

Normal Gözlerde Goldmann Applanasyon Tonometre ile Rebound Tonometri, Dinamik Kontur Tonometre, Tonopen XL'in Karşılaştırılması

Comparison of Rebound Tonometer, Dynamic Contour Tonometer, Tonopen XL with Goldmann Applanation Tonometer in Normal Eyes

Altan Atakan ÖZCAN¹, Emine ÇİLOĞLU², Ebru ESEN³, İsmail Hakkı ÜNDAR⁴, İnan HARBIYELİ⁵, Firas ŞİMŞEK⁶

ÖZ

Amaç: Bu klinik çalışmada Goldmann applanasyon tonometresi (GAT), Rebound tonometre (İcare), Dinamik kontur tonometre (Pascal DKT) ve TonoPen XL (TP) ile yapılan göz içi basınç ölçümlerinin (GİB) karşılaştırılması ve İcare, Pascal DKT, TP ile yapılan göz içi basınç ölçümleri üzerine santral kornea kalınlığının etkisini değerlendirmek amacıyla planlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Otuz dokuz sağlıklı birey çalışmaya dahil edildi. Olguların sırasıyla İcare, Pascal DKT, TP ve GAT ile GİB ölçümleri yapıldı. Ultrasonik pakimetri kullanılarak santral kornea kalınlığı (SKK) değerleri elde edildi. Ölçümlerin karşılaştırılması için yüzde değişim analizi, Pearson korelasyon analizi ile ortalama, standart sapma değerleri ve minimum-maksimum değerleri hesaplandı. İki farklı metod arasındaki uyumluluk Bland-Altman metodu kullanılarak değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmaya dahil edilen olguların ortalama yaşı 38±4 (30-45) idi. Ortalama SKK 528±16 µm (483-555 µm). Ortalama GİB; İcare ile ortalama 13.8±2.1 mmHg, Pascal DKT ile ortalama 14.0±2.2 mmHg, TP ile 14.0±3.4 mmHg, GAT ile ortalama 13.8±2.4 mmHg, olarak ölçüldü. Ölçümler arasında anlamlı farklılık görülmedi. İcare, Pascal DKT, TP ile yapılan ölçümlerin yüzde kaçının GAT ile elde edilen değerlerin ±3 mmHg aralığında olduğu araştırıldığında sırasıyla %66.6, %61.5, %56.4 değerler elde edildi. Bland-Altman analizinde düzeltilmiş GAT değerleri ile diğer tonometreler arasında uyum mevcuttu. SKK ile GİB değerleri arasında korelasyon saptanmadı.

Sonuç: Çalışmamızda tüm tonometrelerle elde edilen GİB değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmadı. İcare topikal anestezi gerektirmemesi, kullanımının kolay olması, ölçümün hızlı olması nedeniyle klinikte uygun bir tonometre yöntemi olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: İcare, pascal tonometre, tonopen, goldman applanasyon tonometre, santral korneal kalınlık.

ABSTARCT

Purpose: This clinical study was conducted to compare intraocular pressure (IOP) measurements by Goldmann applanation tonometry (GAT), Rebound tonometry (Icare), Dynamic Contour tonometer (Pascal) and TonoPen XL (TP), to evaluate the effect of central corneal thickness (CCK) on IOP measurements.

Materials and Methods: The study included 39 healthy subjects. IOP measurements were taken using Icare, Pascal, TP and GAT, respectively. CCK was measured with ultrasound pachymetry. To compare the measurements; the analysis of percentage change and Pearson correlation, the average, median, standart deviation and minimum-maximum values were calculated. The agreement between 2 different devices was assessed by use of the Bland-Altman method.

Results: The average CCK was 528±16 µm (483-555 µm). The mean IOP, with Icare was 13.8±2.1 mmHg, with Pascal DCT was 14.0±2.2 mmHg, with TP was 14.0±3.4 mmHg, with GAT was 13.8±2.4 mmHg. There was no significant difference statistically between the IOP measurements of all methods (p>0.05). The percentage of the Icare, Pascal DCT and TP readings, which were all within ±3 mmHg of the GAT readings were respectively 66.6%, 61.5%, 56.4%. There was an agreement between corrected GAT values and the other tonometry values on the Bland-Altman graphs. There was no correlation between IOP measurements and CCT.

Conclusion: In our study, there was no significant difference between the four methods of IOP measurements. Icare tonometry does not require topical anesthesia, is easy to use, the measurement is fast. So, it can be used as a relevant tonometry in clinical setting.

Key Words: Icare, pascal tonometry, tonopen, goldman applanation tonometry, central corneal thickness.

