

Santral Kornea Kalınlığının Ultrasonik Pakimetre ile Ölçümlerinde Tekrarlanabilirlik*

Reproducibility in Measurements of Central Corneal Thickness with Ultrasonic Pachymeter

Esin F. BAŞER,¹ Eray ESER,² Barış TOPRAK,³ Ziya KAYA,² Cenap GÜLER¹

ÖZ

Amaç: Ultrasonik pakimetre ile santral kornea kalınlığı (SKK) ölçümlerinin farklı uygulayıcılar arasında ve aynı uygulayıcının tekrarlayan ölçümlerinde tutarlı olup olmadığını araştırmak.

Gereç ve Yöntem: Farklı uygulayıcılar arasında tekrarlanabilirliği araştırmak amacıyla 50 göze üç farklı tecrübeye (1. en tecrübeli, 2. orta derecede tecrübeli ve 3. en tecrübesiz) uygulayıcı tarafından SKK ölçümleri yapıldı. Aynı uygulayıcının kendi ölçümleri içinde tekrarlanabilirlik olup olmadığını araştırmak içinse tek bir hekim 50 göze tekrarlayan SKK ölçümleri yaptı. Ölçümlerin tutarlılığı korelasyon katsayısı (IKK) hesaplanarak istatistiksel olarak analiz edildi. Ayrıca ölçümler arasında 10 µm ve üzerinde fark bulunma yüzdesi belirlendi.

Bulgular: Birinci., 2. ve 3. uygulayıcıların ortalama SKK ölçümleri sağ gözler için sırasıyla 548, 549 ve 552 µm, sol gözler için sırasıyla 547, 548 ve 550 µm olarak bulundu. Farklı uygulayıcıların ölçümlerine ait IKK, her iki göz için, 1. ve 2. uygulayıcılar arasında 0.99, üçüncü ve diğer uygulayıcılar arasında 0.98 olarak bulunmuştur. SKK'nı 10 µm ve üzerinde farklı ölçme oranı 1. ve 2. uygulayıcı arasında %4, üçüncü uygulayıcı ile diğerleri arasında %13 olmuştur. Tek bir uygulayıcının tekrarlayan SKK ölçümlerinde sağ gözler için 1., 2. ve 3. ölçümleri sırasıyla 550, 550 ve 550 µm, sol gözler için sırasıyla 549, 550 ve 549 µm olmuştur. Bu uygulayıcının tekrarlayan ölçümlerinde IKK her iki göz için 0.98 olarak bulunmuştur. Yine bu uygulayıcının tekrarlayan ölçümlerinde, 10 µm ve üzerinde farklı ölçümler %4 oranında kayıt edilmiştir.

Sonuç: Ultrasonik pakimetri ile SKK değişik uygulayıcılar tarafından ve aynı uygulayıcının tekrarlayan ölçümlerinde tutarlı olarak belirlenebilmekle beraber tecrübesiz hekimler tarafından daha kalın ölçülebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Santral kornea kalınlığı, pakimetri, tekrarlanabilirlik.

ABSTRACT

Purpose: To assess whether central corneal thickness (CCT) measurements with ultrasonic pachymeter is reproducible among different observers and repeated measurements of a single observer.

Materials and Methods: To assess the reproducibility among different observers, CCT measurements were performed on 50 eyes by 3 observers of varying experience (1. most experienced, 2. moderately experienced, 3. least experienced). A single observer also performed repeated measurements of CCT on 50 eyes in order to assess the reproducibility of the same observer's measurements. The reproducibility of measurements were analyzed statistically by calculating intraclass correlation coefficient (ICC). In addition, percentage of measurement differences equal or greater than 10 µm were determined.

Results: The mean CCT measurements of 1., 2. and 3. observers were 548, 549 and 552 µm for right eyes and 547, 548 and 550 µm for left eyes, respectively. ICC was 0.99 between 1. and 2. observers', 0.98 between 3. and other observers' measurements for both eyes. Percentage of measurements equal or greater than 10 µm were 4% between 1. and 2. observers, 13% between 3. and other observers. Repeated measurements of a single observer were 550, 550 ve 550 µm for right eyes, and 549, 550 ve 549 µm for left eyes, respectively. ICC was 0.98 for repeated measurements of both eyes by this observer. Also, the percentage of measurements equal or greater than 10 µm were 4% for repeated measurements of this observer.

