

# Farklı Tonometreler ile Yapılan Göz İçi Basıncı Ölçümlerinin Kornea Kalınlığına Göre Analizi

## The Analysis of Central Corneal Thickness and Intraocular Pressure Measurements with Different Types of Tonometers

Deniz MARANGOZ,<sup>a</sup>  
Maryo Cenk KOHEN,<sup>a</sup>  
Muhsin ALTUNSOY,<sup>a</sup>  
İlgaz YALVAÇ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Göz Hastalıkları AD,  
Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 10.10.2016  
Kabul Tarihi/Accepted: 06.05.2017

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Deniz MARANGOZ  
Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Göz Hastalıkları AD, İstanbul,  
TÜRKİYE/TURKEY  
denizmarangoz@gmail.com

45. Ulusal Türk Oftalmoloji Kongresi  
(5-9 Ekim 2011, Girne, KKTC)'nde  
sözel olarak sunulmuştur

**ÖZET Amaç:** İcare tonometresi, Goldmann aplanasyon tonometresi (GAT), oküler yanıt analizörü (ORA), Pascal dinamik kontür tonometresi (PDKT), Tono-Pen, Air-puff tonometrelerinin kornea kalınlıklarına göre göz içi basıncı (GİB) ölçüm değerlerindeki farklılıklar incelendi. **Gereç ve Yöntemler:** Sağlıklı 37 hastanın 74 gözü çalışma kapsamına alındı. Olguların santral kornea kalınlıkları ve altı farklı tonometre ile göz içi basıncı (GİB) ölçümleri yapıldı. Kornea kalınlığı 550 µm'nin altında (Grup A) ve 550 µm ve üstünde (Grup B) olanlardan elde edilen GİB sonuçları istatistiksel olarak karşılaştırıldı. **Bulgular:** Grup A'da İcare, Tono-Pen ve Air-puff ölçümleri arasında anlamlı bir fark saptanamaz iken (p>0,05); diğer yandan ORA, GAT, PDKT ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0,05). Grup B'de ise İcare ile Tono-Pen, Air-puff, ORA, GAT, PDKT ölçümleri arasında anlamlı bir fark belirlenmiştir (p<0,05). **Sonuç:** Özellikle ince kornealı hastalarda Pascal dinamik kontür tonometresi, Tono-Pen ve İcare tonometreleri daha güvenilir GİB ölçümü sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İntraoküler basınç; tonometri, göz

**ABSTRACT Objective:** To analyze the influence of central corneal thickness (CCT) on intraocular pressure (IOP) measurements with İcare, ocular response analyzer (ORA), Pascal dynamic contour tonometer (PDCT), Air-puff tonometer, Tono-Pen and Goldmann Applanation Tonometer (GAT). **Material and Methods:** 74 eyes of 37 healthy subjects were included in the study. IOP data with 6 different tonometers and CCT measurements were obtained. Collected data were separated into two groups according to the CCT. Group A (CCT <550 µm) and Group B (CCT ≥550 µm). **Results:** In Group A, there was no statistically significant difference among İcare, Tono-Pen and Airpuff (p=0,103). On the contrary, a significant difference was found among ORA, GAT and PDCT (p<0,05). In group B, there was a statistically significant difference between İcare, Tono-Pen, Air-puff, PDCT and GAT (p<0,05). **Conclusion:** Among 6 different tonometers, PDCT, İcare and Tono-Pen measurements are observed to be more reliable for IOP evaluation in thinner corneas.