- 1- M.D. Professor, Cukurova University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology, Adana/TURKEY
ÖZCAN A.A., altanoz@gmail.com
- 2- M.D., Numune Training and Research Hospital, Eye Clinic, Adana/TURKEY
ÇİLOĞLU E., drciloglu@gmail.com
- 3- M.D. Asistant Professor, Cukurova University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology, Adana/TURKEY
ESEN E., ebrublg@yahoo.com
- 4- M.D., Cukurova University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology, Adana/TURKEY
ÜNDAR I.H., dr_ismailundar@hotmail.com
- 5- M.D., Ermenek State Hospital, Eye Clinic, Konya/TURKEY
HARBIYELİ I., inanharbiyeli@hotmail.com
- 6- M.D., Antakya State Hospital, Eye Clinic, Hatay/TURKEY
ŞİMŞEK F., firassimsek@gmail.com

Geliş Tarihi - Received: 08.04.2013

Kabul Tarihi - Accepted: 30.05.2013

Glo-Kat 2013;8:225-230

Yazışma Adresi / Correspondence Address: Emine ÇİLOĞLU
Numune Training and Research Hospital, Eye Clinic, Adana/TURKEY

Phone: +90 505 842 10 81

E-Mail: drciloglu@gmail.com

GİRİŞ

1950'den beri altın standart tonometri olarak kabul edilen Goldmann applanasyon tonometri (GAT)'nin santral korneal kalınlığından etkilendiği bilinmekte ve çeşitli formüllerle ve normogramlarla düzeltilmiş GİB değerleri elde edilebilmektedir.¹ Santral kornea kalınlığının tonometrik ölçümler üzerine etkisi ilk olarak Goldmann tarafından tanımlanmıştır. GAT korneal kalınlık, kurvatür, korneal yapı ve aksiyel uzunluk gibi birçok faktörden etkilenmektedir.

GAT sonrası çeşitli kısıtlılık ve avantajları tariflenmiş olan yeni tonometrik yöntemler geliştirilmiştir. Tono-Pen (TP), nonkontakt havalı tonometre, rebound tonometre (İcare), Dinamik kontur tonometre (Pascal DKT) ve ocular respons analizör (ORA) yeni uygulama alanı bulmuş tonometrik yöntemlerdir. Bu yeni tonometrik yöntemlerin doğruluğunu saptamak için Uluslararası Standard Organizasyonu (ISO) tarafından yeni bir standart geliştirilmiş. ISO standartlarına göre yeni tonometre ile ölçülen GİB düzeyi, altın standart olan GAT ile kıyaslandığında ± 5 mmHg ve ± 1.96 SD aralığında olmalıdır.²

Çalışmamızda sağlıklı gözlerde GAT, İcare, Pascal DKT ve Tonopen ile yapılan GİB ölçümleri karşılaştırılmakta ve ölçümler üzerinde SKK'nın etkisi araştırılmaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Prospektif olarak gerçekleştirilen çalışmamızda normal popülasyondan toplam 39 sağlıklı kişi değerlendirilmeye alındı. Helsinki deklarasyonuna uygun olarak hastalardan aydınlatılmış onam ve rıza alınarak hastalar çalışmaya dahil edildi. Tüm hastalarda en iyi düzeltilmiş görme keskinliği, refraksiyon kusuru, ön segment yarıık lamba muayenesi ve 90 diyoptri ile fundus muayenesi gerçekleştirildi. >3 diyoptri astigmatizması olan, korneal patolojisi olan, korneal cerrahi geçirmiş, oküler inflamasyonu olan, kontakt lens kullanıcıları, bilinen glokom hastalığı ve glokom şüphesi olan hastalar çalışma dışında bırakıldı.

Rebound tonometri İcare TA01(Helsinki Finland), Pascal DKT (Ziemer, İsviçre), TP (Medtronic Solan Tono-Pen XL Applanasyon tonometre, ABD) ve Applanasyon tonometri (Haag-Streit AT 900, İsviçre) kullanılarak GİB ölçümleri yapıldı. Ölçümler aynı kişi tarafından her ölçüm arasında en az 15 dakika ara verilerek yapıldı. Öncelikle İcare ile ölçüm yapıldıktan sonra korneaya topikal anestezi (%0.05 proparakain hidroklorür) damlatılarak GİB'leri sırasıyla DKT, TP ve GAT ile ölçüldü.

İcare tonometri paslanmaz çelik probu 50 mm uzunluğunda olup, 1.4-1 mm çaplı 2 adet koaksiyel mıknatıs sistemi içerir.

