



Sağlıklı Pediatrik Hastalarda Üç Farklı Tonometre Modeli ile Yapılan Göz İçi Basıncı Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Comparison of Intraocular Pressure Measurements in Healthy Pediatric Patients using Three Types of Tonometers

Muhsin Eraslan, Eren Çerman, Sena Sümme

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı sağlıklı pediatrik hastalarda üç farklı tonometre tipi ile yapılan göz içi basıncı (GİB) ölçümlerini karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya rutin poliklinik muayenesi için başvuran, 18 yaş altı 78 bireyin 78 gözü dahil edildi. GİB sırasıyla Tono-Pen (TP), Goldmann aplanasyon tonometresi (GAT) ve non-kontakt tonometre (NKT) yardımı ile ölçüldü. Santral kornea kalınlıklarına (SKK) göre düzeltilmiş GİB hesaplandı. Belirlenmiş sınırlardaki refraksiyon kusuru dışında başka bir oküler hastalığı olan bireyler çalışmaya dahil edilmedi.

Bulgular: Çalışmaya dahil edilen bireylerden 46'sı kız, 32'si erkekti. Hastaların yaş ortalaması $12,6 \pm 2,7$ (5-17 yaş arası) idi. Ortalama SKK $559,3 \pm 35,3$ idi. Ortalama refraksiyon değerleri $-0,50 \pm 1,70$ idi. Görme keskinliği Snellen eşeline göre ortalama $0,98 \pm 0,1$ (aralık 0,3-1,0) seviyesindeydi. Her 3 ölçüm yöntemi arasında anlamlı fark mevcuttu ($p < 0,05$) 78 gözde ortalama GİB, TP ile $12,1 \pm 2,2$ mmHg, GAT ile $15,7 \pm 2,5$ mmHg ve NKT ile $17,1 \pm 3,1$ mmHg olarak ölçüldü. Ölçüm yöntemlerinin birbiri ile korelasyonu incelendiğinde en yüksek pozitif korelasyon NKT ile GAT arasında tespit edildi ($p < 0,001$; $r = 0,670$). Bunu sırasıyla NKT ile TP ($p < 0,001$; $r = 0,477$) ve GAT ile TP ($p < 0,001$; $r = 0,403$) arasındaki korelasyon izledi. Yapılan incelemede SKK ile tüm ölçüm yöntemleri arasında pozitif korelasyon saptandı.

Sonuç: Pediatrik hastalarda TP ve NKT ile yapılan ölçümler, GAT ölçümleri ile pozitif korelasyon göstermekteydi. TP'nin GAT'ye göre daha düşük, NKT'nin ise daha yüksek değerler verdiği öngörüldüğünde hasta takiplerinde, tedavi düzenlemesi ve ameliyat kararlarında bu farklılıklar göz önünde bulundurularak hareket edilmesi önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Pediatrik göz içi basıncı, Tono-Pen tonometri, Goldmann aplanasyon tonometresi, non-kontakt tonometri, santral kornea kalınlığı

Abstract

Objectives: This study aimed to compare intraocular pressure (IOP) measurements in healthy pediatric patients using three types of tonometers.

Materials and Methods: Seventy-eight eyes of 78 patients under the age of 18 who underwent a routine ophthalmologic examination were included in the study. IOP was measured using Tono-Pen (TP) tonometry, Goldmann applanation tonometry (GAT), and non-contact tonometry (NCT), consecutively. IOP was adjusted based on central corneal thickness (CCT). Patients with any ocular disorders other than a limited refractive error were excluded from the study.

Results: The study consisted of 46 girls and 32 boys. The mean age was 12.6 ± 2.7 (range: 5-17) years. The mean CCT was 559.3 ± 35.3 μ m. The mean refractive error was -0.50 ± 1.70 . The mean level of visual acuity was 0.98 ± 0.1 (range: 0.3-1.0) using the Snellen chart. Significant differences were found between the measurement results of each of the three tonometric methods. Mean IOP was 12.1 ± 2.2 mmHg for TP, 15.7 ± 2.5 mmHg for GAT, and 17.1 ± 3.1 mmHg for NCT. The correlations between measurement methods revealed that the highest correlation was between NCT and GAT ($p < 0.001$, $r = 0.670$). The second highest correlation was between NCT and TP ($p < 0.001$, $r = 0.477$). The lowest correlation was between GAT and TP ($p < 0.001$, $r = 0.403$). A positive correlation was found between CCT and each IOP measurement method.

