

Goldmann Aplanasyon Tonometresi ve Tonopen XL Tonometresinin Karşılaştırılması ve Merkezi Kornea Kalınlığının Göz İçi Basıncı Ölçümlerine Etkisi*

Comparison of Goldmann Applanation Tonometry and Tonopen XL and Effect of Central Corneal Thickness on the Measurement of Intraocular Pressure

M. Şahin SEVİM¹, Banu TORUN ACAR¹, Didem ESEN¹, İ. Bülent BUTTANRI¹, T. Kansu BOZKURT², Suphi ACAR³

Klinik Çalışma

Original Article

ÖZ

Amaç: Göz içi basıncı (GİB) ölçümünde Tonopen XL tonometresi ile Goldmann Aplanasyon tonometresini (GAT) karşılaştırmak ve merkezi kornea kalınlığının (MKK) her iki ölçüm yöntemi üzerine etkisini araştırmak.

Gereç ve Yöntem: Kliniğimiz glokom biriminde takip ve tedavi edilen 106 hastanın 211 gözü çalışmaya dahil edildi. Tüm hastaların GİB'leri GAT ve Tonopen ile üç defa tekrarlanarak ölçüldü ve ortalama değer alındı. MKK, Tomey-SP 3000 ultrasonik pakimetri cihazı ile tespit edildi. Hastalar MKK'ya göre üç ayrı gruba ayrıldı. I. Grup: $MKK \leq 520 \mu m$, II. Grup: $521 < MKK < 569 \mu m$, III. Grup: $MKK \geq 570 \mu m$ olarak belirlendi ve her grup içinde her iki ölçümle elde edilen GİB değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı. Ayrıca her iki tonometre için, tüm hastalarda ve gruplar içinde MKK-GİB korelasyonu incelendi.

Bulgular: Hastaların yaş ortalaması 56.18 ± 14.23 yıl (13-87), MKK ortalaması $555.22 \pm 47.09 \mu m$ (403-665 μm) idi. Tüm olgularda Tonopen ile ölçülen GİB, GAT'a göre daha düşük tespit edildi ama bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p=0.012$). MKK'ya göre ayrılan gruplarda ise II. Grupta aplanasyon ile elde edilen GİB değerleri, tonopen değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksekti ($p<0.01$). Tüm olgular içinde hem GAT, hem de Tonopen ölçümleri MKK ile ılımlı ($r=0.385$, $r=0.394$), GAT ve Tonopen ölçümleri ise birbiriyile güçlü korelasyon göstermekteydi ($r=0.834$).

Sonuç: Tonopen ile ölçülen GİB değerleriyle, GAT ile ölçülen GİB değerleri arasında anlamlı farklılık gözlenmemektedir. Tonopen ile yapılan GİB ölçümleri de MKK'dan etkilendiği için bu ölçümlerde de MKK'nın dikkate alınması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tonopen XL, Goldmann aplanasyon tonometresi, göz içi basıncı, merkezi kornea kalınlığı.

ABSTRACT

Purpose: To compare Tonopen XL and Goldmann applanation tonometer in measurements of IOP and evaluate the effect of central corneal thickness (CCT) on measurements with both tonometers.

Material and Methods: Two hundred and eleven eyes of 106 patients followed in our glaucoma clinic were included in the study. IOP of each eye was measured with GAT and Tonopen three times and mean values were recorded. CCT was measured with Tomey-SP 3000 ultrasonic pachymetry. Patients were divided into three subgroups; group I: $CCT \leq 520 \mu m$, group II: $521 \mu m < CCT < 569 \mu m$, and group III: $CCT \geq 570 \mu m$. In each group IOP values measured with GAT and Tonopen XL were statistically compared. Correlation between CCT and IOPs measured with both tonometers was evaluated without grouping and within subgroups.

Results: Mean age of the patients was 56.18 ± 14.23 years (13-87), mean CCT was $555 \pm 47.09 \mu m$ (403-665 μm). In all eyes IOPs measured with Tonopen was lower than IOPs measured with GAT but this difference was not statistically significant ($p=0.012$). In the subgroups of CCT, IOPs measured with GAT was statistically higher than IOPs measured with Tonopen only in group II ($p<0.01$). In all eyes there was a mild correlation between the measurements of GAT and Tonopen with CCT ($r=0.385$, $r=0.394$), and measurements of GAT and Tonopen were highly correlated with each other ($r=0.834$).