Conclusion: Measurements of CCT by means of ultrasonic pachymetry among different observers and repeated measurements of a single observer are reproducible; however inexperienced observers tend to perform thicker measurements.

Key Words: Central corneal thickness, pachymetry, reproducibility.

Glo-Kat 2007;2:35-38

Geliş Tarihi : 14/08/2006

Kabul Tarihi : 19/01/2007

Received : August 14, 2006

Accepted: January 19 , 2007

* 17-21 Eylül 2005 tarihlerinde Antalya'da yapılan 39. TOD Ulusal Oftalmoloji Kongresi'nde poster olarak sunulmuştur.

1- Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D., Manisa, Prof. Dr.
2- Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D., Manisa, Araş. Gör.
3- Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları A.D., Manisa, Doç. Dr.

1- M.D. Professor, Celal Bayar University School of Medicine, Department of Ophthalmology Manisa/TURKEY
BAŞER E.F., esinbaser@yahoo.com
GÜLER C.,

2. M.D., Celal Bayar University School of Medicine, Department of Ophthalmology Manisa/TURKEY
ESER E.,
KAYA Z.,

3. M.D. Associate Professor, Celal Bayar University School of Medicine, Department of Ophthalmology Manisa/TURKEY
TOPRAK B.,

Correspondence: M.D. Professor, Esin Fatma BAŞER
Mitatpaşa Caddesi No:144/9 35260 Karataş İzmir/TURKEY

GİRİŞ

Göz hastalıkları kliniklerinde santral kornea kalınlığının (SKK) ölçümü özellikle refraktif cerrahide, bazı kornea hastalıklarının tedavisinde, kontakt lens problemlerinde ve penetran keratoplastinin ameliyat sonrası takibinde önemlidir.¹⁻³ Son yıllarda bu listeye glokom ve okuler hipertansiyon hastalarının tanısı da eklenmiştir. Bunun nedeni Goldmann'ın aplanasyon tonometresi ile göz içi basıncının (GİB) ince kornealarda olduğundan daha düşük, kalın kornealarda ise daha yüksek olarak ölçülebilmesidir.⁴⁻⁷ Günümüzde SKK ölçümü glokom kliniklerinde giderek önem kazanmakta ve rutin muayeneler içinde yer almaktadır.⁸⁻¹⁹

SKK ölçümleri ultrasonik pakimetri, optik yarık taranma pakimetri, parsiyel koherens interferometri, optik koherens tomografi gibi farklı cihazlarla yapılabilmektedir.²⁰⁻²⁶ Günümüzde SKK ölçümü en sık ve en pratik olarak ultrasonik pakimetri cihazları ile yapılmaktadır.²⁷⁻³⁰ Ancak bu yöntem elle uygulandığı için uygulayıcıya bağlı hatalı ölçümler yapılması mümkündür. Bu çalışmanın amacı SKK ölçümlerinin aynı ultrasonik pakimetre cihazı ile farklı tecrübede uygulayıcılar tarafından yapılması halinde veya aynı uygulayıcının tekrarlayan ölçümlerinde tekrarlanabilir olup olmadığını araştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma kapsamına göz hastalıkları polikliniğimize gözlük kontrolü için gelen, 18 yaşın üzerinde, önceden herhangi bir oküler cerrahi geçirmemiş, biyomikroskopik olarak korneası doğal bulunan, kontakt lens kullanmayan, refraksiyon kusuru 3 diyoptrinin (sferik ekivalan) altında olan, en az bir haftadır hiçbir göz damlası kullanmamış, kuru göz bulguları ve tanısı olmayan olgular alındı. Olgularımız çalışma konusunda bilgilendirildi ve onayları alındı. SKK ölçümleri için Nidek UP 1000 model Pakimetri cihazı kullanıldı. Ölçümler öncesinde her göze bir damla % 0.5 proparakain hidroklorür (Alcaine®, Alcon) damlatıldı. Ölçümler olguların karşılarında duran sabit bir nesneye fikse etmeleri sağlandıktan sonra pakimetri probunu kornea santraline mümkün olduğunca dik tutarak ve hafifçe temas ettirilerek gerçekleştirildi. Farklı olguların ölçümleri arasında pakimetri probunun ucu %70 alkol solusyonu ile dezenfekte edildi.