Conclusion: In pediatric patients, TP and NCT measurements were found to be positively correlated with GAT measurements. Because TP measurements were lower than GAT measurements and NCT measurements were higher than GAT measurements, patient follow-ups, treatment strategies, and surgery plans must be organized taking these differences into consideration.

Keywords: Pediatric intraocular pressure, Tono-Pen tonometry, Goldmann applanation tonometry, non-contact tonometry, central corneal thickness

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Muhsin Eraslan, Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye
Tel.: +90 532 545 94 54 E-posta: muhsineraslan@hotmail.com **Geliş Tarihi/Received:** 09.12.2015 **Kabul Tarihi/Accepted:** 22.04.2016

Giriş

Çocukluk çağı glokomlarında tanıda her ne kadar kornea ve optik sinirin görünümü önemli rol oynasa da halen en önemli tanı yöntemi göz içi basıncı (GİB) ölçümüdür. Ayrıca GİB halen glokom tedavisinde modifiye edilebilen ve bu modifikasyonlar sayesinde hastalık progresyonunu engelleyebildiği kanıtlanmış tek risk faktörüdür.¹ Bu nedenle GİB'nin doğru ölçümü büyük önem taşımaktadır. Pediatrik hastalarda GİB'nin değerlendirilmesi hastanın kooperasyonuna göre değişebilmektedir. Özellikle korneaya temas eden cihazlar hastada endişe oluşturduğundan ağlama ile valsava manevrası ortaya çıkmakta ve sistemik venöz basınç ve GİB artabilmektedir.² Bu nedenle glokom şüphesi olan olgularda genel anestezi altında muayene edilmesi önerilmektedir. Ancak hangi hastaların genel anestezi altında muayeneye yönlendirileceğine karar verirken de poliklinik şartlarında yapılan GİB ölçümü yol gösterici olmaktadır.

Daha önce yapılan çalışmalarda Schiotz tonometresi ile yapılan ölçümlerin kornea kurvatur uyumsuzluğu ve kornea çapı gibi nedenlerle hatalı ölçümlere yol açabildiği gösterilmiştir.³ Bu nedenle günümüzde Goldmann aplanasyon tonometresi (GAT) tonometreler arasında altın standart olarak kabul edilmektedir. Fakat GAT ile ölçüm pediatrik hasta grubunda her yaşta mümkün olmamaktadır. Daha önceki bazı çalışmalar Tono-Pen (TP), GAT ve non-kontakt tonometre (NKT) ölçümlerinin birbiri ile uyumlu olduğunu gösterse de^{4,5} klinik pratikte bazı durumlarda cihazlar arasında çok farklı sonuçlar ortaya çıkmakta ve bu durum hasta tedavisini ve bazı durumlarda ameliyat kararını etkileyebilmektedir. GİB ölçümü kimi durumlarda legal sorunlara yol açabildiğinden ölçümlerin güvenilirliklerinin değerlendirilmesi ve ölçümlerin etkileyen faktörlerin ortaya çıkartılması önem taşımaktadır.

Bu amaçla poliklinik şartlarında oturur pozisyonda göz tansiyonu ölçümü sırasında uyumluluğu iyi olan pediatrik hastalarda TP, GAT ve NKT ile yapılan GİB ölçümlerin karşılaştırılması amaçlandı.

