VAN TIP DERGİSİ Medical Journal

KLİNİK ÇALIŞMA / CLINICAL RESEARCH

Van Tıp Derg 25(3): 381-385, 2018
DOI: 10.5505/vtd.2018.90377

Normal Gözlerde Merkezi Kornea Kalınlığının Corvis ST Kornea Biodinamik Scheimpflug Analiz Sistemi, Sirius Kombine Scheimpflug-Placido Disk Sistemi ve Rtvue Ön Segment Optik Koherens Tomografi ile Değerlendirilmesi

Assesment of Central Corneal Thickness Using Corneal Dynamic Scheimpflug Analyzer Corvis ST, Sirius Kombine Scheimpflug-Placido Disk System and RTVue Anterior Segment Optical Coherence Tomography in Normal Eyes

Mustafa Köşker*, Sinan Çalışkan, Osman Çelikay, Aysun Sanal Doğan, Abdullah Kaya, Canan Gürdal

Göz Bölümü, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

Amaç: Merkezi kornea kalınlığının (MKK) değerlendirilmesinde Sirius Kombine Scheimpflug-Plasido Disk Sistemi (Sirius), RTVue ön segment optik koherens tomografi (OKT) ve Corvis ST biomekanik ön segment analiz sisteminin (Corvis) tekrarlanabilirliğinin ve birbiriyle uyumunun araştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntem: Kırk normal hastanın sağ gözü çalışmaya alındı. Aktif göz patolojisi olan ve oküler travma öyküsü olan hastalar çalışma dışı bırakıldı. Tüm ölçümler saat 12-15 arasında yapıldı. Ölçümler aynı kişi tarafından 15 dakika arayla yapıldı.

Bulgular: Hastaların ortalama yaşı 35,5±2,3 olup 22'si kadın, 18'i erkekti. Sınıf içi korelasyon katsayısı Corvis'te 0,993, OKT'de 0,998 iken Sirius'ta 0,990 idi. MKK'yı OKT Corvis'den 8,4u, Sirius'tan +4u daha ince ölçmekteydi. Cihazların birbiriyle uyum aralığı Corvis ve Sirius arasında -6,7u ile 14.7u, OKT ve Corvis arasında -25.6u ile 8.8u, OKT ve Sirius arasında -19.9u ile 13.0u aralığında idi. Uyum aralığı en dar olan yani birbiriyle uyumu en iyi olan iki cihaz Sirius ile Corvis idi.

Sonuç: Üç cihazında MKK değerlendirilmesinde tekrarlanabilirliklerinin çok iyi olduğu görüldü. Sirius ile Corvis'in birbiriyle uyumu daha iyiydi. Bu nedenle MKK değerlendirilmesinde günlük pratikte birbirinin yerine kullanılabilirler. MKK değerlendirilmesinde OKT'deki ölçümler diğer cihazlara göre daha ince olduğu için MKK ölçümündeki küçük değişimlerin kritik olduğu durumlarda OKT'nin de günlük pratikte kullanılması faydalıdır.

Anahtar kelime: Merkezi Kornea Kalınlığı; Ön Segment Optik Koherens Tomografi; Kornea Topografisi; Corvis ST Biomekanik Ön Segment Analiz Sistemi.

ABSTRACT

Objective: To examine the repeatability of central corneal thickness (CCT) measurements by corneal dynamic Scheimpflug analyzer Corvis ST (Corvis), RTVue anterior segment optical coherence tomography (OCT) and Sirius corneal topography (Sirius) in normal eyes and compare the agreement of devices with each other.

Materials and Methods: Forthy right eyes of 40 patients were included in the study. Patients with active ocular pathology and a history of ocular trauma were excluded. All measurements were performed from 12:00 to 15:00 by the same physician.

Results: The mean age of the subjects was 35,5±2,3 and 22 were males and 18 were females. Interclass correlation coefficient was 0.993 for Corvis, 0,998 for OCT and 0.990 for Sirius. CCT was 8,4u thinner in OCT compared with CORVIS and 4,0u thinner compared with Sirius. Limits of Agreement (LoA) of devices was -6,7 to 14.7u for Corvis and Sirius, -25.6u to 8.8u for Corvis and OCT, -19.9 to 13.0u for Sirius and OCT. Two devices which had the narrow LoA (which means the best agreement with each other) were Sirius and Corvis.

Conclusion: It has been observed that repeatability of all three devices were very good for CCT measurement. Agreement of Sirius and Corvis was better when compared with other devices. Thus, Corvis and Sirius can be alternatively used in clinical practice. Since measurements performed by OCT were thinner than other devices, OCT can be used in clinical practice when minor changes are critical in CCT measurement.

Key Words: Central Corneal Thickness, Anterior optical coherence tomography, Corneal topography, Corneal Dynamic Scheimpflug Analyzer Corvis ST.

