

# Yüksek Göz İçi Basınca Sahip Gözlerde Goldman Applanasyon Tonometresi, Dijital Kontur Tonometre ve Tonopenin Karşılaştırılması ve Sentral Korneal Kalınlığın Ölçüm Sonuçlarına Etkisi\*

## Comparison of Goldman Applanation Tonometry, Pascal Dynamic Contour Tonometry and Tonopen in Eyes with High Intraocular Pressure and Effect of Central Corneal Thickness on Measurement Results

Çağatay ÇAĞLAR<sup>1</sup>, Nafiz KARPUZOĞLU<sup>2</sup>, Muhammed BATUR<sup>3</sup>, Doğan CEYHAN<sup>4</sup>, Tekin YAŞAR<sup>5</sup>

### ÖZ

**Amaç:** Yüksek göz içi basınçlı (GİB) gözlerde Goldman applanasyon tonometresi (GAT), Dinamik kontur tonometre (DKT) ve Tonopen (TP) ile yapılan göz içi basınç ölçümlerinin uyumunu karşılaştırmak ve merkezi korneal kalınlığın (MKK) GİB ölçümlerine etkisini değerlendirmek.

**Gereç ve Yöntem:** Otuz sekiz hastanın yüksek GİB'li 38 sağ gözü çalışmaya alındı. Ultrasonik pakimetri ile MKK ölçüldükten sonra GİB; GAT, DKT ve TP ile ölçüldü. Düzeltilmiş GAT değeri (DGAT) Doughty ve Zaman'ın önerdiği formüle göre hesaplandı. Tonometrelerden elde edilen GİB ölçümleri arasındaki uyum ve MKK değerleri istatistiksel olarak analiz edildi.

**Bulgular:** DGAT, GAT, TP ve DCT ile ölçülen ortalama GİB sırasıyla 34.6±10.9, 33.5±10.4, 31.8±11.7 ve 28.7±6.8 mmHg idi. Yüksek GİB'li gözlerde GAT ve TP arasında kuvvetli bir uyum mevcutken, DCT uyumlu değildi. İnce kornealı gözlerde her bir aletle ölçülen GİB'le MKK arasında önemli bir ilişki mevcuttu. Kalın kornealarda ise korelasyon saptanmadı. MKK azaldıkça, tüm aletler arasındaki uyum artış gösterdi.

**Sonuç:** GAT ve TP ölçümleri tüm gruplarda korele idi. GİB ölçümleri 4 yöntemde de MKK'dan etkilendi. GAT ve TP ile ölçülen GİB değerleri DKT'ye göre fazla idi. Sonuç olarak, bizim çalışmamızda yüksek GİB'li olgularda GAT ve TP arasında iyi bir uyum gözlenirken, GAT ve DKT arasında kötü bir uyum gözlemlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Santral kornea kalınlığı, dinamik kontur tonometresi, goldmann applanasyon tonometresi, yüksek gib, tonopen tonometresi.

### ABSTRACT

**Purpose:** To compare the correlate of intraocular pressure (IOP) measurements obtained using Goldman applanation tonometer (GAT), Pascal Dynamic Contour Tonometer (DCT) and Tono-pen (TP) and to evaluate the influence of central corneal thickness (CCT) on IOP measurements in eyes with high intraocular pressure.

**Material and Methods:** Thirty eight right eyes of 38 patients with high IOP were recruited in the study. After central corneal thickness (CCT) was measured in all eyes with ultrasonic pachymetry, IOP was measured with GAT, DCT and TP. Corrected GAT (CGAT) value was calculate according to the formula upon suggestion of Doughty and Zaman. Correlations between IOP measurements from these tonometers and CCT values were statistically analyzed.

**Results:** Mean IOP was 34.6±10.9, 33.5±10.4, 31.8±11.7 and 28.7±6.8 mmHg for CGAT, GAT, TP and DCT respectively. There was a strong correlation between GAT and TP in eyes with high IOP, while DCT wasn't consistency. A significant association between measured IOP and CCT was found with each instrument in eyes with thin corneas. No correlation was found with each instrument in eyes with thick corneas. As CCT decreased, correlation was high of all IOP instruments.

**Conclusion:** GAT and TP measurements were correlated in all groups. IOP measurement by all four methods is affected by CCT. IOP values obtained with GAT and TP were higher than with DCT. In conclusion, our study showed fair inter-method agreement between GAT and TP results, and poor agreement between GAT and DCT results in cases with high IOP.

**Key Words:** Central corneal thickness, dynamic contour tonometry, goldmann applanasyon tonometry, High IOP, tonopen tonometry.

\* Bu çalışma TOD 43. Ulusal Oftalmoloji Kongresi'nde poster olarak sunulmuştur.