Conclusion: There was no statistically significant difference between IOP measurements with Tonopen and GAT. IOP values measured with Tonopen were also effected by CCT so CCT should be considered in measurements with tonopen.

Key Words: Tonopen XL, Goldmann applanation tonometry, intraocular pressure, central corneal thickness.

Glo-Kat 2010;5:43-46

Geliş Tarihi : 09/12/2009

Kabul Tarihi : 15/02/2010

Received : December 09, 2009

Accepted : February 15, 2010

* Bu çalışma TOD. 41. Ulusal Oftalmoloji Kongresi'nde poster olarak sunulmuştur.

1- Haydarpaşa Numune Eğt. ve Arş. Hast., Göz Hastalıkları, İstanbul, Uzm. Dr.
2- Haydarpaşa Numune Eğt. ve Arş. Hast., Göz Hastalıkları, İstanbul, Asist. Dr.
3- Haydarpaşa Numune Eğt. ve Arş. Hast., Göz Hastalıkları, İstanbul, Prof. Dr.

1- M.D., Haydarpaşa Training and Research Hospital Eye Clinic İstanbul/TURKEY

SEVİM M.S., sahinsevim@hotmail.com
ACAR B.T., torunbanu@yahoo.com
ESEN D., drdidemozturk@hotmail.com
BUTTANRI I.B., bulent_but@yahoo.com

2- M.D. Asistant, Haydarpaşa Training and Research Hospital Eye Clinic İstanbul/TURKEY
BOZKURT T.K., drtkansubozkurt@hotmail.com

3- M.D. Professor, Haydarpaşa Training and Research Hospital Eye Clinic İstanbul/TURKEY
ACAR S., suphiacar2003@yahoo.com

Correspondence: M.D., M. Şahin SEVİM
Haydarpaşa Training and Research Hospital Eye Clinic İstanbul/TURKEY

GİRİŞ

Günümüzde göz içi basıncı (GİB) yüksekliği, glokomda halen tedavi edilebilen tek risk faktörüdür. GİB ölçüm yöntemleri içinde Goldmann aplanasyon tonometri (GAT) yaygın kullanılan ve altın standart olarak kabul görmüş bir yöntemdir.¹⁻³

Son on yılda oftalmoloji pratiğinde kullanımı yaygınlaşan Tonopen (Tono-pen XL tonometer, Mentor O&O Inc. Norwell, MA, USA) elektronik tonometresi, GİB ölçümünde standart olarak bilinen Goldmann aplanasyon tonometresine alternatif bir cihaz olarak önerilmektedir.⁴ Elde taşınabilen, kalibrasyonu ve kullanımı kolay ve kornea patolojisi olanlarda da GİB ölçümüne imkan sağlayan bir aplanasyon tonometresidir. Mackay-Marg tonometresine benzer prensiple çalışmaktadır. GAT'a (7.35 mm²) göre kornea yüzeyinde daha küçük bir temas alanını düzleştirir (2.36 mm²).^{5,6} Cihaz çok sayıda ölçüm kaydı yapar ve bir güvenilirlik seviyesi (%5, %10, %20, >%20) ile birlikte ortalama bir değer verir.⁷ Hem normal popülasyonda hem de glokomlu gözlerde Tonopen ile Goldmann aplanasyon tonometresinin karşılaştırmalı çalışmalarında Tonopen'in doğru sonuçlar verdiği bildirilmiştir.⁸⁻¹⁰ Aplanasyon tonometresi ile GİB ölçümünün mümkün olmadığı kapak ödemi, kornea ödemi, kornea epitel defektlerinin söz konusu olduğu durumlarda ayrıca yatan hastalarda Tono-Pen tonometresi yararlı olabilir.

GAT altın standart olarak görülmesine rağmen yapılan ölçümler, korneal kalınlık, korneal kurvatür, korneal elastisite ve astigmatizma gibi faktörlerden etkilenmektedir. Son yıllarda bir çok çalışma özellikle korneal kalınlığının GAT ile yapılan GİB ölçümlerini etkilediğini bildirmiştir. Tüm bunların sonucunda GAT ile yapılan GİB ölçümlerinin beraberinde merkezi kornea kalınlığının da değerlendirilmesiyle, 'düzeltilmiş GİB' kavramı ortaya atılmıştır.¹¹⁻¹³ Tonopen tonometresi de aplanasyon prensibi ile çalıştığı için GAT'a benzer şekilde korneanın biyomekanik özelliklerinden etkilenebilir.

