

Primer Açık Açılı Glokom ve Oküler Hipertansiyonda Dinamik Kontur Tonometre ve Non-Kontakt Tonometrenin Karşılaştırılması

COMPARISON OF DYNAMIC CONTOUR TONOMETRY AND NON-CONTACT TONOMETRY IN OCULAR HYPERTENSION AND PRIMER OPEN ANGLE GLAUCOMA

Dr. Mesut ERDURMUŞ,^a Dr. Yüksel TOTAN,^a
Dr. Ramazan YAĞCI,^a Dr. Bahri AYDIN,^a Dr. İbrahim F. HEPŞEN^a

^aGöz Hastalıkları AD, Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi, ANKARA

Özet

Amaç: Primer açık açılı glokom (PAAG) ve oküler hipertansiyonlu (OHT) hastalarda non-kontakt tonometre (NKT) ve dinamik kontur tonometre (DKT) ile ölçülen göz içi basınçları (GİB) arasında uyumu değerlendirmek ve her iki tonometre ölçüm sonuçlarına santral kornea kalınlığının (SKK) etkisi olup olmadığını araştırmak.

Gereç ve Yöntemler: PAAG (n= 75) veya OHT (n= 29) tanısı olan 104 hastanın 104 gözünde, NKT ve DKT ile GİB ölçümleri yapıldı. Her iki yöntem arasındaki uyum Bland-Altman grafiği ile değerlendirildi. SKK'nın NKT ve DKT ölçümleri üzerine etkisini tespit etmek için doğrusal regresyon analizi kullanıldı.

Bulgular: NKT ve DKT ile ölçülen GİB arasında ortalama fark -0.80 ± 2.98 mm Hg idi ($p= 0.009$). Bland-Altman grafiğine göre NKT ile DKT ölçümleri arasında uyum saptanmadı. SKK, NKT ile GİB ölçüm sonuçlarını doğrusal olarak etkilemekteydi ($p< 0.001$; $r^2= 0.301$; her $10 \mu\text{m}$ SKK için 0.54 mm Hg GİB artışı). Bununla birlikte; SKK, DKT ölçümlerini etkilememekteydi ($p= 0.388$; $r^2=-0.002$).

Sonuç: NKT ve DKT ile elde edilen GİB ölçümlerinin PAAG veya OHT hastalarında birbirlerinin yerine kullanılması uygun değildir. DKT, SKK'dan etkilenmediği için bu hastaların tanı ve takibinde daha güvenli olabilir.

Anahtar Kelimeler: Oküler tonometri; açık açılı glokom; oküler hipertansiyon; kornea

Türkiye Klinikleri J Ophthalmol 2007, 16:108-113

Abstract

Objective: To assess the agreement in the measurement of intraocular pressure (IOP) obtained by dynamic contour tonometer (DCT) and non-contact tonometer (NCT) in patients with primary open angle glaucoma (POAG) and ocular hypertension (OHT), and to investigate the effect of central corneal thickness (CCT) on IOP measurements for both instruments.

Material and Methods: NCT and DCT measurements were made on 104 eyes of 104 patients with POAG (n= 75) or OHT (n= 29) and agreement was assessed by means of Bland-Altman plots. The effect of CCT on NCT and DCT was assessed by linear regression analysis.

Results: The mean IOP difference between NCT and DCT was -0.80 ± 2.98 mm Hg ($p= 0.009$). The results demonstrated no agreement between NCT and DCT measurements. The IOP readings obtained by NCT depended on CCT ($p< 0.001$; $r^2= 0.301$; a slope of 0.054 mm Hg per one μm CCT). However, DCT readings showed no effect of CCT ($p= 0.388$; $r^2=-0.002$).

Conclusion: In subjects with POAG and OHT, IOP measurements with NCT and DCT are not interchangeable. DCT may be more useful in this subjects because it did not depend on CCT.

