

# Normal ve Keratokonuslu Gözlerde Ultrasonik Pakimetri ve OCULUS Pentacam ile Ölçülen Santral Kornea Kalınlıklarının Karşılaştırılması

## Comparison of Central Corneal Thickness Measurements in Normal and Keratoconic Eyes Using Ultrasonic Pachymetry and OCULUS Pentacam

Kürşat Büyük, Banu Bozkurt, Ümit Kamış, Ahmet Özkağnıcı, Süleyman Okudan

Selçuk Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

### Özet

**Amaç:** Normal ve keratokonuslu gözlerde ultrasonik pakimetre (Ocuscan® RxP) ve OCULUS Pentacam Scheimpflug kamera ile ölçülen santral kornea kalınlık (SKK) değerlerinin karşılaştırılması

**Gereç ve Yöntem:** Prospektif çalışmada 57 keratokonuslu, 62 sağlıklı gözün sırasıyla Pentacam ve ultrasonik pakimetre ile SKK ölçümleri yapıldı. Her iki cihaz ölçümlerinin ortalaması eşlendirilmiş dizide t testi ile istatistiksel olarak karşılaştırıldı ve  $p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Her iki cihaz ile alınan SKK ölçümleri arasındaki ilişki Pearson testi ile değerlendirildi.

**Sonuçlar:** Keratokonuslu gözlerin ortalama SKK ölçümleri Pentacam cihazı ile  $480,18 \pm 33,6 \mu\text{m}$ , ultrasonik pakimetre ile  $465,67 \pm 34,5 \mu\text{m}$  olarak bulundu ve farklılık istatistiksel olarak anlamlı idi ( $t = -5,87$ ;  $p < 0,001$ ). Sağlıklı gözlerde ise bu değerler sırasıyla  $573,8 \pm 35,7 \mu\text{m}$  ve  $563,58 \pm 30,9 \mu\text{m}$  olarak ölçüldü ( $t = -4,32$ ;  $p < 0,001$ ). Sağlıklı grupta 15 gözün SKK değerleri ultrasonik pakimetre ile  $585 \mu\text{m}$  üzerindediydi ve bu gözlerin Pentacam ve ultrasonik pakimetre ile alınan ölçümleri sırasıyla  $619 \pm 13,1 \mu\text{m}$  ve  $608,87 \pm 14,1 \mu\text{m}$  olarak bulundu ( $t = -3,3$ ;  $p = 0,005$ ). Her iki cihaz ile alınan ölçümler birbiriyle anlamlı korelasyon göstermekteydi ( $r = 0,95$ ,  $p < 0,001$ ).

**Tartışma:** Pentacam cihazı ile yapılan SKK ölçümleri hem keratokonuslu, hem sağlıklı gözlerde ultrasonik pakimetre ile saptanan ölçümlerle anlamlı ilişki göstermektedir. Fakat Pentacam cihazı ile alınan ölçümler daha yüksek bulunmaktadır; bu nedenle hastanın kornea kalınlık takiplerinde mutlaka aynı görüntüleme yöntemi kullanılmalıdır. (*Türk J Ophthalmol 2011; 41: 104-7*)

**Anahtar Kelimeler:** Santral kornea kalınlığı, ultrasonik pakimetre (Ocuscan RxP), OCULUS pentacam, keratokonus

### Summary

**Purpose:** To compare the central corneal thickness (CCT) measurements in normal and keratoconic eyes using ultrasonic pachymetry (Ocuscan® RxP) and OCULUS Pentacam Scheimpflug camera.

**Material and Method:** In this prospective study, CCT measurements were done in 57 keratoconic eyes and 62 healthy eyes by OCULUS Pentacam and ultrasonic pachymetry, consecutively. The measurements taken by the 2 instruments were compared with paired-samples t-test. A p value  $< 0.05$  was considered as statistically significant. The correlation between the measurements was evaluated using the Pearson test.

**Results:** The mean CCT of keratoconic eyes was  $480.18 \pm 33.6 \mu\text{m}$  with Pentacam and  $465.67 \pm 34.5 \mu\text{m}$  with ultrasonic pachymetry, which demonstrates a statistically significant difference ( $t = -5.87$ ;  $p = 0.001$ ). There was a high correlation between the CCT readings done by the two methods ( $r = 0.95$ ,  $p < 0.001$ ).