Bu çalışma ile farklı merkezi kornea kalınlığına (MKK) sahip glokomlu bireylerde Tonopen ile elde edilen GİB değerlerini, GAT ölçüm değerleri ile karşılaştırmayı amaçladık. Ayrıca GAT ile Tonopen ölçümlerinin korelasyonunu ve farklı MKK'larda bu korelasyonun nasıl etkilendiğini araştırdık.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamıza Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2. Göz Kliniği Glokom Birimi'nde takip edilen 106 hastanın 211 gözü dahil edildi. Olgulara uygulamanın özellikleri anlatılıp yazılı onayları alındıktan sonra oxybuprocaine HCl %0.4 ile topikal anestezi sağlandı ve Tonopen ve GAT ile GİB ölçümleri yapıldı. Tonometrelerin kullanımı ve sağ/sol göz ölçüm sırası rastgele belirlendi ve iki ölçüm arasında oküler masaj etkisinden kaçınmak için en az iki dakika ara verildi. Ayrıca Tonopen'in dijital ekranındaki sonuçtan etkilenmemesi amacıyla her iki ölçümü farklı klinisyenler yaptı. Bütün ölçümler hastalar oturur durumdayken yapıldı.

Her olguda Tonopen tonometresinin kullanım kılavuzuna göre cihazın kalibrasyonu yapıldıktan sonra GİB ölçümleri yapıldı. Tonopen tonometresinin ucunda kauçuk örtü ile örtülmüş bir piston ve bu pistonun etrafında plate mevcuttur. Piston korneaya bastırıldığında plate de korneaya temas eder ve bir elektrik sinyali oluşturur. Bu sinyali cihazdaki mikroişlemci algılar ve analiz ederek bir GİB değeri verir. Bu ölçümler dört defa tekrarlanır ve cihaz bir sinyal sesinden sonra likid kristal panelde ortalama bir değer verir. Bu değer likid kristal panelin yanında bulunan %5, %10, %20, >%20 güvenilirlik sayılarından birine denk gelmektedir. Bu panel üzerinde güvenilirlikleri ≤%10 olan değerlerin dikkate alınması kılavuzda önerilmekte olup,⁷ çalışmamızda da bu değerden daha yüksek değişkenlik katsayısı elde edilen olgularda ölçüm tekrarlandı. Bu şekilde elde edilen üç ölçümün ortalaması istatistiksel değerlendirilmede esas alındı.

Hastaların MKK'ları ultrasonik pakimetre ile (Tomey Pachymeter SP-3000 cihazıyla) tespit edildi. Hastalar MKK'ya göre üç gruba ayrıldı. I. Grup: MKK≤520, II. Grup: 521 < MKK < 569, III. Grup: MKK≥570 olarak belirlendi. Tonometreler ile elde edilen ölçümler, tüm hastalar içinde ve ayrıca grupların kendi içinde karşılaştırıldı. Ayrıca her iki cihaz için, hem tüm MKK kalınlıkları ele alınarak hem de üç farklı grup için MKK-GİB korelasyonunu incelendi.

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilmesi ve niceliksel verilerin karşılaştırılmasında istatistiksel analizler için SPSS (Statistical Package for Social Sciences for Windows version 10.0; SPSS Inc, Chicago, IL) programı yardımıyla eşleşmiş t testi kullanıldı.. Korelasyon analizinde Pearson's katsayısı kullanıldı.

Tablo 1: Tüm olgularda ve MKK sınıflamasına göre GAT ve Tonopen XL sonuçlarının karşılaştırılması.

	GAT (Ort±SE)	Tonopen XL (Ort±SE)	
Toplam (n=211)	17.47±0.27	17.04±0.31	p:0.012
Pakimetre			
MKK≤520 (n=47)	15.42±0.61	14.59±0.65	p:0.070
520 < MKK < 570 (n=74)	16.94±0.29	16.32±0.34	p:0.006*
MKK≥570 (n=90)	18.97±0.46	18.91±0.51	p:0.804

Eşleşmiş t testi, *p<0.01.

BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen 106 hastanın yaş ortalaması 56.18 ± 14.23 'ü (13-87). 211 gözün 106'sı sağ göz, 105'i sol göz idi. Olguların ortalama MKK'sı 555.22 ± 47.09 (403-665) mikron olarak tespit edildi. Tüm olguların ortalama GİB değeri GAT ile 17.47 ± 0.27 (7-35) mmHg, Tonopen ile 17.04 ± 0.31 (5-39) mmhg idi. GAT ve Tonopen ile ölçülen GİB sonuçlarının değerlendirilmesi Tablo 1'de gösterilmiştir. Eşleşmiş t testi ile yapılan değerlendirmede tüm olgularda Tonopen ile elde edilen ortalama GİB değerleri GAT grubuna göre daha düşük bulunmuştur ancak bu anlamlı değildir ($p=0.012$).