Çalışmanın birinci aşamasında farklı uygulayıcılar arası SKK ölçümlerinin tutarlılığının araştırılması amaçlandı. Bunun için 25 hastanın her iki gözüne üç farklı tecrübede (1. en tecrübeli, 2. orta derecede tecrübeli ve 3. en tecrübesiz) uygulayıcı tarafından peş peşe SKK ölçümleri yapıldı.

Birinci hekim öğretim üyesi, 2. hekim pakimetrik ölçüm deneyimi olan kıdemli araştırma görevlisi, 3. hekim ise önceden ölçüm tecrübesi olmayan kıdemsiz araştırma görevlisiydi. Her üç uygulayıcı da sağ elleri dominant olan hekimlerdi. Uygulayıcıların ölçüm sırası bir randomizasyon tablosu oluşturularak belirlendi.

SKK'da diüurnal varyasyondan etkilenmemek için tüm ölçümler öğleden sonra 2:00 ile 4:00 arasındaki sürede yapıldı ve uygulayıcıların ölçümlerini arasındaki sürenin 2-3 dakikayı geçmemesine özen gösterildi. Ayrıca uygulayıcıların birbirlerinin ölçüm sonuçlarını görmemesine dikkat edildi. Uygulayıcılar her bir göz için üst üste 3'er ölçüm gerçekleştirdi ve bu ölçüm değerlerinden en küçük olanını kayıt etti. Ölçümler arasında gözün uzun süre açık kalmasına bağlı kuruluk ve korneada incelleme ihtimaline karşın ölçümler 60 saniye içinde gerçekleştirildi ve farklı uygulayıcıya geçerken gözlelere birer damla suni göz yaşı (Tears Naturale II®, Alcon) damlatıldı.

Çalışmanın ikinci aşamasında tek bir uygulayıcının kendi ölçümleri içinde tutarlılık olup olmadığı araştırıldı. Bunun için orta derecede tecrübesi olan hekim 25 yeni olgunun her iki gözüne peş peşe 3 oturumda tekrarlayan SKK ölçümleri yaptı. Her oturum arasında 2-3 dakika ara verildi ve oturumlar arasında gözlelere suni gözyaşı damlatıldı. Her bir oturumda art arda 3'er kez ölçüm yapıp elde edilen en küçük değer kaydedildi. Bu art arda ölçümler de 60 saniye içinde gerçekleştirildi ve ölçümler arasında olgular serbestçe göz kırpmaya teşvik edildi. SKK ölçümlerini bu uygulayıcının dışında başka bir gözlemci kayıt ettiği için uygulayıcı farklı oturumlardaki ölçümlerinden haberdar olmadı. Bu aşamada da tüm ölçümler öğleden sonra 2:00 ile 4:00 arasındaki sürede yapıldı.

SKK ölçümlerinde uygulayıcılar arasında ve bir uygulayıcının kendi ölçümleri içinde tutarlılığı değerlendirilmek için SPSS programı kullanılarak istatistiksel analiz yapıldı. Ölçümlerin tutarlı olup olmadığı korelasyon katsayısı (IKK) hesaplanarak değerlendirildi. Ayrıca farklı uygulayıcıların ölçümleri arasında ve aynı uygulayıcının tekrarlayan ölçümleri içinde 10 µm ve üzerinde farklı ölçümlerin yüzdesi belirlendi. Sağ ve sol gözlelere ait ölçümler ayrı ayrı değerlendirildi.

