

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
GÖZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

**DİNAMİK KONTUR TONOMETRE, NONKONTAKT
TONOMETRE, TONOPEN VE GOLDMANN APLANASYON
TONOMETRESİ İLE YAPILAN GÖZ İÇİ BASINCI
ÖLÇÜMLERİNE KORNEAL, REFRAKTİF VE BİYOMETRİK
PARAMETRELERİN ETKİSİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. ERAY ESER

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. ESİN F. BAŞER

MANİSA 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
I. GİRİŞ	1
II. GENEL BİLGİLER	3
1. Goldmann Aplanasyon Tonometresi	3
2. Tonopen	9
3. Nonkontakt Tonometre	12
4. Dinamik Kontur Tonometre	15
III. GEREÇ ve YÖNTEM	19
IV. BULGULAR	22
V. TARTIŞMA	33
VI. SONUÇ ve ÖNERİLER	44
VII. ÖZET	46
VIII. İNGİLİZCE ÖZET	48
IX. KAYNAKLAR	50

GİRİŞ

Glokom, optik sinir başında atrofi ve çukurlaşmayla ve tipik görme alanı kayıpları ile karakterize, kronik, yavaş progresif bir optik nöropatidir. Önemli toplum sağlığı sorunlarından olan bu tablo Amerika Birleşik Devletlerinde yasal körlük nedenleri arasında diyabetik retinopatiden sonra ikinci sırada yer almaktadır (1). Glokomda başlıca risk faktörü göz içi basıncı (GİB) yüksekliğidir. Glokomun tanı ve takibinde, uygulanan medikal veya cerrahi tedavinin etkinliğini değerlendirmede GİB'nin periyodik olarak ve doğru bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir (2).

Günümüzde GİB ölçümünde kullanılan altın standart cihaz Goldmann applanasyon tonometresidir (GAT). Yaklaşık 50 yıl önce Goldmann tarafından tarif edilen bu tonometrede gözün kuru, ince duvarlı, sferik yapıda olduğu ve santral kornea kalınlığının (SKK) 520µm olduğu varsayılmıştır (3). Ancak son yıllarda SKK'nın oküler hipertansif (OHT) olgularda normalden daha kalın, normotansif glokomlu olgularda ise daha ince bulunması, gerçek GİB değerini saptarken SKK'nın da göz önünde bulundurulması gerekliliğini göstermiştir (2, 4, 5). Ayrıca SKK sağlıklı normal bireyler arasında da oldukça değişkenlik gösterebilmektedir.

Göz polikliniklerinde rutin GİB ölçümünde, fluoressein boyası ve topikal anestezi gerektirmemesi gibi sebeplerden dolayı, en sık tercih edilen tonometre, nonkontakt tonometredir (NKT). Ancak bu tonometre de SKK'dan en az GAT kadar etkilendiğinden SKK'ı normalden ince veya kalın hastalarda doğru sonuçlar vermemektedir (6-8). Diğer bir tonometre, Tonopen ise taşıma kolaylığı, biyomikroskopa ihtiyaç duymaması ve uygulama kolaylığı ile oftalmoloji pratiğine girmiştir (9,10).

Tüm dünyada ve ülkemizde refraktif cerrahi uygulamaları hızla artmaktadır. Bu hastalarda gelecekte beklenen önemli bir problem kornealarının incemiş olması nedeniyle glokom tanı ve takibinde doğacak sorunlardır (11). Yukarıda bahsedilen ve rutin pratikte kullandığımız tonometrelerin ince kornealı gözlerde normalden düşük ölçüm yapabilme

potansiyeli birçok çalışmayla gösterilmiştir (12). Son yıllarda geliştirilmiş olan Paskal Dinamik Kontur Tonometrenin (DKT) SKK'dan etkilenmeden standart bir ölüm sağladığı iddia edilmektedir (13).

Bu tezde, OHT olgularda ve sağlıklı bireylerde GAT, DKT, NKT ve Tonopen ile llen GİB değerleri karşılaştırılmış ve bu ölümlerin korneal, refraktif ve biyometrik parametrelerden etkilenip etkilenmediği araştırılmıştır. Böylelikle DKT'nin rutin uygulamalarda ve glokom pratiğinde diğer tonometrelere üstünlüğü olup olmadığının araştırılması hedeflenmiştir.

GENEL BİLGİLER

1. Goldman Aplanasyon Tonometresi (GAT)

GAT Imbert - Fick prensibine göre çalışır. Esnek bir kürenin içindeki basınç, kürenin belli bir alanını düzleştirmeye yarayan kuvvetle orantılıdır. Bu kanunda küre içindeki basınç (P), dışarıdan küreye uygulanan kuvvetin (F) küre yüzeyinde düzleşen alana (A) bölümüne eşittir ve $P=F/A$ şeklinde ifade edilir.

Bu kanunun geçerli olması için küre sferik, kuru, ince ve esnek olmalıdır. Kornea bu yönlerden eksiktir, zira asferik ve ıslaktır; ayrıca yeterli incelik ve esneklikte değildir. Prekorneal gözyaşı filminin oluşturduğu ıslaklık yüzey gerilimine neden olur. Ayrıca korneanın iç yapısından kaynaklanan nedenlerle esnekliğinin tam olmaması da korneayı içten dışa doğru iten bir güç oluşturmaktadır. Goldman'ın klinik çalışmaları, düzleştirilen alanın çapı 3.06 mm olduğunda, basınç ölçümünde etkili olan diğer güçlerin birbirini dengelediğini göstermiştir (3). Sonuçta 3.06 mm çapındaki alan düzleştirilmesi için gereken güç ile düzleştirilen alanın çarpımı GİB'e eşittir.

GAT'de muayene edenin görüş açısına yerleştirilmiş plastik bir çift prizma korneaya aplanasyon uygulamak amacıyla kullanılır. Aplanasyon ünitesinde biyomikroskoptan gelen ışınlar prizma ile kornea temas alanını yarım dairelere ayırır. Prizmalar korneaya uygulanan aplanasyon çapı 3.06 mm olduğunda yarım dairelerin iç hatları üst üste gelecek şekilde ayarlanmıştır.

Göze topikal anestezi damlatılır ve ardından sodyum fluoresseini gözyaşı film tabakası boyanır. Kobalt mavisi ışığıyla aydınlatılan çift prizma korneanın santraline hafif bir şekilde değdirilir. Gözyaşının fluoresseini, kornea ve çift prizma birleşimindeki gözyaşı menisküsünün görülmesini sağlar. Çift prizma cihazdan gelen ışığı ikiye ayırarak, korneada temas ettiği alanı, yatay ekseninde açıklığı birisi yukarı, diğeri aşağı bakacak iki yarım halka şeklinde görünmesine neden olur. Yarım halkaların iç kısımları üst üste gelene kadar alet üzerindeki düğme çevrilir, bulunan değer 10 ile çarpılarak GİB hesaplanır. (Resim 1)

Goldmann Tonometresi Hata Kaynakları (3, 14 – 19)

Santral Kornea Kalınlığı

GAT'de ideal ölçümde SKK 520 µm'dir. İnce kornealarda GİB olduğundan daha düşük, kalın olanlarda daha yüksek ölçülür. Kalınlık artışı, kollajen fibrillerindeki artışa bağlı ise kalın bir kornea normalden yüksek ölçümlere sebep olabilirken, korneal kalınlık ödeme bağlıysa normalden düşük sonuçlara sebep olabilir.

Korneal Kırıcılıkta Değişim

Korneal kurvaturun da GİB ölçümlerini etkilediği gösterilmiştir. Korneal kırıcılıkta her 3 diyoptrilik artış için yaklaşık 1 mmHg yükselme olur. Belirgin korneal astigmatizma kornea temas yüzeyinin eliptik olmasına yol açacaktır. Kurala uygun astigmatizma daha düşük ölçüme, kurala aykırı astigmatizma daha yüksek ölçüme neden olur. Astigmatizmada hatalı ölçüm miktarı 4 diyoptri için 1 mmHg 'dir. Bu hatayı en aza indirmek için horizontal ve vertikal ekseninde yapılan ölçümlerin ortalaması alınmalıdır. Düzensiz bir kornea ise yarım daireleri bozacak ve GİB ölçümlerini değiştirecektir.

Kornea Epitel Ödemi

Epitel ödeminde hatalı düşük ölçümler elde edilir. Bu hata ödemli epitelin daha kolay düzleştirilmesinden kaynaklanır.

Kornea Stromal Kalınlık Artışı

Kornea stroma kalınlığının GİB'a olan etkileri araştırılmış ve artmış stroma kalınlığının hatalı yüksek, azalmış stromal kalınlığının hatalı düşük ölçümlere neden olduğu gösterilmiştir. Stromal ödem durumunda ise kalınlığın artmasına rağmen düşük ölçümlerin elde edilmesinin mekanizması açıklanamamıştır.

Yarım Halkalar ve Fluoressein

Menisküsün genişliği okumayı etkileyebilir, geniş menisküsler daha yüksek sonuçlar ortaya çıkmasına sebep olur. Bir yarım dairenin diğerinden daha geniş olması da yanlış yüksek sonuçlara sebep olabilir.

Ölçüm sırasında ideal temas alanı sağlandığında fluoressein halkasının kalınlığının, halkanın yan çapının 1/3'ü kadar olması gerekmektedir. Tonometre ile gözyaşı temasının aşırı olduğu durumlarda fluoressein halkaları daha kalın görünürler. Bu durumda tonometre başı ile kornea temasındaki sıvının eğimi azalır, tonometre tarafından korneaya uygulanan güç azalır. Sonuçta GİB daha düşük ölçülür.

Tonometre ile göz yaşı temasının yetersiz olduğu durumlarda fluoresein halkaları daha ince olur, ölçülen GİB'de yanlış yüksek değer elde edilir. Oluşan dar halkalar yetersiz temas sonucu olduğu gibi fluoressein konsantrasyon yetersizliğine de bağlı olabilir. Kontrollü çalışmalarda önce fluoresseinsiz, sonra fluoresseinle boyanarak GİB ölçüldüğünde, fluoresseinsiz ölçümlerde 5.6 mmHg'ya kadar düşük sonuçlar olduğu görülmüştür.

Hekim faktörü

GAT kullanan kişinin ölçüm üzerine etkisinin çalışma sonuçlarına göre ± 3 mmHg olduğu gösterilmiştir.

Sistemik Basınç

Venöz basınçtaki artışlar da, episkleral venlerdeki basıncı arttırdığı için hatalı yüksek ölçümlere neden olur. Bu yüzden ölçüm sırasında hastaların arteriyel basınçlarının düzenli olmasına, boyunlarını sıkı kıyafetlerin gevşetilmesine özen gösterilmelidir. Hastalar GİB'ları ölçülürken nefeslerini tutarak Valsalva etkisi oluşturabilirler. Bu da koroid venlerinde ani distansiyona neden olur ve GİB yükselir.

Akomodasyon ve Glob pozisyonu

Gözün akomodasyonu ile de GİB'da düşüşler olabilmektedir; bu durum gençlerde ve sürenin uzaması ile daha da belirginleşir. Glob pozisyonu göz önüne alındığında GİB'da gelip geçici değişiklikler olmaktadır. Tiroid oftalmopati ve restriktif miyopati ölçüm kaslarının kontraksiyonları minimize edilerek yapılmalıdır.

Anestezikler ve gözyaşı filmi

Fizik kurallarına göre katı cisimler ıslanabilir olduklarında sıvı ile karşılaşılırsa aralarında bir çekim kuvveti oluşur. Tonometre başı ile kornea arasında da prekorneal gözyaşı filmi, çekim kuvveti oluşturmaktadır. Bu etkileşimde, kullanılan anesteziklerin de etkisi vardır. Etkileşim sonucu GİB'nın yaklaşık 2 mmHg değiştiği görülmüştür. Ayrıca Goldmann, kendi yaptığı çalışmalarda da bu fizik kuralından yola çıkarak tonometre başının ölçüm öncesinde temizlendikten sonra kuruluşuna özen gösterilmesi gerekliliğini vurgulamıştır.

Ölçüm sırasında illüminasyon da önem kazanır. Yeterli şiddette fluoressans elde edebilmek için biyomikroskopun ışığının tamamen açık olması, voltajın normalden yüksek olması ve ışığın 45 - 60 derece açıyla tonometre başına düşmesi gerekmektedir.