**Discussion:** The CCT measurements obtained by Pentacam in both keratoconic and healthy eyes highly correlated with the ultrasonic measurements. However, the CCT measurements taken by Pentacam were higher compared to the ultrasonic measurements; therefore, one and the same imaging technique should be used in follow-up measurements. (*Türk J Ophthalmol 2011; 41: 104-7*)

**Key Words:** Central corneal thickness, ultrasonic pachymetry (Ocuscan RxP), OCULUS pentacam, keratoconus

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Dr. Banu Bozkurt, Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Meram, Akyokuş 42080 Konya, Türkiye Tel.: +90 332 223 65 67 E-posta: drbanubozkurt@yahoo.com  
**Geliş Tarihi/Received:** 22.11.2010 **Kabul Tarihi/Accepted:** 16.01.2011

## Giriş

Kornea kalınlık ölçümü refraktif cerrahinin planlanmasında, kornea hastalıklarının tanı ve takibinde ve glokom hastalarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan son derece önemli bir parametredir.<sup>1-6</sup> Kornea kalınlığını ölçen cihazlar ultrasonik veya optik yöntem prensiplerine göre çalışmaktadır. Ultrasonik yöntemler arasında ultrasonik pakimetre ve ultrasonik biyomikroskop (UBM), optik yöntemler arasında ise spekül mikroskopi, optik koherans tomografi, tarayıcı slit kornea topografisi, konfokal mikroskopi ve Pentacam Scheimpflug sistem sayılabilir.<sup>1,7-17</sup>

Ultrasonik pakimetri, ucuz ve kolay uygulanabilir bir teknoloji olması, ölçümlerinin yüksek tekrarlanabilirlikte ve güvenilirlikte olması nedeniyle klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.<sup>13,18-20</sup> Korneaya temas etmesi en önemli dezavantajdır ve epitel defektlerine ve enfeksiyonlara yol açabilmektedir.<sup>13,18</sup> Proben kornea merkezine, hiç bastırmadan ve dik açıyla yerleştirilmesi doğru ölçüm alınması için son derece önemlidir; zira ölçüm esnasında ortaya çıkabilen gözyaşı film değişikliği, korneaya fazla bası yapılması, tam merkezden ölçüm alınmaması ve probun eğimli olarak korneaya yerleştirilmesi ölçüm değerlerinde sapmalara yol açabilmektedir. Ocuscan® RxP (Alcon, Inc, Irvine, Kaliforniya) A mod ultrasonik bir cihazdır ve hem biyometri, hem pakimetri amaçlı kullanılmaktadır.<sup>21</sup>

Ultrasonik pakimetrede probun yerleştirilmesi esnasında ortaya çıkan uygulamacılar arasındaki farklılıklar, korneaya temas gerektirmeyen görüntüleme cihazlarının kullanımıyla ortadan kalkmıştır. Son yıllarda kullanıma giren OCULUS Pentacam cihazı (Oculus Inc., Almanya), Scheimpflug prensiplerini kullanarak kornea ve lensin kesitsel görüntülerini almakta, ön segmentin 3 boyutlu katarakt yoğunluğunu belirlemekte, kornea kurvatür ve kalınlığını ölçmektedir.<sup>1,11,17</sup> Korneaya temas gerektirmemesi, hızlı ölçüm alması, korneanın tüm lokalizasyonlarındaki kalınlığı belirlemesi ve yüksek tekrarlanabilirlikte olması en önemli avantajlarındanıdır.