- 1- M.D., Çanakkale State Hospital, Eye Clinic, Çanakkale/TURKEY  
ÇAĞLAR C., doktorcagatay@gmail.com
- 2- M.D., Civril State Hospital, Eye Clinic, Civril-Denizli/TURKEY  
KARPUZOĞLU N., m.nafiz87@hotmail.com
- 3- M.D., Van Trainig and Research Hospital, Eye Clinic, Van/TURKEY  
BATUR M., muhammedbatur@gmail.com
- 4- M.D. Asistant Professor, 100. Yıl University Faculty of Medicine,  
Department of Ophthalmology, Van/TURKEY  
CEYHAN D., doganceyhan@yahoo.com
- 5- M.D. Professor, 100. Yıl University Faculty of Medicine, Department  
of Ophthalmology, Van/TURKEY  
YASAR T., tekinyasar@yahoo.com

Geliş Tarihi - Received: 14.01.2012

Kabul Tarihi - Accepted: 29.05.2012

Glo-Kat 2012;7:84-90

Yazışma Adresi / Correspondence Address: M.D., Çağatay ÇAĞLAR  
Çanakkale State Hospital, Eye Clinic, Çanakkale/TURKEY

Phone: +90 532 401 36 37

E-Mail: doktorcagatay@gmail.com

## GİRİŞ

Glokom optik sinir başı çukurlaşması, atrofisi ve ilerleyici görme alanı kaybı ile seyreden bir optik nöropatidir. Artmış göz içi basıncı (GİB) glokomun tanı, sınıflandırma, hastalık takibi ve tedavisinde yol gösteren en önemli parametredir. GİB'nin doğru ölçümü sadece glokom için değil, aynı zamanda kornea, lens ve vitreoretinal hastalıkların tanı ve cerrahi sonrası takipleri açısından da önemlidir.<sup>1</sup>

GİB'in düşürülmesi glokomatöz hasarın ilerlemesinin engellenmesinde en önemli tedavi seçeneğidir. Bu nedenle gerçek GİB değerinin saptanmasının, glokoma yaklaşımda çok önemli bir yeri vardır.<sup>2</sup> GİB değeri glokomda tedavinin şeklini belirlemede en önemli unsurlardan biridir. Örneğin glokomatöz optik disk hasarı olmayan ve görme alanı normal bir gözde GİB yüksek 20'li değerlerde olsa dahi tedavi gerekmezken, optik disk hasarı ve görme alanı kaybı varsa 10'lu değerler dahi tedavi gerektirir. Yani her hasta için hedef GİB farklıdır.<sup>3</sup> Yine GİB'nin seviyesi tedavinin medikal ya da cerrahi olarak yapılmasını belirleyici önemli unsurlardan biridir.

Goldmann applanasyon tonometresi (GAT), GİB ölçümünde standart cihaz olarak kabul edilmektedir.<sup>4,5</sup> Biz çalışmamızda Goldmann applanasyon tonometresi (GAT) ile GİB'i 22 mmHg'den yüksek olan bireylerde; Dinamik kontur tonometre (DKT) ve Tonopen'in (TP) arasındaki uyumu ve bu ölçümlerin sentral korneal kalınlık (MKK) ile ilişkisini belirleyip, yüksek GİB'e sahip hastalarda TP ve DKT'nin, GAT'a alternatif olup olamayacağını araştırmak istedik.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Klinikte glokom ya da çeşitli sebeplerden dolayı GAT'la (Nikon Japonya), GİB'i 22 mmHg'nin üstünde saptanmış ardışık 38 hastanın 38 gözü (sağ göz) çalışmaya dahil edildi. Tüm hastalardan imzalı bilgilendirilmiş onay formu alındı.

GAT'la GİB'i 22 mmHg'nin üstünde ölçülen olguların önce MKK'ları ölçüldü. MKK ölçümü ultrasonik pakimetre (US-1800 echoscan, Nidek, Japan) ile bir damla %0.5 proparakain hidroklorür (Alcaine®, Alcon, Türkiye) topikal anesteziyi takiben 3 kez yapıldı ve ortalaması kaydedildi.

Ölçümler hasta oturur pozisyonda karşıya doğru bakarken, korneaya baskı uygulamadan ve pakimetri probu korneaya dik olarak yerleştirilerek gerçekleştirildi. Daha sonra tüm olgularda sırasıyla ve 10'ar dakika arayla TP ve DKT ile GİB ölçümleri yapıldı.

Tüm ölçümler iki doktor tarafından yapıldı (ÇÇ, MB). GAT ile GİB ölçümü için her göze bir damla %0.5 proparakain hidroklorür damlatıldı, prekorneal gözyaşı filmini boyamak için fluorescein sodyum %2 içeren şerit alt kapak forniksine temas ettirildi. TP (Tonopen XL, Medtronic Solan, A.B.D.) ile ölçüm yapılmadan önce her gün kalibrasyonu yapıldı ve her bir gözün GİB ölçümü için ayrı bir steril tek kullanımlık kılıf kullanıldı.

Ölçümler topikal anestezi altında hasta karşıya doğru baktırılırken TP kornea merkezine dik bir şekilde tutularak gerçekleştirildi. Likit kristal panel üzerinde güvenilirlikleri  $\leq$  %5 arasındaki değerlerin ortalaması dikkate alındı. DKT (Swiss Microtechnology, Zürih, İsviçre) ile de topikal anestezi altında hasta düz bir şekilde karşıya bakarken 5-6 sn'lik temas süresi sağlanarak GİB ölçümü yapıldı.