Key Words: Tonometry, ocular; glaucoma, open-angle; ocular hypertension; cornea

Glokom, geri dönüşümsüz görme hasarına yol açan yaygın bir halk sağlığı sorunudur.¹⁻³ Göz içi basıncı (GİB), primer açık

açılı glokomun (PAAG) tanı ve tedavisinde kritik öneme sahiptir.⁴ GİB'in düşürülmesi şu an için glokomatöz hasarın ilerlemesinin engellenmesinde en önemli tedavi seçeneğidir. Oküler hipertansiyonda (OHT) GİB'in düşürülmesi glokom gelişimini⁵ ve görme alanı kaybını⁶ önlemektedir. Bu nedenlerle; gerçek GİB değerinin saptanmasının, glokoma yaklaşımda çok önemli bir yeri vardır.

Aplanasyon tonometrelerinde santral korneada belirli bir alan düzleştirilerek ölçüm yapılır.

Geliş Tarihi/Received: 10.11.2006 Kabul Tarihi/Accepted: 22.01.2007

Bu çalışma 40.Ulusal Oftalmoloji Kongresi'nde (28 Ekim-1 Kasım 2006, Antalya) poster olarak sunulmuştur.

Yazışma Adresi/Correspondence: Dr. Mesut ERDURMUŞ
Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Göz Hastalıkları AD, ANKARA
merdurmus@yahoo.com

Copyright © 2007 by Türkiye Klinikleri

Goldmann aplanasyon tonometrisi (GAT) günümüzde halen GİB ölçümü için altın standarttır ve en yaygın kullanılan tonometredir.⁷⁻¹¹ GAT ölçümü için topikal anestezi, fluoresein damla uygulaması ve korneaya temas şarttır. Non-kontakt tonometre (NKT) gibi diğer objektif GİB ölçüm cihazlarının GAT'a göre bir kısım üstünlükleri vardır. NKT'de korneayı düzleştirmek için hava akımı kullanıldığından adenovirus ve Creutzfeldt-Jakob hastalığı bulaşma riski çok düşüktür.^{12,13} GİB ölçümü için kornea anestezisi ve direkt kornea teması gerekli değildir. Bu nedenle; NKT ile GİB ölçümü hem hasta için daha rahat olmakta hem de hızlı ve kolay sonuç alınması sağlanabilmektedir. Günümüzde NKT'ler glokomun tanı ve tedavisinde pek çok ülkede giderek yaygınlık kazanmaktadır.⁴

Aplanasyon tonometrelerine alternatif olarak dijital ve yarı-kısa mikroskobik takılabilen yeni bir tonometre geliştirilmiştir. Dinamik kontur tonometre (DKT) (Pascal tonometer, SwissMicrotechnology AG, Port, Switzerland) aplanasyon yapmamaktadır ve korneanın biyomekanik özelliklerinden bağımsız olarak ölçüm yapmak için tasarlanmış bir cihazdır. DKT'nin silikon ucu kornea ile temas eder ancak düzleştirme yapmaz. Silikon ucun içinde gömülü halde bulunan algılayıcılar sayesinde GİB ölçülür. DKT'nin GİB ölçüm yöntemine '*direkt transkorneal metod*' adı verilmektedir. Normal insanlarda, glokomlu hastalarda ve refraktif cerrahi geçiren gözlerde; DKT ile GİB ölçümünün SKK'dan etkilenmediği gösterilmiştir.¹⁴⁻¹⁸

Bu çalışmanın amacı, PAAG ve OHT hastalarında NKT ve DKT ile GİB ölçüm sonuçları arasındaki uyumu değerlendirmek ve santral kornea kalınlığı (SKK)'nın her iki tonometre ölçümleri üzerine etkisi olup olmadığını araştırmaktır.

Gereç ve Yöntemler

Çalışma Aralık 2005 ve Nisan 2006 tarihleri arasında, Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'nda yapıldı. Aynı klinikte glokom biriminde PAAG ve OHT tanısı ile izlemdeki gönüllü hastalar çalışmaya dahil edildi. Çalışma için üniversite etik kurulundan izin ve ayrıca çalışmaya katılan tüm hastalardan aydınlatılmış onam alındı.