**Keywords:** Intraocular pressure; tonometry, ocular

Glokomun en önemli risk faktörü göz içi basıncı (GİB) yüksekliğidir.<sup>1</sup> GİB'in doğru olarak ölçümü glokom risk değerlendirmesi ve izleminde çok önemli bir klinik testtir. Günümüzde GİB ölçümü için farklı tonometreler uygulanmakta ise de Goldmann aplanasyon tonometresi (GAT) GİB ölçümünde "altın standart" olarak kabul edilmektedir.<sup>2</sup> Fakat GAT ile yapılan GİB ölçümü, başta santral kornea kalınlığı (SKK) olmak üzere; gözyaşı film tabakası, korneal kurvatürü ve oküler rijiditeden etkilenmektedir.<sup>3</sup> GAT'ın kalibrasyonunda standart bir SKK (520 µm) kabul

edilmiş olup, pratikte SKK'nin GİB ölçüm sonuçlarını etkileyebileceği vurgulanmıştır.<sup>4-6</sup> Bu nedenle, günümüzde bu faktörü elimine etmek amacıyla farklı tonometrelerin kullanılması önerilmektedir.

Bu çalışmada, ince ve kalın SKK durumunda farklı tonometreler ile yapılan GİB ölçümlerinin farklılık ve güvenilirlik etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmaya, Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı Araştırma Merkezi'ne refraksiyon muayenesi için gelmiş sağlıklı bireyler dâhil edildi. Tüm çalışmalar Helsinki Deklarasyonu'na (2008) uygun olarak yapıldı. Bireylerin çalışmaya dâhil edilme kriterleri; daha önce travma veya oküler cerrahi geçirmemiş olması, korneal hastalık öyküsü olmaması, 3 dioptri (D)'den fazla sferik ve 2 D'den fazla astigmatik refraksiyon kusurunun olmaması idi.

Bu çalışma prospektif olarak planlanmış, non-randomize, polikliniğe ardışık başvuran hastalardan oluşturulmuştur. Bu çalışma için herhangi bir firmadan, herhangi bir destek alınmamıştır.

Öncelikle, herhangi bir anestezi madde kullanılmadan Air-Puff (Topcon Corporation, Tokyo, Japan) ve Icare tonometresi (Icare Finland Oy, Helsinki, Finland) ölçümleri tüm hastalara oturma pozisyonunda yapıldı. Daha sonra, göze lokal anestetik madde (Alcaine, Proparacain HCl %0.5; Novartis ABD) damlatıldıktan sonra GİB ölçümleri sırasıyla Tono-Pen XL (Mentor Ophthalmics Inc.; Norwell Massachusetts, ABD), Pascal dinamik kontür tonometresi (PDKT) (Ziemer Ophthalmic Systems AG; Port, İsviçre), oküler yanıt analizörü [ocular response analyzer (ORA)] (Reichert Technologies, ABD) ve GAT (Haag Streit, Birleşik Krallık) aletleri ile oturma pozisyonunda yapıldı.

Tüm hastalarda SKK düzenli olarak kalibrasyonu yapılmış ultrasonik pakimetri (Sonomed, Sonoscan, model 400AP, ABD) ile lokal anestezi damlatıldıktan sonra, hastalar oturur pozisyonda karşıya doğru bakar iken pupilla dilate edilmeden pakimetri probu pupilla ortasına gelecek şekilde korneaya dik olarak yerleştirilerek yapıldı.

SKK'den standart sapması 5 µm altında olacak şekilde beş ölçüm arka arkaya yapılarak ortalamaları alındı. Pakimetrik ölçümlere göre hastalar iki gruba ayrıldı. Çeşitli çalışmalarda, SKK 550 µm ortalama SKK değeri olarak alınması nedeni ile bu değer üstü ve altı olarak hastalar gruplara ayrıldı.<sup>7-12</sup>