Kalite skoru 1-3 olan ölçümlerin ortalaması alındı. Tüm ölçümler yapılmadan önce GİB ölçülecek kişinin her ölçüm öncesinde göz kapaklarını kapamaması, sıkılaşması sağlandı. Ölçümlerin tümü oturur pozisyonda iken yapıldı.

Korneasında oküler yüzey hastalığı olanlar (ödem, skar distrofi vs.),  $\pm 3$  diyoptrinin üzerinde hipermetroptik veya miyopik,  $\pm 1.5$  diyoptri üzerinde astigmatik kırılma kusuru olanlar, kuru göz tanısı olanlar, kontakt lens kullanmış olanlar, diyabetik retinopatisi olan hastalar, gözle ilgili cerrahi veya travma öyküsü olanlar ve hamileler çalışmaya dahil edilmedi.

MKK değerlerine göre GAT ile ölçülen GİB değerleri Doughty ve Zaman'ın<sup>6</sup> önerdiği formüle göre yeniden hesaplanarak düzeltilmiş GAT (DGAT) değerleri saptandı (Tablo 1). Çalışmaya alınan 38 göz MKK'larına göre gruplara ayrıldı. 525  $\mu$ m altı (ince kornealar), 525-565  $\mu$ m (normal kalınlıkta kornealar), 565  $\mu$ m üzeri (kalın kornealar) olmak üzere üçe ayrıldı.

Hesaplamalarda SPSS istatistik paket programından yararlanılmıştır. Gruplarda özellikler arasındaki ilişkileri belirlemede Pearson korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Ayrıca, GAT yöntemi ile diğer yöntemler arasındaki uyumu belirlemek amacıyla grup içi korelasyon katsayısı hesaplanmıştır.

Uyum %85 ve üzeri ise yüksek, %61-80 iyi, %60-41 orta, %40'ın altı ise zayıf olarak değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda anlamlılık düzeyi olarak %5 ve %1 anlamlılık düzeyi alınmıştır ( $p < 0.01$  ve  $p < 0.05$ ).

Üzerinde durulan özellikler bakımından tanımlayıcı istatistikler, ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir.

**Tablo 1:** Ortalama kornea kalınlığı 545  $\mu$ m temel alınarak oluşturulan GİB düzeltme tablosu.

Korneal Kalınlık ( $\mu$ m)	405	425	445	465	485	505	525	545	565	585	605	625	645	665	685	705
Düzeltilme değeri (mmHg)	+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8

**Tablo 2:** GİB'i yüksek olan hastalarda farklı cihazlarla ölçülen GİB değerleri.

Ölçüm yapılan cihaz	GİB değeri (mmHg)
	Aritmetik Ortalama±Standart Sapma ve Ortanca (minimum, maksimum) değerleri
DGAT	34.6±10.9 (18-60)
GAT	33.5±10.4 (22-60)
TP	31.8±11.7 (14-62)
DKT	28.7±6.8 (16.5-42) <sup>a</sup>

GİB: Göz İçi Basıncı, DGAT: Düzeltilmiş Goldmann Applanasyon Tonometresi GAT: Goldmann Applanasyon Tonometresi, TP: Tonopen, DKT: Dijital Kontur Tonometre.

**Tablo 3:** GİB ölçümlerinin yapıldığı yöntemlerin aralarındaki uyum katsayısı.

Karşılaştırılan GİB ölçüm yöntemi	Uyum katsayısı (r)	İstatistiksel anlamlılık (p)
DGAT-GAT	0.962	<0.01
GAT-TP	0.922	<0.01
DGAT-TP	0.887	<0.01
DKT-TP	0.694	<0.01
GAT-DKT	0.623	<0.01
DGAT-DKT	0.595	<0.01

GİB: Göz İçi Basıncı, DGAT: Düzeltilmiş Goldmann Applanasyon Tonometresi GAT: Goldmann Applanasyon Tonometresi, TP: Tonopen, DKT: Dijital Kontur Tonometre.<sup>a</sup>

**Tablo 4:** Belirli ölçüm aralıklarında tonometrelerin yaptığı ölçümler.

	20-30 mmHg GİB'li olgular (n:15)	30-40 mmHg GİB'li olgular (n:16)	40 < mmHg GİB'li olgular (n:7)
DGAT	24.80±3.8(18-31) mmHg	36.12±5.1 (28-44) mmHg	52.28±5.8(45-60) mmHg
GAT	24.06±2.4 (22-28) mmHg	34.50±2.8 (30-38) mmHg	51.42±6.7 (44-60) mmHg
TP	20.20±3.5 (14-27) mmHg	35.06±3.8 (27-40) mmHg	49.42±7.1 (42-62) mmHg
DKT	22.11±4.2 (16-33) mmHg	32.07±2.8(26-37) mmHg	35.82±4.7 (30-42) mmHg

GİB: Göz İçi Basıncı, DGAT: Düzeltilmiş Goldmann Applanasyon Tonometresi GAT: Goldmann Applanasyon Tonometresi, TP: Tonopen, DKT: Dijital Kontur Tonometre.  
Tabloda sırasıyla Aritmetik Ortalama±Standart Sapma ve Ortanca (minimum, maksimum) değerleri belirtilmiştir.