Diğer Faktörler

GİB hatalı yüksek ölçüldüğü durumlar;

1. Ölçüm sırasında hastadan gözünü iyice açması istenirse levator kasının aşırı fonksiyonuna bağlı.
2. Kapakların tonometre başına teması.
3. Kapağın hekim tarafından açılmaya çalışılmasına direnç durumunda da hatalı yüksek ölçümler bildirilmiştir
4. İdealde tonometre başının santral kornea ile temas etmesi istenir. Tonometre ucunun parasantral olması gözyaşı filminde birbirinin eşi

olmayan yarım dairelerin oluşmasına neden olur ki bu durumda GİB hatalı yüksek ölçülür.

Resim 1: Goldmann Aplanasyon Tonometresi



2. Tonopen (9, 10, 20 - 23)

GAT'nin skarlı, ödemli, düzensiz kornealarda ve mobilize olamayan hastalarda ölçüm yapamaması bu ihtiyaçları karşılayabilecek yeni tonometrelerin geliştirilmesine ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Bu amaçla geliştirilen tonopenin düzensiz korneal yüzeye sahip hastalarda güvenle kullanılabilir olması yanında kolay, çabuk kalibrasyonu, kontaminasyon riskinin olmaması, hızlı ölçümler yapması, biyomikroskoba ihtiyaç duymaması, yumuşak kontakt lens üzerinden ölçüm yapabilmesi ve kolay taşınmasıyla günlük pratikte kullanımını giderek artırmaktadır.

Tonopen kornea yüzeyinde elektriksel sinyaller üreten gergin bir ölçeğe sahiptir. Tek mikroprosesor chipi kavisli uçla uygun kuvvetle dalga yaratır ve ortalama 4 – 10 okumayla dijital ekranda sonuç verir. Dijital ekranda ayrıca %5'den %20'ye kadar değerler arasında ölçüm güvenilirliği gösterilmektedir. (Resim 2)

Frenkel ve ark. (20) 142 gözde GAT ile tonopen ölçümlerini kıyaslamışlardır. Dört – 10 mmHg basınçlarda 0.8 mmHg fark olduğu, 11 – 20 mmHg arası basınçlarda 0.07 mmHg fark olduğu, 21 – 30 mmHg aralığında 1.27 mmHg fark olduğu, 30 – 45 mmHg arasında ise 4.15 mmHg fark olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar ile tonopenin 11 – 20 mmHg arası değerlerde çok doğru sonuçlar verdiğini, 4 – 10 mmHg ve 21 – 30 mmHg arası değerlerde de doğruluğu kabul edilebilir sonuçlar verdiğini, fakat 30 mmHg'nin üzerinde hatalı sonuç verdiğini bildirmiştir. Tonopenin GAT ile kıyaslandığı başka bir çalışmada 21 mmHg GİB'e kadar çok yakın ve uyumlu değerler ölçtüğü ve klinik anlamlı bir fark olmadığı, 21 mmHg'dan sonra ise tonopenin daha düşük ölçümler yaptığı görülmüştür (21).

Tonopenin kontakt lens üzerinden uygulanabilme avantajı vardır. Panek ve ark. (22) 20 kadavranın 40 gözüne yaptıkları manometrik çalışmada, yerleştirmiş oldukları bandaj kontakt lensler üzerinden ve lensleri çıkararak tonopen ile ölçüm yaptıklarında ölçümler arasında anlamlı fark olmadığını görmüşlerdir. Tonopenin yumuşak kontakt lens kullanan hastalarda doğru

ölçümler yaptığı, korneal epitel problemi olan ve bandaj kontakt lens kullanan hastalarda lensi çıkarmadan güvenli ölçümler yapabildiği bildirilmiştir.

Benzer şekilde Khan ve ark. da (23) 24 hastanın 48 gözünde bandaj kontakt lens takılması öncesinde ve kontakt lens üzerinden tonopen ile ölçümler yaptıklarında ortalama 0.3 mmHg fark olduğu, bunun da istatistiksel olarak anlamlı olmadığını görmüş ve tonopenin bandaj kontakt lensli hastalarda güvenle kullanılabileceğini bildirmiştir.

Resim 2: Tonopen



3. Nonkontakt Tonometre (24 - 27)

Göz polikliniklerinde sıkça kullanılan NKT hızlı, kolay ölçüm yapması, diğer tonometrelere kıyasla çok fazla hasta uyumu gerektirmemesi, anestezi ve fluoressin damlatılmadan ölçüm yapması nedeniyle tercih edilmektedir.

Hasta NKT ölçümü hakkında bilgilendirildikten sonra, kornea tonometre ile aynı düzleme geldiği anda, operatör korneaya karşı direkt bir hava akımı yaratan tetiğe basar. Hava üfleme odası kornea üzerinde anlık bir deformite oluşturan bir kuvvet yaratır ve o anda santral kornea yassılaştır. Çok sayıda yansıyan ışık alınır, böylece algılanan ışınların pik yoğunluğu kaydedilir. İnternal referans noktasından maksimum ışık saptandığı ana kadarki süre GİB'e dönüştürülür ve dijital bir ekranda gösterilir. (Resim 3)

NKT ölçümü için zaman aralığı 1-3 saniyedir halbuki okuler pulse ciddi manada değişkendir. Glokomlu gözler GİB anlamlı derecede anlık fluktuasyon gösterebildiğinden bir kez basınç ölçümü yeterli değildir. Çok sayıda tonometrik ölçüm yapıp ortalaması alınmalıdır. Bu nedenle, aralarında 3 mmHg farkı geçmeyen değerlere sahip minimal üç ölçümün ortalaması alınması tavsiye edilir. Kötü fiksasyon ve yüksek GİB değerlerinde güvenilirliği biraz zayıftır (24).

NKT'nin diğer tonometrelerle kıyasla avantajları şunlardır: Topikal anesteziye ihtiyaç duymaması, temasa bağlı korneal abrazyon riskinin olmayışı, enfeksiyon yayılımı gibi potansiyel tehlikelerin eliminasyonudur. Ayrıca, cihaz yardımcı sağlık personeli tarafından da güvenlice kullanılabilir ve geniş populasyon taramalarında rahatlıkla kullanılabilir.

NKT'nin GİB ölçümünde güvenilirliği ve SKK'dan nasıl etkilendiği ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Moseley ve ark. (25) 94 hastanın 182 gözünde NKT ile GAT'ni kıyasladıklarında 10 mmHg'dan düşük değerlerde GAT ile ortalama 6.7 mmHg, NKT ile 9.1 mmHg saptamışlar. On mmHg'dan düşük değerlerde NKT'nin anlamlı olarak daha yüksek ölçümler yaptığını saptamışlardır. On – 19 mmHg arası değerlerde GAT ile ortalama 14.6

mmHg, NKT ile 15.0 mmHg ölçmüşler ve anlamlı bir fark saptamamışlardır. Yirmi – 30 mmHg arası değerlerde GAT ile ortalama 23.0 mm Hg NKT ile 21.2 mmHg saptamışlar. 30 mmHg'nın üzerinde ise GAT ile 36.9 mmHg NKT ile 32.1 mmHg bulunmuştur. Yazarlar özellikle 30 mmHg'nın üzerindeki değerlerde NKT'nin yanlış düşük ölçümler yaptığını ve güvenilemeyeceğini bildirmişlerdir.

Kliniğimizden geçmiş yıllarda yapılan bir çalışmada NKT'nin GİB kontrol altında olan glokom hastaları ve normal bireylerden oluşan kontrol grubunda yüksek derecede güvenilir olduğunu, 0-30 mmHg ölçüm aralığında doğru, güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar verdiği saptanmıştır (26).

NKT ile GAT'nin ölçümlerin 113 bireyin her iki gözünde yapıldığı, 9 – 28 mmHg arası basınçların uyumluluğunun değerlendirildiği diğer bir çalışmada NKT'nin 15 mmHg'nın altında GAT'dan hafifçe yüksek ve 15 mmHg'dan yüksek değerlerde ise hafifçe düşük ölçmesine rağmen 10 – 24 mmHg arası değerlerde her iki cihaz ölçümlerinin uyumlu olduğu bildirilmiştir (27).

Resim 3: Nonkontakt Tonometre



4. Dinamik Kontur Tonometre (28 - 32)

Günlük pratikte sıkça kullandığımız tonometreler, korneada deformasyon yaratarak indirekt yolla göz içi basıncı ölçmektedir. DKT (Pascal tonometer, Swiss Microtechnology AG, Port, İsviçre) ise yeni bir prensiple direkt yolla ve devamlı GİB ölçümü yapan dijital bir kontakt tonometredir.

Bu tonometrenin kornea eğriliğine uygun konkav temas yüzeyi kornea şeklini deforme etmez. GİB'nı aplanasyona neden olmadan, kornea yapısı ve şeklinden etkilenmeden ortasındaki basınç sensörü ile direkt ölçer. Bu GİB ölçümüne "Direkt transkorneal yöntem" adı verilmektedir.

DKT'nin korneal kalınlık ve rijidite gibi korneal biyomekanik özelliklerinden etkilenmediği iddia edilmektedir. Biyomikroskoba monte edilip ölçüm yapar. Dijital panelinde ortalama minimum GİB, oküler pulse amplitüdü (OPA) ve ölçüm kalite skorunu gösterir. Cihazın kendini kalibre etme özelliği sayesinde, dışarıdan kalibrasyon gerekmez. (Resim 4)

DKT'nin önemli avantajlarından biri fluoressen gerektirmemesi ve tek kullanımlık kılıflar ile kontaminasyonun engellenmesidir. Bunun yanı sıra cihaz GİB haricinde oküler pulse amplitüdü (OPA) değerini de ölçmektedir. OPA glokomun medikal ve cerrahi işlemlerin etkinliğini değerlendirmede ve kavernoöz sinüs arteriovenöz fistülü gibi hastalıkların tanısını koymada yardımcı olabilmektedir.

Çalışma Prensibi

DKT'nin çalışma prensibi, Blade Pascal tarafından tanımlanan hidrostatik basınç teorisine göre geliştirilmiştir. Esnek ve ince bir membranın içinde bulunan gaz veya sıvıya dik olarak kuvvet uygulandığında, oluşan basınç membranın tüm iç yüzeyinde eşittir. DKT ucu, kornea dış yüzeyine uyan şekli ile korneaya kuvvet uygulamaz ve şeklini bozamaz; bu nedenle kornea iç ve dış basınç farkının sıfır olduğu durumda ölçüm yapar. Kornea konturuna uygun şekildeki konkav uç içinde santralde gömülü bulunan basınç sensörü sayesinde, GİB'nı transkorneal olarak doğrudan ölçer.

Bu tonometrede doğru ve güvenilir bir GİB ölçümü için korneaya temas en az 5 saniye olmalıdır. Tonometre ucu korneaya temas ettiğinde tonometrenin ikaz sesi hekime doğru ölçüm konusunda kolaylık sağlamaktadır. Ölçüm sonucu alet üzerindeki dijital ekranda görülür. GİB sonucu yanında, OPA değeri ve ölçüm kalite skorunu da vermektedir. Ölçüm kalite skoru “ 1 ve 2 “ iyi ölçüm kalitesi,” 3 “ ise orta ölçüm kalitesidir, ölçümün tekrarlanması uygundur, “4 ve 5 “ kötü ölçüm kalitesi, güvenilir ölçüm sonuçları ve ölçümün kesinlikle tekrarlanması gerektiğini bildirir.

DKT beş parçadan oluşmaktadır. Sensortip adı verilen ortasında piezoelektrik basınç ölçer içeren silikon başlık esas GİB ölçümü yapan kısımdır. Tonometrenin ucunda yer alan silikon konkav yüzey eğrilik yarıçapı 10.5 mm ve temas yüzey çapı 7 mm'dir. Ortasına yerleştirilmiş piezoelektrik basınç ölçerin çapı 1.7 mm'dir. Sensortip bir yaylı mekanizmaya sahip dirsek yardımı ile kornea üzerinde sabit bir kuvvet uygulanmasına izin vererek ana üniteye bağlanmasını sağlar. Ölçüm sonuçları 2 satırlı LCD ekran üzerinde gösterilmektedir. Ana ünitenin sağ tarafında çok fonksiyonlu mavi kontrol düğmesi yer alır. Cihazın kablosuz yazıcısı sayesinde GİB ölçüm sonuçları, OPA grafikleri ayrıntılı çıktı olarak alınabilmektedir.

DKT' nin güvenilir ölçüm yapabilmesi için;

1. Kornea eğrilik yarı çapı, 10.5 mm olan tonometre kurvatür yarıçapından küçük olmalıdır. Keratometri 32.5 diyoptrinin üzerinde olmalıdır.
2. Santral kornea kalınlığı 300 – 700 µm arasında olmalıdır.