BULGULAR

Çalışmanın birinci kısmında (uygulayıcılar arası tutarlılık) yer alan olguların ortalama yaşı 34±17 (17-78), ortalama refraksiyonu -1.1±0.5 D (-2.5-+2), çalışmanın ikinci kısmında (aynı uygulayıcının tutarlılığı) yer alan

Tablo 1: Farklı uygulayıcıların ortalama santral kornea kalınlığı ölçümleri: ortalama±standart deviasyon (µm).

Göz	1. Gözlemci	2. Gözlemci	3. Gözlemci
Sağ	549±34	550±34	552±34
Gözler	(494-616)	(495-620)	(491-615)
Sol Gözler	548±33	548±32	551±33.0
	(495-612)	(496-614)	(497-607)

Tablo 2: Tek bir uygulayıcının tekrarlayan SKK ölçümleri : ortalama±standart deviasyon(µm).

Göz	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm
Sağ gözler	550±27 (498-603)	550±26 (503-608)	550±25 (501-604)
Sol gözler	549±25 (495-592)	550±23 (505-595)	549±25 (500-600)

Tablo 3: Gözlemciler arası ve tek bir uygulayıcının SKK ölçümlerinin tutarlılığı (korelasyon katsayısı).

GÖZ	1-2. uygulayıcılar	1-3. uygulayıcılar	2.-3. uygulayıcılar	Tek bir uygulayıcı 1.-2. ölçüm	Tek bir uygulayıcı 1.-3. ölçüm	Tek bir uygulayıcı 2.-3. ölçüm
Sağ	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Sol	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98

olguların ortalama yaşı 31 ± 10 (18-60), ortalama refraksiyonu -1.3 ± 0.6 D (-2.75 - $+2.5$) olarak belirlendi.

Birinci, 2. ve 3. uygulayıcıların ortalama SKK ölçümleri sağ gözler için sırasıyla 548, 549 ve 552 μ m, sol gözler için sırasıyla 547, 548 ve 550 μ m olarak bulundu (Tablo 1). Tek bir uygulayıcının sağ gözlerde 1., 2. ve 3. SKK ölçümleri sırasıyla 550, 550 ve 550 μ m, sol gözlerde sırasıyla 549, 550 ve 549 μ m olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Uygulayıcılar arası ölçümlerde her iki göz için 1. ve 2. uygulayıcılar arası tutarlılık katsayısı (IKK) 0.99, üçüncü ve diğer uygulayıcılar arasında 0.98 olarak bulundu (Tablo 3). Uygulayıcılar arasında 10 μ m ve üzerinde farklı ölçme oranı 1. ve 2. uygulayıcı arasında %4, üçüncü uygulayıcı ile diğerleri arasında %13 olarak belirlendi (Tablo 4). Tek bir uygulayıcının tekrarlayan ölçümleri için hem sağ hem sol gözlerde IKK 0.98 olarak bulunmuştur (Tablo 3). Yine bu tek bir uygulayıcının tekrarlayan ölçümlerinde 10 μ m ve üzerinde farklı ölçme oranı her iki göz için %4 olarak belirlendi (Tablo 4).

ka kökenli Amerikalılarda 521 μ m olarak bildirilmiştir.³³ Sağlıklı bireyleri içeren bu çalışmamızda ortalama SKK'ın literatürle uyumlu olarak tüm uygulayıcılarda 550 μ m civarında olduğu görüldü.

Çalışmamız sonuçlarına göre ultrasonik pakimetri ile SKK değişik gözlemciler tarafından ve aynı gözlemcinin tekrarlayan ölçümlerinde tutarlı olarak belirlenebilmekle beraber, tecrübesiz hekimler tarafından daha kalın ölçülebilmektedir. Bunun muhtemel nedeni probun korneaya uygun güçte temas ettirilememesi veya santral korneaya tam dik olarak yerleştirilememesidir. 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. Probu hafifçe eğik tutulması daha yüksek ölçümlere yol açmaktadır.³⁰ Bu husus göz önünde bulundurularak çalışma sırasında tüm uygulayıcıların en düşük SKK ölçümleri kayıt edildi.