MKK'larına göre ayrılan gruplarda sadece II. Grupta ($521 < \text{MKK} < 569$) GAT ölçüm değerleri, Tonopen'e göre anlamlı düzeyde yüksek çıkmıştır ($p < 0.01$). Grup I ($\text{MKK} \leq 520$) ve Grup II'de de ($\text{MKK} \geq 570$) GAT ölçümleri daha yüksek olmakla birlikte her iki tonometre ölçümü arasında anlamlı bir farklılık elde edilememiştir (sırasıyla $p:0.070$, $p:0.804$) (Tablo 1).

MKK'ya göre ayırım yapılmaksızın tüm ölçümlerde MKK-GAT ölçümü ve MKK-Tonopen ölçümleri ılımlı korelasyon göstermekteydi (sırasıyla $r=0.385$, ve $r=0.394$). GAT ve Tonopen ölçümleri ise birbirleriyle güçlü korelasyon göstermekteydi ($r=0.834$), (Tablo 2).

Olgular MKK'ya göre gruplandırıldığında ise tüm gruplarda ayrı ayrı MKK-GAT korelasyonu ve MKK-Tonopen korelasyonu yoktu (Tablo 2). Ancak yine tüm gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde her grup için GAT-Tonopen korelasyonu güçlüydü (Tablo 2).

TARTIŞMA

Glokomun tanı ve tedavisinde önemli bir yeri olan GİB ölçümü için Goldmann aplanasyon tonometresi halen altın standarttır. Tonopen gibi dijital tonometrelerin kullanılmaya başlanması GİB ölçümünü daha kolay ve daha hızlı hale getirmiştir. Tonopen'in, GAT'a göre GİB ölçümünde çok küçük bir temas yüzeyine ihtiyaç duyması nedeniyle kapak ödemi ve düzensiz kornealarda GİB ölçümünün olanaklı kılar. Ancak ne kadar isabetli sonuçlar elde edildiği konusunda soru işaretleri mevcut-

tur. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda pek çok değişik sonuç elde edilmiştir. Alfaro ve ark. Tonopen tonometresinin GAT'a göre gözlerin %47.6'sında daha yüksek, %52.4'ünde daha düşük GİB değerler bildirmiştir.¹⁴ Geyer ve ark. normal ve keratoplastili gözlerde yaptıkları çalışmada Tonopen'in, GAT'tan daha yüksek ölçümler yaptığını bildirmiş, özellikle bazı keratoplastili gözlerde bu farkın 9 mmhg'ye kadar vardığını belirtmiştir.¹⁵ Öztürk ve ark. ve Bafa ve ark. yaptıkları çalışmalarda ise Tonopen ile yapılan ölçümler daha yüksek olmakla birlikte bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir.^{2,16}

Çalışmamızda tüm olgular beraber ele alındığında Tonopen ile elde edilen ölçümler ile GAT'ı karşılaştırdığımızda Tonopen ile istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte daha düşük sonuçlar elde ettik. Literatürde bu durum genellikle Tonopen lehinedir ancak istatistiksel olarak anlamlı farklara nadiren rastlanmaktadır. Bafa ve ark.¹⁶ ve Bandyopadhyay ve ark.¹⁷ yaptıkları çalışmalarda da Tonopen'in GAT'a göre daha yüksek sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tonopen'in aplanasyon prensibi ile etki ettiği bilinmektedir. Buna dayanarak Amaral ve ark. yaptığı çalışmada Tonopen ile periferik korneadan yapılan ölçümlerin merkezi korneadan yapılanlara göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.¹⁸ Çalışmamızda biz de benzer sonuçlar bulduk. Gruplarda MKK yükseldikçe Tonopen ile elde edilen ortalama GİB yükselmesi Tonopen'in MKK'dan etkilendiğini düşündürmektedir. Ancak üç grup ayrı ayrı değerlendirildiğinde normal kalınlıktaki MKK'larda (II. Grup) Tonopen ile GAT 'ye göre anlamlı olarak düşük GİB'ler elde edilmesi bu MKK grubu için GİB'nin MKK'dan etkilenmediğini düşündürmektedir. Ancak I. ve III. grupta anlamlı fark elde edilmemesi Tonopen ile GAT gibi nispeten ince kornealarda daha düşük, nispeten kalın kornealarda daha yüksek sonuçlar elde edildiğini göstermektedir. Ancak Mok ve ark. yaptıkları çalışmada ince ve kalın kornealarda normal kornealara göre daha isabetli sonuçlar elde edildiği sonucuna varmıştır. Bu sonucun tonopen ile yapılan ölçümlerde GAT'a göre daha küçük bir temas alanının (Tonopen XL için 1.5 mm) düzleştirilmesiyle, Tonopen'in MKK'dan daha az etkilenmesinden kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir.⁶