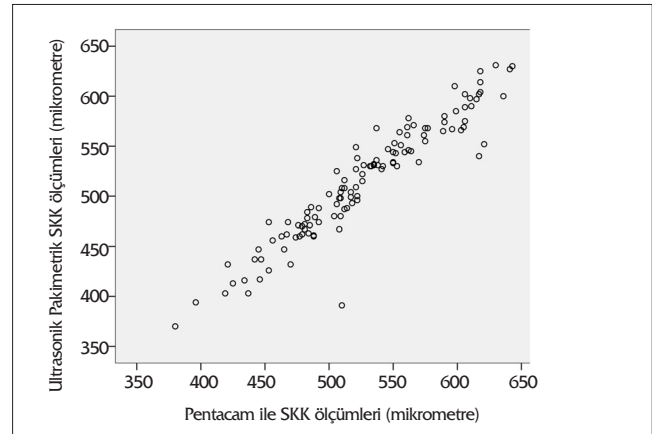
Bu çalışmada keratokonuslu ve sağlıklı bireylerin ultrasonik pakimetre (Ocuscan® RxP) ve OCULUS Pentacam Scheimpflug kamera ile ölçülen santral kornea kalınlık (SKK) değerleri karşılaştırılarak 2 cihazın birbiriyle uyumu değerlendirildi ve ince, normal ve kalın kornealarda ölçümler arasında farklılık olup olmadığı incelendi.

## Gereç ve Yöntem

Çalışmaya 29 keratokonuslu ve 34 sağlıklı birey dahil edildi. Sağlıklı gruba oküler yüzey hastalığı, kornea hastalığı ve glokom gibi herhangi bir göz hastalığı olmayan, kontakt lens kullanmayan ve geçirilmiş refraktif cerrahi veya intraoküler cerrahi hikayesi olmayan bireyler dahil edildi. Refraksiyon kusuru olan hastalar çalışma grubuna alındı.

Çalışmada kornea kalınlık ölçümlerini belirlemede OCULUS Pentacam cihazı ve Ocuscan® RxP (Alcon) cihazı kullanıldı. Hastaların oftalmolojik muayenelerini takiben OCULUS Pentacam cihazı ile deneyimli bir göz teknisyeni tarafından korneanın topografik ölçümleri yapıldı ve güvenilir indislere sahip 3 ölçümden alınan SKK ölçümlerinin ortalaması hesaplandı. Muayene bütün hastalarda loş ışıkta yapıldı ve hiçbir hastaya midriyatik damlatılmadı. OCULUS Pentacam cihazı dönebilen bir kamera sistemi ve görüntüleri kaydeden bir bilgisayar içermektedir. Cihaz üzerinde 2 tane kamera bulunmaktadır. Birinci kamera pupilla oryantasyonunu ve fiksasyonunu kontrol ederken, rotasyon halkalarının üzerine yerleştirilen diğer kamera ön segment görüntülerini almaktadır. Hasta cihazın önüne oturduktan sonra çene ve başı uygun bir şekilde yerleştirilir ve mavi ışığa sabit bakması ve gözünü kırpmaması istenir. Ekranda görülen yön işaretleri gözün görüntüsünü netleştirmeye ve merkezi olarak odaklanmasına yardımcı olur. Görüntü netleştirildiğinde tarama başlatılır. Rotasyon kamerası 2 saniyeden az bir sürede 20 ila 50 arasında görüntü alabilmekte ve ön segmentin 3 boyutlu görüntüsü oluşturulmaktadır. OCULUS Pentacam cihazı ile kornea ön ve arka kurvatürü, yükseklik haritası, kornea kalınlık değeri belirlenmekte, ön kamara derinliği, iridokorneal açı ve lens değerlendirilmektedir.

Daha sonra OCULUS Pentacam cihazı sonuçlarından habersiz bir araştırmacı tarafından (KB) topikal anestezi altında düz karşıya bakan hastanın korneasının merkeziye Ocuscan® RxP cihazının probu hafifçe değiştirilerek tek nokta modunda ölçüm alındı. Ocuscan® RxP (Alcon, Inc, Irvine, Kaliforniya) cihazının 10 MHz frekanslı probu ile A mod biyometri, 20 MHz probu ile pakimetri yapılmaktadır. Ocuscan® RxP kalınlığı 100 µm ile 1100 µm arasında değişen kornealardan ölçüm alabilmektedir ve yapılan çalışmalarda ölçümlerinin tekrarlanabilir ve güvenilir olduğu gösterilmiştir.<sup>17</sup> Tek nokta modunda ardışık 10 ölçüm almakta ve ortalama ve standart sapmayı hesapla-



**Grafik 1.** Ultrasonik pakimetre ve OCULUS Pentacam ile alınan santral kornea kalınlık (SKK) ölçümlerinin ilişkisi

maktadır. Anormal sapma gösteren ölçümler değerlendirilmeye alınmadı ve ölçümler tekrarlandı.