DKT ile GİB ölçümü

DKT ile GİB ölçümü için gözün proparakain hidroklorür %0.5 ile anesteziye edilmesinden sonra hastanın gözünü kırpmadan karşıya doğru 5–8 saniye bakması istenir. Ana gövdenin sağındaki kontrol düğmesi çevirilip bırakılır, tonometre ucunun kornea santraline temas edişi, arada oluşan gözyaşı film tabakası ile görülür. Temas anından itibaren sinyal vermeye başlayan ikaz sesinin kesintisiz 5 saniye ve üzerinde teması ölçüm için yeterlidir. Ölçümü sonlandırmak için korneadan geri çekilen cihaz 1-2 saniye

içinde dijital ekranında ölçüm sonuçlarını verir.

Oküler Pulse Amplitüd (OPA)

Kardiyak siklusla birlikte pulsasyon gösteren GİB'in gerçekte sabit bir değeri yoktur. Sistol esnasında oftalmik artere gelen kanın % 90'ı koroidal kan akımına geçmektedir. Kardiyak sistol ve diyastol esnasında koroidal kan hacminde meydana gelen değişim OPA olarak ifade edilir. OPA sistoldeki GİB ile diyastoldeki GİB arasındaki farktır. OPA klinik olarak koroidal kan akımının indirekt bir göstergesidir. OPA yaş, cinsiyet, glokom ve miyopi gibi oküler faktörlerden, diyabetes mellitus ve hipertansiyon gibi sistemik hastalıklardan etkilenmektedir. OPA azalması koroidal kan akımı ile birlikte, oküler kan akımının da azaldığının bir göstergesi olabilir.

Sürekli GİB ölçümü yanında, OPA'yı da ölçen DKT'nin bu ölçümü için korneaya 5 – 8 saniye teması yeterlidir. OPA değerinin hangi aralıkta olması gerektiği konusundaki kliniğimizden bir çalışmada ortalama OPA 2.7 ± 1.2 mmHg olarak bulunmuştur.

DKT ile ölçümde hata kaynakları ve kısıtlayıcı faktörler

DKT ile ölçüm için GAT kadar hasta uyumu gerektirir. Bu nedenle, nistagmusu olan, az gören, oküler fiksasyonu zayıf, kooperasyonu zayıf bireylerde ölçüm yapmak güç olabilir. İleri derecede kalın kornealar ve yüksek astigmatizmalarda ölçüm sonuçları hatalı olabilir. SKK'ı 300 µm altında ve 700 µm üzerinde doğru ölçüm yapamamaktadır. Cihaz hipoton gözlerde (5 mmHg ve altında) ölçüm yapamamaktadır. Kuru göz varlığında ve aşırı sulanma durumlarında da ölçüm hataları olmaktadır. Silikon ucun tonometreye tam oturmadığı durumlarda, silikon konkav yüzeyde kırışıklık veya hasar varlığında cihaz ölçüm yapmamakta, yapsa bile yanlış sonuçlar ve düşük kalite skoru vermektedir. Bu sebeplerle deneyimli bir uygulayıcının ölçümü yapması en iyi sonuçları verecektir.

Resim 4: Dinamik Kontur Tonometre



GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmaya Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı Glokom biriminde izlenen veya poliklinik muayenesinde yeni tanı almış olan 120 OHT olgusu ile (normal popülasyonu temsilen) gözlük muayenesi için polikliniğimize başvurmuş olan 120 sağlıklı birey alındı (kontrol grubu).

OHT tanısı GAT ile üç ölçüm ortalamasının 21 mmHg ve üzerinde olması, ancak optik sinir başında glokomatöz değişikliklerin ve görme alanı defektlerinin bulunmaması ile konuldu. Bu olgularda önceden hiçbir antiglokomatöz ilaç kullanmamış olma, en az 1 haftadır hiçbir topikal ilaç kullanmamış olma ve kuru göz bulguları olmaması şartları da arandı. Kontrol grubu ise son 1 haftadır topikal ilaç kullanmamış ve refraksiyon kusuru dışında oküler patolojisi bulunmayan bireylerden oluşturuldu.

Çalışmaya alma kriterlerimizde alt yaş sınırı 18 iken, üst yaş sınırı konulmadı. Oküler yüzey hastalığı olan veya 1.00 D. üzerinde astigmatizması olan, sferik ekivalan değeri 3.00 D. üzerinde olan olgular çalışmaya alınmadı. Önceden oküler cerrahi geçirmiş hastalar ve kontakt lens kullananlar da değerlendirme dışı bırakıldı. Çalışma Üniversitemiz Etik Kurulu tarafından onaylandı.

Tüm olgulara tanıları ve uygulanacak işlemler hakkında bilgi verildikten ve onayları alındıktan sonra muayene ve ölçümlere geçildi. Sırasıyla refraksiyon muayenesi, keratometrik ölçüm, SKK ölçümü ve aksiyel uzunluk ölçümleri yapıldı; daha sonra farklı tonometrelerle GİB ölçümlerine geçildi.

Tüm olgularda ölçümler aynı göz hekimi tarafından yapıldı. SKK'da diüurnal varyasyon etkisinden kaçınmak için ölçümler sabah saat 9:00 – 11:00 arasında yapıldı. SKK ölçümü proparakain hidroklorür %0.5 (Alcaine®, Alcon) ile topikal anesteziden sonra, ultrasonik pakimetre (Nidek UP 1000, Gamori, Japonya) cihazı ile yapıldı. Ölçümler hasta oturur pozisyonda karşıya doğru bakarken, korneaya baskı uygulamadan ve pakimetri probu

korneaya dik olarak yerleştirilerek gerçekleştirildi. SKK her göz için 3'er kez ölçüldü ve ölçülen en küçük değer kaydedildi.

Pakimetrik ölçümden en az 30 dakika sonra GİB ölçümlerine geçildi. Önceden hazırlanan randomizasyon tablosuna uygun bir şekilde değişik tonometreler ile sırayla GİB ölçümleri yapıldı ve her bir cihazla yapılan 3 ölçümün aritmetik ortalaması alındı. Farklı bir tonometre ile ölçüme geçerken göze bir damla suni gözyaşı (Tears Naturale II®, Alcon) damlatıldı ve en az 5 dakika beklenildi.

GAT ile GİB ölçümü şöyle gerçekleştirildi: Hasta ölçüm tekniği hakkında bilgilendirildikten sonra, her göze bir damla % 0.5 proparakain hidroklorür (Alcaine®, Alcon) damlatıldı, fluoresseinli kağıt alt kapak forniksine temas ettirildi. Hasta tam karşıya bakarken biyomikroskoba monte edilmiş GAT ile, kobalt mavis i ışığı 60 derece açı yapar konumda, halkaların iç kısımları üst üste gelene kadar alet üzerindeki düğme çevirildi. Bulunan değer 10 ile çarpılarak GİB hesaplandı. Ölçüm 3 kez yapıp ortalaması alındı.

Tonopen (Tonopen XL, Medtronic Solan, USA) ile GİB ölçümü için önce hasta ölçüm tekniği hakkında bilgilendirildi. Proparakain hidroklorür %0.5 (Alcaine®, Alcon) ile topikal anesteziden sonra olguların karşılarında duran sabit bir nesneye bakmaları istendi. Tonopen kornea santraline mümkün olduğunca dik, hafifçe temas ettirilerek ölçüm gerçekleştirildi. Farklı olguların ölçümleri arasında tonopenin ucu değiştirildi. % 5 güvenilirlikteki 3 ölçümün ortalaması alındı.

NKT (Nidek NT 3000, Japonya) ile ölçüm için yine önce hasta bilgilendirildi; topikal anestezi ve fluoressein boyası gerekmeyen bu muayenede hastanın tonometrenin yeşil ışığına fikse etmesi istendi ve elde edilen 3 ölçümün ortalaması alındı.

Pascal DKT (Swiss Microtechnology, İsviçre) ile ölçümde göze topikal anestezik damlatıldıktan sonra karşıya bakar pozisyonda tonometrenin ucu korneaya temas ettirilip biyomikroskoptan santralizasyonu kontrol edildi. Yaklaşık 5-6 saniye süreyle temas sağlandı. Tonometre gözden geri çekilince LCD ekranından ölçülen GİB değeri ve güvenilirliği 1 ile 5 arası sayısal

değerlerde ekrandan değerlendirildi. Yalnızca güvenilirlik değeri 1 ve 2 olan ölçümlerin ortalamaları alındı.

Çalışmaya alınan 240 hastanın 480 gözü SSK'larına göre gruplara ayrıldı. 519 µm ve altı (ince kornealar), 520 – 580 µm (normal kalınlıkta kornealar), 581 µm ve üzeri (kalın kornealar) olmak üzere üçe ayrıldı. Kornea kalınlığının GAT, DKT, NKT ve tonopen ölçümlerine etkisi değerlendirildi.

Çalışmanın verilerinin istatistiksel analizi Celal Bayar Üniversitesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı'nda SPSS 10.0 paket programı (SPSS, 10.0 Inc Chicago, IL, USA) kullanılarak yapıldı. Bulgular ortalama ± standart deviasyon (ort ± SD) olarak belirtildi. P< 0.01 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Değişik tonometrelerle yapılan GİB ölçümlerinin birbirlerinden anlamlı farklılık gösterip göstermediği eşleştirilmiş t testi ile araştırıldı. Ayrıca GİB ölçümünü etkileyebilecek korneal (SKK, keratometri), refraktif (sferik ekivalan) ve biyometrik parametrelerle (aksiyel uzunluk) 4 farklı tonometrenin GİB ölçümleri arasında korelasyon olup olmadığı Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi.

BULGULAR

Çalışmaya 240 hastanın 480 gözü dahil edilmiştir. Kontrol grubu ve OHT grubu olmak üzere 2 gruptan oluşan çalışmada her iki grup eşit sayıda, yani 120 hastanın 240 gözünden oluşmaktaydı. Çalışma grubu 108 (%45) erkek ve 132 (%55) kadın olgudan oluşmaktaydı. OHT grubunda 52 erkek, 68 kadın mevcut iken, kontrol grubunda 56 erkek 64 kadın vardı. İki grup arasında cinsiyet dağılımı açısından anlamlı bir fark yoktu ($p=0.6$, ki kare testi). Normal bireylerin yaş ortalaması 38.57 ± 16.46 iken OHT grubunun yaş ortalaması 52.99 ± 9.92 olarak bulundu; iki grup yaş ortalamaları arasında anlamlı fark olduğu görüldü ($p<0.01$, student t testi).

Olgular OHT ve kontrol gruplarına ayrılarak incelendiğinde: OHT grubunun ortalama SKK'ı $578.07 \pm 30.38 \mu\text{m}$, kontrol grubu ortalama SKK'ı $546.05 \pm 33.66 \mu\text{m}$ olarak bulundu. OHT grubunun SKK ortalaması kontrol grubundan anlamlı olarak daha kalındı ($p < 0.01$, student's t testi). İki grup arasında aksiyel uzunluk ve keratometrik ölçüm açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu (sırasıyla $p=0.04$ ve $p=0.3$ student's t testi); ortalama sferik ekivalan değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı ancak klinik anlamı olmayan bir farklılık mevcuttu. ($p < 0.01$, student t testi) (Tablo 1).

Tablo 1. Normal ve oküler hipertansif bireylerde korneal, refraktif ve biyometrik parametreler

Parametreler	Kontrol Grubu (ort±SD) (min - max)	OHT Grubu (ort±SD) (min - max)	P değeri
SKK (µm)	546.05 ± 33.66 (458 – 619)	578.07 ± 30.38 (485 – 648)	P <0.01
Aksiyel uzunluk (mm)	22.58 ± 1.06 (19.10 – 25.62)	22.40 ± 0.78 (20.60 – 24.68)	P=0.04
Keratometri (D)	43.37 ± 1.55 (39.90 – 47.40)	43.49 ± 1.37 (40.30 – 46.90)	P=0.3
Sferik ekivalan (D)	-0.64 ± 1.32 (-3.00 – +3.00)	-0.01 ± 1.08 (-3.00 – +2.25)	P <0.01

OHT: Oküler Hipertansiyon SKK: Santral Kornea Kalınlığı

Her iki grupta tonometrelerin GİB ölçüm ortalamaları kıyaslandığında, kontrol grubunda tüm tonometrelerin ölçümleri OHT grubundan daha düşük bulundu. Kontrol grubunda tonopen (15.89 ± 2.69 mmHg) ile GAT (15.95 ± 2.67 mmHg) ölçüm ortalamaları benzer iken ($p=0.5$, eşleşmiş t testi), diğer tonometre ölçümleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık olduğu görüldü ($p<0.01$, eşleşmiş t testi). OHT grubunda ölçümler birbirleriyle kıyaslandığında yine tonopen (23.52 ± 1.71 mmHg) ile GAT (23.62 ± 1.34 mmHg) ölçüm ortalamaları benzer iken ($p=0.02$, eşleşmiş t testi), diğer tonometre ölçümleri arasında istatistiksel anlamlı, ancak klinik düzeyde anlamsız kabul edilebilecek bir farklılık vardı ($p<0.01$, eşleşmiş t testi) (Tablo 2).