Çalışmamızda tekrarlayan SKK ölçümleri arasında 10 μ m ve üzerinde fark olması klinik olarak anlamlı fark-

Tablo 4: Uygulayıcılar arası ve tek bir uygulayıcının SKK ölçümlerinde 10 μ m ve üzerinde farklı ölçme oranı.

GÖZ	1.-2. uygulayıcılar	1. -3. uygulayıcılar	2. -3. uygulayıcılar	Tek bir uygulayıcı 1.-2. ölçüm	Tek bir uygulayıcı 1.-3. ölçüm	Tek bir uygulayıcı 2.-3. ölçüm
Sağ	%0	%13	%13	%0	%4	%0
Sol	%4.3	%8.6	%8.6	%4	%0	%0

TARTIŞMA

Goldmann 1950'lerde applanasyon tonometresini geliştirirken, SKK kalınlığının 520 μ m olduğunu ve sağlıklı kişilerde değişmediği düşünmüştür.³¹ Beşyüzyirmi μ m değerden her 10 μ m sapma 0.7 mmHg yanlış ölçüm neden olduğu bildirilmiştir.³² Ancak primer açık açılı glokom olgularına kıyasla SKK normotansif glokomlu bireylerde anlamlı olarak daha ince, okuler hipertansif bireylerde ise anlamlı olarak daha kalındır.^{7,12,15-18,25} Bu nedenle applanasyon tonometresi ile yapılan ölçümlerin SKK'na göre düzeltilmesi için (ince kornealarda daha düşük, kalın kornealarda daha yüksek olacak şekilde) değişik formüller geliştirilmiştir.

Sağlıklı insanlarda SKK literatürde ortalama 555 μ m olarak bildirilmektedir. Farklı ırklara ait bireylerde aynı ultrasonik pakimetre ile yapılan SKK ölçümleri Çinlilerde 555 μ m, Filipinlilerde 550 μ m, Kafkasyalılarda 550 μ m, İspanyollarda 548 μ m, Japonlarda 531 μ m, Afri-

lilik kabul edilmiştir. Ölçümlerde 10 μ m ve üstü farkın 1. ve 2. uygulayıcılar arasında sağ gözde %0 solda %4.3 iken, tecrübesiz olan 3. uygulayıcının 1. ve 2. uygulayıcılar ile arasındaki 10 μ m ve üstü fark sağ gözde %13, sol gözde ise %8.6 olması tecrübesiz uygulayıcının kalın ölçümü muhtemelen tam santral noktayı tutturamamasından kaynaklanmaktadır.

Miglior ve ark.²⁸ aynı gözlemcinin tekrarlayan pakimetrik ölçümlerinde %11 oranda, gözlemciler arasında ise %22 oranda 15 μ m ve üzerinde farklı ölçümler saptamıştır. Yazarlar hastalarına fiksasyon için bir ışık yada nokta göstermediklerinden korneada ölçüm noktaları arasında 1 mm'lik farkın bile buna neden olabileceğini belirtmiştir. Hastaların uyumu ve gözlerini sabit bir noktaya fikse etmeleri ile kolayca, doğru bir şekilde ölçüm yapılır.

Gordon ve ark.²⁹ ultrasonik pakimetre kullanarak yaptıkları tekrarlanabilirlik çalışmasında bir hekimin ken-

di ölçümleri içinde varyasyonun ortalama $6 \mu\text{m}$, farklı hekimlerin ölçümleri arasında varyasyonun ise $11 \mu\text{m}$ olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızda ultrasonik pakimetri ile yapılan SKK ölçümlerinde sağ ve sol gözlere ait ölçümler hem farklı hekimlerin ölçümlerinde hem de aynı hekimin tekrarlayan ölçümlerinde benzer bulunmuştur. Alsbirk ve ark.³⁴ aynı hekim tarafından yapılan ölçümlerde sol gözlerde SKK'nın $20 \mu\text{m}$ daha kalın ölçüldüğünü bildirmişlerdir; ancak yazarlar farklı bir metodoloji gerektiren optik pakimetri cihazı kullanmışlardır.

