OHT Grubu (ort \pm SD) (min-max)	p değeri
SKK (μ m)	546.05 \pm 33.66 (458-619)	578.07 \pm 30.38 (485-648)	p<0.01 anlamlı
Aksiyel uzunluk (mm)	22.58 \pm 1.06 (19.10-25.62)	22.40 \pm 0.78 (20.60-24.68)	p=0.4 anlamsız
Keratometri (D)	43.37 \pm 1.55 (39.90-47.40)	43.49 \pm 1.37 (40.30-46.90)	p=0.3 anlamsız
Sferik ekivalan (D)	-0.64 \pm 1.32 (-3.00-+3.00)	-0.01 \pm 1.08 (-3.00-+2.25)	p<0.01 anlamlı

OHT: Oküler Hipertansiyon SKK: Santral Kornea Kalınlığı, D: Dioptri.

Olgulara tanıları ve uygulanacak işlemler hakkında bilgi verildikten ve onayları alındıktan sonra muayene ve ölçümlere geçildi. Sırasıyla refraksiyon muayenesi, keratometrik ölçüm, SKK ölçümü ve aksiyel uzunluk ölçümleri yapıldı; daha sonra farklı tonometrelerle GİB ölçümlerine geçildi.

Tüm olgularda ölçümler aynı göz hekimi tarafından yapıldı. SKK ölçümü proparakain hidroklorür %0.5 ile topikal anesteziyen sonra, ultrasonik pakimetre (Nidek UP 1000) cihazı ile yapıldı. Ölçümler hasta oturur pozisyonda karşıya doğru bakarken, korneaya baskı uygulamadan ve pakimetri probu korneaya dik olarak temas ettirilerek gerçekleştirildi. SKK her göz için 3'er kez ölçüldü ve ölçülen en küçük değer kaydedildi.

SKK ölçümünden en az 30 dakika sonra GİB ölçümleri yapıldı. 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 yapay gözyaşı damlatıldı ve en az 5 dakika beklenildi.

GAT ile GİB ölçümü şöyle gerçekleştirildi: Hasta ölçüm tekniği hakkında bilgilendirildikten sonra, her göze bir damla % 0.5 proparakain hidroklorür damlatıldı, fluoresseynli kağıt alt kapak forniksine temas ettirildi. Hasta tam karşıya bakarken biyomikroskoba monte edilmiş GAT ile, kobalt mavisi ışığı 60 derece açı yapar konumda, halkaların iç kısımları üst üste gelene kadar alet üzerindeki düğme çevirildi. Bulunan değer 10 ile çarpılarak GİB hesaplandı. Ölçüm 3 kez yapıp ortalaması alındı.

Tonopen (Tonopen XL) ile GİB ölçümü için önce hasta ölçüm tekniği hakkında bilgilendirildi. Proparakain hidroklorür %0.5 ile topikal anesteziyen sonra olguların karşılarında duran sabit bir hedefe 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) ile ölçüm için yine önce hasta bilgilendirildi; topikal anestezi ve fluoresseyn boyası gerekmeden bu muayenede hastanın tonometrenin yeşil ışığına fikse etmesi istendi ve elde edilen 3 ölçümün ortalaması alındı.

Pascal DKT (Swiss Microtechnology) ile ölçümde göze topikal anestetik damlatıldıktan sonra karşıya bakar pozisyonda 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 bu ölçümün güvenilirliği ekrandan değerlendirildi. Yalnızca güvenilirlik değeri 1 ve 2 olan ölçümlerin ortalamaları alındı.