Tablo 2. Normal ve okuler hipertansif bireylerde farklı tonometrelerin GİB ölçüm ortalamaları

TONOMETRELER	KONTROL GRUBU (ort±SD) (min - max)	OHT GRUBU (ort±SD) (min - max)
Tonopen (mmHg)	15.89 ± 2.69 (8.70 – 23.00)	23.52 ± 1.71 (19.00 – 27.70)
GAT (mmHg)	15.95 ± 2.67 (9.00 – 22.00)	23.62 ± 1.34 (20.00 – 27.50)
DKT (mmHg)	16.64 ± 2.29 (10.80 – 23.60)	23.81 ± 1.69 (20.30 – 29.40)
NKT (mmHg)	15.62 ± 2.79 (9.00 – 23.00)	23.38 ± 1.17 (21.00 – 27.30)

OHT: Oküler Hipertansiyon

GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi

NKT: Nonkontakt Tonometre

DKT: Dinamik Kontur Tonometre

GİB ölçümünü etkileyebilecek korneal, refraktif ve biyometrik parametreler ile 4 farklı tonometrenin GİB ölçümleri arasında korelasyon olup olmadığı değerlendirildiğinde: Keratometri, sferik ekivalan, aksiyel uzunluk ile hiç bir tonometrenin GİB ölçümleri arasında korelasyon olmadığı, yani bu parametrelerin GİB ölçümünü etkilemediği görüldü (Tablo 3).

SKK ile tonometrik ölçümler arasında korelasyon incelendiğinde: Kontrol grubu ele alındığında; GAT ve NKT ölçümleri ile SKK arasında orta düzeyde korelasyon varken, SKK ile tonopen arasında daha zayıf bir korelasyon olduğu, SKK ile DKT arasında korelasyon olmadığı görüldü. Bulgularımız heterojen kalınlıkta kornealar içeren kontrol grubunda DKT ölçümlerinin SKK'dan etkilenmediğini göstermektedir Ağırlıklı olarak kalın kornealardan oluşan OHT grubunda ise SKK ile tonopen ölçümleri arasında zayıf korelasyon varken diğer tonometre ölçümleri ile SKK arasında orta düzeyde korelasyon olduğu görüldü. (Tablo 3).

Tablo 3. Korneal, refraktif ve biyometrik parametrelerle ile farklı tonometrelerle yapılan GiB ölçümleri arasında korelasyonlar

SKK	Tonopen	GAT	DKT	NKT
Kontrol grubu	0.36	0.47	0.18	0.44
OHT grubu	0.27	0.40	0.40	0.39
Keratometre				
Kontrol grubu	0.07	0.15	0.13	0.09
OHT grubu	0.06	0.09	0.04	0.14
Sferik ekivalan				
Kontrol grubu	0.06	0.13	0.10	0.12
OHT grubu	0.12	0.06	0.14	0.09
Aksiyel uzunluk				
Kontrol grubu	0.09	0.04	0.02	0.07
OHT grubu	0.01	0.04	0.05	0.01

OHT: Oküler Hipertansiyon

SKK: Santral Kornea Kalınlığı

GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi

NKT: Nonkontakt Tonometre

DKT: Dinamik Kontur Tonometre

NKT hem kontrol grubu hem OHT grubunda en düşük ölçüm yapan cihaz olarak görülürken, DKT en yüksek ölçüm yapan tonometreydi. Her iki grupta da DKT ile diğer tonometrelerin ölçüm farkını kıyasladığımızda da en büyük fark NKT ile oldu; kontrol grubunda 1.01 ± 1.53 mmHg olan ortalama farkı, OHT grubunda ise 0.43 ± 1.22 mmHg bulundu. Tonopen ile DKT ölçüm farkı orta düzeydeydi; en az fark ise GAT ile bulundu. OHT grubunda DKT – GAT ortalama farkları arasında istatistiksel anlamlı fark yoktu ($p=0.02$, eşleşmiş t testi) (Tablo 4).

Tablo 4. DKT ile diğer tonometrelerin ölçüm farkları

Kontrol Grubu	Ortalama Fark	% 95 GA	P değeri
DKT – Tonopen	0.76 ± 1.95	0.50 - 0.99	0.000
DKT – GAT	0.68 ± 1.29	0.52 - 0.85	0.000
DKT – NKT	1.01 ± 1.53	0.82 - 1.21	0.000
OHT Grubu			
DKT – Tonopen	0.30 ± 1.60	0.09 - 0.50	0.004
DKT – GAT	0.19 ± 1.28	0.03 - 0.35	0.020
DKT – NKT	0.43 ± 1.22	0.28 - 0.59	0.000

OHT: Oküler Hipertansiyon

GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi

NKT: Nonkontakt Tonometre

DKT: Dinamik Kontur Tonometre

Çalışmadaki 480 göz hangi grupta olduğuna bakılmaksızın, SKK'larına göre 3 gruba ayrıldı. Birinci grup (ince kornealar) 519 µm ve altındaki kornealara sahip gözler, ikinci grup (normal kalınlığa sahip) 520 – 580 µm arasındaki gözler, üçüncü grup ise 581 µm ve üzerindeki (kalın kornealar) gözler olarak ayrıldı. DKT ile GİB değerleri birinci grupta yer alan 57 gözde ortalama 16.92 ± 3.28 mmHg iken, ikinci gruptaki 270 gözde ortalama 19.44 ± 3.69 mmHg, üçüncü gruptaki 153 gözde ise ortalama 22.85 ± 3.63 mmHg bulunmuştur. Her grubun kendi içinde tonometrik ölçümleri arasında farklılık olup olmadığı değerlendirildiğinde, tüm gruplarda tonopen ile GAT arasında anlamlı farklılık olmadığı görüldü: ince kornealı grupta ($p=0.41$), normal kalınlığa sahip ikinci grupta ($p=0.2$), kalın kornealardan oluşan grupta ($p=0.07$). Kalın kornealarda GAT ile DKT arasındaki ölçümler benzer bulundu ($p=0.03$). İnce kornea ve normal kalınlıkta kornea gruplarında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar mevcuttu ($p<0.001$) (Tablo 5).

Tablo 5. Kornea kalınlığına göre ölçüm ortalamaları

	520 altı	520 - 580	580 üstü
SKK (μm)	499.10 \pm 15.93	553.01 \pm 17.29	601.47 \pm 15.03
Aksiyel uzunluk (mm)	22.51 \pm 0.90	22.53 \pm 0.97	22.39 \pm 0.87
Keratometri (D)	43.05 \pm 1.66	43.35 \pm 1.43	43.71 \pm 1.41
Sferik ekivalan (D)	-0.49 \pm 1.21	-0.39 \pm 1.27	-0.16 \pm 1.20
Tonopen (mmHg)	15.28 \pm 3.60	19.13 \pm 3.99	22.36 \pm 3.71
GAT (mmHg)	14.84 \pm 3.54	19.24 \pm 3.95	22.58 \pm 3.27
DKT (mmHg)	16.92 \pm 3.28	19.44 \pm 3.69	22.85 \pm 3.63
NKT (mmHg)	14.82 \pm 3.82	18.90 \pm 4.09	22.29 \pm 3.20

SKK: Santral Kornea Kalınlığı

GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi

NKT: Nonkontakt Tonometre

DKT: Dinamik Kontur Tonometre

Olgular SKK'ı 3 gruba (519 μm ve altında, 520 - 580 μm , 581 μm ve üzerinde) ayrılarak incelendiğinde: DKT ile GAT arasında GiB farkı birinci grupta 2.07 ± 1.27 mmHg, ikinci grupta 0.19 ± 0.91 mmHg, üçüncü grupta ise 0.26 ± 1.47 mmHg olarak bulundu. Üçüncü grupta DKT – GAT arasında istatistiksel anlamlı fark yoktu ($p=0.03$, eşleşmiş t testi). Bunun dışındaki tüm gruplarda tüm ölçümler arasında istatistiksel anlamlı fark vardı ($p<0.01$, eşleşmiş t testi). DKT ile diğer tonometrelerin ölçüm farkı kıyaslandığında birinci grupta en fazla fark olduğu görülürken, bu farkın ikinci ve üçüncü grupta klinik olarak önemi olmayacak seviyelerde olduğu görüldü (Tablo 6).

Tablo 6. SKK'a göre cihazlar arası ölçüm farkı

SKK 520 mikronun altı	Ortalama GİB Farkı	% 95 GA	P değeri
DKT – Tonopen	1.64 ± 2.05	1.09 – 2.19	0.000
DKT – GAT	2.07 ± 1.27	1.74 - 2.41	0.000
DKT – NKT	2.09 ± 1.76	1.62 - 2.56	0.000
SKK 520 – 580 mikron			
DKT – Tonopen	0.32 ± 1.63	0.12 – 0.51	0.002
DKT – GAT	0.19 ± 0.91	0.03 – 0.30	0.000
DKT – NKT	0.54 ± 1.09	0.40 – 0.66	0.000
SKK 580 mikronun üstü			
DKT – Tonopen	0.47 ± 1.85	0.18 – 0.77	0.002
DKT – GAT	0.26 ± 1.47	0.02 – 0.49	0.031
DKT – NKT	0.55 ± 1.51	0.31 – 0.79	0.000

SKK: Santral Kornea Kalınlığı

NKT: Nonkontakt Tonometre

GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi

DKT: Dinamik Kontur Tonometre

SKK 520 mikronun altında gözlerde, SKK ile tonometrelerin ölçümlerinde korelasyon değerlendirildiğinde, tonopen, GAT, NKT ölçümlerinde düşük korelasyon varken, DKT ölçümlerinde korelasyon katsayısı 0.03 idi, yani korelasyon yoktu. 520 – 580 mikron arasında GAT ve NKT’de düşük korelasyon varken, DKT ve tonopende korelasyon yoktu. 580 mikronun üzerinde ise tonopen ve GAT ölçümleri ile SKK arasında çok zayıf korelasyon görülmesine rağmen, NKT ve DKT’de zayıf korelasyon olduğu görülmüştür. Kalın kornealarda 0.35 korelasyon katsayısı ile ölçümleri SKK’dan en çok etkilenen cihaz DKT olarak bulundu (Tablo 7).

Tablo 7: Farklı kornea kalınlıklarında tonometrelerin korelasyon katsayısı

SKK	Tonopen	GAT	DKT	NKT
520 altı	0.41	0.31	0.03	0.34
520 - 580	0.21	0.26	0.18	0.25
580 üstü	0.19	0.22	0.35	0.27

SKK: Santral Kornea Kalınlığı
NKT: Nonkontakt Tonometre

GAT: Goldmann Aplanasyon Tonometresi
DKT: Dinamik Kontur Tonometre

TARTIŞMA

Glokomun tanı ve takibinde en önemli faktör olan GİB'nın ölçümünde yıllardır kullanılan altın standart GAT'dir. Ancak GAT'nin SKK'dan etkilenmesi nedeniyle, glokom kliniklerinde SKK ölçümleri rutin uygulamalar arasına girmiştir. GAT ölçümlerinin SKK ve muhtemelen korneanın diğer biyomekanik özelliklerinden etkilenebilme potansiyeli nedeniyle yeni tonometreler geliştirilmeye çalışılmıştır.

1950 yıllarında yapılan kadavra çalışmalarında SKK'nın 700 µm ile 1 mm arasında olduğu düşünülüyordu (33). 1968 yılında Mishima (34) sağlıklı kornealarda SKK'nın 500 ile 570 µm arasında olduğunu, ortalama SKK'nın 518 µm olduğunu bildirmiştir. İlerleyen yıllarda yapılan çalışmalarda erişkinlerde ortalama SKK için 504 µm (35), 510 µm (36), gibi düşük değerler ve 580 µm (37) gibi yüksek değerler bildirenler olmuştur. Kliniğimizde yapmış olduğumuz bir çalışmada normal bireylerde ortalama SKK'nı 550 µm bulmuştuk (38). Doughty ve Zaman (39) bu konuyla ilgili yayınlanmış 300 makalenin meta analizini yapmışlar ve ultrasonik pakimetre ile ölçülen ortalama SKK'nın 545 µm olduğunu bildirmiştir. Normal bireylerde kornea kalınlığının 427 µm ile 670 µm arasında değişebildiği söylenmektedir. Bu tezde normal bireylerin ortalama SKK'ı 546 µm bulunmuştur; bu değerler literatür ile uyumludur.