Prob korneaya 4-8 mm mesafede hareket eder. Probu hareketiyle gerçekleşen korneal temasla manyetik sistemde oluşan voltaj, sensor aracılığı ile saptanarak, dijital bir sinyale dönüştürülür. Ölçülen değerler cihaz üzerinden okunur. Prob tipi plastik bir sistem ile örtülü olup, korneal hasar riski en aza indirilmiştir. İcare ile her göz için ortalama 6 kere ölçüm yapıldı ve ortalama değer kaydedildi.

Dinamik Kontur Tonometre 10.5 mm çaplı kornea ile uyum gösteren konkav yüzeye sahip olup, 7 mm çapında temas alanı oluşturur. Tonometrenin silikon başlıkla korunan ve basınç algılayıcı bölümü, "Sensotrip" olarak adlandırılır. Minyatür piezo elektrik basınç algılayıcısı 1.7 mm çapındadır. Korneada deformasyon oluşturmadan çok sayıda GİB ölçümü yaparak ortalamasını alır. Basınç ölçümü yapan bölüm bir dirsek yardımıyla ana üniteye bağlanmıştır. Ana ünite üzerinde ölçüm sonuçlarını gösteren LCD ekran bulunur. DKT ile yapılan her ölçümde tonometre ucundaki steril kılıf (Pascal Sensor Caps Swiss Microtechnology AG, Port; Switzerland) yenilendi. DKT'nin kontrol düğmesi saat yönünde 10 derece çevrilerek cihaz ölçüme hazır duruma getirildi. Hasta gözünü birkaç defa kırptıktan sonra, yandan bakılarak DKT'nin ucu korneanın tepe noktasına doğru yaklaştırıldı. LCD ekranın ikinci satırında 'recording' yazısı çıktıktan sonra DKT'nin ucu korneaya temas ettirildi. Tonometre ucu santralize edilerek temas alanının koyu ve sirküler bir şekil alması sağlandı ve en az 5 sinyal sesi duyulduktan sonra kornea yüzeyinden uzaklaştırılarak ölçüm tamamlandı. DKT ile 3 ölçüm yapılarak elde edilen GİB değerlerinin ortalamaları kaydedildi.

TP ile GİB ölçümü yapılırken TP açma tuşuna iki kez basılarak kalibre edildi. Her ölçüm öncesi TP ucuna steril kılıf (Ocu-Film Tono-Pen Tip Covers Medtronic Ophthalmics, USA) takıldı. Açma tuşuna bir kez basılarak ölçüme hazır hale getirilen TP, topikal anestezi sonrası ölçüm yapılacak gözün kornea tepe noktasına yavaşça değdirilerek ölçüm gerçekleştirildi. Yapılan ölçümler ekrandan okundu. Aralarında 3 mmHg'dan fazla fark olmayan 3 ölçümün ortalaması alınarak kaydedildi.

GAT ile ölçüm yapmadan önce sodyum floresin kağıt (Haag-Streit International Fluorescein Paper, Switzerland) ile gözyaşı film tabakası boyandı. Tüm ölçümler aynı gözlemci tarafından yapıldı.

Ultrasonik pakimetri (Tomey Pachy Meter SP-3000, Japan) kullanılarak santral kornea kalınlığı ölçüldü. Ölçüm yapılacak göze 1 damla %0.05 proparakain hidroklorür damlatıldıktan sonra, olgu karşısındaki fiksasyon noktasına bakarken pakimetri probu kornea santraline yerleştirilip, on ölçümün ortalaması alındı.

Tablo 1: Göz içi basınç değerleri ve santral kornea kalınlığı.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
TonoPen	39	9.0	22.0	14.051	3.4789
Pascal DKT	39	9.1	18.1	14.059	2.2253
İcare	39	11	17	13.82	2.101
GAT	39	9	17	13.87	2.408
Düzeltilmiş GAT	39	9	20	14.21	2.615
Korneal Kalınlık (mikron)	39	483	555	528.79	16.924

GAT; Goldmann Applanasyon Tonometre, DKT; Dinamik Kontur Tonometre.

Tablo 2: GAT değerlerinin ± 3 mmHg aralığındaki ölçümlerin yüzdesi.

	%
İcare	66.6
Pascal	61.5
TP	48

Diurnal varyasyonların etkisini minimize etmek için ölçümler sabah 8.30-12.00 saatleri arasında yapıldı. Tüm ölçümlerin ortalama, standart deviasyon değerleri belirlendi.