Gereç ve Yöntem

Göz hastalıkları polikliniğimizde Nisan-Haziran 2015 tarihleri arasında muayene edilen 18 yaş altı 78 hastanın 78 gözü incelendi. Her hastanın sadece sağ gözü çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya refraksiyon kusuru haricinde başka herhangi bir oküler hastalığı olmayan hastalar dahil edildi. Dört diyoptriden (D) fazla hipermetropi ya da miyopisi olanlarla 2,5 D'den fazla korneal astigmatizması olan, bilinen herhangi bir oküler hastalığı veya glokom şüphesi olan (yüksek GİB hikayesi, derin veya büyük optik disk çukurluğu, aile hikayesi bulunan vb.), oküler cerrahi hikayesi bulunan, çalışma sırasında veya son üç ayda perioküler steroid kullanımı hikayesi olan, GİB'yi etkileyebilecek sistemik veya oküler herhangi bir ilaç kullanan ya da ölçüm metodlarından herhangi birine uyum sağlayamayan hastalar çalışma dışı bırakıldı. Çalışma Helsinki Deklarasyonu ilkelerine uygun olarak yürütüldü ve yerel klinik araştırmalar etik kurulundan onay alındı. Her işlem öncesi ebeveynlerden bilgilendirilmiş yazılı onam alındı.

GİB ölçümü için kullanılan cihazlar TP (Tono-pen Avia, Reichert, ABD), GAT (Haag-Streit, İsviçre) ve NKT (Nidek NT-530, Japonya) idi. Çalışma süresince aynı tonometreler kullanıldı. TP ve GAT günlük, NKT ise aylık olarak üretici firmanın önerdiği şekilde kalibre edildi. Ölçümler aynı hekim tarafından, pupil dilatasyonu uygulanmadan önce, topikal anestetik (Alcaine, proparakain hidroklorid; Alcon, Fort Worth, Teksas, ABD) ve GAT için floresein boyasını (Norvatis floresein; Norvatis, Basel, İsviçre) takiben, her bir ölçüm arasında beş dakika aralık olacak şekilde, her cihaz için üçer kere yapıldı ve bu ölçümlerin ortalaması alındı. Tüm ölçümler dik oturur pozisyonda yapıldı. Ölçümler esnasında cihazların kullanılması sırası TP, GAT ve NKT şeklindeydi. Ardından santral kornea kalınlıkları (SKK) Pachymeter SP-3000 (Tomey, ABD) pakimetri cihazı kullanılarak tespit edildi ve SKK'ye göre Düzeltilmiş GİB=Ölçülen GİB-(SKK-545)/50x2,5 mmHg formülü kullanılarak hesaplandı.⁶

İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 17.0 versiyonu (IBM, ABD) programı ile yapıldı. Anlamlılık sınırı olarak $p < 0,05$ kabul edildi. Gruplar arasındaki karşılaştırma tek örneklem t testi ile yapıldı. Korelasyonlar Pearson testi ile araştırıldı. Uyum sınırı hesaplanırken ortalamadan 1,96 standart sapma değeri farkları kullanıldı. Farklar ve ortalamalar arasındaki ilişki Bland-Altman grafiği ile incelendi.

Bulgular

Çalışmaya toplam 78 birey dahil edilirken, 18 birey ölçüm yöntemlerinden en az birisine uyum sağlayamadığı için çalışma dışında bırakıldı.

Çalışmaya dahil edilen bireylerden 46'sı kız, 32'si erkekti. Hastaların yaş ortalaması $12,6 \pm 2,7$ (5-17 yaş arası) idi. Ortalama SKK $559,3 \pm 35,3$ μm olarak tespit edildi. Ortalama refraksiyon değerleri $-0,50 \pm 1,70$ D idi. Görme keskinliği Snellen eşeline göre ortalama $0,98 \pm 0,1$ (0,3 ile 1,0 arasında) seviyesindeydi.

Ortalama GİB, TP ile $12,1 \pm 2,2$ mmHg, GAT ile $15,7 \pm 2,5$ mmHg ve NKT ile $17,1 \pm 3,1$ mmHg olarak ölçüldü. Ortalamalar arasındaki farklar ve %95 uyum sınırları Şekil 1 ve Şekil 2'deki Bland Altman grafiği ile gösterilmiştir.