## BULGULAR

GAT ile GİB'nin 22 mmHg'nin üzerinde ölçülen otuz sekiz hastanın 38 gözü (sağ göz) çalışmaya alındı. Hastaların 19'u erkek, 19'u kadındı. Ortalama yaş 52.6±17.1 (14-85) yılı. Ortalama MKK değerleri 528±45 (388-634) µm idi. Hastalarda ölçülen GİB değerleri sırasıyla tabloda gösterilmiştir (Tablo 2).

Tüm ölçüm yöntemlerinin birbirleriyle grup içi korelasyon testiyle karşılaştırılması sonucunda çıkan uyum katsayıları ve istatistiksel anlamlılık uyum oranı en yüksek olandan düşük olana doğru tabloda gösterilmiştir (Tablo 3).

Tüm tonometreler arasındaki uyum katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.01). GAT ölçümleri, MKK değerleriyle yukarıdaki formüle göre yeniden düzenlenmesiyle elde edilen DGAT ölçümleri ile çok yüksek derecede uyumlu bulunmuştur. Yine GAT ve TP arasındaki uyum çok yüksektir. TP-DKT ve GAT-DKT uyumları da orta düzeydedir.

GAT'ın TP ve DKT ile uyumu, DGAT'ın TP ve DKT uyumuna göre daha iyi olmakla birlikte aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p<0.05). GAT'nin ölçtüğü GİB değerlerine göre 20-30 mmHg, 30-40 mmHg ve 40 mmHg üstündeki ölçümlerde tonometrelerin yaptığı ölçümler tabloda belirtilmiştir (Tablo 4). DGAT-GAT arasındaki ölçüm değerleri arasındaki uyum tüm değer aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı idi (p<0.01). En yüksek uyum ise 40 mmHg üstündeki grupta izlendi (r=0.949). GİB değer aralıklarına ayrıntılı olarak bakıldığında 20-30 mmHg arasında uyum zayıf olmakla birlikte GAT-DKT arasında istatistiksel olarak sınırda anlamlı iken (r:0.40, p:0.048), 30-40 mmHg arasında DGAT-TP, GAT-TP arasındaki uyum istatistiksel olarak anlamlı (r:0.554, p:0,01), 40 mmHg üstünde ise DGAT-TP (r:0.7834, p<0,01) ve GAT-TP (r:0.838, p<0.01) arasındaki uyum istatistiksel olarak anlamlıydı. TP-DKT arasında hiçbir GİB ölçüm aralığında uyum anlamlı değilken, GİB değeri arttıkça GAT-TP arasında uyumun arttığı izlendi.

**Tablo 5:** İnce, kalın ve normal MKK'lı olgularda tonometrelerin birbirleriyle uyum katsayıları.

Uyumu ölçülen tonometreler	MKK <525 µm (r)	MKK 525-575 µm (r)	MKK >565 µm (r)
DGAT-GAT	0.847	0.997	0.906
GAT-TP	0.814	0.943	0.895
DGAT-TP	0.726	0.938	0.910
GAT-DKT	0.799	0.341**	0.540**
DGAT-DKT	0.669	0.327**	0.627*
TP-DKT	0.769	0.473**	0.631*

MKK: Merkezi Kornea Kalınlığı, DGAT: Düzeltilmiş Goldmann Applanasyon Tonometresi GAT: Goldmann Applanasyon Tonometresi, TP: Tonopen, DKT: Dijital Kontur Tonometre.

- (\*: İstatistiksel anlamlılık p<0.05, \*\*: İstatistiksel anlamlılık yok).

- (yıldız işareti olmayan uyum katsayıları için istatistiksel anlamlılık p<0.01, r: uyum katsayısı).

**Tablo 6:** Ülkemizde GAT, TP ve DKT ile yapılan çalışmaların kısa özeti.

Yazar	Yıl	Olgu	Ortalama GİB Değerleri				MKK ile korelasyon			
			GAT	TP	DKT	MKK	GAT	TP	DKT	Uyum
Özdemir ve ark. <sup>8</sup>	1997	99	17.2	17.0	0	İncelenmemiş	İncelenmemiş	GAT-TP arasında uyum var		
Gürlü ve ark. <sup>9</sup>	2005	200	21.9	21.6	0	İncelenmemiş	İncelenmemiş	GAT-TP arasında uyum var		
Öztürk ve ark. <sup>10</sup>	2006	106	14.0	14.5	16.1	530.9(437-594)	+	-	+	GAT-TP'de var, diğerlerinde yok
Yaşar ve ark. <sup>16</sup>	2007	86	15.9	0	16.1	546.2	+	0	-	GAT-DKT arasında uyum var
Güngör ve ark. <sup>11</sup>	2007	100	15.1	17.3	0	İncelenmemiş	İncelenmemiş	GAT-TP arasında uyum var		
Şentut ve ark. <sup>28</sup>	2007	140	13.	13.3	0	523.29(514-552)	+	+	0	İncelenmemiş
Eser ve ark. <sup>12</sup>	2008	480	19.7	19.7	20.2	562.0(458-648)	+	+	+	GAT-TP uyumlu, diğerlerinde yok
Karahan ve ark. <sup>17</sup>	2009	143	18.1	0	20.4	544.4(493-608)	+	0	+	GAT-DKT arasında var
Eser ve ark. <sup>25</sup>	2009	116	18.5	0	19.6	541.1(455-635)	+	0	+	İncelenmemiş
Sevim ve ark. <sup>13</sup>	2010	211	17.4	17.0	0	555.2(403-665)	+	+	0	GAT-TP arasında uyum var
Şakalar ve ark. <sup>14</sup>	2010	79	12.6	8.5	0	541.0	+	-	0	GAT-TP arasında uyum yok
Tuncer <sup>18</sup>	2011	320	16.7	0	19.9	544	+	0	+	GAT-DKT arasında uyum yok
Dündar ve ark. <sup>19</sup>	2011	103	17.7	0	21.2	550	+	0	+	GAT-DKT arasında uyum yok