Düzeltilmiş GAT değeri altın standart olarak kabul edildi. Düzeltilmiş GAT değeri Doughty ve Zaman tarafından belirtilen formülle hesaplandı. Buna göre düzeltilmiş $GAT = \text{ölçülen GAT} - [(\text{SKK} - 535) \times (2.5/50)]$.

İstatistiksel analizler SPSS 15.0 ve Med Calc 12.0 paket programları kullanılarak yapıldı ve analizlerde 0.05 klinik anlamlılık seviyesi olarak kabul edildi. Öncelikle bütün ölçümlerin tanımlayıcı istatistikleri hesaplandı. Yüzde değişim analizi, intraklas korelasyon, Pearson korelasyon analizi ve Mann-Whitney testleri ile ortalama, medyan, standart sapma değerleri ve minimum-maksimum değerleri hesaplandı. İkinci aşama olarak Med Calc 12.0 ile ölçümlerin Bland-Altman grafik analizi x eksenine ortalama ölçüm y eksenine ölçümleri farkı yerleştirilerek 2 farklı yöntem arasındaki uyumluluk değerlendirildi.

BULGULAR

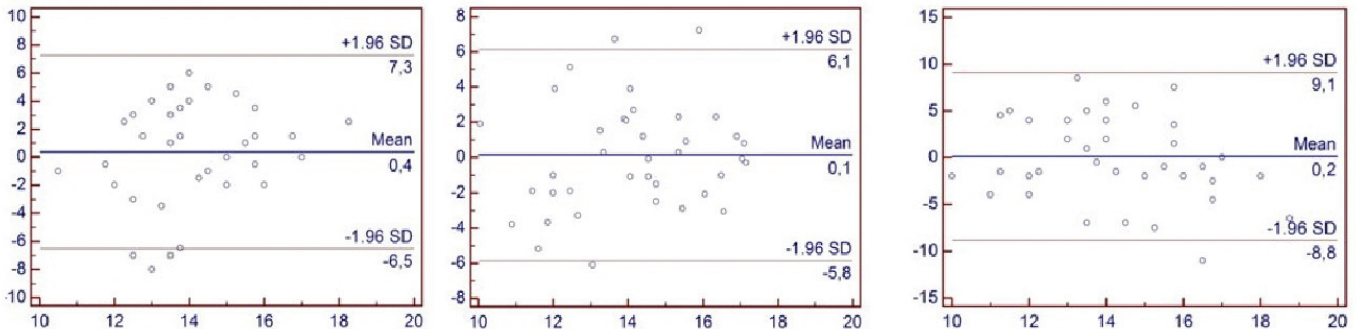
Çalışmaya dahil edilen olguların ortalama yaşı 38 ± 4 (30-45) idi. Ortalama SKK 528 ± 16 μm (483-555 μm) idi. Ortalama GİB; İcare ile ortalama 13.8 ± 2.1 mmHg, Pascal DKT ile ortalama 14.0 ± 2.2 mmHg, TP ile 14.0 ± 3.4 mmHg, GAT ile ortalama 13.8 ± 2.4 mmHg olarak ölçüldü.

Tüm ölçümlerin ortalama, minimum, maksimum, standart deviasyon değerleri, ortalama SKK ve düzeltilmiş GAT değerleri tablo 1'de sunulmaktadır.

Tonometreler ile ölçülen GİB ortalamaları karşılaştırıldığında; tüm ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı. (GAT ile İcare arasında $p=0.926$, GAT ile Pascal arasında $p=0.686$, GAT ile TP arasında $p=0.804$). GİB ölçümlerinin birbirleri ile olan ilişkileri Pearson korelasyon testi ile analiz edildi. GAT ile İcare arasında 0.320, GAT ile Pascal arasında 0.234, GAT ile TP arasında 0.137 korelasyon değerlerine göre ölçümler arasında doğrusal korelasyon olmadığı görüldü.

İcare, Pascal DKT, TP ile yapılan ölçümlerin yüzde kaçının GAT ile elde edilen değerlerin ± 3 mmHg aralığında olduğu araştırıldığında elde edilen değerler sırasıyla; %66.6, %61.5, %48 idi (Tablo 2).

GAT değerlerinin ± 5 mmHg aralığının dışında olanların yüzdesi ise İcare ile %10.2, Pascal DKT ile %12, TP ile %23 idi.



Grafik: 'Blant-Altman' analizi ile tüm olgularda düzeltilmiş Goldmann applanasyon tonometri ile diğer tonometriler arasındaki ölçüm farklarının, ortalama ölçüm değerlerine göre dağılımı.