İstatistiksel analizde, SPSS programının 13,0 versiyonu (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanıldı. Her iki cihaz ölçümleri keratokonuslu ve sağlıklı gruplarda ayrı ayrı eşlendirilmiş dizide t testi ile (paired sample t test) istatistiksel olarak karşılaştırıldı ve p değerinin 0,05 altında olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Her iki cihaz ile alınan SKK ölçümleri arasındaki ilişki Pearson korelasyon testi ile değerlendirildi. Ayrıca sağlıklı grup ultrasonik pakimetre ile kornea kalınlığı 585 µm'den daha kalın olan grubun her iki cihaz ile alınan ölçümleri eşleşmeli örnek t-testi ile karşılaştırıldı. Keratokonuslu olgular, kornea kalınlığı 520-585 µm ve kornea kalınlığı 585 µm'den daha büyük olan sağlıklı bireylerin ultrasonik pakimetrik ölçümlerindeki standart sapmalar da değerlendirildi.

## Sonuçlar

Çalışmaya 29 keratokonuslu hastanın 57 gözü ve 34 sağlıklı bireyin 62 gözü dahil edildi. Keratokonus grubunda 14 (%48,3), kontrol grubunda 16 (%47,1) erkek hasta vardı ve cinsiyet dağılımları açısından 2 grup birbirine benzerdi (p=1,0). Keratokonuslu hastalar ile kontrol grubu arasında yaş açısından farklılık izlenmedi (medyan değerler sırasıyla; 29 ve 32,5 yıl) (p=0,57).

Keratokonuslu gözlerin ortalama SKK ölçümleri Pentacam cihazı ile 480,18±33,6 µm, ultrasonik pakimetre ile 465,67±34,5 µm olarak bulundu ve farklılık istatistiksel olarak anlamlı idi (t=-5,87; p<0,001). Sağlıklı gözlerde ise bu değerler sırasıyla 573,8±35,7 µm ve 563,58±30,9 µm olarak ölçüldü (t=-4,32; p<0,001).

Sağlıklı grupta 15 gözün SKK değerleri ultrasonik pakimetre ile 585 µm üzerindeydi ve bu gözlerin Pentacam ve ultrasonik pakimetre ile alınan ölçümleri sırasıyla 619±13,1 µm ve 608,87±14,1 µm olarak bulundu (t=-3,3; p=0,005).

Ultrasonik pakimetrenin ölçüm esnasındaki ortalama standart sapması SKK değeri 520 µm'den daha düşük olan keratokonuslu gözlerde 6,5 µm, 520-585 µm kalınlıktaki sağlıklı gözlerde 6 µm ve 585 µm üzerindeki gözlerde 9,4 µm düzeyindeydi.

Her iki cihaz ile alınan ölçümler birbiriyle anlamlı korelasyon göstermekteydi (r=0,95, p<0,001) (Grafik 1).

## Tartışma

Literatürde SKK ölçüm yöntemlerini karşılaştıran birçok çalışma mevcuttur. Bazı çalışmalarda ultrasonik pakimetrenin diğer cihazlara göre SKK'yı daha kalın olarak ölçtüğü gösterilmiştir.<sup>7-8,10-11,22</sup> Suzuki ve ark.<sup>7</sup> 216 sağlıklı gözde yaptıkları çalışmada, ultrasonik pakimetre, Orbscan II ve speküler mikroskop ile alınan SKK ölçümlerinin birbirleri ile son derece uyumlu olduğunu, fakat ultrasonik