Çalışmaya PAAG (n= 75) ve OHT (n= 29) tanılarlarıyla takip edilen toplam 104 hastanın 104 gözü alındı. PAAG tanısı; glokomatöz optik sinir hasarı, görme alanı hasarı, GİB'in 22 mm Hg üzerinde olması ve gonyoskopide ön kamara açısının açık olmasına göre konuldu. OHT tanısı için ise, GİB'in 22 mm Hg üzerinde olmasına rağmen optik sinir ve görme alanının normal sınırlarda bulunması kriterleri kullanıldı. İntraoküler inflamasyon ve travma, mevcut veya önceki kornea hastalığı, kontakt lens kullanımı, 3 diyoptri veya üzerinde astigmatizma varlığı ve geçirilmiş göz cerrahisi dışlama kriterleri olarak kabul edildi. Hastaların sadece sol gözleri çalışma kapsamına alındı. Aydınlatılmış onam alınmasını takiben, sırasıyla NKT, DKT ve SKK ölçümleri 5'er dk. aralıklarla yapıldı.¹⁴ NKT ile yapılan tekrarlayan ölçümler GAT'taki gibi oküler masaj etkisi yaparak GİB'i etkilememektedir.¹⁹⁻²² Çalışmamızda, NKT (CT-80 Computerized Tonometer, Topcon, Tokyo, Japan) ile ardışık üç ölçüm yapılarak, bu ölçümlerin ortalaması kaydedildi. Daha sonra aynı gözlemci tarafından, DKT ile topikal anestezi altında GİB ölçümü yapıldı. Üretici firma tarafından DKT ölçümleri için bir kalite skorlaması geliştirilmiştir. Buna göre 1. kalite ölçüm 'en iyi', 2. veya 3. kalite ölçümler '*kabul edilebilir*' ve 4. veya 5. kalite ölçümler ise '*kabul edilemez*' olarak tanımlanmıştır.²³ Çalışmamızda; kalite skoru 1 ise tek ölçüm, kalite skoru 2 veya 3 ise ardışık 3 ölçümün ortalamasını aldık. Kalite skoru 4 veya 5 olan 4 olgu çalışma dışı bırakıldı. Daha sonra, SKK ölçümleri bir ultrasonik pakimetre (Echo Scan US-80, Nidek, Tokyo, Japan) yardımıyla yapıldı. Dilate olmamış pupil üzerinden kornea merkezine dik olarak yerleştirilen pakimetre probu ile ölçümler gerçekleştirildi ve $\pm 5 \mu\text{m}$ standart sapması olan 3 ölçümün ortalaması SKK değeri olarak kaydedildi.

Ortalama, standart sapma, paired sample t test ve doğrusal regresyon analizi için SPSS 11,5 istatistiksel paket programı kullanıldı. P değeri 0.05'in altındaysa istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. NKT ve DKT ölçüm sonuçları arasındaki uyum Bland-Altman grafiği ile değerlendirildi. Bland-Altman grafiğini çizmek için MedCalc 7.4.2.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Belgium) programından yararlanıldı.

Bulgular

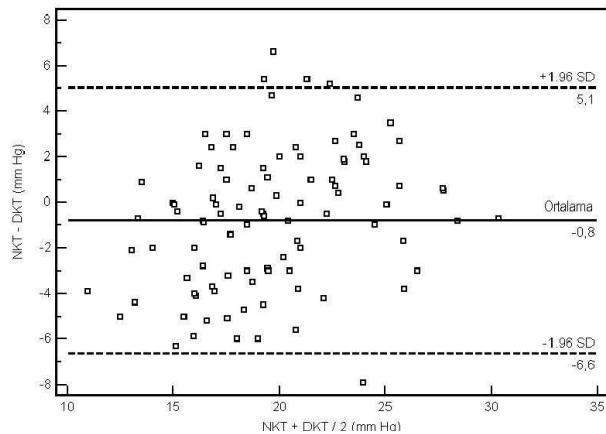
Hastaların yaşı, cinsiyeti, NKT ve DKT ile ölçülen GİB ortalamaları, SKK değerleri ve tonometreler arası ortalama GİB farkı Tablo 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1’de NKT ile DKT farkının NKT ve DKT ortalamasına karşı çizilen Bland-Altman grafiği gösterilmiştir. NKT ve DKT ile ölçülen GİB arasında ortalama fark -0.80 ± 2.98 (%95 uyum sınırı -6.6 ile 5.1 arasında) mm Hg idi. Bland-Altman grafiğine göre NKT ve DKT ölçümleri arasında uyum saptanmamıştır.