**Grup A:** SKK, 550 µm'nin altında olan 20 hasta (40 göz),

**Grup B:** SKK, 550 µm ve üzerinde olan 17 hasta (34 göz) olarak adlandırıldı.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Verilerin analizi SPSS (Statistical Package for Social Science) Windows 11.5 paket programında yapıldı. Tanımlayıcı istatistikler, sürekli değişkenler için ortalama±standart sapma (minimum-maksimum) biçiminde, nominal değişkenler ise hasta sayısı ve yüzde (%) şeklinde gösterildi. Ölçüm aletleri arasında tansiyon ölçümleri arasındaki farkın önemliliği tekrarlayan ölçümlerde "varyans analizi" ile değerlendirildi. Ölçüm aletleri arasında yapılan karşılaştırmalarda Greenhouse-Geisser test istatistiğinin önemli bulunması hâlinde farka neden olan durumların saptanması amacıyla Bonferroni düzeltmeli çoklu karşılaştırma testi kullanıldı. p<0,05 için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Bu çalışmaya, ardışık olarak polikliniğe başvuran toplam 37 bireyin 74 gözü dâhil edildi. Olguların 18 (%48,6)'i erkek, 19 (%51,4)'u kadın olup yaş ortalaması 44,7±16,0 (min:21; max:78) yıl idi.

Bu hastaların 20'sinin SSK'si 550 µm'den düşük (Grup A), 17'sinin ise 550 µm ve daha yüksek (Grup B) idi.

**Grup A'da** SKK ortalama değeri ve standart sapması 524,3±24,5 µm, erkek (9)/kadın (8) oranı 1,12 idi. **Grup B'de** ise SKK ortalama değeri ve standart sapması 583,5±37,2 µm olarak saptandı, erkek (8)/kadın (12) oranı 0,6 idi.

**Grup A'daki** ölçüm ortalamaları Tono-Pen ile 18,23±4,24 mmHg; Air-puff ile 18,17±4,30 mmHg; Goldmann ile 17,45 ± 3,00 mmHg; Icare ile 18,43 ±

**TABLO 1:** Grup A (SKK<550 µm) ölçüm karşılaştırmaları.

Ölçüm aletleri	n	Ortalama	Standart sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
ORA	20	17,33	4,30	16,38	11,10	31,50
Air-puff	20	18,17	4,30	17,68	10,50	28,00
Goldmann	20	17,45	3,00	17,50	11,50	25,50
Tono-Pen	20	18,23	4,24	17,25	12,50	27,50
Icare	20	18,43	5,07	17,50	11,50	36,50
Pascal	20	17,66	2,90	17,33	13,70	24,85

ORA: Oküler yanıt analizörü.

**TABLO 2:** Grup B: SKK ≥550 µm ölçüm karşılaştırmaları.

Ölçüm aletleri	n	Ortalama	Standart sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
ORA	17	16,16	4,75	14,35	10,15	25,50
Air-puff	17	15,03	3,46	16,00	9,00	21,00
Goldmann	17	16,06	3,70	15,50	10,50	25,00
Tono-Pen	17	17,47	3,52	16,50	12,50	25,00
Icare	17	17,21	4,17	18,00	10,50	25,50
Pascal	17	17,84	3,97	17,85	11,85	25,20

ORA: Oküler yanıt analizörü.

5,07 mmHg; PDKT ile  $17,66 \pm 2,90$  mmHg; ORA ile  $17,33 \pm 4,30$  mmHg idi. Bu grupta Air-puff ile Tono-Pen ve Icare ile PDKT arasındaki farklılıklar anlamlı olarak saptanmadı ( $p=0,103$ ) (Tablo 1).

**Grup B'**deki ölçüm ortalamaları ise ORA ile  $16,16 \pm 4,75$  mmHg; Air-puff ile  $15,03 \pm 3,46$  mmHg; Goldmann ile  $16,06 \pm 3,70$  mmHg; Tono-Pen ile  $17,47 \pm 3,52$  mmHg; Icare ile  $17,21 \pm 4,17$  mmHg; PDKT ile  $17,84 \pm 3,97$  mmHg idi. Bu grupta Air-puff ile Tono-Pen, Icare ve PDKT arasındaki farklılık anlamlı olarak saptandı ( $p<0,05$ ) (Tablo 2).