Çalışmanın verilerinin istatistiksel analizi Celal Bayar Üniversitesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı'nda SPSS 10.0 paket programı kullanılarak yapıldı. Bulgular $\text{ortalaması} \pm \text{standart deviasyon (ort} \pm \text{SD)}$ olarak belirtildi. $p < 0.01$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Değişik tonometrelerle yapılan GİB ölçümlerinin birbirlerinden anlamlı farklılık gösterip göstermediği eşleştirilmiş t testi ile araştırıldı. Ayrıca GİB ölçümünü etkileyecek korneal (SKK, keratometri), refraktif (sferik ekuvalan) ve biyometrik parametrelerle (aksiyel uzunluk) 4 farklı tonometrenin GİB ölçümleri arasında korelasyon olup olmadığı Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi. Korelasyon (r) $r \leq 0-0.3$ ise yok, $r = 0.3-0.5$ ise ılımlı, $r = 0.5-0.7$ ise orta, $r > 0.7$ ise kuvvetli olarak kabul edildi.

BULGULAR

Kontrol grubu ve OHT grubu olmak üzere 2 gruptan oluşan çalışmamıza her iki grupta eşit sayıda, yani 120 hastanın 240 gözü dahil edildi. Tüm çalışma grubu 108 (%45) erkek ve 132 (%55) kadın olgudan oluşmaktaydı. OHT grubunda 52 erkek, 68 kadın mevcut iken, kontrol grubunda 56 erkek 64 kadın olgu vardı. İki grup arasında cinsiyet dağılımı açısından anlamlı bir fark yoktu ($p = 0.6$, ki kare testi). Kontrol grubundaki bireylerin yaş

Tablo 2: Normal ve oküler hipertansif bireylerde farklı tonometrelerin GİB ölçüm ortalamaları.

TONOMETRELER	KONTROL GRUBU (ort \pm SD) (min-max)	OHT GRUBU (ort \pm SD) (min-max)
Tonopen (mmHg)	15.89 \pm 2.69 (8.70-23.00)	23.52 \pm 1.71 (19.00-27.70)
GAT (mmHg)	15.95 \pm 2.67 (9.00-22.00)	23.62 \pm 1.34 (20.00-27.50)
DKT (mmHg)	16.64 \pm 2.29 (10.80-23.60)	23.81 \pm 1.69 (20.30-29.40)
NKT (mmHg)	15.62 \pm 2.79 (9.00-23.00)	23.38 \pm 1.17 (21.00-27.30)

OHT: Oküler Hipertansiyon GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi NKT: Nonkontakt Tonometre DKT: Dinamik Kontur Tonometre

Tablo 3: Normal ve oküler hipertansif bireylerde farklı tonometrelerin karşılaştırılması (p değerleri, eşleşmiş t testi).

GRUP	GAT-DKT	GAT-Tonopen	GAT-NKT	DKT-Tonopen	DKT-NKT	Tonopen-NKT
Kontrol	p<0.01 anlamlı	p=0.5 anlamsız	p<0.01 anlamlı	p<0.01 anlamlı	p<0.01 anlamlı	p<0.01 anlamlı
OHT	p<0.01 anlamlı	p=0.02 anlamlı	p<0.01 anlamlı	p<0.01 anlamlı	p<0.01 anlamlı	p<0.01 anlamlı

OHT: Oküler Hipertansiyon DKT: Dinamik Kontur Tonometre.
GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi NKT: Nonkontakt Tonometre.

ortalaması 38.57 ± 16.46 , OHT grubunda yaş ortalaması 52.99 ± 9.92 olarak bulundu; iki grup yaş ortalamaları arasında anlamlı fark olduğu görüldü ($p < 0.01$, t testi).

Olgular OHT ve kontrol gruplarına ayrılarak incelendiğinde: SKK OHT grubunda ortalama 578.07 ± 30.38 μm , kontrol grubunda ortalama 546.05 ± 33.66 μm olarak bulundu ($p < 0.01$, t testi). Aksiyel uzunluk ve keratometrik ölçüm açısından ise iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu (sırasıyla $p = 0.4$ ve $p = 0.3$ t testi). Ortalama sferik ekivalan değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ancak klinik anlamı olmayan bir farklılık mevcuttu. ($p < 0.01$, t testi) (Tablo 1).