Doğrusal regresyon analizinde, NKT ile ölçülen GİB değerlerinin SKK’dan etkilendiği saptandı ($p < 0.001$; $r^2 = 0.301$; her $10 \mu\text{m}$ SKK’ya karşı GİB’de 0.54 mm Hg artış). NKT’nin tersine, DKT ölçümleri

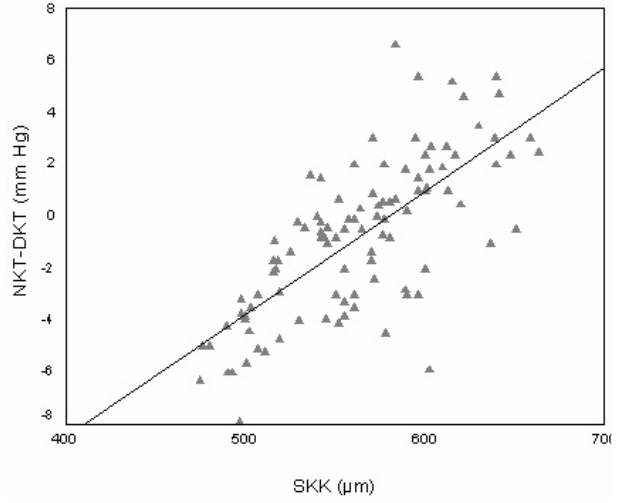
Tablo 1. Hastalara ait yaş, cinsiyet, santral kornea kalınlığı (SKK) ile non-kontakt tonometre (NKT) ve dinamik kontur tonometre (DKT) ile ölçülmüş göz içi basıncı (GİB) değerleri.

	Ortalama \pm standart sapma	P değeri
Yaş (yıl)	61.36 \pm 12.76 (25-92)	
Cinsiyet (Kadın/Erkek)	50/54	
NKT (mm Hg)	19.18 \pm 4.44(9-30)	
DKT (mm Hg)	19.96 \pm 3.64 (12.9-30.70)	
NKT-DKT (mm Hg)	-0.80 ± 2.98	0.009
SKK (μm)	562.93 \pm 45.38 (475-663)	



(Dıştaki kesikli çizgiler %95 uyum sınırını göstermektedir.)

Şekil 1. Non-kontakt tonometre (NKT) ve dinamik kontur tonometre (DKT) ile ölçülen göz içi basıncı (GİB) ortalamasına karşın farkını gösteren Bland-Altman grafiği.



Şekil 2. Santral kornea kalınlığına (SKK) karşı non-kontakt tonometre (NKT) ve dinamik kontur tonometre (DKT) farkını gösteren dağılım grafiği.

Tablo 2. Ölçümler üzerine santral kornea kalınlığının etkisini gösteren doğrusal regresyon eşitlikleri.

Ölçüm (mm Hg)	Regresyon eşitliği
NKT	$y = -11.3817 + 0.0543 x$
DKT	$y = 16.1051 + 0.0069 x$
NKT-DKT	$y = -27.4868 + 0.0474 x$

x: santral kornea kalınlığı (μm).

üzerine SKK bir etki göstermemekteydi ($p = 0.388$; $r^2 = -0.002$). NKT ve DKT farkı da aynı zamanda SKK’ya bağımlı idi ($p < 0.001$; $r^2 = 0.518$; her $10 \mu\text{m}$ SKK başına GİB’de 0.47 mm Hg artış). Şekil 2’de NKT ve DKT ile ölçülen GİB farkının SKK’ya karşı çizilen dağılım grafiği görülmektedir.

Tonometrelerin karşılaştırılmasında ileri analiz için, hastalar SKK’ya göre 3 gruba bölündü.¹⁶ SKK; $520 \mu\text{m}$ altında olanlar Grup A (ince kornealar, $n = 24$), $520-580 \mu\text{m}$ arasında olanlar Grup B (normal kalınlıkta kornealar, $n = 45$) ve $580 \mu\text{m}$ üzerinde olanlar Grup C (kalın kornealar, $n = 35$) olarak tanımlandı. Ortalama NKT-DKT farkı; Grup A’da -4.08 ± 1.71 mm Hg ($p = 0.000$, $t = -11.67$), Grup B’de -0.87 ± 1.79 mm Hg ($p = 0.002$, $t = -3.26$) ve Grup C’de 1.59 ± 2.70 mm Hg ($p = 0.001$, $t = 3.49$) idi. Tablo 2’de NKT ve DKT ile ölçülen GİB değerleri ve NKT-DKT üzerine SKK etkisini gösteren doğrusal regresyon eşitlikleri gösterilmiştir.