pakimetre (548,1±33 µm) ve Orbscan II'nin (546,9±35,4 µm) santral korneayı speküler mikroskopa (525,3±31,4 µm) göre daha kalın ölçtüğünü belirtmişlerdir. Bovel ve ark.<sup>8</sup> non-kontakt speküler mikroskop (Topcon SP-2000P; Topcon America Corp, Paramus, NJ) ile ultrasonik pakimetre (DGH 500, DGH Technology Inc, Exton, Pa) ölçümlerini karşılaştırmışlar ve ortalama ultrasonik pakimetre ölçümünü yaklaşık 32 µm daha yüksek olarak bulmuşlardır. McLaren ve ark.<sup>10</sup> benzer bir çalışmada 24 normal gözün SKK ölçümünde 2 farklı ultrasonik pakimetre, konfokal mikroskopi ve Orbscan II karşılaştırılmış, ultrasonik pakimetre ile alınan ölçümlerin diğer 2 yöntemle göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Lackner ve ark.<sup>11</sup> 30 sağlıklı gözün SKK ölçümünde Pentacam, Orbscan ve ultrasonik pakimetriyi (SP-2000; Tomey) karşılaştırmışlar ve Pentacam ile alınan ölçümlerin tekrarlanabilirliğinin daha yüksek olduğunu, uygulayıcıya bağlı hatanın daha az olduğunu ve Pentacam cihazı ile alınan ortalama SKK değerinin ultrasonik pakimetri'ye göre yaklaşık 10 µm daha düşük olduğunu saptamışlardır. O'Donnell ve ark.,<sup>22</sup> 21 sağlıklı bireyde yaptıkları çalışmada Allergan-Humphrey 850 ultrasonik pakimetre (534±47 µm) ile alınan SKK ölçümlerinin Pentacam'a (528±45 µm) göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Bazı çalışmalarda ise ultrasonik pakimetrenin diğer cihazlara göre SKK'yı daha ince olarak ölçtüğü gösterilmiştir.<sup>13,16,23-26</sup> Marsich ve Bullimore, 20 sağlıklı birey üzerinde yaptıkları çalışmada Orbscan sisteminin SKK ölçümünde son derece yüksek tekrarlanabilirlikte olduğunu, fakat Orbscan cihazı ile alınan ortalama SKK değerlerinin (596±40 µm), ultrasonik pakimetreye göre (Humphrey Model 855) (542±33 µm) daha yüksek olduğunu saptamışlardır.<sup>13</sup> Yaylalı ve ark.<sup>16</sup> 51 sağlıklı gözün SKK ölçümlerini değerlendirdikleri çalışmalarında, Orbscan sistemi ile alınan ölçümlerin (571,3 µm±6,21) ultrasonik pakimetreye göre (543,3 µm±7,49) istatistiksel olarak daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (p=0,0048). Al-Mezaine ve ark.<sup>23</sup> 492 hastada yaptıkları çalışmada, Pentacam cihazı ile alınan ölçümlerin (552,4±37,0 µm), ultrasonik pakimetreye (544,1±35,4 µm) göre daha yüksek olduğu saptanmıştır ve iki cihaz ile alınan ölçümlerin birbirleriyle son derece uyumlu olduğu gösterilmiştir (r=0,912; p<0,001). Fujioka ve ark.<sup>24</sup> çalışmasında ortalama SKK değerleri Pentacam ile 559,49±38,44 µm, ultrasonik pakimetre ile 553,01±39,33 µm bulunmuştur (p=0,0009). Yeniad ve ark.<sup>25</sup> Ocuscan® RxP ve Pentacam cihazını karşılaştırdıkları çalışmada, ultrasonik pakimetre ile alınan ölçümler hem glokomlu (541±40 µm), hem sağlıklı bireylerde (554±46 µm), Pentacam cihazı ile alınan ölçümlere (sırasıyla, 565±42 µm ve 583±38 µm) göre daha düşük bulunmuştur. Her iki grupta da 2 cihaz ile alınan ölçümlerin yüksek korelasyon gösterdiğini saptamışlardır (r=0,863). Chen ve ark.<sup>26</sup> yaptıkları çalışmada Scheimpflug ölçümleri (521,7±27,6 µm), ultrasonik pakimetre ölçümlerinden (516,5±27,6 µm) daha yüksek bulunmuştur. Bizim

çalışmamızda da ultrasonik pakimetre ve Pentacam ile alınan ölçümlerin birbiriyle yüksek korelasyon gösterdiği ( $r=0,95$ ,  $p<0,001$ ), fakat OCULUS Pentacam ile alınan ortalama SKK değerlerinin ultrasonik pakimetriye göre sağlıklı gözlerde yaklaşık 10  $\mu\text{m}$ , keratokonuslu gözlerde ise yaklaşık 15  $\mu\text{m}$  daha yüksek olduğu gösterilmiştir.