Yapılan incelemede SKK ile tüm ölçüm yöntemleri arasında pozitif korelasyon saptandı (TP ile: $p=0,007$, $r=0,305$; GAT ile $p<0,001$, $r=0,355$; NKT ile: $p<0,001$, $r=0,471$).

NKT-GAT ölçümleri arasındaki fark ile yaş karşılaştırması anlamlı ancak hafif derecede negatif korelasyon göstermekteydi ($p=0,048$, $r=-0,225$). TP-GAT ölçümleri arasındaki fark ile yaş karşılaştırması arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p=0,271$, $r=0,126$).

Tüm ölçüm yöntemleri kendi arasında anlamlı ve orta düzeyde korelasyon göstermekteydi (TP-GAT: $p<0,001$, $r=0,403$; NKT-GAT: $p<0,001$, $r=0,670$; NKT-TP $p<0,001$, $r=0,477$).

SKK değerleri açısından TP ve NKT ölçümlerinin GAT ölçümlerinden sapma miktarı arasında anlamlı bir korelasyon gözlenmedi ($p>0,05$).

TP-GAT ölçüm farkının anlamlı şekilde artan ortalama GİB değerleri ile orta seviyede pozitif korelasyon gösterdiği gözlemlendi.

($p < 0,001$, $r = 0,459$). Buna karşılık ortalama NKT-GAT farkı hafif seviyede anlamlı negatif korelasyon göstermekteydi ($p = 0,021$, $r = -0,260$) (Şekil 3).

Üç farklı yöntem ile yapılan ölçümlerin Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı 0,762 olarak tespit edildi. TP ile GAT arasındaki güvenilirlik katsayısı 0,571 olarak tespit edilmiş yani düşük güvenilirlikte bulunmuştur. NKT ile GAT ölçümleri arasında ise yeterli güvenilirlikte uyum gözlenmiştir (Cronbach alfa=0,793).

Tartışma

Pediatrik yaş grubunda yapılan karşılaştırma çalışmaları erişkin yaş grubuna oranla daha azdır. TP küçük yaş grubunda GAT ve NKT'ye göre daha kolay uygulanabilir olmasına rağmen çalışmamızın sonucunda TP ile yapılan ölçümlerin yanlış düşük ölçüme neden olabileceği ihtimalini ortaya koymuştur. Bu çalışmada NKT ve GAT ölçümleri ile yeterli güvenilirlikte

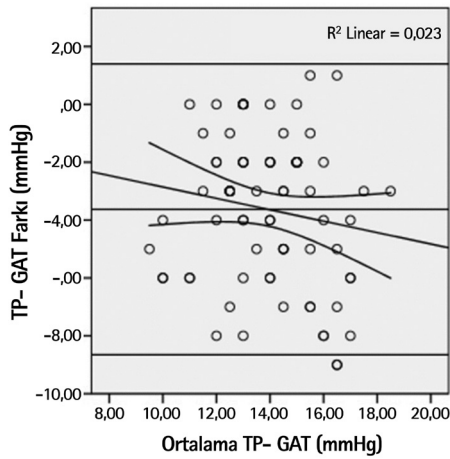
uyumlu bulunurken, TP ölçümleri düşük güvenilirlikte bulunmuştur. Ayrıca TP-GAT farkının artan GİB değerleri ile anlamlı olarak yükseldiği gözlenmiştir. Bu bulgu daha önce yapılan TP'nin GAT'ye göre özellikle 20 mmHg üzerindeki GİB ölçümlerinde anlamlı olarak daha düşük değerler verdiğini gösteren çalışma ile uyumludur.⁷