***Sorumlu Yazar:** Mustafa Kosker, Göz Bölümü, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara, Türkiye,
E-mail: mustafakosker0@gmail.com
Geliş Tarihi: 17.12.2017 **Kabul Tarihi:** 20.12.2017

Giriş

Merkezi kornea kalınlığının (MKK) ölçümü oftalmolojide çok sayıda hastalığın tanı ve takibinde önemli bir yere sahiptir. MKK ölçümü refraktif cerrahide hasta seçiminde, oküler hipertansiyonda tanı koymada ve kontakt lens uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (1-2). Katarakt cerrahisi öncesinde ve sonrasında da kornea endotel fonksiyonu hakkında bilgi vermektedir. Kornea santralinde guttat cisimlerin yoğun olarak izlendiği vakalarda kornea kalınlığının fazla olması endotel fonksiyonun kötü olduğunu gösterebilmektedir (3). Aynı zamanda bu vakalarda katarakt cerrahisi yerine endotelyal keratoplasti ile kombine katarakt cerrahisi uygulanması açısından yönlendirici olabilmektedir. Keratokonusun takibinde kornea kalınlığının incelmesi progresyon olduğunun habercisidir (4). Bunun yanında kornea ödeminin takibinde ve tedavi değerlendirmesinde tekrarlayan MKK ölçümleriyle hasta takibi yapılabilmektedir.

MKK ölçümünde çeşitli yöntemler kullanılabilir. Yıllardır altın standart olan ultrason pakimetri ucuz ve tekrarlanabilirliği yüksek bir yöntem olmasına rağmen göz ile kornea probu teması olması, buna bağlı enfeksiyon geçiş riski ve ölçümden önce topikal anestezi gerekmesi gibi dezavantajları vardır (5-6). Bu nedenle son zamanlarda teknolojik gelişmeler ışığında non-kontakt yöntemler daha sık tercih edilmektedir (7). Bu nedenle non-kontakt yöntemlerin birbiri ile karşılaştırılması MKK ölçümünün kritik olduğu durumlarda doğru cihazın tercih edilmesi açısından çok önemlidir.

Çalışmamızın amacı, MKK'nın değerlendirilmesinde Sirius Kombine Scheimpflug-Plasido Disk Sistemi (CSO Inc, Italy), RTVue ön segment optik koherens tomografi (RTVue, Optovue, Inc. Fremont, CA, USA) ve Corvis ST (Oculus Optikgerate, Inc., Wetzlar, Germany) biomekanik ön segment analiz sisteminin tekrarlanabilirliğinin ve birbiriyle uyumunun araştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışma prospektif ve non-randomize olarak dizayn edildi. Helsinki deklarasyonuna uyuldu ve etik kurul onayı alındı. Çalışmaya katılan hastalardan bilgilendirilmiş onam alındı. Göz kliniğine başvuran 40 hastanın sağ gözü çalışmaya alındı. Aktif göz patolojisi olan, oküler travma ve cerrahi hikayesi olan, son dönemde yumuşak ve sert kontakt lens kullananlar, gözü etkileyebilen sistemik hastalığı olan hastalar ve göz içi basıncı 21 mmHg'nın üstünde olan hastalar çalışma dışı bırakıldı. MKK üzerinde gün içi dalgalanmaları minimum düzeye indirebilmek için tüm ölçümler saat 12-15 arasında yapıldı. Kornea yüzeyinde optik olarak düzgün bir gözyaşı film tabakası sağlamak için ölçüm öncesinde hastanın gözünü birkaç defa kırpması sağlandı. Ölçümler aynı kişi tarafından 15 dakika arayla yapıldı.

Kombine Scheimpflug-Plasido Disk Sistemi (Sirius): Korneanın topografik ölçümleri 475 nm mavi LED ışığı kullanan Sirius ile alındı. Bu cihaz 360 derece rotasyon yapan Scheimpflug kamera ve 22 halkalı Plasido-diski kombine eden ön segment analiz sistemidir. İki saniye gibi bir sürede korneanın ön ve arka yüzeyinde yaklaşık 60000 nokta incelenmektedir. Hasta cihaz karşısında oturtulduktan sonra çene ve alnı ölçüm için uygun pozisyona getirildi ve iki kez gözünü kırpması istendi. Kornea santralize edildikten sonra 30 saniye arayla ölçüm alındı.

Ön Segment Optik Koherens Tomografi (OKT): OKT fourier domain prensibiyle ölçüm yapmakta olup ön segment ölçümleri için ön segment lensi (CAM-L) kullanılmaktadır. Korneadan saniyede 26,000 aksiyel kesit alarak pakimetrik haritalama yapmaktadır. Cihaz önünde oturtulup uygun baş pozisyonu sağlanan hastadan cihazda bulunan fiksasyon noktasına bakması istendi. Joystik yardımıyla kornea santralize edildikten sonra 30 saniye arayla 2 ölçüm alındı.