Kornea kalınlığında gün içinde değişik saatlerde ölçümünde değişim olduğu görülmüştür.¹¹ Gece kornea epitelinde hücre şişmesi nedeniyle sabah uykudan kalkınca normalden biraz daha kalın ölçülebilir.³⁵ Bu nedenle standardizasyon açısından çalışmamızdaki tüm ölçümler öğleden sonra yapılmıştır.

Tekrarlayan pakimetrik ölçümler sonucunda SKK'da incelmeye yol açabilir. Nitekim tekrarlayan ölçümler ile pakimetri probunun teması ile kornea kalınlığında yaklaşık $1.3 \mu\text{m}$ incelmeye meydana geldiği bildirilmiştir.²⁰ Bunun yanı sıra gözlerin kırılmaksızın açık tutulması da SKK'da incelmeye yol açmakta; eğer göz kırpmaya izin verilirse 60 saniye içinde yapılan peş peşe ölçümlerde SKK anlamlı olarak değişmemektedir.³⁰ Çalışmamızda tekrarlayan ölçümler arasında göze suni göz yaşı damlatılmasıyla ve göz kırpmasının teşvik edilmesiyle bu incelmeye önlenmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak ultrasonik pakimetri cihazı ile sağlıklı bireylerde yapılan bu çalışmada farklı hekimlerce ve aynı hekimin tekrarlayan ölçümlerinde ortalama SKK $550 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir. Gerek farklı hekimlerin ölçümlerinde, gerekse aynı hekimin tekrar eden ölçümlerinde sağ ve sol gözlere ait ölçümler arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Tek bir uygulayıcının farklı zamanlarda tekrarlayan ölçümleri yüksek düzeyde tekrarlanabilir bulunmuştur. Ayrıca farklı tecrübede uygulayıcıların aynı olgulara yaptıkları SKK ölçümleri de tutarlı görünmektedir. Ancak tecrübesiz bir uygulayıcının SKK'nı hafifçe daha kalın ölçme ihtimali olabilmektedir.