Bonferroni düzeltilmeli çoklu karşılaştırma testine göre, özellikle Air-puff tonometresi ile Tono-Pen ( $p=0,021$ ), Air-puff ile Icare ( $p<0,001$ ) ve Air-puff ile PDKT ( $p<0,001$ ) arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Tablo 3).

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, öncelikle GİB ölçümlerinin yanıltıcı sonuçlar doğurma riski nedeni ile günlük pratikte yer alan 6 farklı tonometrenin her birinin kornea kalınlığına göre kendi içinde farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir.

**TABLO 3:** Bonferroni düzeltilmeli çoklu karşılaştırmalar tablosu.

Tonometreler		p	
ORA	vs	Air-puff	1,000
ORA	vs	Goldmann	1,000
ORA	vs	Tono-Pen	1,000
ORA	vs	Icare	1,000
ORA	vs	Pascal	0,670
Air-puff	vs	Goldmann	0,613
Air-puff	vs	Tono-Pen	<b>0,021</b>
Air-puff	vs	Icare	<b>&lt;0,001</b>
Air-puff	vs	Pascal	<b>&lt;0,001</b>
Goldmann	vs	Tono-Pen	0,266
Goldmann	vs	Icare	0,577
Goldmann	vs	Pascal	0,063
Tono-Pen	vs	Icare	1,000
Tono-Pen	vs	Pascal	1,000
Icare	vs	Pascal	1,000

ORA: Oküler yanıt analizörü.

Doughty ve Zaman'ın yaptığı, bir meta-analizde, SKK'de %10 farklılığın, GİB'de 3,5 mmHg farklılık ile sonuçlandığı belirtilmiştir.<sup>7</sup> Sáenz-Francés ve ark.nın yaptığı bir çalışmaya göre, GAT

ölçüm sonuçları SKK'den etkilenirken, PDKT ölçümlerinin kornea morfometresinden bağımsız olduğu saptanmıştır.<sup>8</sup> GAT'ın kalibrasyonunda standart bir SKK (520 µm) kabul edilmektedir.<sup>4</sup> Ehlers ve ark., 520 µm'lik değerden her 10 µm'lik sapmanın 0,7 mmHg'lik bir yanlış ölçmeye neden olabileceğini hesaplamışlardır.<sup>9,10</sup>

Whitacre ve ark., kanülasyon ile yaptıkları bir çalışmada, SKK'deki her 10 µm'lik değişimin 0,20 mmHg'lik bir GİB değişimine neden olduğunu göstermişlerdir.<sup>11</sup>

Çalışmamızda, SKK 550 µm'nin altında olan grupta (**Grup A**), Icare ile Tono-Pen ve Air-puff ölçümleri arasında anlamlı bir fark saptanamaz iken ( $p>0,05$ ); ORA, GAT, PDKT ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Kornea kalınlıkları 550 µm üstünde olan grupta ise (**Grup B**) tüm aletler ile yapılan ölçümler (Icare, Tono-Pen, Air-puff, ORA, GAT, PDKT) arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Nonkontakt tonometrelerde hava akımı yoluyla düzleştirme sağlanmakta ve aplanasyondan ziyade indentasyon yapılmaktadır.<sup>12</sup> Tono-Pen ise tek kullanımlık başlıklar takılarak ölçüm yapılan bir aplanasyon tonometredir, küçük bir alanda aplanasyon yaptığı için SKK'den daha az etkilenen ölçümler yapması beklenmektedir.<sup>3</sup>

Icare tonometresi, rebound tonometri prensibiyle çalışmaktadır. "Rebound" tonometride manyetik bir prob, sarmal bobin kullanarak göze ulaşmaktadır. Bu sarmal bobin, göze temas edip geriye yaylandığında oluşan hareketi ve etkiyi tespit etmektedir. Prob içinde bulunan mıknatısın hareketi sarmal bobindeki voltajı indüklemekte ve hareket parametreleri elde edilmektedir. Tek kullanımlık prob ile enfeksiyon bulaşma riskini ortadan kaldırmaktadır. Korneal travmayı en aza indiren bir yöntemdir ve ölçüm için topikal anestezi gerekmemektedir.<sup>13-15</sup>