İki farklı yöntem arasındaki uyum, ölçümlerin güven aralığındaki dağılımı Bland-Altman analizi ile değerlendirildi. Burada altın standart kabul edilen düzeltilmiş GAT değeri ile diğer yöntemler karşılaştırıldı. y aksında iki yöntem ile ölçülen değerlerin farkı, x aksında ise iki yöntem ile ölçülen değerlerin ortalaması olacak şekilde analiz yapıldı. Buna göre İcare ve düzeltilmiş GAT arasındaki farkın ortalaması 0.4 mmHg (%95 uyum limiti aralığı +7.3 -6.5 mmHg), Pascal DKT ile düzeltilmiş GAT arasındaki farkın ortalaması 0.1 mmHg (%95 uyum limiti aralığı +6.1-5.8 mmHg), düzeltilmiş GAT ile TP arasındaki farkın ortalaması 0.2 mmHg (%95 uyum limiti aralığı +9.1-8.8 mmHg) olarak ölçüldü (Grafik).

GİB değerlerinin SKK ile olan ilişkisini değerlendirmek için Pearson korelasyon analizi kullanıldı. Ölçümler ile SKK arasında korelasyon kurulamadı.

TARTIŞMA

GİB'nin kolay, güvenilir ve doğru ölçümü glokomu olan veya glokom şüphesi olan olguların tanı ve takibinde önemlidir. GİB ölçümünde Goldmann ve Schmidt'in geliştirdikleri GAT genel kabul görmüş ve günümüze kadar altın standart yöntem olarak kullanılmıştır. Ancak zaman içinde yapılan araştırmalarda GAT ölçümlerinin kornea kalınlığı ve kornea kurvatüründen etkilendiği saptanmıştır.³⁻⁵

GAT'nin ince kornealarda hatalı düşük ölçüm yaptığı, kalın kornealarda ise hatalı yüksek ölçüm yaptığı tesbit edilmiştir.⁶ Bunun sonucunda, kalın korneaya sahip oküler hipertansiyon olgularına glokom tanısı konup, gereksiz ilaç tedavisi başlanabileceği gibi, aksine ince korneaya sahip olgularda ve refraktif cerrahi uygulanmış kornealarda da GİB'nin hatalı düşük ölçülmesinin glokom tanısı konmasında güçlükler neden olabileceği de ortaya konmuştur.^{7,8}

Bu bilgiler sonucunda; GAT ile ölçülen GİB'nin olgunun kornea kalınlığında göz önüne alınarak düzeltilmesi önerilmektedir. Bu öneri hem klinisyenin işini güçleştirmekte, hem de kullanılacak düzeltme açısından karışıklıklar ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle doğrudan GİB ölçümü yapabilen yeni tonometrelerin arayışına neden olmuştur. Bu amaçla geliştirilen yeni tonometrik yöntemler; Tono-Pen (TP), nonkontakt tonometreler, rebound tonometri (İcare), Dinamik kontür tonometri (Pascal DKT) ve oküler response analizör (ORA)'dır.

TP ve Pascal DKT'nin korneaya ait değişkenlerden daha az etkilenecek GİB ölçümü yaptığı ileri sürülmektedir.⁹ DKT, korneaya tam temas ederek, düzeltme yapmadan, sürekli ve doğrudan GİB ölçerken, TP kornea yüzeyinde GAT'ye göre daha küçük bir alanda düzeltme oluşturarak GİB ölçmektedir.⁹

Çoğu araştırmacı TP'nin normal sınırlarda tutarlı GİB ölçüm yaptığını düşünmektedir.¹⁰ TP'nin skarlı, düzensiz kornealarda ve yumuşak kontakt lens üzerinden ölçüm yapabilmesi önemli avantajlarından. Fakat GİB'yi düşük değerlerde olması gerekenden yüksek ve yüksek değerlerde olması gerekenden düşük ölçtüğünü gösteren çalışmalar da mevcuttur.^{10,11}

Pascal DKT ise kornea ile tam yüzey teması sağlanarak, düzeltme yapmadan, sürekli ve doğrudan GİB ölçümü yaptığı iddia edilen bir tonometredir.¹² DKT'nin önemli dezavantajlarından biri iyi hasta kooperasyonu ve ölçüm süresince daha uzun süre oküler fiksasyon gerektirmesidir. Yeterli kooperasyonu olmayan çocuk ve yaşlı hastalar, nistagmusu bulunan ve az gören hastalarda ölçüm yapmak zordur.^{13,14}