Tartışma

Bu çalışmada, göz kliniklerinde yaygın olarak kullanılan NKT ile yeni kullanıma girmiş olan DKT'yi karşılaştırdık ve her iki tonometrede SKK'nın GİB ölçümleri üzerine etkisini değerlendirdik. Her iki tonometre ölçümleri arasında uyum saptamadık. Ayrıca, NKT ile ölçülen GİB değerlerinin SKK'dan doğrusal olarak etkilendiğini belirledik. SKK'daki her 10 µm artış NKT ölçümlerinde 0.54 mm Hg artış oluşturmaktaydı. Hastalar değişik kornea kalınlıklarına göre değerlendirildiğinde özellikle ince kornealarda (Grup A) her iki tonometre arasındaki farkın en belirgin olduğu saptandı.

Enfeksiyon riskinin düşük oluşu,^{12,13} kornea ile direkt temas ve anestezi gerektirmemesi, hızlı ve kolay uygulanabilir olması gibi avantajlarının yanında NKT'nin bazı dezavantajları da vardır. Bunların en önemlilerinden biri ölçümlerin SKK'dan direkt olarak etkilenebilirliği. Çalışmamızda da NKT'nin, SKK'dan doğrusal olarak etkilendiği anlaşıldı. NKT ile kalın kornealarda GİB ölçümleri DKT'ye göre daha yüksek saptanırken ince kornealarda bunun tam tersi bir durum söz konusuydu. Diğer aplanasyon tonometrileri gibi NKT'nin de kornea kurvaturünden etkilenebilirliği başka bir dezavantajdır. Bu nedenle, 3 diyoptri üzerinde astigmatizması olan hastalar çalışmamıza dahil edilmedi. Ogbuehi,²⁴ GAT ve Topcon CT-80 NKT'nin tekrarlanabilirlik indeksleri ve ortalama GİB arasında fark saptamamıştır. Aynı çalışmada, NKT'nin GİB ölçümü için doğru ve güvenilir bir yöntem olduğu ve sonuçların GAT sonuçlarının yerini tutabileceği belirtilmiştir.

Goldmann,²⁵ SKK değerinin normalin dışında olduğu zaman tonometrelerin doğru sonuç verme olasılığının azaldığını bildirmiştir. Günümüzde, SKK'nın farklı tonometrelerde GİB ölçümlerinin doğruluğu üzerine etkisi daha iyi anlaşılmıştır.²⁶⁻³⁰ Bugün, SKK ölçümü önemli bir biyometrik etmen olmuştur ve glokomlu hastanın değerlendirilmesinde çok gerekli hale gelmiştir. Siganos ve ark.¹⁷ GAT ve NKT ölçümlerini SKK ile anlamlı oranda bağlantılı bulmuşlar ve her 10 µm SKK artışı için 0.3 mm Hg GİB artışı bildirmişlerdir. Aynı çalış-

mada DKT'nin SKK'dan etkilenemediği de bildirilmiştir. İnsan kadavralarında yapılan bir çalışmada GAT ve pnömotometre ile karşılaştırıldığında DKT ile ölçülen GİB değerlerinin manometre ölçümlerine en yakın sonuçları verdiği saptanmıştır.³¹ Çalışmamızda SKK'nın DKT ile GİB ölçümlerini etkilemediğini gördük ve bu bulgu literatürle de uyumludur.^{14,17,32,33}