Bazı çalışmalarda ise Pentacam ve ultrasonik pakimetre ile alınan SKK ölçümlerinin benzer olduğu bildirilmiştir.<sup>27-28</sup> Ucakhan ve ark.'nın<sup>27</sup> yaptıkları çalışmada miyopik gözlerde ve erken keratokonus grubunda Pentacam ile alınan ortalama SKK ölçümünün ultrasonik pakimetreye göre sadece 2,7  $\mu\text{m}$  daha kalın olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak farklı olmadığı gösterilmiştir ( $p>0,05$ ). Ladi ve Shah'ın<sup>28</sup> 92 gözde yapılan çalışmalarında ise Galilei dual Scheimpflug kamera ( $541,83\pm 30,56$   $\mu\text{m}$ ) ve ultrasonik pakimetre ( $541,27\pm 30,07$   $\mu\text{m}$ ) ile alınan ölçümler arasında farklılık bulunamamıştır.

Ultrasonik pakimetrenin non-kontakt yöntemlere göre daha düşük ölçüm almasına sebep olarak probun korneaya temas etmesiyle 7-30  $\mu\text{m}$ 'lik gözyaşı film tabakasının yana doğru yer değiştirmesi ve fazla basıya bağlı epitelin daha incelenmesi gösterilebilir.<sup>12</sup> Ultrason probunun merkezden daha uzak bir yere oblik olarak yerleştirilmesi ve kornea epitel ödemeine yol açabilecek bir topikal anesteziğin ardından ölçüm alınması ise kornea kalınlık değerlerinin daha yüksek ölçülmesine yol açacaktır.<sup>29</sup>

Sonuç olarak Pentacam cihazı ile hem keratokonuslu, hem sağlıklı gözlerde ultrasonik pakimetre ile yüksek korelasyon gösteren SKK ölçümleri alınmaktadır. Fakat Pentacam cihazı ile alınan kalınlık ölçümlerinin daha yüksek olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle hastanın kornea kalınlık takiplerinde mutlaka aynı görüntüleme yöntemi kullanılmalı ve farklı prensiple çalışan cihazlarla alınan ölçümler birbirleri yerine kullanılmamalıdır.