Literatürde DKT ve GAT ile yapılan çalışmalarda; bu iki tonometrenin ölçümleri

arasında yüksek korelasyon olduğu saptanmıştır.^{7-15,16} Literatürdeki çalışmalarda ulaşılan sonuç; DKT'nin GAT'ye göre GİB daha yüksek ölçtüğüdür. Pache ve ark.,¹⁷ 100 olguluk serilerinde DKT ve GAT ile yaptıkları ölçümleri karşılaştırmışlar ve aralarındaki ortalama basınç farkını 1 mmHg olarak bulmuşlardır. Kaufmann ve ark.,¹⁸ 228 olguyu değerlendirdikleri çalışmalarında DKT ile GAT arasındaki farkın ortanca değerini 1.7 mmHg olarak tesbit etmişlerdir. Schneider E. ve Grehn F.¹⁹ ise 100 sağlıklı gözde yaptıkları ölçümlerde DKT ortalamasını 17.95±2.52 mmHg, GAT ortalamasını ise 15.61±3.46 mmHg olarak ölçmüşler ve aralarındaki ortalama farkı 2.34 mmHg, ortanca farkı ise 1,8 mmHg olarak bulmuşlardır. Salvétat ve ark.,⁹ DKT, GAT ve TP'yi değerlendirdikleri araştırmalarında DKT'nin GAT'den anlamlı olarak yüksek ölçüm yaptığını (3.2±2.4 mmHg) ve GAT ile kıyaslanan TP'nin istatistiksel olarak anlamlı olmasa da düşük GİB seviyelerinde (<24 mmHg) daha düşük, yüksek GİB seviyelerinde ise (>24 mmHg) daha yüksek ölçmeye meyilli olduğunu saptamışlardır.

Iester ve ark.,²⁰ yaptıkları çalışmada olguların %62'sinde TP ile GAT 'nin benzer sonuçlar gösterdiğini, değerler arasında önemli korelasyon olduğunu, sonuç olarak TP' nin tarama amacıyla kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda ise ortalama GİB, DKT ile 14.0±2.2 mmHg, GAT ile 13.8±2.1 olarak saptandı. Ortalamalar arasındaki fark 0.18±2.8 mmHg olup istatistiksel olarak anlamlı görülmedi. TP ile ortalama GİB 14.0±3.4 mmHg olup, GAT ile ortalamaları arasındaki fark olan 0.17±4.4 mmHg istatistiksel olarak anlamlı değildi. Her 3 metodla elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olduğu görüldü.

İcare tonometresi, küçük, hafif, taşınabilir, kullanımı basit, biomikroskop ve lokal anestezi gerektirmeden ölçüm yapılabilmesini sağladığından günlük pratik uygulamada oldukça kullanışlı bir cihazdır.

Özellikle transport problemi olan yaşlı hastalarda, kooperasyon kurulamayan çocuklarda, fiziksel problemleri nedeniyle baş pozisyonu verilmesi sorunlu hastalarda ve çukur gözlerde İcare kolaylık sağlamaktadır. Hastaların kendi başına ölçüm yapabilmelerini mümkün kılmaktadır.

İcare ile GAT yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çok çalışma mevcuttur. Çalışmaların sonucuna göre genel olarak Rebound tonometri ile GAT'ye göre 0.1 ila 3.36 mmHg aralığında değişen oranlarda daha yüksek GİB elde edilmektedir.^{21,22} Bu farklılık, ölçümün hastalar tarafından yapılması yada teknisyenin tecrübesinden etkilenmesine bağlanmaktadır.

Vandevall ve ark.,²³ glokomlu hastalarda yaptıkları çalışmada İcare ve GAT ile ölçülen ortalama GİB arasında anlamlı farklılık gösterilememiştir. Munkwitz ve ark.,²⁴ İcare ile GAT arasında yüksek korelasyon saptamışlar. Pakrou ve ark.,²⁵ 292 gözde yaptıkları çalışmada GAT ile GİB ort 18.2 mmHg, İcare ile ort 17.6 mmHg olarak ölçülmüş, aralarında yüksek derece korelasyon (r:0.95) saptanmıştır.

Çalışmamızda İcare ile ortalama GİB 13.8±2.1 mmHg olarak ölçüldü. GAT ile karşılaştırıldığında ortalamaları arasındaki fark 0.05±3.4 mmHg idi. İcare ile elde edilen GİB değerleri ile GAT ile ölçülen değerler birbirlerine çok yakın değerler olup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı.