Her iki grupta tonometrelerin GİB ölçüm ortalamaları kıyaslandığında, kontrol grubunda tüm tonometrelerin ölçümleri OHT grubundan daha düşük bulundu (Tablo 2). Kontrol grubunda tonopen (15.89 ± 2.69 mmHg)

ile GAT (15.95 ± 2.67 mmHg) ölçüm ortalamaları benzer iken ($p = 0.5$, eşleşmiş t testi), diğer tonometre ölçümleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık olduğu görüldü ($p < 0.01$, eşleşmiş t testi). OHT grubunda da ölçümler birbirleriyle kıyaslandığında yine tonopen (23.52 ± 1.71 mmHg) ile GAT (23.62 ± 1.34 mmHg) ölçüm ortalamaları benzerdi ($p = 0.02$, eşleşmiş t testi); diğer tonometre ölçümleri arasında istatistiksel anlamlı, ancak klinik düzeyde anlamsız kabul edilebilecek bir farklılık bulundu ($p < 0.01$, eşleşmiş t testi) (Tablo 3).

Çalışmamızda GİB ölçümünü etkileyebilecek korneal, refraktif ve biyometrik parametreler ile 4 farklı tonometrenin ölçümleri arasındaki ilişki araştırıldı. Bulgularımız tüm tonometre tiplerinde keratometri, sferik ekivalan, aksiyel uzunluk ile GİB ölçümleri arasında korelasyon olmadığını ($r \leq 0.3$), yani bu parametrelerin GİB ölçümünü etkilemediğini gösterdi (Tablo 4).

Tablo 4. Korneal, refraktif ve biyometrik parametrelerle farklı tonometrelerin GİB ölçümleri arasında korelasyon katsayıları (Pearson korelasyon analizi).

SKK	Tonopen (r)	GAT (r)	DKT (r)	NKT (r)
Kontrol grubu	0.36	0.47	0.18	0.44
OHT grubu	0.27	0.40	0.40	0.39
Keratometre				
Kontrol grubu	0.07	0.15	0.13	0.09
OHT grubu	0.06	0.09	0.04	0.14
Sferik ekivalan				
Kontrol grubu	0.06	0.13	0.10	0.12
OHT grubu	0.12	0.06	0.14	0.09
Aksiyel uzunluk				
Kontrol grubu	0.09	0.04	0.02	0.07
OHT grubu	0.01	0.04	0.05	0.01

OHT: Oküler Hipertansiyon SKK: Santral Kornea Kalınlığı
GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi NKT: Nonkontakt Tonometre
DKT: Dinamik Kontur Tonometre
 $r \leq 0.3$: korelasyon yok $r = 0.5-0.7$: orta derecede korelasyon var
 $r = 0.3-0.5$: ılımlı korelasyon var $r > 0.7$: kuvvetli olarak var

SKK ile tonometrik ölçümler arasında korelasyon incelendiğinde, kontrol grubunda GAT, NKT ve Tonopen ile ılımlı düzeyde korelasyon varken ($r=0.3-0.5$), DKT ölçümleriyle SKK arasında korelasyon olmadığı görüldü ($r\leq 0-0.3$). Ağırlıklı olarak kalın kornealardan oluşan OHT grubunda ise Tonopen ile SKK ölçümleri arasında korelasyon yokken ($r\leq 0-0.3$), diğer tüm tonometre ölçümleri ile SKK arasında ılımlı düzeyde korelasyon olduğu görüldü ($r=0.3-0.5$) (Tablo 4).

TARTIŞMA

Glokomun tanı ve izlenmesinde en önemli faktör olan GİB'nin ölçümünde yıllardır kullanılan altın standart tonometre GAT'dir. Ancak GAT'nin SKK'dan etkilenme potansiyeli nedeniyle, glokom kliniklerinde SKK ölçümleri artık rutin uygulamalar arasına girmiştir.