0: Çalışmada kullanılmamıştır. +: MKK ile koreledir, -: MKK'dan bağımsızdır.

GİB: Göz İçi Basıncı, MKK: Merkezi Kornea Kalınlığı, GAT: Goldmann Applanasyon Tonometresi, TP: Tonopen, DKT: Dijital Kontur Tonometre.

Hastaların gözleri MKK'a göre ince (<525 µm, 17 göz), orta (525-565 µm, 12 göz) ve kalın (>565 µm, 9 göz) olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Normal ve kalın MKK'lı hastalarda tüm tonometrelerin MKK ile korele olmadığı tespit edilirken (p>0.05), ince kornealarda tüm tonometrelerin MKK ile korele olduğu bulundu (p<0.01). İnce kornealarda tüm tonometreler arasındaki uyum katsayısı istatistiksel olarak anlamlı iken, kalın MKK'lı gözlerde DKT ile GAT, normal MKK'lı hastalarda DKT ile GAT ve DGAT arasındaki uyum

istatistiksel olarak anlamsızdı. Her üç korneal kalınlıktaki hastalarda yapılan ölçümlerde en uyumlu tonometreler ince, kalın ve normal MKK'lı gözlerin hepsinde GAT ile TP idi. Bu uyum en fazla normal korneal kalınlıklı olgularda gözlemlendi.

DGAT ve GAT arasındaki uyum kalın kornealı hastalarda ince kornealılarına göre daha fazlaydı. Tonometrelerin farklı MKK'ya sahip olgularda birbirleriyle uyumu tabloda gösterilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 7:** GİB'i GAT ile >40 mmHg ölçülen gözlerin TP ve DKT ile ölçülen GİB değerleri.

Tonometre	GİB'i GAT'la 40 mmHg'nın üstünde ölçülen 7 hastanın ölçümleri (mmHg)						
GAT	60	60	54	50	47	45	44
TP	62	54	53	42	45	45	45
DKT	39.1	42	39.5	32	31	37.2	30

GİB: Göz İçi Basıncı, GAT: Goldmann Applanasyon Tonometresi, TP: Tonopen, DKT: Dijital Kontur Tonometre.

## TARTIŞMA

GİB ölçümleri, aletler arasındaki kalibrasyon ve kişisel ölçüm farklılıklarına aynı zamanda kişinin o an ki sistemik kan basıncı, kalp atım hızı, solunum ritmi, vücut pozisyonu gibi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kişisel değişkenliğin kabul edilebilir düzeyde olduğu, tekrarlanabilir ve doğru sonuçlar veren GAT, GİB ölçümünde standart cihaz olarak kabul edilmektedir.<sup>5</sup>

Ancak biyomikroskopa takılı olması, bazı hastalarda uygun pozisyon verme güçlüğü, çocuklarda kooperasyon zorluğu, düzensiz astigmatizmalı, ödemli, skarlı kornealı olgularda hatalı sonuçlar vermesi, korneal abrazyonlara yol açabilmesi ve gözler arası kontaminasyona sebep olabilmesi GAT'ın başlıca dezavantajlarıdır.<sup>4,5,7</sup>

Dolayısıyla GİB'ni en doğru ve en az yan etkiyle ölçbilmek için araştırmalar sürekli bir arayış içerisinde. Ülkemizde de GİB ölçüm yöntemlerinin birbirleriyle uyumu ve MKK ile ilişkisiyle ilgili birçok yayın yapılmış ve değişik sonuçlara ulaşılmıştır (Tablo 6).