Çalışmamızda diğer çalışmalarda^{23-25,26} olduğunun aksine İcare ile GAT değerleri arasında doğrusal bir korelasyon kurulamadı. Ancak Vandevall ve ark.,²³ yaptığı çalışmaya benzer şekilde GAT ile ölçülen değerlerin ±3 mmHg aralığına İcare ile yapılan ölçümlerin %66.6'sının uyduğu saptandı. Sadece %10.2 lik bir değer ±5 mmHg aralığının dışında kaldığı görüldü.

Çalışmamızda tüm tonometrik yöntemlerin SKK'ndan etkilenip etkilenmediğini araştırdığımızda Tonopen, DKT, İcare ile SKK arasında korelasyon kurulamadı. Bland-Altman analizinde Goldmann Applanasyon ile diğer yöntemler karşılaştırıldığında uyumlu bir dağılım elde edilemedi. Ancak düzeltilmiş Goldmann applanasyon değerleri ile karşılaştırıldığında değerler arasında uyumlu dağılım olduğu görüldü. Bu da bize İcare, TP ve Pascal tonometrilerin SKK kalınlığından etkilenmediğine işaret edebilir.

Chui ve ark.,²⁷ çalışmalarında bizim çalışmamızla aynı sonuca varmıştır. Pakrou ve ark.,²⁵ ile Brusini ve ark.,²⁸ bizim deneyimize benzer şekilde, İcare ölçümlerinin GAT düzeltilmiş değerleriyle uyumlu olarak yüksek oranda örtüştüğünü, ancak farklı olarak İcare değerlerinin SKK değerleriyle uyumlu olarak değişiklik gösterdiğini saptamışlardır.

Literatürde her 100 µm SKK artışında rebound tonometre ile ölçülen GİB'nda; Marini ve ark.,²⁹ 4.6 mmHg, Poostchi ve ark.,³⁰ 3 mmHg, Brusini ve ark.,²⁸ 7 mmHg, Şahin ve ark.,³¹ 8 mmHg artış tespit etmişlerdir. Schneider ve Grehn¹⁹ prospektif olarak 100 gözde yaptıkları ölçümlerde SKK'daki her 100 mikronluk artış ile lineer olarak GAT ile yapılan ölçümlerde 4.5 mmHg'lık artış olduğunu görmüşler, bununla birlikte DKT ve SKK arasında korelasyon saptamamışlardır.

Kampeter ve ark.,¹⁵ ortalama SKK'sı 546,25±37.6 µm (436-675 µm) olan 126 olgunun 176 gözünde yaptıkları ölçümlerde DKT'nin SKK'dan etkilenmeden ölçüm yaptığını, GAT'nin ise SKK ile istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gösterdiğini bulmuşlardır. Ancak, bu çalışmaların aksine Barleon ve ark.,³² 66'sı normal 131'i glokomatöz toplam 197 gözde yaptıkları incelemede GAT ve DKT ile SKK arasında korelasyon saptamamışlardır. Araştırmacılar özellikle GAT ile elde ettikleri bu bulgunun ölçüm yaptıkları gözlerin SKK ortalamasının normale yakın olması, ince ve kalın kornealı olgu sayısının azlığı ile açıklanabileceği bildirmişlerdir.

Sonuç olarak çalışmamızda İcare, Pascal, TonoPen ve GAT ile yapılan ölçümler arasında anlamlı farklılık saptanmadı. Elde edilen ortalama GİB değerlerin birbirlerine çok yakın düzeyde olduğu görüldü. Bu tonometrik yöntemler arasında İcare tonometrenin topikal anestezi ve hasta uyumu gerektirmemesi nedeniyle diğer yöntemlere göre tarama çalışmalarında ve klinikte güvenle kullanılabilmesi kanaatine varmaktayız. Ancak çalışmamızda olgu sayısının az olması nedeniyle daha fazla sayıda ve geniş hasta serileri ile yapılacak çalışmalarla desteklenmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. European Glaucoma Society. Terminology and Guidelines for Glaucoma, 3rd ed. 2008;61-6.
2. Ruokonen PC, Schwentek T, Draeger J. Evaluation of the impedance tonometers TGDC-01 and İcare according to the international ocular tonometer standards ISO 8612. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2007;245:1259-65.
3. Mark HH, Mark TL. Corneal astigmatism in applanation tonometry. Eye 2003;17:618-18.
4. Walton DS. Primary congenital open angle glaucoma: a study of the anterior segment abnormalities. Trans Am Ophthalmol Soc 1979;77:746-68.
5. Leon WH. Measuring intraocular pressure-adjustments for corneal thickness and new technologies. Current Opinion in Ophthalmology 2006; 17:115-9.
6. Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. Surv Ophthalmol 2000;44:367-408.
7. Kaufmann C, Bachmann L, Thiel MA. Intraocular pressure measurements using dynamic contour tonometry after laser in situ keratomileus. Invest Ophthalmol Vis Sci 2003;44:3790-4.