DKT'nin SKK'dan etkilenebilmesinin bu tonometrenin en önemli avantajı olduğu söylenebilir. Bu tonometrenin diğer bir avantajı da ölçümün kalitesi hakkında bilgi vermesidir.²³ Ancak DKT ile nistagmusu olan, kooperasyonu zayıf, postural instabilitesi olan ve oküler fiksasyonu yeterli olmayan hastalarda doğru GİB ölçümü yapılabilmesi son derece zordur. Çünkü DKT ile iyi bir GİB ölçümü için en az 3 kalp atım zamanı kadar tonometre ile korneanın teması gerekmektedir.²³ Ayrıca her hastada 1. veya 2. kalite ölçüm alınamayabilmektedir. Örneğin; çalışmamızda 4 olguda 4. veya 5. kalite ölçüm alınabilmişti. Bu olgularda, tekrar ölçümlerde de daha yüksek kalitede sonuç alınmadı ve çalışma dışı bırakıldılar. Neden bazı insanlarda iyi kalite ölçüm alınmadığı sorusunun cevabı ise şu an için net değildir. Muhtemelen, henüz tam olarak aydınlatılmayan korneanın biyomekanik özelliklerinin ölçümler üzerinde etkili olması olabilir. Ayrıca 4. veya 5. kalite ölçüm, aynı zamanda ölçüm yapan kişiye bağlı hataların da bir göstergesi olabilmektedir.

Çalışmamızda NKT ve DKT arasındaki %95 uyum sınırı (-6.6 ile 5.1 mm Hg arasında, Şekil 1) yüksek bulunmuştur. GAT ve DKT arasında bu uyum sınırı -1.56 ile 2.4 mm Hg olarak rapor edilmiştir.³¹ Her ne kadar çalışmamızda NKT ve DKT arasında uyum saptanmamış olsa da bu geniş uyum aralığı kısmen hastaların SKK'larının geniş aralıkta (475 ile 663 µm) bulunmasına bağlanabilir. Aynı zamanda DKT'nin GİB'i, ince kornealarda 4.08 ± 1.71 mm Hg ve normal kalınlıkta kornealarda 0.87 ± 1.79 mm Hg daha yüksek ölçtüğünü saptadık. Tersine, kalın kornealarda NKT ile ölçülen GİB değerleri DKT'ye oranla ortalama 159 ± 2.70 mm Hg daha yüksekti. Bu sonuçlar Doyle ve

Lachkar'ın¹⁶ GAT ve DKT'yi karşılaştırdığı çalışmanın sonuçları ile uyumludur.

Sonuç

Sonuç olarak; DKT, non-invazif GİB ölçümü için yeni ve kullanışlı bir teknolojidir. PAAG ve OHT'li hastalarda DKT ve NKT ölçümleri arasında uyum saptanmamıştır. Çalışma grubunda SKK'nın DKT ile ölçülen GİB sonuçları üzerinde etkisi olmadığı görülmüştür. DKT, SKK'dan etkilenebilmesi nedeniyle NKT'ye göre PAAG ve OHT hastalarının tanı, takip ve tedavisinde daha avantajlı bir yere sahip olabilir.