## Kaynaklar

- Swartz T, Marten L, Wang M. Measuring the cornea: the latest developments in corneal topography. *Current Opinion in Ophthalmology*. 2007;18:325-33.
- Javaloy J, Vidal MT, Villada JR, Artola A, Alió JL. Comparison of four corneal pachymetry techniques in corneal refractive surgery. *J Refract Surg*. 2004;20:29-34.
- Pflugfelder SC, Liu Z, Feuer W, Verm A. Corneal thickness indices discriminate between keratokonus and contact lens-induced corneal thinning. *Ophthalmology*. 2002;109:2336-41.
- Medeiros FA, Sample PA, Zangwill LM, Bowd C, Aihara M, Weinreb RN. Corneal thickness as a risk factor for visual field loss in patients with preperimetric glaucomatous optic neuropathy. *Am J Ophthalmol*. 2003;136:805-13.
- Brandt JD, Beiser JA, Kass MA, Gordon MO. Central corneal thickness in the ocular hypertension treatment study (OHTS). *Ophthalmology*. 2001;108:1779-88.
- Antürk N. Glokomda santral kornea kalınlık ölçümü ve önemi. *Glo-Kat*. 2006;1:1-6.
- Suzuki S, Oshika T, Oki K, et al. Corneal thickness measurements: scanning slit-corneal topography and non-contact specular microscopy versus ultrasonic pachymetry. *J Cataract Refr Surg*. 2003;29:1313-8.
- Bovelle R, Kaufman SC, Thompson HW, Hamano H. Corneal thickness measurements with the Topcon SP-2000P specular microscope and an ultrasound pachymeter. *Arch Ophthalmol*. 1999;117:868-70.
- Modis L Jr, Langenbucher A, Seitz B. Corneal thickness measurements with contact, non contact specular microscopic and ultrasonic pachymetry. *Am J Ophthalmol*. 2001;132:517-21.
- 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.
- Lackner B, Schmidinger G, Pieh S, Funovics MA, Skorpik C. Repeatability and reproducibility of central corneal thickness measurement with Pentacam, Orbscan, and ultrasound. *Optom Vis Sci*. 2005;82:892-9.
- Nissen J, Hjortdal JO, Ehlers N, Frost-Larsen K, Sørensen T. A clinical comparison of optical and ultrasonic pachymetry. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 1991;69:659-63.
- Marsich MW, Ilimore MA. The repeatability of corneal thickness measures. *Cornea*. 2000;19:792-5.
- Avitabile T, Marano F, Uva MG, Reibaldi A. Evaluation of central and peripheral corneal thickness with ultrasound microscopy in normal and keratoconic eyes. *Cornea*. 1997;16:639-44.
- Bechmann M, Thiel MJ, Neubauer AS, et al. Central corneal thickness measurement with a retinal optical coherence tomography device versus standard ultrasonic pachymetry. *Cornea*. 2001;20:50-4.
- Yaylı V, Kaufman SC, Thompson HW. Corneal thickness measurements with the Orbscan topography system and ultrasonic pachymetry. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23:1345-50.
- Holmen JB, Eksten B, Lundgren B. Anterior chamber depth estimation by Scheimpflug photography. *Acta Ophthalmol Scand*. 2001;79:576-9.
- Miglior S, Albe E, Guareschi M, Mandelli G, Gomasca S, Orzalesi N. Intraobserver and interobserver reproducibility in the evaluation of ultrasonic pachymetry measurements of central corneal thickness. *Br J Ophthalmol*. 2004;88:174-7.
- Bozkurt B, İrkeç M. Glokomlu ve oküler hipertansiyonlu hastalarda ultrasonik pakimetre ile yapılan santral kornea kalınlığı ölçümlerinin uzun dönem tekrarlanabilirliği. *Glo-Kat*. 2006;3:177-80.
- Güney Tefekli E, İzgi B. Ultrasonik pakimetre ile santral kornea kalınlığı ölçümleri zaman içinde farklılık gösterir mi? *Glo-Kat*. 2007;2:123-6.
- Sohajda Z, Papp J, Berta A, Módis L. The comparative study of two recently developed A-scan devices: determination of central corneal thickness, anterior chamber depth and axial length. *Acta Ophthalmol*. 2008;86:45-8.
- O'Donnell C, Maldonado-Codina C. Agreement and repeatability of central thickness measurement in normal corneas using ultrasound pachymetry and the OCULUS Pentacam. *Cornea*. 2005;24:920-4.
- Al-Mezaine HS, Al-Amro SA, Kangave D, Sadaawy A, Wehaib TA, Al-Obeidan S. Comparison between central corneal thickness measurements by oculus pentacam and ultrasonic pachymetry. *Int Ophthalmol*. 2008;28:333-8.
- Fujioka M, Nakamura M, Tatsumi Y, Kusahara A, Maeda H, Negi A. Comparison of Pentacam Scheimpflug camera with ultrasound pachymetry and noncontact specular microscopy in measuring central corneal thickness. *Curr Eye Res*. 2007;32:89-94.
- Yeniad B, Çakıcı Ö, İzgi B. Santral kornea kalınlığının Pentacam ve ultrasonik pakimetri ile ölçülmesi ve göziçi basıncına etkisinin değerlendirilmesi. *Glo-Kat*. 2010;5:93-6.
- Chen S, Huang J, Wen D, Chen W, Huang D, Wang Q. Measurement of central corneal thickness by high-resolution Scheimpflug imaging, Fourier-domain optical coherence tomography and ultrasound pachymetry. *Acta Ophthalmol*. 2010 Jun 18. [Epub ahead of print]
- Ucakhan OO, Ozkan M, Kanpolat A. Corneal thickness measurements in normal and keratoconic eyes: Pentacam comprehensive eye scanner versus noncontact specular microscopy and ultrasound pachymetry. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32:970-7.
- Ladi JS, Shah NA. Comparison of central corneal thickness measurements with the Galilei dual Scheimpflug analyzer and ultrasound pachymetry. *Indian J Ophthalmol*. 2010;58:385-8.
- Nam SM, Lee HK, Kim EK, Seo KY. Comparison of corneal thickness after the instillation of topical anesthetics: proparacaine versus oxybuprocaine. *Cornea*. 2006;25:51-4.