ORA 20 msn'lik hava atımı yapan yeni jenerasyon bir Air-puff tonometredir. Elektro-optik bir sistemle ölçüm sürecini tespit etmektedir. Bu süreç; içeri kayma-aplanasyon-hafif konkavite-ikincil aplanasyon ve tekrar normal konkaviteye dönüş şek-

lindedir. Salvetat ve ark.nın çalışmasında, özellikle Tono-Pen'in SKK'den etkilendiği sonucuna varılmıştır.<sup>16</sup> Ogbuechi ve ark.nın çalışmasında da nonkontakt tonometre ve GAT ölçümleri kıyaslanmış ve nonkontakt tonometre ile elde edilen ölçüm sonuçlarının SKK'den daha fazla etkilendiği sonucuna varılmıştır.<sup>17</sup> Harada ve ark.nın yaptığı bir diğer çalışmada, nonkontakt tonometre ve GAT ile yapılan ölçümlerde SKK ve korneal eğrilik yarıçapının etkisi araştırılmış ve 526 µm sınır kabul edilerek oluşturulan iki gruptan kalın korneası olan grupta nonkontakt ve GAT ile alınan GİB değerlerinin ince gruptakinden daha yüksek değerler olduğu ve kendi içinde değerlendirildiğinde nonkontakt tonometrik değerlerin SKK'den daha fazla etkilendiği saptanmıştır.<sup>18</sup> Öncel ve ark.nın çalışmasında, 60 sağlıklı bireyin nonkontakt tonometre, ORA, PDKT ve GAT ile GİB ölçümleri alınmış ve PDKT ile ORA ölçümlerinin SKK'den daha az etkilendiği belirtilmiştir.<sup>19</sup>

Çalışmamızdan elde edilen GİB verilerinin analizi sonucunda özellikle ince korneası olan hastalarda Tono-Pen, PDKT veya Icare tonometresi ile yapılan ölçümlerin daha doğru GİB ölçüm sonucu verdiği gözlemlenmiştir.

Çalışmanın kısıtlayıcı faktörleri arasında; hasta sayısının az olması, hastalardan bir kez ölçüm alınmış olması, bir hastanın her iki göz GİB ölçümünün çalışmaya dâhil edilmesi, gün içerisinde farklı saatlerde ölçüm yapılmış olması bulunmaktadır.

## SONUÇ

İnce korneası olan hastalarda öncelikle PDKT, Tono-Pen ve Icare tonometre sonuçları daha güvenilir bir GİB sonucu sağlamaktadır. Bu hastalarda, bu tonometre sonuçlarına göre klinik yaklaşımda bulunmak daha güvenilir olacaktır.

### Çıkar Çatışması

*Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması veya finansal destek bildirmemiştir.*

### Yazar Katkıları

**Fikir/Kavram:** Ilgaz Yalvaç, Deniz Marangoz; **Tasarım:** Ilgaz Yalvaç, Deniz Marangoz; **Denetleme/Danışmanlık:** Ilgaz Yal-

vaç, Deniz Marangoz, Muhsin Altunsoy, Maryo Cenk Kohen; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Deniz Marangoz, Ilgaz Yalvaç, Muhsin Altunsoy, Maryo Cenk Kohen; **Analiz ve/veya Yorum:** Ilgaz Yalvaç, Deniz Marangoz, Muhsin Altunsoy, Maryo Cenk Kohen; **Kaynak Taraması:** Ilgaz Yalvaç, Deniz

Marangoz; **Makalenin Yazımı:** Deniz Marangoz, Ilgaz Yalvaç; **Eleştirel İnceleme:** Ilgaz Yalvaç, Deniz Marangoz; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Ilgaz Yalvaç, Deniz Marangoz; **Malzemeler:** Ilgaz Yalvaç, Deniz Marangoz, Muhsin Altunsoy, Maryo Cenk Kohen.