Tonometrik ölçümleri etkileyebilen SKK normal bireylerde ırka bağlı farklılıklar gösterebilmektedir. Ultrasonik pakimetre ile SKK Çinlilerde 555, Filipinlilerde 550, Kafkasyalılarda 550, İspanyollarda 548, Japonlarda 531, Afrika kökenli Amerikalılarda 521 μm olarak bildirilmiştir.¹⁶

Bu çalışmada ve kliniğimizden yapılan önceki bir çalışmamızda normal bireylerde ortalama SKK sırasıyla 546 ve 550 μm olarak bulunmuştur.¹⁷ Sonuçlarımız Kafkasya beyaz ırkı için bildirilen ortalama rakamla uyumludur.

SKK glokomun değişik tiplerinde de farklılık gösterebilir. Kliniğimizden geçmiş yıllarda yapılan bir çalışmada SKK pseudoeksfoliatif (PEX) glokomlu gözlerde primer açık açılı glokomlu (PAAG) gözlerle kıyasla anlamlı olarak ince bulunmuştur.¹⁸ Benzer şekilde Yağcı ve ark'nın¹⁹ çalışmasında da SKK OHT'de 596 μm , PAAG'de 540 μm , normal gözlerde 534 μm , PEX glokomunda 526 μm olarak bulunmuştur. Bu çalışmamızda biz de SKK'nı OHT olgularında normal bireylerden anlamlı olarak daha kalın bulduk (sırasıyla ortalama 578 μm ve 546 μm).

SKK aplanasyon prensibiyle çalışan tonometrelerde sonucu etkileyen önemli bir faktördür.²⁰⁻²⁴ Günümüzde GAT dışında yaygın olarak kullanılan diğer aplanasyon tonometreleri NKT ve Tonopen'dir. Pascal DKT ise SKK başta olmak üzere korneal parametrelerden etkilemeksizin GİB ölçümü iddiasıyla uygulamaya nispeten yeni girmiş bir tonometredir.

Pascal DKT ile GİB ölçümünün SKK, aksiyel uzunluk, korneal eğrilik, astigmatizma gibi faktörlerden etkilenmediği iddia edilmektedir. LCD ekranında ölçüm sonuçlarını göstermesi, objektif ölçümler yapması, her ölçümde ölçüm kalitesini göstermesi ve fluoressein gerektirmemesi diğer tonometrelere olan üstünlükleridir. Kornea kontur uygunluğunu değerlendirerek GİB ölçümü yapan bu cihazın ucunda 10.5 mm çapında konkav yüzey, 7 mm çapında temas yüzeyi ve 1.7 mm çapında piezoelektrik basınç sensörü mevcuttur. Ölçümlerin SKK'dan bağımsız olması için kornea eğrilik yarıçapının cihazın uç kısmı yarıçapından küçük olmalıdır.^{13,14}

Çalışmamızda hem OHT grubunda hem kontrol grubunda DKT ile yapılan GİB ölçümleri diğer tonometrelerin ölçümlerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar literatür ile uyumludur.^{15,25} Kontrol grubunda DKT ile GAT ölçümleri arasında hem klinik olarak hem istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (0.68 ± 1.29 mmHg, $p<0.01$). OHT grubunda da DKT ile GAT ölçüm ortalaması arasında istatistiksel anlamlı fark vardır, ancak fark daha küçüktür (0.2 mmHg). Bu sonuç OHT'de GAT'ın güvenilir olarak kullanılabileceği şeklinde yorumlanmalıdır, çünkü çalışmamızda OHT'de GAT ölçümleri ile SKK arasında ılımlı bir korelasyon olduğu bulunmuştur ($r=0.40$); yani OHT'de GAT SKK'dan etkilenme potansiyeline sahiptir.

Çalışmamızda GİB ölçümünü etkileyebilecek korneal, refraktif ve biyometrik parametreler ile 4 farklı tonometrenin GİB ölçümleri arasında korelasyon olup olmadığı OHT ve kontrol gruplarında ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bulgularımız çalışmamızda kullanılan hiç bir tonometrenin ölçümlerinin keratometri, sferik ekivalan ve aksiyel uzunluk ile korelasyon göstermediğine işaret etmiştir. Ancak SKK'da durum farklı olmuştur.