Başka çalışmalarda NKT'lerin GAT'ye göre daha yüksek değerler verdiği ve bu farkın artan SKK ile arttığı gösterilmiştir.⁸ Bizim çalışmamızda TP ve NKT ölçümlerinin GAT ölçümleri ile arasında oluşan fark SKK ile ilintisiz bulunmuştur, ancak artan GİB ile ilgili bulunmuştur. Alagöz ve ark.⁹ 2006'da yayınladıkları çalışmalarında GİB değerleri normal sınırlarda olan kişilerde de NKT ile yapılan ölçümlerde GAT yöntemine göre GİB'de anlamlı derecede yüksek değerler tespit etmişlerdir. Akman ve ark.¹⁰ normal GİB olan olgularda NKT ve GAT ile yapılan ölçümlerde benzer sonuçlar bulmuşlar ve NKT'yi bir tarama testi olarak önerirken yüksek değerlerin GAT ile doğrulanmasını önermişlerdir. Güler ve ark.¹¹ 2002 yayınladıkları benzer bir çalışmalarında NKT'nin GAT ile uyumlu olduğunu saptamışlar ve NKT'nin kolay tekrarlanabilen, güvenilir bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

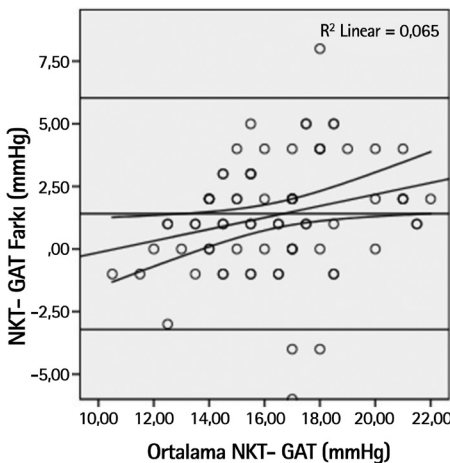
Feng ve ark.¹² 2015'de yayınladıkları 419 pediatrik olgu dahil ettikleri çalışmalarında da bizim sonuçlarımıza benzer sonuçlar elde etmişlerdir. NKT ile yapılan ölçümler GAT'ye göre hafifçe yüksek bulunmuştur. Lokal anestetik kullanılmaması nedeniyle NKT'nin tercih edilebileceği vurgulanmıştır.

Fakat Buscemi ve ark.¹³ ise 42 pediatrik hasta üzerinde yaptıkları çalışmalarında NKT'nin 9 yaş altı pediatrik olgularda GAT'ye kıyasla yanlış sonuçlar çıkartabileceğini ve bu yaş ve altında kullanılmamasının daha doğru olacağını savunmuşlardır.

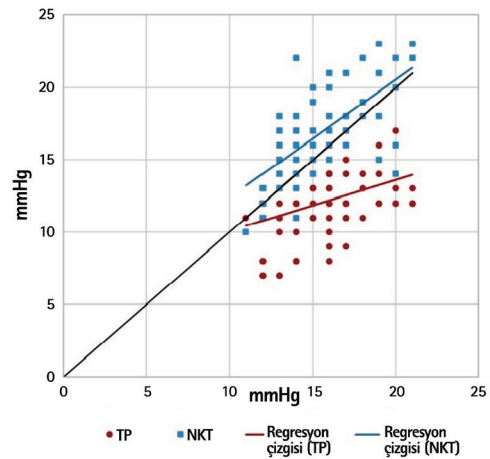
Daha önce yapılan bir çalışmada postürel değişiklikler nedeniyle oluşan farkların TP ve pnömotik tonometri ile yapılan ölçümlerde Goldmann tonometri ile yeterli güvenilirlikte tespit edilemediği gösterilmiştir.¹⁴ Bizim çalışmamızda tüm olgulardan oturur pozisyonda ölçüm alındığından pozisyonel değişiklik meydana gelmemiştir. Ancak Takanaka ve ark.¹⁵ hareketli



Şekil 1. Goldman aplanasyon tonometresi sonuçlarına göre Tono-Pen ile ölçülen göz içi basıncı hatalarını karşılaştıran Bland-Altman saçılım grafiği
TP: Tono-Pen, GAT: Goldman aplanasyon tonometresi



Şekil 2. Goldman aplanasyon tonometresi sonuçlarına göre non-kontakt tonometre ile ölçülen göz içi basıncı hatalarını karşılaştıran Bland-Altman saçılım grafiği
GAT: Goldman aplanasyon tonometresi, NKT: Non-kontakt tonometre