Ehlers ve ark. (40) 1975 yılında 29 hastanın gözlerini katarakt ameliyatı öncesi kanüle ederek manometrik GİB ölçümü yaptıklarında GAT ile en doğru ölçümlerin SKK 520 µm olduğunda yapıldığını, 70 µm değişimin 5 mmHg yanlış ölçüme neden olduğunu bildirmişlerdir. Whitacre ve ark. (2) yapmış oldukları benzer çalışmada GAT'nin, SKK 520 µm'den ince olduğunda GİB'nı düşük ölçtüğünü, daha kalın olduğunda ise yüksek ölçtüğünü, her 40 µm değişimin 1 mmHg değişime neden olduğunu bulmuşlardır. Emara ve ark. (41) LASIK öncesi ve sonrası yaptıkları GİB ölçümleri ile 10 µm'luk sapmanın yaklaşık 0.3 mmHg'lik değişime neden olduğunu bildirmiştir. Doughty (39) 50 µm sapma için 3.33 mmHg düzeltme gerektiğini bildirmiştir.

SKK ölçümleri ultrasonik pakimetri, optik slit scan pakimetri, parsiyel koherens interferometri, optik koherens tomografi gibi farklı cihazlarla yapılabilmektedir. Pratikte en sık kullanılan pakimetri yöntemi olan ultrasonik pakimetrede ultrason dalgaları kullanılır. Korneaya temas etmesi nedeniyle tekrarlayan ölçümler kornea epitel tabakasında defektlere ve SKK'da incelmeye neden olabilir. Nitekim tekrarlayan ölçümler ile kornea kalınlığında yaklaşık 1.3 μm incelme meydana geldiği bildirilmiştir (42). Ölçümler kornea santrali değil de, parasantralden yapılırsa kornea daha kalın ölçülecektir; çünkü kornea perifere gidildikçe kalınlaşmaktadır. Kornea santrali pratik olarak ışık reflexinin 1.5 mm temporalidir. Pakimetre probu ile kornea yüzeyi arasındaki açı cihazın ölçüm yapacağı kornea kesitini belirlemektedir. Dolayısıyla en ince ölçüm probun dik pozisyona en yakın şekilde uygulanmasını ve en doğru ölçümü temsil eder. Probun hafifçe eğik tutulması daha yüksek ölçümlere yol açmaktadır (43). Bu tezde literatürdeki birçok çalışmada kullanıldığı gibi SKK ölçümleri ultrasonik pakimetri ile yapıldı ve pakimetri probunun en dik pozisyonda olduğu en ince ölçüm kayıt edildi.

McLaren ve ark. (44) 3 farklı tip pakimetri ile SKK ölçümlerini kıyasladıkları çalışmada, ortalama SKK ultrasonik pakimetre ile 554 μm , orbscan II ile 540 μm , konfokal mikroskop ile 516 μm bulundu. Cihazlar arasında istatistiksel anlamlı fark olduğu ve ultrasonik pakimetrinin daha kalın ölçtüğü görüldü. Modis ve ark. (45) normal bireylerdeki SKK'nı ultrasonik pakimetre ile 570 μm , nonkontakt speküler mikroskopik pakimetre ile 542 μm , kontakt speküler mikroskopik pakimetre ile 638 μm bulunmuştur. Yazarlar bu çok büyük farklılığı pakimetrelerin farklı çalışma prensibi ile çalışmasına bağlamıştır. Bu çalışmada görüldüğü gibi farklı prensiple çalışan pakimetrelerden elde edilen sonuçlar birbirine referans olamaz. Suzuki ve ark. (46) 114 hastanın 216 gözünde yaptıkları benzer çalışmada, SKK ultrasonik pakimetri ile 548 μm , orbscan II ile 546 μm , speküler mikroskop ile 525 μm bulundu. Ultrasonik pakimetrenin diğer cihazlardan yüksek ölçmesinin nedeni, kornea arka yüzeyinde oluşan yansımanın yerinin tam olarak belirlenememesi ve descement membranı ile ön kamara arasında bir yerde değerlendirilmesidir (47).

Ultrasonik pakimetrenin tekrarlanabilirliği ve gözlemciler arası ölçümlerin ne derece farklı olduğu ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Gunvant ve ark. (48) ultrasonik pakimetre ile yaptıkları ölçümlerde gözlemciler arası değişkenliği ortalama 0.7 μm , gözlemcinin kendi ölçümleri arasındaki değişkenliği 0.9 μm olarak bildirmiş ve ultrasonik pakimetrenin tekrarlanabilir ve güvenilir sonuçlar verdiğini saptamışlardır. Kliniğimizde daha önce yapmış olduğumuz bir çalışmada gözlemciler arası ve bireyin kendi SKK ölçümleri arasında tutarlılık değerlendirildiğinde, her ikisi için de korelasyon katsayısı %98 bulunmuştur. Bu da bize ultrasonik pakimetrenin ölçüm tekrarlanabilirliğinin çok tutarlı ve güvenilir olduğunu göstermiştir (38).

SKK bireylerde kısa dönemde değişiklik göstermemektedir. Ülkemizden yapılan bir çalışmada da, Bozkurt ve ark. (49) 6 ay ara ile SKK'yı değerlendirdiklerinde hastaların sağ göz için %84.6'sında, hastaların sol göz için %79.5 'inde 10 μm 'un altında değişim olduğu görülmüştür. Güvenilirlik analizinde korelasyon katsayısı sağ göz için 0.96, sol göz için 0.97 olarak bulunmuştur. Yazarlar ultrasonik pakimetre ile 6 aylık zaman içinde SKK ölçümlerinin tekrarlanabilirliğinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

SKK glokomun farklı tiplerinde değişkenlik gösterebilir. Yağcı ve ark. (50) primer açık açılı glokomlu (PAAG), psödoeksfolyatif (PEX) glokomlu, OHT ve normal gözlerden oluşan 125 hastanın SKK'larını ultrasonik pakimetre ile ölçüp kıyasladıklarında OHT grubunda ortalama 596 μm , PAAG grubunda 540 μm , normal gözlerde 534 μm , PEX'li grupta 526 μm olarak bulmuşlardır. OHT grubunda diğer hastalardan çok daha yüksek SKK değerleri bulunduğundan, yüksek GİB değerlerinin glokom mu yoksa OHT mi olduğunu belirlemede SKK'nın çok değerli olduğu bildirilmiştir. Kliniğimizden geçmiş yıllarda yapılan bir çalışmada PEX glokomlu hasta gözlerinin SKK'ı, PAAG'lu hastaların gözlerinin SKK'na kıyasla anlamlı olarak ince olduğu bulunmuştur (51). Bu tezde OHT olgularında ortalama SKK 578 μm , normal bireylerden oluşan kontrol grubunda ise ortalama SKK 546 μm olarak bulunmuştur; aradaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuçlar literatür ile uyumludur.

SKK yaş, ırk ve kullanılan topikal ilaçlara da bağlı olarak değişiklik gösterebilir. SKK'nın yaşa bağlı olarak kalınlığında giderek incelmeye meydana geldiği birçok çalışma ile gösterilmiştir. Aghian ve ark. (52) bu değişimi her 10 yılda 3 µm azalma, Foster ve ark.(53) her 10 yılda 5-6 µm azalma, OHT çalışma grubu ise 10 yılda 6.3 µm incelmeye olarak bildirmiştir (54).

Farklı ırklara ait bireylerde aynı ultrasonik pakimetre ile yapılan SKK ölçümleri Çinlilerde 555 µm, Filipinlilerde 550 µm, Kafkasyalılarda 550 µm, İspanyollarda 548 µm, Japonlarda 531 µm, Afrika kökenli Amerikalılarda 521 µm olarak bildirilmiştir (52). Bu tezde ve kliniğimizden yapılan önceki bir çalışmamızda normal bireylerde ortalama SKK 546 – 550 µm bulunmuştur (38). Sonuçlarımız Kafkasya ırkı için bildirilen rakamla uyumludur.

Glokom tedavisinde kullanılan bazı topikal ajanlar zaman içinde SKK'yı etkileyebilir. Viestenz ve ark. (55) 208 hastanın 403 gözünde prostaglandin analogları ve karbonik anhidraz inhibitörlerinin topikal uygulamasının SKK üzerine etkilerini değerlendirdiğinde prostaglandin analogları ile tedavi edilen kişilerde SKK ortalama 529 µm iken, tedavi görmeyen glokomsuz gözlerde 563 µm, karbonik anhidraz inhibitörü kullananlarda 561 µm olarak bulunmuştur. Bu durum prostaglandin analogu kullanımının korneada incelmeye neden olabileceğini düşündürmüştür. SKK'da meydana gelen bu değişiklik, prostaglandin analoglarının metalloproteinaz enzim upregülasyonu yolu ile ekstraselüler matriksi azaltması nedeniyle dir. Kornea incelmeye GAT ile GİB ölçümlerinde olduğundan daha düşük değer vererek tedavi sonuçlarının yanlış değerlendirilmesine neden olabilir.

Arcieri ve ark. (56) ise glokomlu hastalarda tedavide başladıkları prostoglandin analoglarının 1 ay sonunda SKK'na etkisini değerlendirdiğinde yalnızca bimatoprostun SKK'da anlamlı incelmeye neden olduğunu, latanoprost ve travaprostun SKK'da anlamlı bir değişikliğe neden olmadığını bildirmiştir.

SKK aplanasyon prensibiyle çalışan tonometrelerde sonucu etkileyen önemli bir faktördür. SKK kalın gözlerde aplanasyon için daha fazla güç kullanılması gerekirken, ince kornealarda daha az güç uygulayarak korneal düzleşme sağlandığından, kornea kalınlığı yüksek olan olgularda GİB

normalden yüksek, ince kornealarda ise hatalı olarak düşük ölçülebilir (57). Bu nedenle glokom hastalarında SKK'nın değişik tonometre ölçümlerine etkisinin değerlendirildiği birçok çalışma yapılmıştır.

GAT elli yılı aşkın süredir GİB ölçümünde altın standart tonometre olmakla birlikte, ölçümlerinde SKK'nı 520 µm olarak kabul ettiği için hatalı ölçümlere neden olabilmektedir.

1972 yılında Grolman (58) tarafından keşfedilen NKT bir aplanasyon tonometresidir. GİB'i ölçmek için topikal anestezi gerektirmeden ve korneaya temas etmeden, hava ile kornea santralini düzleştirerek ölçüm yapar. Ölçüm için teknik bilgi gerektirmemesi, tıbbi olmayan personel kullanımına izin vermesi, ve tarama amaçlı kullanılabilir olması bu cihazın kullanımını giderek yaygınlaştırmıştır.

GAT'nin skarlı, ödemli, düzensiz kornealarda ölçüm yapamaması, mobilize olamayan hastalarda ölçüm yapamaması, kolay taşınmaması, bu ihtiyaçları karşılayabilecek yeni tonometrelerin geliştirilmesine ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Bu amaçla geliştirilen bir tonometre Tonopen'dir. Tonopen düzensiz korneal yüzeye sahip hastalarda güvenle kullanılabilir, kolay ve çabuk kalibrasyonu, kontaminasyon riskinin olmaması, hızlı ölçümler yapması, biyomikroskoba ihtiyaç duymaması, yumuşak kontakt lens üzerinden ölçüm yapabilmesi yanı sıra kolay taşınması gibi sebeplerle de günlük pratikte giderek yaygınlaşmaktadır.

DKT, korneaya temas etmesine rağmen aplanasyon yapmayan, yeni bir tonometredir. DKT ile GİB ölçümünün SKK, aksiyel uzunluk, korneal eğrilik, astigmatizma gibi oküler faktörlerden etkilenmediği iddia edilmektedir. LCD ekranında ölçüm sonuçlarını göstemesi objektif ölçümler yapılması, her ölçümde ölçüm kalitesini göstererek, kendini kalibre etmesi ve fluoeressein gerektirmemesi diğer tonometrelere olan üstünlükleridir. Özellikle de GİB ölçümünü en çok etkileyen faktör olarak bilinen SKK'dan etkilenmediği iddiası ile oftalmologların dikkatini çekmektedir (28).