Sonuçlarımız kontrol grubunda SKK ile GAT, NKT ve Tonopen ölçümleri arasında ılımlı bir korelasyon olduğunu, DKT ile korelasyon olmadığını göstermiştir. Bulgularımız heterojen kalınlıkta kornealar içeren kontrol grubunda DKT ölçümlerinin SKK'dan etkilenmediğine işaret etmektedir. Daha kalın kornealardan oluşan OHT grubunda ise SKK ile Tonopen dışındaki tüm tonometrelerin ılımlı korelasyon gösterdiği bulunmuştur; OHT grubunda Tonopen SKK'dan en az etkilenen tonometre olarak dikati çekmiştir.

Pratikte kullandığımız farklı tonometrelerin SKK'dan nasıl etkilendiği çeşitli çalışmalarda araştırılmıştır. Nakamura ve ark.²⁶ normal, glokomlu ve OHT bireylerden oluşan 45 gözde GİB'nin GAT, NKT ve Tonopen ile ölçtüğünde SKK'nın bu üç aplanasyon tonometresinin tümünü de etkilediğini bulmuştur.

Kaufmann²⁷ normal bireylerde GİB'nin GAT ve DKT ile ölçümlerinin aksiyel uzunluk, korneal eğrilik ve ön kamara derinliğinden etkilenmediğini, GAT ölçümlerinin SKK'dan etkilenirken, DKT ölçümlerinin ise SKK'dan bağımsız olduğunu bulmuştur. Benzer bir çalışmada Medeiros ve ark.²⁸ GAT ve DKT'nin ölçümlerinin SKK, korneal eğrilik, astigmatizma, sferik ekivalan, aksiyel uzunluk ve yaştan nasıl etkilendiğini değerlendirmişlerdir. Yazarlar GAT ölçümlerinin yalnızca SKK ve yaştan, DKT'nin ise yalnızca yaştan etkilendiğini bildirmiştir. GAT ve DKT'yi kıyaslayan bir başka çalışmada Kampeter ve ark.²⁵ PAAG ve normal gözlerden oluşan karma bir grupta DKT'nin GİB'nin anlamlı olarak daha yüksek ölçmekle beraber SKK'dan etkilenmediğini, GAT ölçümlerinin ise SKK ile korelasyon gösterdiğini bildirilmiştir.

Çalışmamız sonuçları Kaufman²⁷, Medeiros²⁸ ve Kampeter²⁵'in sonuçlarıyla uyumludur. Ancak OHT ve kontrol grubu olarak iki ayrı grup içeren çalışmamızda

heterojen kalınlıkta kornealardan oluşan kontrol grubunda DKT'nin SKK ile korelasyon göstermezken, daha kalın kornealardan oluşan OHT grubunda SKK'dan etkilenebildiği ortaya konulmuştur. Bu da kalın kornealarda DKT'nin diğer tonometrelere üstünlüğü olmadığını düşündürmüştür.