TP düzensiz, skarlı ve ödemli kornealarda yararlıdır. Özellikle GAT'nin dezavantajlarını azaltan kullanımı kolay, biyomikroskopa ihtiyaç duyulmayan ve hızlı ölçüm yapabilen elektronik el applanasyon tonometresidir. Birçok çalışmada normal GİB'li bireylerde TP ve GAT'in uyumu gösterilmiştir.<sup>8-13</sup> İki tonometre arasında uyum olmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur.<sup>14,15</sup>

Özdemir ve ark.,<sup>8</sup> bu uyumun normal GİB'lere göre yüksek GİB'nde daha fazla olduğunu göstermiştir (r:0.96). Uyumun yüksek GİB'te arttığını gösteren bir başka çalışmada<sup>9</sup>, 22 mmHg'dan yüksek olan GİB'lerde uyum katsayısı 0.894 olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda uyum katsayısı 0.922 idi. 20-30 mmHg arasındaki değerlerde TP ile GAT uyumlu değilken (p:0.08), 30 mmHg'dan fazla GİB'na sahip hastalarda TP ile GAT arasındaki uyum istatistiksel olarak anlamlı idi (p<0.05) (30-40 mmHg için r:0.554, 40 mmHg için r:0.838).

Çalışmamızda tüm kornea kalınlıklarında TP ile GAT ve DGAT arasındaki uyum istatistiksel olarak anlamlı idi (p<0.05, sırasıyla r:0.992, r:0.887). Bu uyum normal MKK'a sahip hastalarda çok yüksek idi (r: 0.943). Korneası kalın olgularda daha yüksek olmak üzere tüm kornea kalınlıklarında TP ve GAT arasında yüksek bir klinik uyum saptandı.

DKT, pulsatil GİB'i direkt ve sürekli yani dinamik olarak ölçer. Çalışmamızda genel ölçümlerde DKT ile GAT arasındaki uyum en az olarak bulunmasına ve iki ölçüm arasında 4.8 mmHg'lık bir fark bulunmasına rağmen, uyum istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.01, r:0.623).

GAT ve DKT'nin uyumlu olduğunu gösteren çalışmalar olduğu gibi,<sup>16,17</sup> uyumlu olmadığını gösteren çalışmalarda mevcuttur.<sup>18,19</sup>

Çalışmamızda GİB ölçüm aralıkları ayrı ayrı incelendiğinde GİB arttıkça GAT-DKT arasındaki uyumun (GAT-TP arasındaki tam tersine) azaldığı saptanmıştır. DKT, 30 mmHg üzerinde ise GAT, DGAT ve TP ile uyumlu bulunmamıştır. Normal GİB ölçümleriyle yapılan hemen tüm çalışmalarda DKT ölçümleri GAT ölçümlerinden daha yüksek tespit edilmiş birçok çalışma mevcutken<sup>12,16-20</sup>

GİB arttıkça bu farkın giderek azaldığı ve GAT ölçümlerin yüksek GİB'lerde DKT'ya göre daha fazla ölçüm yaptığı bazı çalışmalarda gösterilmiştir.<sup>10,17,21-22</sup>

Yüksek GİB'li hastaları incelediğimiz çalışmamızda bizde bu çalışmalarla uyumlu olarak GAT'ın DKT'den daha yüksek ölçüm yaptığını saptadık. Bu fark tüm ölçüm aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuşken (p<0.05), farkın GİB arttıkça daha da arttığını belirledik. Yine TP'ninde 30 mmHg'dan daha yüksek GİB'na sahip hastalarda DKT'den daha yüksek ölçüm yaptığını saptadık.

DKT normal MKK'lı olgularda GAT'la uyumlu saptanmamışken, korneası kalın olgularda TP ve DGAT ile orta derecede uyumlu bulunmuştur (p<0.05). Korneası ince olan olgularda ise hem GAT hem de TP ile daha yüksek derecede uyumludur (p<0.01).

GİB yükseklik derecelerine göre bakıldığında 20-30 mmHg aralığında GAT ile DKT ölçümleri arasındaki fark 1.95 mmHg, 30-40 mmHg arasında 2.43 mmHg, 40 mmHg'nın üstünde ise 15.6 mmHg olarak bulunmuştur. Bu grupta bulunan 7 hastada GAT ve DKT'nin ölçümleri tablo 7'de gösterilmiştir. Bu ölçümler tek tek ele alındığında GAT ve TP arasında uyum dikkati çekerken, DKT bu iki tonometreden çok daha düşük ölçümler yapmıştır.

Bu hastalarda GAT-DKT farkı 7.8-20.9 mmHg arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre; GAT altın standart kabul edilirse özellikle 40 mmHg'nın üstünde DKT'nin güvenilirliği tartışmalıdır.

MKK, GİB ölçüm yöntemleri arasında en sık hata kaynağı olarak gösterilen parametredir. MKK ortalaması için  $504 \mu\text{m}^{23}$  gibi düşük değerler ve  $580 \mu\text{m}$  (24) gibi yüksek değerler bildiren çalışmalar olmuştur. Ülkemizdeki çalışmalarda ise 523 ila 555  $\mu\text{m}$  arasında değişen değerler mevcuttur.<sup>10,19</sup> Bizim çalışmamızda da ortalama MKK  $528 \pm 45$  ( $388-634$ )  $\mu\text{m}$  bulunmuştur. Doughty ve Zaman,<sup>6</sup> 300 çalışmanın meta analizi sonucunda ultrasonik pakimetre ile ölçülen ortalama MKK'nın  $545 \mu\text{m}$  olduğunu bildirmiştir. Biz de bu yazarların önerdiği düzeltme formülasyonunu kullanarak DGAT değeri hesapladık.