Teşekkür

Makalenin istatistik açısından kontrolünü yapan ODTÜ İstatistik bölümü öğretim üyesi sayın Doç. Dr. Ayşen Akkaya'ya teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Quigley HA. Number of people with glaucoma worldwide. Br J Ophthalmol 1996;80:389-93.
- Evans JR, Fletcher AE, Wormald RP, MRC Trial of Assessment and Management of Older People in the Community. Causes of visual impairment in people aged 75 years and older in Britain: An add-on study to the MRC Trial of Assessment and Management of Older People in the Community. Br J Ophthalmol 2004;88:365-70.
- Ramrattan RS, Wolfs RC, Panda-Jonas S, et al. Prevalence and causes of visual field loss in the elderly and associations with impairment in daily functioning: The Rotterdam Study. Arch Ophthalmol 2001;119:1788-94.
- Tonnu PA, Ho T, Sharma K, White E, Bunce C, Garway-Heath D. A comparison of four methods of tonometry: Method agreement and Interobserver variability. Br J Ophthalmol 2005;89:847-50.
- 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;120:714-20.
- Heijl A, Leske MC, Bengtsson B, Hyman L, Bengtsson B, Hussein M; Early Manifest Glaucoma Trial Group. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: Results from the Early Manifest Glaucoma Trial. Arch Ophthalmol 2002;120:1268-79.
- Brandt JD. Corneal thickness in glaucoma screening, diagnosis, and management. Curr Opin Ophthalmol 2004;15:85-9.
- Dielemans I, Vingerling JR, Hofman A, Grobbee DE, de Jong PT. Reliability of intraocular pressure measurement with the Goldmann applanation tonometer in epidemiological studies. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1994;32:141-4.
- Goldmann H, Schmidt T. [Applanation tonometry.] Ophthalmologica 1957;134:221-42.
- Wessels IF, Oh Y. Tonometry utilization, accuracy, and calibration under field conditions. Arch Ophthalmol 1990;108:1709-12.
- Whitacre MM, Stein R. Sources of error with use of Goldmann-type tonometers. Surv Ophthalmol 1993;38:1-30.
- Walia JS, Chronister CL. Possible iatrogenic transmission of Creutzfeldt-Jakob disease via tonometer tips: A review of the literature. Optometry 2001;72:649-52.
- Desai SP, Sivakumar S, Fryers PT. Evaluation of a disposable prism for applanation tonometry. Eye 2001;15:279-82.
- Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison of dynamic contour tonometry with Goldman applanation tonometry. Invest Ophthalmol Vis Sci 2004;45:3118-21.
- Kotecha A, White ET, Shewry JM, Garway-Heath DF. The relative effects of corneal thickness and age on Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry. Br J Ophthalmol 2005;89:1572-75.
- Doyle A, Lachkar Y. Comparison of dynamic contour tonometry with Goldman applanation tonometry over a wide range of central corneal thickness. J Glaucoma 2005;14:288-92.
- Siganos DS, Papastergiou GI, Moedas C. Assessment of the Pascal dynamic contour tonometer in monitoring intraocular pressure in unoperated eyes and eyes after LASIK. J Cataract Refract Surg 2004;30:746-51.
- Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA. Intraocular pressure measurements using dynamic contour tonometry after laser in situ keratomileusis. Invest Ophthalmol Vis Sci 2003;44:3790-94.
- Forbes M, Pico G Jr, Grolman B. A noncontact applanation tonometer. Description and clinical evaluation. Arch Ophthalmol 1974;91:134-40.
- Stocker FW. On changes in intraocular pressure after application of the tonometer; in the same eye and in the other eye. Am J Ophthalmol 1958; 45:192-96.
- Moses RA, Liu CH. Repeated applanation tonometry. Am J Ophthalmol 1968;66:89-91.
- Krakau CE, Wilke K. On repeated tonometry. Acta Ophthalmol (Copenh) 1971;49:611-14.
- PASCAL User Manual v20d.doc Version 2.0, November 2004.
- Ogbuehi KC. Assessment of the accuracy and reliability of the Topcon CT80 non-contact tonometer. Clin Exp Optom 2006;89:310-4.
- Goldmann H. Factors influencing intraocular pressure. Bibl Ophthalmol 1970;81:97-105.
- Bhan A, Browning AC, Shah S, Hamilton R, Dave D, Dua HS. Effect of corneal thickness on intraocular pressure measurements with the pneumotonometer, Goldmann applanation tonometer and Tono-Pen. Invest Ophthalmol Vis Sci 2002;43:1389-92.

27. Tonnu PA, Ho T, Newson T, et al. The influence of central corneal thickness and age on intraocular pressure measured by pneumotometry, non-contact tonometry, the Tono-Pen XL, and Goldmann applanation tonometry. *Br J Ophthalmol* 2005;89:851-54.
28. Yagci R, Eksioğlu U, Midillioglu I, Yalvac I, Altıparmak E, Duman S. Central corneal thickness in primary open angle glaucoma, pseudoexfoliative glaucoma, ocular hypertension, and normal population. *Eur J Ophthalmol* 2005;15:324-28.
29. Koçak N, Güneç Ü. Goldmann Aplanasyon Tonometresinde hata kaynakları. *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol* 1999;8:70-2.
30. Doğanay S, Er H, Cumhuriçcu T, Keskin U. Keratokonuslu olgularda santral kornea kalınlığının göz içi basıncı ölçümüne etkisi. *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol* 2002;11:207-11.
31. Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Dynamic contour tonometry: A comparative study on human cadaver eyes. *Arch Ophthalmol* 2004;122:1287-93.
32. Hoffmann EM, Grus FH, Pfeiffer N. Intraocular pressure and ocular pulse amplitude using dynamic contour tonometry and contact lens tonometry. *BMC Ophthalmol* 2004;4:4.
33. Kampeter BA, Jonas JB. Dynamic contour tonometry for intraocular pressure measurement. *Am J Ophthalmol* 2005;140:318-20.