Şekil 3. Tono-Pen ile non-kontakt tonometre ölçüm sonuçlarının Goldman aplanasyon tonometresine ilişkisi. Ölçümler arasında anlamlı orta korelasyon mevcuttu

TP: Tono-Pen, NKT: Non-kontakt tonometre

çocuklarda yapılan ölçümlerde GİB ölçümlerinin güvenilirliğinin düşebileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle çalışmamıza ölçüm esnasında koopere olan, hareket etmeyen bireyler dahil edildi. Buna rağmen TP ölçümlerinde değil ama NKT ölçümlerinde ilerleyen yaş ile GAT-NKT arasındaki farkın anlamlı olarak azaldığı görülmüştür. Ayrıca öncelikle TP ölçümü alındığı için hastaların yeterince iyi uyum sağlayamadığı da düşünülebilir.

SKK ile GİB ölçüm değerleri arasındaki bağlantı daha önce pek çok çalışmada gösterilmiştir.^{16,17} Çalışmamızda kullandığımız tonometrelerin hiçbir SKK veya oküler rijidite, histerezis gibi GİB ölçüm değerleri üzerine etkisi olabilecek parametreler açısından değerlendirme imkanı sağlamadığından, analizde SKK'ya göre düzeltilmiş GİB değerlerini kullandık. Kullandığımız formül 2004'de Shih ve ark.⁶ tarafından, Orssengo ve Pye'nin¹⁸ *in vivo* olarak insan korneaları üzerinde yapmış olduğu, kornea elastisitesi ile doğru GİB ölçümü arasındaki bağlantıyı araştıran çalışmaları esnasında geliştirdikleri matematik formülünden üretilmiştir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızın limitasyonlarından biri de cihazların ölçüm sıralamasıdır. Korneal kompresyona veya aköz masajına bağlı muhtemel bir GİB değişikliğinin önüne geçmek kontakt ölçüm yapan iki tonometre bulunması nedeniyle mümkün değildi. Fakat sonuçlar beklenilen tam aksine iki kontakt tonometreden sonra ölçüm yapılan NKT ile en yüksek, ilk ölçüm yapılan TP ile en düşük seviyede idi. Dolayısıyla sıralamanın bu şekilde yapılması muhtemel sonuçları değiştirmemiştir. Fakat düşük bir ihtimal de olsa, başka bir sıralamayla daha da belirgin olacak farklılıkların daha düşük çıkmasına neden olmuş olabilir.

Çalışmamızda ortalama yaştan 12,6±2,7 yıl olması bir diğer limitasyondur. Pediatrik hasta popülasyonunda daha küçük yaş grubunu da kapsayan daha geniş kapsamlı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Sonuç

Altın standart GİB ölçüm yöntemi olarak kabul edilen GAT ile karşılaştırıldığında pediatrik hastalarda TP ve NKT ölçümleri GAT ile pozitif korelasyon göstermektedir. TP'nin GAT'ye göre daha düşük, NKT'nin ise daha yüksek değerler verdiği öngörüldüğünde hasta takiplerinde, tedavi düzenlemesi ve ameliyat kararlarında bu farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca bu çalışma ile pediatrik popülasyonda TP ölçümlerinin güvenilirliğinin NKT'ye göre daha düşük olduğu ve yüksek GİB değerlerinde bu farklılığın artabileceği gösterilmiştir.

Etik

Etik Kurul Onayı: Alınmıştır, Hasta Onayı: Alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: Muhsin Eraslan, Sena Sümme, Konsept: Muhsin Eraslan, Eren Çerman, Dizayn: Muhsin Eraslan, Eren Çerman, Veri Toplama veya İşleme: Sena Sümme, Analiz veya Yorumlama: Muhsin Eraslan, Eren Çerman, Literatür Arama: Muhsin Eraslan, Yazan: Muhsin Eraslan.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