Pratikte kullandığımız farklı tonometrelerin SKK'dan nasıl etkilendiği çeşitli çalışmalarda araştırılmıştır. Nakamura ve ark. (59) normal, glokomlu ve OHT bireylerden oluşan 45 gözün GİB'ini GAT, NKT ve Tonopen ile ölçüp,

ölçümlerin SKK'dan ne kadar etkilendiğini değerlendirdiğinde, SKK'nın bu üç aplanasyon tonometresinin ölçümlerini tümünün de etkilediğini bildirmiştir.

Garzozzi ve ark. (60) PRK yaptıkları 149 gözün işlem öncesi ve sonrası GİB değerlerini GAT, NKT, tonopen ile kornea santralinden ve tonopen ile kornea temporalinden olmak üzere 4 farklı şekilde ölçmüştür. PRK sonrası GAT ile ölçümler ortalama 13.37 mmHg'dan 11.87 mmHg'a düşmüştür. NKT ölçümleri 13.51 mmHg'dan 12.07 mmHg'a düşmüş, tonopen ile santralden ölçümlerde 13.48 mmHg'dan 12.18 mmHg'a düşmüştür. Tonopen ile temporalden ölçümlerde 13.71 mmHg'dan 13.48 mmHg'a düşmüştür. GAT, NKT ve tonopenin santral korneadan ölçümlerinin PRK sonrası anlamlı değişim gösterdiği fakat tonopenin temporalden ölçümlerinde anlamlı fark olmadığı görülmüştür. Yazarlar PRK sonrası GİB takibinde ablyasyon yapılmamış periferik korneadan tonopen ile elde edilen değerlerin çok daha doğru ve değerli olduğunu bildirmiştir.

Levy ve ark (61) PRK yaptıkları hastalarda GİB değerlerini GAT ve tonopen ile ölçüp kıyasladıklarında, GAT ölçümlerinin tonopenin ortalama 1.8 mmHg daha düşük olduğunu ve GAT ölçümlerinin PRK sonrası steroidin tetiklediği GİB yüksekliğini yanlılıkla maskeleyebileceğini bildirmiştir LASİK cerrahisinin giderek yaygın popülasyonlara ulaşması ile bu fikir giderek birçok çalışmayla yaygınlık kazanmıştır (62-63).

Rashad ve ark. (64) miyopi için LASİK cerrahisi geçiren 93 hastanın 166 gözünde işlem öncesi yaptıkları santral ve temporalden GAT ölçümlerinin işlem sonrası ne kadar değiştiğini değerlendirmiştir. LASİK sonrası santral korneadan yapılan ölçümlerde ortalama 3.69 mmHg düşüş olduğu, temporalden ölçümlerde 2.39 mmHg düşüş olduğu görülmüştür. Bu GİB düşüşünün LASİK sonrası korneada incelmeye bağlı olduğu bilinmektedir. Temporalden ölçümün santralden ölçüme kıyasla daha güvenilir olduğu gösterilmiş olmakla birlikte GAT ölçümlerinin LASİK sonrası GİB takibinde kullanılmaması önerilmektedir.

Kaufmann ve arkadaşları (12), miyopi için LASİK cerrahisi geçiren 62 gözün işlem öncesi ve sonrası GİB değerlerini GAT ve DKT ile ölçülüp kıyaslamışlardır. LASİK sonrası SKK'da ortalama 90 µm incelmeye meydana

gelmiş olup GAT ölçümlerinde işlem öncesine kıyasla ortalama 3.0 mmHg düşüş saptanırken, DKT ölçümlerinde anlamlı bir değişim olmadığı görülmüştür. Bir μm kornea incelmesinin GAT ile 0.02 mmHg hatalı düşük GİB ölçümüne neden olduğu bildirilmiştir.

Kaufmann'ın (65) başka bir çalışmasında önceden cerrahi geçirmemiş 150 normal bireyin 228 gözünün GİB değerleri GAT ve DKT ile ölçülüp, aksiyel uzunluk, korneal eğrilik, ön kamara derinliğinin ölçümlere etkisi, gözlemciler arası ve gözlemcinin kendi ölçümleri arasında tutarlılık değerlendirilmiştir. Aksiyel uzunluk, korneal eğrilik, ön kamara derinliğinin hem GAT hem de DKT ölçümlerini etkilemediği, SKK'nın ise GAT ölçümlerine etkili olduğu, DKT ölçümüne etkisi olmadığı görülmüştür. Gözlemciler arası GİB değişimi GAT'da 2.38 mmHg iken DKT'de 0.44 mmHg idi. Gözlemcinin kendi ölçümleri arasında GİB değişimi GAT'da 1.11 mmHg iken DKT'de 0.65 mmHg bulunmuştur. Yazarlar tekrarlanabilirliği GAT'dan daha iyi olduğu gösterilen DKT'nin rutin uygulamada ideal bir tonometre olacağına işaret edilmiştir.

Medeiros ve ark. (66) çalışmasında ise, Afrika kökenli Amerikalılarda GAT ve DKT'nin ölçümlerinin korneal kalınlık, korneal eğrilik, astigmatizma, sferik ekivalan, aksiyel uzunluk ve yaştan nasıl etkilendiğini değerlendirmişlerdir. GAT ölçümlerinin yalnızca SKK ve yaştan etkileniğini, DKT'nin ise yalnızca yaştan etkilendiğini bildirmiştir.

Bu tez çalışmasında da GAT ve DKT yanı sıra tonopen ve NKT ile GİB ölçümlerinin korneal eğrilik, sferik ekivalan ve aksiyel uzunluk gibi parametrelerden etkilenmediği bulunmuştur ve literatür ile uyumludur.

Duba ve ark. (67) 20 hastanın 39 gözünü LASIK öncesi ve sonrası GAT ve DKT ile değerlendirdiğinde; LASIK sonrası ortalama SKK 85 μm incelmış, GAT'da ortalama 3.3 mmHg azalmaya rağmen DKT ölçümlerinde anlamlı değişiklik olmamıştır. Bu veriler DKT'nin SKK'dan etkilenmediğini desteklemektedir. Benzer şekilde Kotecha ve ark. (32) 130 hastanın 130 gözünde GAT ve DKT ölçümlerinin SKK ve hasta yaşından nasıl etkilendiğini değerlendirdikleri çalışmada GAT ölçümlerinin SKK ve yaştan etkilendiğini, DKT ölçümlerinin etkilenmediğini bildirmiştir.

Schneider ve ark. (68) glokomlu olmayan 100 normal gözde GAT ve DKT ölçümlerinin SKK ve kornea eğriliğinden nasıl etkilendiğini değerlendirmiştir. SKK'nın GAT ölçümlerini etkilerken DKT tonometre ölçümlerini etkilemediğini, korneal eğriliğin ise her iki tonometrede de ölçümleri etkilemediğini bildirmiştir. Yazarlar DKT'nin GİB ölçümünde çok güvenli bir tonometre olduğu, kooperasyon gösteren birçok poliklinik hastasında rahat bir şekilde kullanılabileceğini ve giderek klinik pratikte yaygınlaşacağını düşünmektedir.

Ku ve ark. (69) glokom polikliniğinde takip olan 106 hastada GAT ve DKT ile arka arkaya ölçüm yaptıklarında SKK'da her 10 µm değişimin GAT ölçümlerinde 0.28 mmHg değişime neden olduğunu bulmuşlardır. Ölçüm sonrası hastalara hangi yöntem ile ölçüm yapılmasını tercih ettikleri sorulduğunda %34'ü DKT, %14'ü GAT ve %52'si bir tercihleri olmadığını bildirmiştir. Hastalar DKT'nin daha kolay ve hızlı uygulandığını, fluoresein kullanılmaması nedeniyle daha konforlu olduğunu belirtmişlerdir.

Normal bireylerde GAT, NKT, tonopen ve pnömotonometre ölçümlerinin SKK'dan ne kadar etkilendiğini değerlendiren 105 gözlük bir başka çalışmada tüm tonometrelerin SKK'dan etkilendikleri, NKT'nin bu cihazlar içinde SKK'dan en çok etkilenen cihaz olduğu bildirilmiştir (70). Bu tez çalışmasında da NKT SKK'dan en çok etkilenen tonometre olarak görünmektedir.

GAT, NKT ve DKT ile 118 gözde yapılan ölçümlerde, LASIK sonrası GAT ölçümlerinin 1. haftada 4.9 mmHg, 1. ayda 5.4 mmHg azaldığı, NKT ölçümlerinin 1. haftada 6.0 mmHg, 1. ayda 6.1 mmHg azaldığı, fakat DKT ölçümlerinin anlamlı değişime uğramadığı görülmüştür. Yazarlar GAT ve NKT ölçümlerinde her 10 µm değişimin 0.3 mmHg farka neden olacağı bildirmiş ve LASIK sonrası hastaların takibinin NKT ve GAT ile yapılmamasını önermiştir (71).

Doyle ve ark. (72) GAT ve DKT ölçümlerini bu tez çalışmasında olduğu gibi 3 farklı SKK grubunda incelemiştir: 520 µm – 580 µm arası normal SKK grubu; 520 µm altı ince SKK grubunu; 580 µm üstü kalın SKK grubu. Yazarların çalışmasında normal SKK grubunda GİB ölçüm ortalaması GAT

ile 15.9 mmHg, DKT ile 16.0 mmHg bulunmuştur. İnce kornealı grupta GAT ölçüm ortalaması 13.2 mmHg, DKT ile 15.9 mmHg, kalın kornealı grupta GAT ölçüm ortalaması 17.4 mmHg, DKT ile 17.4 mmHg bulunmuştur. Bu bulgular ile GAT'ın 520 µm'un altında her 10 µm incelik için 0.7 mmHg daha düşük ölçtüğü, normal SKK'da ise GAT ölçümlerinin DKT ile uyumlu olduğu bildirilmiştir. Kalın kornealarda ise DKT ölçümlerinin, ince kornealardaki gibi değerli sonuçlar vermediği görülmüştür. Yukardaki sonuçlar bu tezin veri ve sonuçlarıyla uyum içindedir.

Bu tez çalışmasında da tüm gözler SKK'a göre 3 gruba ayrılarak incelendi. İnce kornealarda (520 µm'nun altında) GİB ölçüm ortalaması GAT ile 14.8 mmHg, DKT ile 16.9 mmHg bulundu, ikisi arasında istatistiksel anlamlı farklılık vardı ($p<0.01$). Normal SKK grubunda (520 µm – 580 µm arası) GİB ölçüm ortalaması GAT ile 19.2 mmHg, DKT ile 19.4 mmHg bulundu, ikisi arasında istatistiksel anlamlı farklılık vardı ($p<0.01$). Ancak kalın kornealarda GİB ölçüm ortalaması GAT ile 22.5 mmHg, DKT ile 22.8 mmHg bulundu, ikisi arasında istatistiksel anlamlı fark olmadığı görüldü ($p=0.03$). Diğer bir deyişle kalın kornealarda DKT'nin GAT'e üstünlüğü olmadığı, benzer sonuçlar verdiği görüldü. Normal kalınlıkta SKK'lı gözlerde iki tonometre ölçümleri arasında fark istatistiksel olarak anlamlı olmasına rağmen, klinik olarak anlamsızdı. İnce SKK'lı gözlerde ise istatistiksel anlamlı farklılık ve ölçüm ortalamalarında 2.1 mmHg fark olduğu görüldü. Bu da bize özellikle refraktif cerrahi geçirmiş bireylerde GİB'nin GAT ile takibi uygun olmayacağını düşündürmüştür. DKT özellikle bu bireylerin takibinde diğer tonometrelere tercih edilmelidir.

Pache ve ark. (73) 100 gözde GAT ve DKT ile yaptıkları ölçümler sonucunda DKT'nin GAT'den ortalama 1 mmHg daha yüksek ölçtüğünü, SKK'nın GAT ve DKT ölçümlerini etkilemediğini bildirmiştir. Yazarlar normal kornealarda GAT ölçümlerinin de DKT kadar doğru olduğunu ve daha ayrıntılı değerlendirmeler için intrakamaral manometri yöntemi ile iki cihazın kıyaslanmasını önermektedir. Bu çalışmada önerilen GAT ölçümlerinin SKK'dan etkilenmediği literatürdeki diğer çalışmalarla ve bizim bulgularımızla gelişmektedir. Yine bu tezde GAT ölçümlerinin tüm kornea kalınlıklarından

etkilendiği görüldü. DKT ölçümlerinin yalnızca kalın SKK'lardan etkilendiğini, normal kalınlıkta ve ince kornealarda etkilenmediği bulundu.