Tablo 2: Tüm olgularda ve MKK'ya göre ayrılmış gruplarda MKK-GAT, MKK-Tonopen ve GAT-Tonopen korelasyon analizi.

	MKK-GAT KORELASYONU	MKK-TONOPEN KORELASYONU	GAT-TONOPEN KORELASYONU
MKK \leq 520 n=47	r=0.230 p=0.121	r=0.223 p=0.133	r=0.750 p<0.01*
520 < MKK < 570 n=74	r=0.146 p=0.215	r=0.072 p=0.540	r=0.762 p<0.01*
MKK \geq 570 n=90	r=0.136 p=0.20	r=0.087 p=0.414	r=0.850 p<0.01*
TOPLAM n=211	r=0.385 p<0.01*	r=0.394 p<0.01*	r=0.834 p<0.01*

r: Pearson korelasyon kat sayısı, *p<0.01.

Çalışmamızda tüm olgular içinde GAT ve Tonopen'in, MKK ile ılımlı korelasyon gösterdiği gözlemlendi. Eser ve ark. yaptığı çalışmada da Tonopen'in MKK ile ılımlı düzeyde korelasyon gösterdiği bildirilmiştir.¹⁹ Aynı şekilde Mollan ve ark.'da keratonkonuslu ve normal gözlerde MKK ile Tonopen ve GAT'ın korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir.²⁰ Buna karşın Öztürk ve ark. GAT ile elde edilen GİB değerlerinin MKK ile korelasyon gösterirken, Tonopen ile elde edilen GİB değerlerinin MKK ile korele olmadığını bildirmişlerdir.² Bhan ve ark.da GAT, Tonopen, Okuler Blood Flow tonometre ve pnömotonometre ile yapılan ölçümlerin değişik düzeylerde MKK'dan etkilendiğini, bu etkilenmenin Tonopen'de en az, pnömotonometrede en fazla olduğunu bildirmişlerdir.¹² Çalışmamızda ayrıca tüm olgular içinde GAT ve Tonopen'in birbirleriyle oldukça güçlü korelasyon gösterdiğini de tespit ettik. Bu da bize Tonopen'in, GAT'ın etkilendiği MKK gibi değişkenlerden aynı şekilde etkilenebileceğini düşündürdü. Öztürk ve ark.'da literatürde GAT ile dinamik Kontür Tonometri sıklıkla karşılaştırılırken,^{22,23} diğer yöntemlerden özellikle Tonopen ile yapılmış bir karşılaştırmaya rastlanmadığını belirtmişlerdir.⁶

Kornea kalınlığına göre ayrılmış gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde, MKK ile GAT ve Tonopen'in korelasyon gösterdiği ancak bunun zayıf olduğu gözlemlendi. Özellikle nispeten kalın kornealı grupta Tonopen ile MKK korele değildi. Eser ve ark. yaptığı bir başka çalışmada da aynı sonuç bildirilmiştir.²³ Çalışmamızda tüm gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde de GAT ve Tonopen'in birbiriyle güçlü korelasyon gösterdiğini tespit ettik.