Genel olarak GAT'ın TP ve DKT ile uyumluluğu DGAT'a göre (sırasıyla GAT ve DGAT için TP ile r:0.922-r:0.887, DKT ile r:0.623-0.595), daha yüksek olmakla beraber fark istatistiksel ve klinik olarak anlamsızdı ( $p>0.05$ ). Yine ince MKK'lılarda GAT'ın diğer tonometrelerle uyumu, DGAT'a göre daha yüksekti. Kalın kornealı olgularda ise DGAT diğer tonometrelerle GAT'ne göre daha uyumlu olarak bulundu. İnce kornealarda tonometreler arasındaki yüksek uyum ve kalın kornealarda DGAT'ın GAT'ne göre daha uyumlu olması özellikle kalın MKK'lı olgularda GİB ölçümünde MKK'nın çok önemli ve mutlaka ölçülmesi gereken bir parametre olduğunu göstermektedir. DKT'nin MKK ile korele olduğu ama bunun GAT'den çok daha az olduğuna dair çalışmalar vardır.<sup>12,17-19,25</sup> Bazı çalışmalarda ise MKK'dan bağımsız olduğu gösterilmiştir.<sup>16,26,27</sup>

İnce kornealarda, MKK ile korelasyonun GAT ve DKT'de arttığı gösterilmiştir.<sup>18</sup> TP içinde aynı sonuç bazı çalışmalarda gösterilmiştir.<sup>12,13</sup> Biz de çalışmamızda en az DKT en çok GAT'nde olmak üzere her 3 tonometrenin de ince kornealarda MKK ile korele olduğu ( $p<0.05$ ), kalın kornealarda ise DKT'de en düşük, GAT'nde en yüksek olmak üzere her 3 tonometrenin de MKK'dan bağımsız olduğunu saptadık ( $p>0.05$ ). TP ile MKK arasındaki ilişki içinde değişik sonuçlar mevcuttur.

Öztürk ve ark.,<sup>10</sup> GAT, DKT, non-kontakt tonometre ve TP ile ölçülen GİB değerlerinin MKK ile ilişkisini incelemişler ve sadece TP'nin MKK ile korele olmadığını saptamışlardır. Şakalar ve ark.,<sup>14</sup> TP'nin MKK'dan bağımsız olduğunu göstermişlerdir. Oysa başka birçok çalışmada TP'ninde MKK ile korele olduğu gösterilmiştir.<sup>12,13,28,29</sup> Biz ince kornealarda bireylerde TP'nin MKK ile korele olduğunu ( $p=0.01$ ), kalın ve normal kornealarda ise korelasyon olmadığını saptadık ( $p>0.05$ ).

Çalışmamızın sonucunda GAT ve TP yüksek GİB'lı hastalarda klinik olarak uyumlu bulunmuştur. DKT ile artan GİB ile birlikte bu tonometrelerle uyum azalmakta ayrıca daha düşük ölçüm saptanmıştır. İstatistiksel uyum klinik olarak da iyi düzeyde olup biz TP'nin, bu tür olgularda GAT'ın yerine kullanılabileceğini düşünüyoruz.

DKT'nin ise klinik olarak düşük uyumundan dolayı yüksek GİB'li hastalarda güvenilir sonuç vermeyeceğini düşünmekteyiz. Tüm MKK aralıklarında GAT ve TP uyum içindeyken, DKT'nin uyumu her ikisiyle de daha düşük bulunmuştur.

Tüm ölçüm yöntemlerinin farklı MKK'lılardan değişik derecelerde etkilenmeleri pakimetrik ölçümün önemini bir kez daha göstermektedir. Farklı GİB ölçme yöntemlerinin birbirlerine üstünlükleri olduğu kesindir. Hangi yöntemin hangi hastada daha doğru ölçüm yapacağını tahmin edebilmek için normal ve yüksek GİB'lı hastalarda ve farklı MKK'lı olgularda ölçüm yöntemlerinin özellikleri bilinmeli ve bu dikkate alınarak hareket edilmelidir.

## KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Smith MF, Doyle JW. Clinical examination of glaucoma. In: Yanoff M, Duker JS: Glaucoma, Ophthalmology, Mosby Co. St. Louis 2007;1413-5.
2. Bhan A, Browning AC, Shah S, et al. Effect of corneal thickness on ocular pressure measurements with pneumotonometer, Goldmann applanation tonometer and Tonopen. Invest Ophthalmol Vis Sci 2002;43:1389-92.
3. European glaucoma society. Treatment principles and options. Terminology and guidelines for glaucoma. European glaucoma society, 2nd edition, Dogma, Italy 2003;3-7.
4. Whitacre MM, Stein R. Sources of error with use of Goldmann-type tonometers. Surv Ophthalmol 1993;38:1-30.
5. Goldmann H, Schmidt T. Über applanationstonometrie. Ophthalmologica 1957;134:221-42.
6. Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review: a meta-analysis approach. Surv Ophthalmol 2000;44:367-408.
7. Recep OF, Hasiripi H, Cagil N, et al. Relation between corneal thickness and intraocular pressure measurement by non-contact and applanation tonometry. J Cataract Refract Surg 2001;27:1787-89.
8. Özdemir N, Tekin A, Ersöz TR, ve ark. Tono-Pen tonometrisi ile Goldmann applanasyon tonometresinin klinik olarak karşılaştırılması. MN Oftalmol 1997;4:168-70.
9. Gürlü VP, Alimgil ML, Bülbül ED. Taşınabilir applanasyon tonometrelerinin ölçüm sonuçlarının goldmann applanasyon tonometresi ile karşılaştırılması. MN Oftalmol 2005;12:284-87.
10. Öztürk F, Küsbeci T, Yavaş G ve ark. Pascal dinamik kontur tonometre ile ölçülen göz içi basınç değerlerinin goldmann applanasyon tonometresi, non kontakt tonometre ve tonopen ile karşılaştırılması ve santral kornea kalınlığının etkisi. Glo-Kat 2006;1:171-75.
11. Güngör İU, Çoban DT, Beden Ü ve ark. Tonopen ile goldmann applanasyon tonometresine en yakın ölçümlerin elde edilmesinde yöntemler. MN Oftalmol 2007;14:241-44.
12. Eser E, Başer EF, Seymenoglu G. Dinamik kontur tonometre, nonkontakt tonometre, tonopen ve goldmann applanasyon tonometresi ile göz içi basıncı ölçümlerinin santral kornea kalınlığı ile ilişkisi. Glo-Kat 2008;2:107-12.
13. Sevim MŞ, Acar BT, Esen D ve ark. Goldmann applanasyon tonometresi ve Tonopen XL tonometresinin karşılaştırılması ve merkezi kornea kalınlığının göz içi basıncı ölçümlerine etkisi. Glo-Kat 2010;5:43-6.

14. Keklikçi U, Şakalar YB, Ünlü K. Göz içi basıncı ölçümünde farklı yöntemlerin karşılaştırılması ve santral kornea kalınlığının ölçüm sonuçlarına etkisinin değerlendirilmesi. *F Oft Gaz* 2007;11:156-59.
15. Eisenberg DL, Sherman BG, McKeown CA et al. Tonometry in adults and children. A manometric evaluation of pneumatonometry, applanation and Tono-Pen in vitro and in vivo *Ophthalmology* 1998;105:1173-81.
16. Yaşar T, Yener Hİ, Demirok A. Santral kornea kalınlıklı bireylerde göz içi basıncı ölçümünde goldmann applanasyon tonometri ile dinamik kontör tonometrinin karşılaştırılması. *Glo-Kat* 2007;4:241-44.
17. Karahan E, Güneç Ü, Arıkan G. Goldmann applanasyon tonometresi ve pascal dinamik kontur tonometrenin karşılaştırılması ve merkezi kornea kalınlığının göz içi basıncı ölçümlerine etkisi. *Glo-Kat* 2009;4:150-56.
18. Tuncer Z. Santral kornea kalınlığının goldmann applanasyon tonometresi ve pascal dinamik kontur tonometre ölçümlerine etkisi. *Glo-Kat* 2011;6:36-9.
19. Dündar H, Altan Ç, Şatana B ve ark. Farklı merkezi kornea kalınlıklarında goldmann applanasyon tonometresi ile dinamik kontur tonometrenin karşılaştırılması. *Glo-Kat* 2011;6:40-3
20. Ku JYF, Danesh-Meyer HY, Craig JP et al. Comparison of intraocular pressure measured by Pascal Dynamic Contour Tonometry and Goldmann applanation tonometry. *Eye* 2005;20:191-8.
21. Eichenbaum KD, Mezej M, Eichenbaum JW. Comparing dynamic contour tonometry to Goldmann and hand-held tonometry in normal, ocular hypertension, and glaucoma populations. *Ann Ophthalmol* 2007;39:41-9.
22. Regev G, Harris A, Siesky B. Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry are not correlated with central corneal thickness in primary open angle glaucoma. *J Glaucoma*. 2011;20:282-6.
23. De Cevallos E, Dohlman CH, Reinhart WJ. Corneal thickness in glaucoma. *Ann Ophthalmol* 1976;8:177-82.
24. Stodtmeister R. Applanation tonometry and correction according to corneal thickness. *Acta Ophthalmol Scand* 1998;76:319-24.
25. Eser İ, Kömür B, Yılmaz E. Dinamik kontur tonometri ve santral korneal kalınlık ilişkisi. *Glo-Kat* 2009;4:216-20.
26. Ceruti P, Morbio R, Marraffa M, et al: Comparison of Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry in healthy and glaucomatous eyes. *Eye*. 2009;23:262-69.
27. Herndon LW. Measuring intraocular pressure-adjustments for corneal thickness and new technologies. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:115-19.
28. Sentut S, Yılmaz S, Türe M ve ark. LASİK cerrahisinde oluşan göz içi basınç değişikliğinin üç farklı tonometre ile değerlendirilmesi. *T Klin Oftalmol* 2007;16:15-9.
29. Tonnu PA, Ho T, Sharma K. et al. A comparison of four methods of tonometry: method agreement and interobserver variability. *Br J Ophthalmol* 2005;89:847-50.