Kampeter ve ark. (74) çalışmalarında 36 primer açık açılı glokom, 137 normal gözün GİB'nin GAT ve DKT ile ölçümlerinin SKK'dan ne kadar etkilendiğini değerlendirmişlerdir. DKT ile GİB ortalama 18.7 mmHg ölçülürken, GAT ile ortalama 16.9 mmHg ölçülmüştür. DKT'nin istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek ölçtüğü görülmekle birlikte SKK'dan etkilenmediği fakat GAT ölçümlerinin SKK ile korelasyon gösterdiği bildirilmiştir. SKK'dan bağımsız ölçüm yapan DKT ile glokom takibinde daha doğru sonuçlar elde edileceğini bildirmiştir.

Bu tezde normal bireylerde DKT ile GİB ölçüm ortalaması 16.6 mmHg iken, GAT ile 15.9 mmHg bulundu. İki tonometre ortalamaları arasındaki istatistiksel anlamlı fark vardı. OHT grubunda ise DKT ile GİB ölçüm ortalaması 23.8 mmHg iken, GAT ile 23.6 mmHg'dir. Tonometrelerin ölçümleri arasında istatistiksel anlamlı fark olmasına rağmen, 0.2 mmHg'lik bu fark klinik olarak anlamlı değildir. Normal gözlerde, SKK ile DKT arasında korelasyon yok iken, GAT ile orta düzeyde korelasyon olduğu görüldü. OHT grubunda ise SKK ile her iki tonometre arasında orta düzeyde korelasyon mevcuttu. Çoğu kalın kornealardan oluşan OHT grubunda DKT'nin de GAT kadar SKK ile korelasyon göstermesi, DKT'nin kalın kornealarda diğer tonometrelere üstünlüğu olmadığını göstermiştir.

İnce kornealarda DKT dışındaki diğer tonometreler SKK'dan etkilenmiş olduğundan, birinci grupta bu kadar yüksek fark bulunduğumuzu düşünmekteyiz. SKK normal olan bireylerde cihazların ölçümleri arasında az fark olması, tonometrelerin normal kornea kalınlığına göre ayarlanmış olmasına bağlanabilir. Kalın kornealarda tonometrelerin birbirine yakın ölçmeleri, DKT'nin de kalın kornealarda ölçümlerinin etkilendiğini göstermektedir. Normal bireylerde DKT ile SKK korelasyonu yok iken, 580 µm üzerine SKK ile en yüksek korelasyon katsayısının DKT'de çıkması da bunu desteklemektedir.

Bu tezde göz hastalıkları polikliniğinde en sık kullanılan 3 tonometre ile SKK'dan etkilenmediği iddia edilen yeni bir tonometre olan DKT kıyaslanmıştır. Çalışmada OHT'de için SKK ile tonometrelerin ölçümleri arasında korelasyon değerlendirildiğinde GAT, NKT ve DKT'de orta düzeyde korelasyon varken, tonopende zayıf korelasyon olduğu görüldü. Normal bireylerde ise DKT'nin SKK ile korelasyonu yok denecek düzeyde düşük bulundu. GAT ve NKT hem heterojen kalınlıktaki normal bireyler grubunda hem de kalın kornealı OHT'de SKK'dan en çok etkilenen tonometreler olmuştur.

Bu tezdeki bulgular DKT'nin oftalmoloji pratiğinde kullanılan diğer tonometrelere özellikle kalın kornealardan oluşan OHT grubunda üstünlüğü olmadığını, ancak daha heterojen kornea kalınlığına sahip normal bireylerde SKK'dan etkilenmeme avantajı nedeniyle diğer tonometrelere üstün olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca ülkemizde sayıları giderek artan refraktif cerrahi geçirmiş bireylerde, normalden ince SKK'na sahip oldukları için GİB ölçümlerinde DKT'nin tercih edilmesi uygun olacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Glokom tanısı koymada ve tedavinin etkinliğini değerlendirmede gerçek GİB değerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tezde GİB ölçümünde en yaygın olarak kullanılan tonometrelerin (GAT, NKT, Tonopen) ölçümlerinin refraktif ve biyometrik parametrelerden etkilenmemekle beraber farklı SKK değerleri ile değişkenlik gösterdiği bulunmuştur. Özellikle NKT ve GAT SKK'dan kaynaklanan bu etkiye oldukça açıktır.

DKT özellikle ince kornealarda SKK'dan hemen hemen bağımsız ölçüm yapmaktadır. İnce kornealı gözlerde diğer tüm tonometreler SKK ile orta düzeyde korrelasyon göstermekte ve dolayısıyla hatalı düşük ölçüm yapabilmektedir. Refraktif cerrahi geçirmiş bireylerde ve yapısal olarak SKK ince bireylerde gerçek GİB değerlendirilmesi için DKT en uygun tonometre olarak görünmektedir. Özellikle normal tansiyonlu glokom olgularında SKK'nın ince olabildiği göz önüne alınırsa, bu olgularda DKT kullanılması doğru olacaktır. SKK'nın normal aralıkta (520-580 μm) olduğu gözlerde de yine DKT SKK'dan en bağımsız ölçüm yapan tonometre olarak görünmektedir. Ayrıca bu tez çalışmasında normal populasyonu temsil eden kontrol grubu verileri, SKK bilinmediği durumlarda, örneğin poliklinik ortamında SKK'dan en bağımsız ölçümün DKT ile olacağına işaret etmektedir.

OHT hastaları genelde kalın kornealara sahiptir. Bu tezde OHT grubunda tonopen SKK ile en zayıf korelasyonu göstermiştir. Diğer tonometreler (GAT, DKT, NKT) OHT'de SKK'dan etkilenebilme potansiyeli taşımaktadır. Bu nedenle Tonopen OHT'de en tercih edilecek tonometre olarak görülmekte, DKT ise çok uygun bir seçim olarak görünmemektedir.

Sonuç olarak tüm tonometrelerin ölçümleri SKK'dan değişik düzeylerde etkilenebilmektedir. Bu tez çalışmasının verileri SKK bilinmeden GİB ölçümü yapılacaksa en isabetli ölçümlerin sırasıyla DKT ve tonopen ile yapılabileceğine işaret etmektedir. Glokom pratiğinde GAT altın standart olmaya devam edecekse mutlaka SKK eşliğinde değerlendirilmelidir. NKT ise tercihan rutin poliklinik ve toplum taramayla kısıtlı kalmalıdır.

DKT, SKK'dan oldukça bağımsız GİB ölçümü yapma yanı sıra, objektif ölçümler vermesi, ölçüm sonuçlarını hafızasında saklaması, fluoressein gerektirmemesi ve hasta konforunun oldukça iyi olması nedenleriyle de oftalmoloji pratiğinde giderek yaygınlaşacaktır. DKT ile ilgili tecrübelerin ve çalışmaların artmasıyla birlikte ilerleyen yıllarda GAT'nin yerini alabileceğini öngörmek mümkündür.

ÖZET

Amaç: Okuler hipertansif (OHT) ve normal bireylerde Paskal dinamik kontur tonometre (DKT) ile ölçülen göz içi basıncı (GİB) değerlerini, tonopen, goldmann aplanasyon tonometresi (GAT) ve nonkontakt tonometre (NKT) ölçümleri ile kıyaslamak, ve korneal, refraktif ve biyometrik parametrelerin bu ölçümleri nasıl etkilediğini araştırmak.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya 240 hastanın 480 gözü dahil edildi. GİB değeri 21 mmHg'nın üzerindeki 120 hasta OHT grubunu, GİB yüksekliği olmayan 120 normal birey kontrol grubunu oluşturdu. Tüm gözlere refraksiyon muayenesi, keratometrik ölçüm, aksiyel uzunluk ölçümü ve santral kornea kalınlığı (SKK) ölçümü yapıldı. Daha sonra DKT, GAT, NKT ve tonopen cihazlarıyla randomize sıralamayla GİB ölçüldü. Tonometrelerin ölçümleri arasında fark olup olmadığı ve refraksiyon, SKK, keratometri ve aksiyel uzunluk ile GİB ölçümleri arasında korelasyon olup olmadığı istatistiksel olarak analiz edildi.

Bulgular: Ortalama SKK OHT grubunda SKK $578.07 \pm 30.38 \mu\text{m}$, kontrol grubunda $546.05 \pm 33.66 \mu\text{m}$ olarak bulundu. Keratometri, sferik ekivalan, aksiyel uzunluk ile hiç bir tonometrenin ölçümleri arasında korelasyon olmadığı görüldü. Kontrol grubunda GAT ve NKT ölçümleri ile SKK arasında orta düzeyde, tonopen ile zayıf korelasyon vardı; DKT ölçümleri ile SKK arasında korelasyon tespit edilmedi. OHT grubunda ise SKK ile tonopen arasında zayıf korelasyon varken, diğer tonometrelerin ölçümleri ile SKK arasında orta düzeyde korelasyon mevcuttu.

SKK 520 mikronun altında gözlerde, SKK ile DKT ölçümleri arasında korelasyon yoktu. 520 – 580 mikron arasında GİB ölçümleriyle SKK arasında GAT ve NKT'de düşük korelasyon varken, DKT ve tonopende korelasyon yoktu. 580 mikronun üzerinde ise tonopen ve GAT ölçümleri ile SKK arasında çok zayıf korelasyon görülmesine rağmen, SKK'dan en çok etkilenen cihaz DKT olarak bulundu

Sonuçlar: Tonometrik lümleri etkileyen temel parametre SKK'dır. Bulgularımız DKT'nin SKK ince olan bireylerde en doğru ölçümü yapacağı, ağırlıklı olarak kalın kornealardan oluşan OHT bireylerde ise üstünlüğü olmadığına işaret etmektedir. SKK bilinmeden GİB lümü yapılacaksa en isabetli ölçümler sırasıyla DKT ve tonopen ile yapılabilmektedir.

EFFECTS OF CORNEAL, REFRACTIVE AND BIOMETRIC PARAMETERS ON INTRAOCULAR PRESSURE MESAUREMENTS WITH DYNAMIC CONTOUR TONOMETER, NONCONTACT TONOMETER, TONOPEN AND GOLDMANN APPLANATION TONOMETER

SUMMARY

Purpose: To compare intraocular pressure (IOP) measurements of Pascal dynamic contour tonometry (PDCT) with those of tonopen, Goldmann applanation tonometry (GAT) and noncontact tonometer (NCT) in ocular hypertensive (OHT) and normal individuals and to assess how corneal, refractive and biometric parameters effects these measurements.

Materials and Methods: Four hundred-eighty eyes of 240 patients were included in the study. Those 120 patients with IOP values above 21 mmHg consitituted the OHT group while 120 normal individuals without IOP elevation constituted the control group. All eyes underwent refraction examination, keratometric measurement, axial length measurement and central corneal thickness (CCT) measurements. Then, IOP was measured with DCT, GAT, NCT and tonopen, with 5 minutes intervals and in random order. Difference between these tonometers' measurements and correlations between IOP and refraction, CTT, keratometry and axial length were statistically analyzed.

Findings: The mean CCT was $578.07 \pm 30.38 \mu\text{m}$, and $546.05 \pm 33.66 \mu\text{m}$, in OHT and control groups, respectively. There were no correlations between tonometers' measurements and keratometry, sphreical equivalent and axial length. In the control group, while CCT showed moderate correlations with GAT and NCT, there was a weak correlation with tonopen; no correlation between CCT and DCT measurements were detected. In the OHT group there was a weak correlation with CCT and tonopen measurements, and moderate correlations with CCT and other tonomoters' measurements.

In corneas thinner than $520 \mu\text{m}$, there was no correlation with CCT and DCT measurements. In corneas between 520 and $580 \mu\text{m}$, there was a weak correlation between CCT and IOP mesaurements with GAT and NCT, while there was none with DCT and tonopen. Above $580 \mu\text{m}$, while there was a

very weak correlation between CCT and measurements with GAT and tonopen, DCT was influenced the most.

Conclusions: CCT is the primary parameter effecting tonometric measurements. Our findings indicate that DCT will measure IOP the most efficiently in patients with thin corneas, while DCT has no advantage in OHT patients with predominantly thick corneas. If IOP is to be measured without knowing CCT, the most accurate measurements can be done with DCT and Tonopen, in order.