KAYNAKLAR/REFERENCES

- Vinciguerra P, Camesaca FI.: Prevention of corneal ectasia in laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg.* 2001;17:187-189.
- McLeod SD, Kislak TA, Caro NC, et al.: Iatrogenic keratoconus: corneal ectasia following laser in situ keratomileusis for myopia. *Arch Ophthalmol.* 2000;118:282-284.
- Argento C, Cosentino MJ, Tytun A, et al.: Corneal ectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2001; 27:1440-1448.
- 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.
- Lewis RA.: Refractive surgery and the glaucoma patient: Customized corneas under pressure. *Ophthalmology.* 2000;107:1621-1622.
- Foster P, Baasanh J, Alsbirk PH, et al.: Central corneal thickness and intraocular pressure in a mongolian population. *Ophthalmology.* 1998;105:969-973.
- Wolfs RC, Klaver CC, Vingerling JR, et al.: Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure: the Rotterdam study. *Am J Ophthalmol.* 1997;123:767-772.
- Yagci R, Eksioğlu U.: Central corneal thickness in primary open angle glaucoma, pseudoexfoliative glaucoma, ocular hypertension, and normal population. *Eur J Ophthalmol.* 2005;15:324-328.
- Yıldırım R, Oral Y.: Santral kornea kalınlığı ve göz içi basıncı değerleri arasındaki ilişki. *T Off Gaz.* 2000;30:319-323.
- Özveren F, Eltutar K.: Oküler hipertansiyon, normotansif glokom ve normal gözlerde santral kornea kalınlığı. *MN Oftalmol.* 2003; 4:344-346.
- Shah S, Spedding C.: Assessment of the diurnal variation in central corneal thickness and intraocular pressure for patients with suspected glaucoma. *Ophthalmology.* 2000;107:1191-1193.
- Shah S, Chatterjee A, Mathai M, et al.: Relationship between corneal thickness and measured intraocular pressure in a general ophthalmology clinic. *Ophthalmology.* 1999;106:2154-2160.
- Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, et al.: The ocular hypertension treatment study: baseline factors that predict the onset of primary-open angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2002;120:714-720.
- Argus WA.: Ocular hypertension and central corneal thickness. *Ophthalmology.* 1995;102:1810-1812.
- Copt RP, Thomas R, Mermoud A.: Corneal thickness in ocular hypertension, primary open - angle glaucoma, and normal tension glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 1999;117:14-16.
- Emara BY, Tingey DP, Probst LE, et al.: Central corneal thickness in low-tension glaucoma. *Can J Ophthalmol.* 1999;34:319-324.
- Herman DC, Hodge DO, Bourne WM.: Increased corneal thickness in patients with ocular hypertension. *Arch Ophthalmol.* 2001;119:334-336.
- Velten IM, Bergua A, Horn FK, et al.: Central corneal thickness in normal eyes, patients with ocular hypertension, normal-pressure and open-angle glaucomas- a clinical study. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 2000;217:219-224.
- Ventura AC, Bohnke M, Mojon DS.: Central corneal thickness measurements in patients with normal tension glaucoma, primary open angle glaucoma, pseudoexfoliation glaucoma, or ocular hypertension. *Br J Ophthalmol.* 2001;85:792-795.
- 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;28:2142-2145.
- Jordan JF, Joergens S, Dinslage S, et al.: Central and paracentral corneal pachymetry in patients with normal tension glaucoma and ocular hypertension. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2006;244:177-182.
- Lattimore MR Jr, Kaupp S, Schallhorn S, et al.: 4th. Orbscan pachymetry: implications of a repeated measures and diurnal variation analysis. *Ophthalmology.* 1999;106:977-981.
- Yaylalı V, Kaufman SC, Thompson HW.: Corneal thickness measurements with the Orbscan Topography System and ultrasonic pachymetry. *J Cataract Refract Surg.* 1997;23:1345-1350.
- Marsich MW, Bullimore MA.: The repeatability of corneal thickness measures. *Cornea.* 2000;19:792-795.
- Bechmann M, Thiel MJ, Roesen B, et al.: Central corneal thickness determined with optical coherence tomography in various types of glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2000;84:1233-1237.
- Cosar CB, Sener AB.: Orbscan corneal topography system in evaluating the anterior structures of the human eye. *Cornea.* 2003; 22:118-121.
- Guvant P, Broadway DC, Watkins RJ.: Repeatability and reproducibility of the BVI ultrasonic pachymeter. *Eye.* 2003;17:825-828.
- Miglior S, Albe E.: Intraobserver and interobserver reproducibility in the evaluation of ultrasonic pachymetry measurements of central corneal thickness. *Br J Ophthalmol.* 2004;88:174-177.
- Gordon A, Boggess EA.: Variability of ultrasonic pachymetry. *Optom Vis Sci.* 1990;67:162-165.
- Dayanir V, Sakarya R.: Effect of corneal drying on central corneal thickness. *J Glaucoma.* 2004;13:6-8.
- Goldmann H, Schmidt T.: Über Applanationstonometrie. *Ophthalmologica.* 1957;134:211-242.
- Aghaian E, Choe JE.: Central corneal thickness of Caucasians, Chinese, Hispanics, Filipinos, African Americans, and Japanese in a glaucoma clinic. *Ophthalmology.* 2004;111:2211-2219.
- Feng Y, Varikooty J.: Diurnal variation of corneal and corneal epithelial thickness measured using optical coherence tomography. *Cornea.* 2001;20:480-483.
- Alsbirk PH.: Optical pachymetry of the anterior chamber. A methodological study of errors of measurement using Haag-Streit 900 instruments. *Acta Ophthalmol.* 1974;52:747-758.
- Ehlers N, Bramsen T.: Applanation tonometry and central corneal thickness, *Acta Ophthalmol.* 1975;53:34-43.