## KAYNAKLAR

1. Quigley HA. Number of people with glaucoma worldwide. Br J Ophthalmol 1996;80(5):389-93.
2. Kass MA. Standardizing the measurement of intraocular pressure for clinical research. Guidelines from the Eye Care Technology Forum. Ophthalmology 1996;103(1):183-5.
3. Chihara E. Assessment of true intraocular pressure: the gap between theory and practical data. Surv Ophthalmol 2008;53(3):203-18.
4. Goldmann H, Schmidt T. [Applanation tonometry]. Ophthalmologica 1957;134(4):221-42.
5. Brandt JD. The influence of corneal thickness on the diagnosis and management of glaucoma. J Glaucoma 2001;10(5 Suppl 1):S65-7.
6. Hansen FK, Ehlers N. Elevated tonometer readings caused by a thick cornea. Acta Ophthalmol (Copenh) 1971;49(5):775-8.
7. Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. Surv Ophthalmol 2000;44(5):367-408.
8. Sáenz-Francés F, García-Catalán R, Jerez-Fidalgo M, Fernández-Vidal A, Martínez-de-la-Casa JM, Méndez-Hernández C, et al. [Comparison of Goldmann applanation and dynamic contour tonometry measurements: effects of corneal morphometry]. Arch Soc Esp Ophthalmol 2011;86(9):287-91.
9. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. Acta Ophthalmol (Copenh) 1975;53(1):34-43.
10. Ehlers N, Hjortdal J. Corneal thickness: measurement and implications. Exp Eye Res 2004;78(3):543-8.
11. Whitacre MM, Stein RA, Hassanein K. The effect of corneal thickness on applanation tonometry. Am J Ophthalmol 1993;115(5): 592-6.
12. Rosentreter A, Jablonski KS, Mellein AC, Gaki S, Hueber A, Dietlein TS. A new rebound tonometer for home monitoring of intraocular pressure. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2011;249(11):1713-9.
13. Abraham LM, Epasinghe NC, Selva D, Casson R. Comparison of the ICare rebound tonometer with the Goldmann applanation tonometer by experienced and inexperienced tonometrists. Eye (Lond) 2008;22(4):503-6.
14. Hager A, Wiegand W. [Methods of measuring intraocular pressure independently of central corneal thickness]. Ophthalmologie 2008; 105(9):840-4.
15. Aykan U, Erdoğan M, Yılmaz B, Aydın A. [Variability of dynamic contour tonometer measurements and its relation to ocular biometric factors]. Turk J Ophthalmol 2009;39: 425-9.
16. Salvat ML, Zeppieri M, Tosoni C, Brusini P. Comparisons between Pascal dynamic contour tonometry, the TonoPen, and Goldmann applanation tonometry in patients with glaucoma. Acta Ophthalmol Scand 2007;85(3): 272-9.
17. Ogbuechi KC, Chijuka JC, Osuagwu UL. Two-position measurement of intraocular pressure by PT100 noncontact tonometry in comparison with Goldmann tonometry. Clin Ophthalmol 2011;5:1227-34.
18. Harada Y, Hirose N, Kubota T, Tawara A. The influence of central corneal thickness and corneal curvature radius on the intraocular pressure as measured by different tonometers: noncontact and goldmann applanation tonometers. J Glaucoma 2008;17(8):619-25.
19. Oncel B, Dinc U, Orge F, Yalvac B. Comparison of IOP measurement by ocular response analyzer, dynamic contour, Goldmann applanation, and noncontact tonometry. Eur J Ophthalmol 2009;19(6):936-41.