KAYNAKLAR

1. Yen MT, Wu CY, Higginbotham EJ. Importance of increasing public awareness regarding glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1996; 114: 635.
2. Whitacre MM, Stein RA, Hassanein K. The effect of corneal thickness on applanation tonometry. *Am J Ophthalmol* 1993; 115: 592-6.
3. Goldmann H, Schmidt T. Über applanationstonometrie. *Ophthalmologica* 1957; 134: 221-42.
4. Argus WA. Ocular hypertension and central corneal thickness. *Ophthalmology* 1995; 102: 1810-12.
5. Morad Y, Sharon E, Hefetz L, Nemet P. Corneal thickness and curvature in normal tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1998; 125: 164-8.
6. Climenhaga H, Plucinska H. Comparison of the Pulsair noncontact tonometer and the Goldmann applanation tonometer. *Can J Ophthalmol* 1989; 24: 7-9.
7. Moseley MJ, Evans NM, Fielder AR. Comparison of a new non-contact tonometer with Goldmann applanation. *Eye* 1989; 3: 332-7
8. Sponsel WE, Kaufman PL, Strinden TI, DePaul KL, Bowes HN, Olander KW, Barnebey HS. Evaluation of the Keeler Pulsair non-contact tonometer. *Acta Ophthalmol* 1989; 67: 567-72.
9. Iester M, Mermoud A, Achache F, Roy S. New Tonopen XL: comparison with the Goldmann tonometer. *Eye* 2001; 15: 52-8.
10. Bandyopadhyay M, Raychaudhuri A, Lahiri SK, Schwartz EC, Myatt M, Johnson GJ. 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: 215-24.
11. Bashford KP, Shafranov G, Tauber S, Shields MB. Considerations of glaucoma in patients undergoing corneal refractive surgery. *Surv Ophthalmol* 2005; 50: 245-51.
12. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA. Intraocular pressure measurements using Dynamic contour tonometry after Laser In Situ Keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 3790-4.

13. Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YC. Dynamic contour tonometry: presentation of a new tonometer. *J Glaucoma* 2005; 14: 344-50.
14. Holladay JT, Allison ME, Drager TC. Goldmann applanation tonometry in patients in regular corneal astigmatism. *Am J Ophthalmol* 1983; 96: 90-3.
15. Simon G, Small RH, Ren Q, Parel JM. Effect of corneal hydration on Goldmann applanation tonometry and corneal topography. *Refract Corneal Surg* 1993; 9: 110-7.
16. Moses RA. Fluorescein in applanation tonometry. *Am J Ophthalmol* 1960; 49: 1149-55.
17. Thorburn W. The accuracy of clinical applanation tonometry. *Acta Ophthalmol* 1978; 56: 1-5.
18. Coleman DJ, Trokel S. Direct - recorded intraocular pressure variations in a human subject. *Arch Ophthalmol* 1969; 82: 637-40.
19. Armaly MF, Rubin ML. Accommodation and applanation tonometry. *Arch Ophthalmol* 1961; 65: 415-23.
20. Frenkel R, Hong Y, Shin D. Comparison of the Tono-Pen to the Goldmann applanation tonometer. *Arch Ophthalmol* 1988; 106: 750-3.
21. 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: 1541-4.
22. Panek WC, Boothe WA, Lee DA, Zemlenyi E, Pettit TH. Intraocular pressure measurement with the Tono-Pen through soft contact lenses. *Am J Ophthalmol* 1990;109: 62-5.
23. Khan JA, LaGreca BA. Tono-Pen estimation of intraocular pressure through bandage contact lenses. *Am J Ophthalmol* 1989; 108: 422-5.
24. Shields MB. The non-contact tonometer. Its value and limitations. *Surv Ophthalmol* 1980; 24: 211-9.
25. Moseley MJ, Evans NM, Fielder AR. Comparison of a new non-contact tonometer with Goldmann applanation. *Eye* 1989; 3: 332-7.
26. Güler C, Kayıkçıoğlu Ö, Toprak B, Erkin E. Nidek NT 3000 nonkontakt tonometrenin goldmann aplanasyon tonometresi ile karşılaştırılması. *T Oft Gaz* 2002; 32: 75-9.

27. Lawson-Kopp W, DeJong A, Yudcovitch L, Williams S, Kohl P, Yolton RL. Clinical evaluation of the Keeler Pulsair 3000 non-contact tonometer. *Optometry* 2002; 73: 81-90.
28. SMT Swiss Microtechnology AG. Pascal Dynamic Contour Tonometer Operating Manual, version 1.4, Switzerland, 2004.
29. Erdurmuş M, Hepşen İF. Paskal dinamik kontur tonometre. *Glo-Kat* 2007; 2: 143-8.
30. Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Dynamic contour tonometry: a comparative study on human cadaver eyes. *Arch Ophthalmol* 2004; 122: 1287-93.
31. Başer E, Eser E. Sağlıklı populasyonda okuler pulse amplitüd değerleri. 40. Ulusal TOD Oftalmoloji Kongresi Kitabı. Antalya 2006: 219.
32. 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: 1572-5.
33. Maurice DM. Giardini AA. A simple optical apparatus for measuring the corneal thickness and the average thickness of the human cornea. *Br J Ophthalmol* 1951; 35: 169-77.
34. Mishima S. Corneal thickness. *Surv Ophthalmol* 1968; 13: 57-96.
35. De Cevallos E, Dohlman CH, Reinhart WJ. Corneal thickness in glaucoma. *Ann Ophthalmol* 1976; 8: 177-82.
36. Graf M. Significance of the corneal thickness in non-contact tonometry. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1991; 199: 183-6.
37. Stodtmeister R. Applanation tonometry and correction according to corneal thickness. *Acta Ophthalmol Scand* 1998; 76: 319-24.
38. Başer EF, Eser E, Toprak B, Kaya Z, Güler C. Santral kornea kalınlığının ultrasonik pakimetre ile ölçümlerinde tekrarlanabilirlik. *Glo - Kat* 2007;2: 35-8.
39. Doughty M, Zaman M. Human corneal thickness measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol* 2000; 44: 367-408.
40. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol* 1975; 53: 34-43.

41. Emara B, Probst LE, Tingey DP, Kennedy DW, Willms LJ, Machat J. Correlation of intraocular pressure and central corneal thickness in normal myopic eyes and after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24: 1320-5.
42. Rainer G, Petternel V. Comparison of ultrasound pachymetry and partial coherence laser interferometry in the measurement of central corneal thickness. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28: 2142-5.
43. Dayanir V, Sakarya R. Effect of corneal drying on central corneal thickness. *J Glaucoma*. 2004; 13: 6-8.
44. McLaren JW, Nau CB, Erie JC, Bourne WM. Corneal thickness measurement by confocal microscopy, ultrasound and scanning slit methods. *Am J Ophthalmol* 2004; 137: 1011-20.
45. Modis L, Langenbucher A, Seitz B. Corneal thickness measurements with contact and noncontact specular microscopic and ultrasonic pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2001; 132: 517-21.
46. Suzuki S, Oshika T, Oki K, Sakabe I, Iwase A, Amona S, Araie M. Corneal thickness measurements: scanning-slit corneal topography and noncontact specular microscopy versus ultrasonic pachymetry. *J Cataract Refr Surg* 2003; 29: 1313-8.
47. Nissen J, Hjortdal JO, Ehlers N, Frost-Larsen K, Sorensen T. A clinical comparison of optical and ultrasonic pachymetry. *Acta Ophthalmol* 1991; 69: 659-63.
48. Guntav P, Broadway DC, Watkins RJ. Repeatability and reproducibility of the BVI ultrasonic Pachymeter. *Eye* 2003; 17: 825-8.
49. Bozkurt B, İrkeç M. Glokomlu ve oküler hipertansiyonlu hastalarda ultrasonik pakimetri ile yapılan santral kornea kalınlığı ölçümlerinin uzun dönem tekrarlanabilirliği. *Glo-Kat* 2006; 1: 177-80.
50. 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: 324-8.

51. Eser E, Başer EF, Kayıkçioğlu Ö, Güler C. Pseudoeksfoliatif glokomda santral kornea kalınlığı. *Glo – Kat* 2006; 1: 193-6.
52. Aghaian E, Choe JE, Lin S, Stamper RL. Central corneal thickness of Caucasians, Chinese, Hispanics, Filipinos, African Americans and Japanese in a glaucoma clinic. *Ophthalmology* 2004; 111: 2211-9.
53. Foster PJ, Baasanhu J, Alsbirk PH, Munkhbayar D, Uranchimeg D, Johnson GJ. Central corneal thickness and intraocular pressure in a Mongolian population. *Ophthalmology* 1998; 105: 969-73.
54. Brandt JD, Beiser JA, Kass MA, Gordon MO. Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). *Ophthalmology* 2001; 108: 1779-88.
55. Viestenz A, Martus P, Schlotzer-Schrehardt U, Langenbacher A, Mardin CY. Impact of prostaglandin-F (2alpha) -analogues and carbonic anhydrase inhibitors on central corneal thickness - a cross-sectional study on 403 eyes. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2004; 221: 753-6.
56. Arcieri ES, Pierre Filho PT, Wakamatsu TH, Costa VP. The effects of prostaglandin analogues on the blood aqueous barrier and corneal thickness of phakic patients with primary open-angle glaucoma and ocular hypertension. *Eye* 2006; 25: 149-52.
57. Bron AM, Creuzot-Garcher C, Goudeau-Boutillon S, d'Athis P. Falsely elevated intraocular pressure due to increased central corneal thickness. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1999; 237: 220-4.
58. Grolman B. A new tonometer system. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1972; 49: 646-66.
59. Nakamura M, Darhad U, Tatsumi Y, Fujioka M, Kusuhara A, Maeda H, Negi A. Agreement of rebound tonometer in measuring intraocular pressure with three types of applanation tonometers. *Am J Ophthalmol* 2006; 142: 332-4.
60. Garzosi HJ, Chung HS, Lang Y, Kagemann L, Harris A. Intraocular pressure and photorefractive keratectomy: a comparison of three different tonometers. *Cornea* 2001; 20: 33-6.

61. Levy Y, Zadok D, Glovinsky Y, Krakowski D, Nemet P. Tono-Pen versus Goldmann tonometry after excimer laser photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 1999; 25: 486-91.
62. Phelan PS, McGhee CN, Bryce IG. Excimer laser PRK and corticosteroid induced IOP elevation: the tip of an emerging iceberg? *Br J Ophthalmol* 1994; 78: 802-3.
63. Chatterjee A, Shah S, Bessant DA, Naroo SA, Doyle SJ. Reduction in intraocular pressure after excimer laser photorefractive keratectomy. Correlation with pretreatment myopia. *Ophthalmology* 1997; 104: 355-9.
64. Rashad KM, Bahnassy AA. Changes in intraocular pressure after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg* 2001; 17: 420-7.
65. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison of dynamic contour tonometry with goldmann applanation tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: 3118-21.
66. Medeiros FA, Sample PA, Weinreb RN. Comparison of dynamic contour tonometry and goldmann applanation tonometry in African American subjects. *Ophthalmology* 2007; 114: 658-65.
67. Duba I, Wirthlin AC. Dynamic contour tonometry for post-LASIK intraocular pressure measurements. *Klin Monatsbl fur Augenheilkd* 2004; 221: 347-50.
68. Schneider E, Grehn F. Intraocular pressure measurement-comparison of dynamic contour tonometry and goldmann applanation tonometry. *J Glaucoma* 2006; 15: 2-6.
69. Ku JY, Danesh-Meyer HV, Craig JP, Gamble GD, McGhee CN. Comparison of intraocular pressure measured by Pascal dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry. *Eye* 2006; 20: 191-8.
70. Tonnu PA, Ho T, Newson T, El Sheikh A, Sharma K, White E, Bunce C, Garway-Heath D. The influence of central corneal thickness and age on intraocular pressure measured by pneumotonometry, non-contact tonometry, the Tono-Pen XL and Goldmann applanation tonometry. *Br J Ophthalmol* 2005; 89: 851-4.

71. Siganos DS, Papastergiou G, 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.
72. Doyle A, Lachkar Y. Comparison of dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry over a wide range of central corneal thickness. *J Glaucoma* 2005; 14: 288-92.
73. Pache M, Wilmsmeyer S, Lautebach S, Funk J. Dynamic contour tonometry versus Goldmann applanation tonometry: a comparative study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005; 243: 763-7.
74. Kamppeter BA, Jonas JB. Dynamic contour tonometry for intraocular pressure measurement. *Am J Ophthalmol* 2005; 140: 318-20.