8. Siganos DS, Papastergiou GI, Moedas M. 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.
9. Salvétat ML, Zeppieri M, Tosoni C, et al. Comparisons between Pascal dynamic contour tonometry, the Tono-Pen, and Goldmann applanation tonometry in patients with glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:272-9.
10. Beaumont P, Kang K. Tono-Pen tonometry. *Br J Ophthalmol* 1993;77:754-70.
11. Midelfart A, Wiggers A. Clinical comparison of the ProTon and Tono-Pen tonometers with the Goldmann applanation tonometer. *Br J Ophthalmol* 1994;78:895-8.
12. Hitchings R. Normal-tension glaucoma. In: Janoff M, Duker JS. (Eds.). *Ophthalmology*. 2nd ed. St Louis: Mosby Co; 2004:1488-90.
13. Kotecha A. What biomechanical properties of the cornea are relevant for the clinician? *Surv Ophthalmol* 2007;52:109-14.
14. Erdurmuş M, Hepşen İF. Paskal dinamik kontur tonometre. *Glo-Kat* 2007;2:143-8.
15. Kampeter BA, Jonas JB. Dynamic contour tonometry for intraocular pressure management. *Am J Ophthalmol* 2005;140:318-20.
16. Ku JF, Danesh-Meyer HV, Craig JP, et al. Comparison of intraocular pressure by Pascal dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry. *Eye* 2006;20:191-8.
17. Pache M, Wilmeyer S, Lautebach S, et al. Dynamic contour tonometry versus Goldmann applanation tonometry: a comparative study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243:763-7.
18. Kaufmann C, Bachmann L, Thiel MA. Comparison of the dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:3118-21.
19. Schneider E, Grehn F. Intraocular pressure measurement-comparison of dynamic contour tonometry and goldmann applanation tonometry. *J Glaucoma* 2006;15:2-6.
20. Iester M, Mermoud A, Achache F, et al. Nem Tonopen XL: Comparison with the Goldmann tonometer. *Eye (Lond)* 2001;15:52-8.
21. Fernandes P, Diaz-Rey JA, Querios A et al. Comparison of the Icare rebound tonometer with the Goldmann tonometer in normal population. *Ophthalmic Physiol Opt* 2005;25:436-40.
22. Rehnman JB, Martin L. Comparison of rebound and applanation tonometry in the management of patients treated for glaucoma or ocular hypertension. *Ophthalmic Physiol Opt* 2008;28:382-6.
23. Vandewalle E, Vandenbroeck S, Stalmans I et al. Comparison of Icare, dynamic contour tonometer, and ocular response analyzer with Goldmann applanation tonometer in patients with glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2009;19:783-9.
24. Munkwitz S, Elkarmouty A, Hoffmann M, et al. Comparison of the iCare rebound tonometer and the Goldmann applanation tonometer over a wide IOP range. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008;246:875-9.
25. Pakrou N, Gray T, Mills R, et al. Clinical Comparison of the Icare Tonometer and Goldmann Applanation Tonometry. *J Glaucoma* 2008;17:43-7.
26. Asrani S, Chatterjee A. Evaluation of the Icare rebound tonometer as a home intraocular pressure monitoring device. *J Glaucoma* 2011;20:74-9.
27. Chui W, Lam A, Chen D. The influence of corneal properties on rebound tonometry. *Ophthalmology* 2008;115:80-4.
28. Brusini P, Salvétat M.L, Zeppieri M. Comparison of Icare tonometer with Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients. *J Glaucoma* 2006;15:213-7.
29. Marini M, Pozzo S, Accardo A, et al. Comparing applanation tonometry and rebound tonometry in glaucomatous and ocular hypertensive eyes. *Eur J Ophthalmol* 2011;21:25-63.
30. Poostchi A, Mitchell R, Nicholas S, et al. The Icare rebound tonometer: comparison with Goldmann tonometry, and influence of central corneal thickness. *Clin Exp Ophthalmol* 2009;37:687-91.
31. Şahin A, Niyaz L, Yıldırım N. Comparison of the rebound tonometer with the Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients. *Clin Exp Ophthalmol* 2007;35:335-9.
32. Barleon L, Hoffmann EM, Berres M, et al. Comparison of dynamic contour tonometry and goldmann applanation tonometry in glaucoma patients and healthy subjects. *Am J Ophthalmol* 2006;142:583-90.