Sonuç olarak bu çalışmada göz hastalıkları polikliniklerinde en sık kullanılan 3 tonometre (GAT, NKT, Tonopen) ile yeni bir tonometre olan DKT'nin korneal, refraktif ve biyometrik parametrelerden etkilenip etkilenmediği araştırılmıştır. Bulgularımız hem OHT grubunda hem de normal bireyleri temsil eden kontrol grubunda korneal kırıcılık, aksiyel uzunluk ve sferik ekivalan değerlerinin tonometrik ölçümler üzerine etkili olmadığını göstermiştir. Ancak SKK açısından durum daha farklı olmuştur: OHT'de SKK ile GAT, NKT ve DKT ölçümleri arasında ılımlı bir korelasyon varken, yalnızca Tonopen'in SKK'dan etkilenmediği görülmüştür. Kontrol grubunda ise DKT dışındaki tüm tonometrelerin SKK'dan etkilenebilirken, DKT'nin SKK'dan bağımsız ölçüm yapabildiği bulunmuştur. GAT ve NKT hem heterojen kalınlıktaki kontrol grubunda hem de kalın kornealı OHT'de SKK'dan en çok etkilenen tonometreler olmuştur. Çalışmamızda kullanılan tonometreler içinde DKT ve Tonopen SKK'dan en az etkilenen tonometreler olarak dikkat çekmektedir.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. 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.
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. Goldmann H, Schmidt T.: Über applanations tonometrie. *Ophthalmologica.* 1957;134:221-242.
6. Shields MB.: The non-contact tonometer. Its value and limitations. *Surv Ophthalmol.* 1980;24:211-219.
7. Climenhaga H, Plucinska H.: Comparison of the Pulsair noncontact tonometer and the Goldmann applanation tonometer. *Can J Ophthalmol.* 1989;24:7-9.
8. Moseley MJ, Evans NM, Fielder AR.: Comparison of a new non-contact tonometer with Goldmann applanation. *Eye.* 1989;3:332-327.
9. Sponsel WE, Kaufman PL, Strinden TI, et al.: Evaluation of the Keeler Pulsair non-contact tonometer. *Acta Ophthalmol.* 1989;67:567-572.
10. Iester M, Mermoud A, Achache F, et al.: New Tonopen XL: comparison with the Goldmann tonometer. *Eye.* 2001;15:52-58.
11. Bandyopadhyay M, Raychaudhuri A, Lahiri SK, et al.: 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;9:215-224.
12. Kao SF, Lichter PR, Bergstrom TJ, et al.: Clinical comparison of the Oculab Tono-Pen to the Goldmann applanation tonometer. *Ophthalmology.* 1987; 94:1541-1544.
13. Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YC.: Dynamic contour tonometry: presentation of a new tonometer. *J Glaucoma.* 2005;14:344-350.
14. Erdurmuş M, Hepşen İ.F.: Paskal dinamik kontur tonometre. *Glo-Kat.* 2007;2:143-148.
15. Öztürk F, Küsbeci T, Yavaş G, ve ark.: Pascal dinamik kontur tonometre ile ölçülen göz içi basıncı değerlerinin Goldmann applanasyon tonometresi, nonkontakt tonometre ve tonopen ile karşılaştırılması ve santral kornea kalınlığının etkisi. *Glo-Kat.* 2006;3:171-175.
16. Aghaian E, Choe JE, Lin S, Set al.: Central corneal thickness of Caucasians, Chinese, Hispanics, Filipinos, African Americans and Japanese in a glaucoma clinic. *Ophthalmology.* 2004;111:2211-2219.
17. Başer EF, Eser E, Toprak B, ve ark.: Santral kornea kalınlığının ultrasonik pakimetre ile ölçümlerinde tekrarlanabilirlik. *Glo-Kat.* 2007;2:35-38.
18. Eser E, Başer EF, Kayıkçıoğlu Ö, et al.: Pseudoeksfoliyatif glokoma da santral kornea kalınlığı. *Glo-Kat.* 2006;1:193-196.
19. Yagci R, Eksioğlu U, Midillioğlu I, et al.: Central corneal thickness in primary open angle glaucoma, pseudoexfoliative glaucoma, ocular hypertension and normal population. *Eur J Ophthalmol.* 2005;15:324-328.
20. Graf M.: Significance of the corneal thickness in non-contact tonometry. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 1991;199:183-186.
21. Stodtmeister R.: Applanation tonometry and correction according to corneal thickness. *Acta Ophthalmol Scand.* 1998;76:319-324.
22. Doughty M, Zaman M.: Human corneal thickness measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol.* 2000;44:367-408.
23. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S.: Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol.* 1975;53:34-43.
24. Garzozzi HJ, Chung HS, Lang Y, et al.: Intraocular pressure and photorefractive keratectomy: a comparison of three different tonometers. *Cornea.* 2001;20:33-36.
25. Kamppeeter BA, Jonas JB.: Dynamic contour tonometry for intraocular pressure measurement. *Am J Ophthalmol.* 2005;140:318-320.
26. 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.
27. 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.
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.