Bu korelasyon değerleri tarama programları için yeterli görünmektedir. Ancak burada önemli olan korelasyonu değerlendirmek için bu değerlerin ne derece güçlü olduğudur.¹⁶ Hedef GİB'e ulaşmanın çok önemli olduğu ileri glokom olgularında 1 mmHg'nın önemi düşünülünce klinikte bu aralıkta korelasyon gösteren Tonopen'in, taşınabilir ve kolay uygulanabilir bir cihaz olmasına rağmen normal gözlerde GAT'a çok iyi bir alternatif olmadığını da söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Brandt JD.: Corneal thickness in glaucoma screening, diagnosis, and mangement. *Curr Opin Ophthalmol.* 2004;15:85-89.
2. Öztürk F, Küsbeci T, Yavaş G, ve ark.: Pascal Dinamik Kontür Tonometre ile ölçülen göz içi basınç değerlerinin Goldmann Aplanasyon Tonometresi, Non Kontakt Tonometre ve Tonopen ile karşılaştırılması ve Santral Kornea Kalınlığının Etkisi. *Glo-Kat.* 2006;1:171-175.
3. Dielemans I, Vingerling JR, Hofman A, et al.: Reliability of intraocular pressure measurement with the Goldmann applanation tonometer in epidemiological studies. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1994;32:141-144.
4. Whitacre MM, Stein R.: Surces of error with use of Goldmann-type tonometers. *Surv Ophthalmol.* 1993;38:1-30.
5. Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, et al.: The Ocular Hypertension Treatment Study:baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2002;120:714-720.
6. Mok KH, Wong CS, et al.: Tono-Pen tonometer and corneal thickness. *Eye.* 1999;13:35-37.
7. Tono-Pen XL, Instructions manual. Mentor O&O, Inc. Norwell, MA, USA.
8. Satıcı A, Oğuz H, Gürler B.: Göz içi basınç ölçümünde Goldmann aplanasyon tonometresi ile Tono-Pen ve nonkontakt tonometre değerlerinin karşılaştırılması. *T Oft Gaz.* 1997;27:321-324.
9. Özdemir N, Tekin A, Ersöz TR. et al.: Tono-Pen tonometresi ile Goldmann aplanasyon tonometresinin klinik olarak karşılaştırılması. *MN Ophthalmology.* 1997;4:168-170.
10. Chritoffersen T, Fors T, Ringberg U. et al.: Tonometry in the general practice setting(1):Tono-Pen compared to Goldmann applanation tonometry. *Acta Ophthalmol.* 1993;71:103-108.
11. Feltgen N, Leifert D, Funk J.: Correlation between central corneal thickness, applanation tonometry, and direkt intracameral IOP readings. *Br J Ophthalmol.* 2001;85:85-87.
12. Bhan A, Browning AC, Shah S, et al.: Effect of corneal thickness on intraocular pressure measurement with the pneutonometre, Goldmann aplanation tonometer, and Tono-Pen. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2002;43:1389-1392.
13. Ko YC, Liu CL, Hsu WM.: Varying Effects of corneal thickness on intraocular pressure measurements with different tonometers. *Eye.* 2004;16:16.
14. Alfaro DV, Tran VT.: A clinical comparison of the ocular Tono-Pen with the Goldmann Applanation tonometer in eyes filled with silicone oil. *Retina.* 1991;11:219-220.
15. Geyer O, Mayron Y, Loewentein A, et al.: Tono-Pen tonometry in normal and in post-keratoplasty eyes. *Br J Ophthalmol.* 1992;76:538-540.
16. Bafa M, Lambrinakis I, et al.: Clinical comparison of the measurement of the IOP with the ocular blood flow tonometer, the Tonopen XL and the Goldmann applanation tonometer. *Acta Ophthalmol Scand.* 2001;79:15-18.
17. Bandyopadhyay M, Raychaudhuri A, 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.
18. Amaral WO, Teixeira RM, et al.: Central and peripheral corneal thickness: influence on the iop measurement by Tonopen] *Arq Bras Oftalmol.* 2006;69:41-45.
19. Eser E, Başer EF, Seymenoğlu G.: Paskal dinamik kontür tonometri, Goldmann aplanasyon tonometresi, Tonopen ve Nonkontakt tonometre ile göz içi basınç ölçümlerine korneal, refraktif ve biyometrik parametrelerin etkisi. *Glo-Kat.* 2008;3:230-235.
20. Mollan SP, Wolfsohn JS.: Accuracy of Goldmann, ocular response analyser, Pascal and Tonopen XL tonometri in keratonkonik and normal eyes. *Br J Ophthalmol.* 2008;92:1661-1665.
21. Ku JYF, Danesh-Meyer HY.: Comparison of intraocular pressure measured by Pascal Dynamic Contour Tonometry and Goldmann Applanation Tonometry. *Eye.* 2005;1-8.
22. Pache M, Wilmsmayer S, Lautebach S. et al.: Dynamic contour tonometry versus Goldmann applanation tonometry: a comparative study. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2005;243:763-767.
23. Eser E, Başer EF, Seymenoğlu G.: Dinamik kontür tonometri, Nonkontakt tonometri, Tonopen ve Goldmann aplanasyon tonometresi ile göz içi basınç ölçümlerinin santral kornea kalınlığı ile ilişkisi. *Glo-Kat.* 2008;3:107-112.