1. Kass MA, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA, Keltner JL, Miller JP, Parrish RK, Wilson MR, Gordon MO. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. Arch Ophthalmol. 2002;120:701-713; discussion 829-730.
2. Kao SF, Lichter PR, Bergstrom TJ, Rowe S, Musch DC. Clinical comparison of the Oculab Tono-Pen to the Goldmann applanation tonometer. Ophthalmology. 1987;94:1541-1544.
3. Patel H, Gilmartin B, Cubbidge RP, Logan NS. In vivo measurement of regional variation in anterior scleral resistance to Schiøtz indentation. Ophthalmic Physiol Opt. 2011;31:437-443.
4. Gupta S, Sinha G, Sharma R, Nayak B, Patil B, Kashyap B, Shameer A, Dada T. Agreement between diurnal variations of intraocular pressure by Tono-Pen and Goldmann applanation tonometer in patients on topical anti-glaucoma medication. Int Ophthalmol. 2016;36:9-15.
5. Shousha SM, Abo Steit MA, Hosny MH, Ewais WA, Shalaby AM. Comparison of different intraocular pressure measurement techniques in normal eyes, post surface and post lamellar refractive surgery. Clin Ophthalmol. 2013;7:71-79.
6. Shih CY, Graff Zivin JS, Trokel SL, Tsai JC. Clinical significance of central corneal thickness in the management of glaucoma. Arch Ophthalmol. 2004;122:1270-1275.
7. Horowitz GS, Byles J, Lee J, D'Este C. Comparison of the Tono-Pen and Goldmann tonometer for measuring intraocular pressure in patients with glaucoma. Clin Exp Ophthalmol. 2004;32:584-589.
8. Kim NR, Kim CY, Kim H, Seong GJ, Lee ES. Comparison of goldmann applanation tonometer, noncontact tonometer, and TonoPen XL for intraocular pressure measurement in different types of glaucomatous, ocular hypertensive, and normal eyes. Curr Eye Res. 2011;36:295-300.
9. Alagöz G, Serin D, Elçioğlu M, Doğan U. Non-Kontakt, Goldmann Aplanasyon ve Schiøtz Tonometre Ölçümlerinin Karşılaştırılması. Fırat Tıp Dergisi. 2006;11:139-141.
10. Akman A, Yaylalı V, Ünal M, Sönmez M, Örgü Y. Nonkontakt tonometre ve Goldmann aplanasyon tonometresi ile yapılan GİB ölçümlerinin karşılaştırılması. MN Oftalmoloji. 1999;6:343-345.
11. Güler C, Kayıkçıoğlu O, Toprak B, Erkin E. Comparison of Nidek NT-3000 non-contact tonometer with Goldmann applanation tonometry. Turk J Ophthalmol. 2002;32:75-79.
12. Feng CS, Jin KW, Yi K, Choi DG. Comparison of Intraocular Pressure Measurements Obtained by Rebound, Noncontact, and Goldmann Applanation Tonometry in Children. Am J Ophthalmol. 2015;160:937-943 e931.
13. Buscemi M, Capoferri C, Garavaglia A, Nassivera C, Nucci P. Noncontact tonometry in children. Optom Vis Sci. 1991;68:461-464.
14. Barkana Y. Postural change in intraocular pressure: a comparison of measurement with a Goldmann tonometer, Tonopen XL, pneumatonometer, and HA-2. J Glaucoma. 2014;23:e23-28.
15. Takenaka J, Mochizuki H, Kuniyama E, Tanaka J, Kiuchi Y. Evaluation of rebound tonometer for measuring intraocular pressure at deviated angle and position. Curr Eye Res. 2011;36:422-428.
16. Shah S, Chatterjee A, Mathai M, Kelly SP, Kwartz J, Henson D, McLeod D. Relationship between corneal thickness and measured intraocular pressure in a general ophthalmology clinic. Ophthalmology. 1999;106:2154-2160.
17. Copt RP, Thomas R, Mermoud A. Corneal thickness in ocular hypertension, primary open-angle glaucoma, and normal tension glaucoma. Arch Ophthalmol. 1999;117:14-16.
18. Orssengo GJ, Pye DC. Determination of the true intraocular pressure and modulus of elasticity of the human cornea in vivo. Bull Math Biol. 1999;61:551-572.