Corvis Biomekanik Ön Segment Analiz Sistemi (Corvis): Corvis hava üfleyen indentasyon sistemi ve çok yüksek hızda çalışan Sheimpflug kameradan oluşmaktadır. Kornea santralini belirlemek için 4 kırmızı hizalayıcı işaret kullanılır. Kornea santrali başarılı bir şekilde belirlendikten sonra kornea santraline 11 mm uzaklıktan 25 kPa basıncında hava basıncı uygulanır. Yüksek hızda çalışan Sheimpflug kamera mavi ışık LED içermektedir ve deformasyon sürecinde korneadaki 8 mm'lik horizontal alandan saniyede 4330 görüntü alabilmektedir. Havanın etkisiyle kornea 3 evre geçirmektedir. Birinci evrede aplanasyon, 2. evrede en yüksek konkavite ve 3. evrede ikinci aplanasyon izlenmektedir. Muayene süresince yüksek hızda çalışan Sheimplug kamera kornea deformasyon sürecini ve MKK'yı kaydeder.

İstatistik: İstatistiksel analiz SPSS 21. versiyon paket programı (IBM Corporation, ABD) ile yapıldı. $P<0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi ($P>0,05$). Her üç cihaza ait MKK

ölçümlerinin tekraranabilirliğinin araştırılması amacıyla within 'subject standart deviation (Sw)' (standart deviasyon), ve 'within-subject coefficient of variation (CoV)' ölçümleri kullanıldı. Ölçümlerin tutarlılığını araştırmak amacıyla 'intraclass correlation coefficient (ICC)' (sınıf için korelasyon katsayısı) değeri kullanıldı. Yöntemler arasındaki uyumu araştırmak amacıyla Bland-Altman testi kullanıldı.

Bulgular

Hastaların ortalama yaşı 35,5 ± 2,3 olup 22'si kadın, 18'i erkekti. Ortalama MKK Sirius ile 1. ölçümde 519,2±8,5µm iken 2. ölçümde 523,4±9,1µm idi. Ortalama MKK OKT ile 1. ölçümde 519,1±7,4µm iken 2. ölçümde 519,5±7,5µm idi. Ortalama MKK Corvis ile 1. ölçümde 522,2±6,2µm iken 2. ölçümde 523,0±6,0µm idi (Tablo 1). Tablo 1'deki sonuçların analizinde daha düşük CoV ve Sw cihazın tekrarlanabilirliğinin daha yüksek olduğunu gösterirken ICC'nin 1'e yakın olması ölçümlerin daha tutarlı olduğunu göstermektedir. Tablo 1'deki sonuçlara göre üç cihazında tekrarlanabilirliği çok iyi olmakla birlikte ICC değeri 1'e en yakın olan 0,998 ile ön segment OKT idi. CoV ve Sw değeri en düşük olan yine ön segment OKT idi. MKK'yı OKT Corvis'den 8.4µm, Sirius'tan +4µm daha ince ölçmekteydi (Tablo 2). Yani MKK'yı en ince ön segment OKT ölçmekteydi.

Cihazların birbiriyle uyum aralığı (limits of aggrement/LoA) Corvis ve Sirius arasında -6,7u ile 14.7µ arasında idi (Tablo 2). Yani Corvis ile ölçülen bir kornea, Sirius ile tekrar ölçüldüğünde sonucun %95 ihtimal ile ölçülen ilk değerden -6,77u ile +14.77u bir dağılım içerisinde yer alacağı anlamına gelmektedir. Diğer cihazlara göre Corvis ve Sirius birbiriyle daha uyumluydu (Tablo 2).

Tablo 1. Cihazların tekrarlanabilirlikleri

Cihaz	Ortalama MKK (µm) SD	*Sw* (µm)	CoV (%)	Sınıf içi korelasyon (ICC) (95% CI)
Corvis	522,2±6,2 523,0±6,0	3,4752	0,6650	0.993 (0,992-0,999)
OKT	519,1±7,4 519,5±7,5	1,4491	0,2791	0,998 (0,9926-0,9995)
Sirius	519,2±8,5 523,4±9,1	3,9080	0,7497	0,9909 (0,8703-0,9981)

MKK, merkezi kornea kalınlığı; **Sw**, standart sapmanın ortalamaya yüzdesidir; **CoV,** Sw'nin tüm ortalamaya oranıdır; **ICC**, sınıf içi korelasyon katsayısı.

Tablo 2. Cihazların ikili karşılaştırılması ve birbiriyle olan uyumu.

Cihaz karşılaştırması	Ortalama fark (µm) SD	95% Güven aralığı (µm)
Corvis-Sirius	4,0	-6,7-14,7
OKT-Corvis	-8,4	-25,6-8,8
OKT-Sirius	-3,44	-19,9-13,0

Tartışma

MKK'daki küçük değişimler bile refraktif cerrahide, kollajen çapraz bağlama tedavisinde ve intrastromal halka yerleştirilmesinde hayati olabilmektedir (8-9). Olduğundan fazla ölçülen bir kornea refraktif cerrahi sonrasında aşırı ablasyona bağlı iyatrojenik keratektaziye neden olabilirken, kollajen çapraz bağlama sonrası endotel hasarına yol açabilir (7-9). Bu nedenle MKK'yı ölçen yeni cihazların verilerinin doğruluğunun kontrol edilmesi ve başka cihazlarla karşılaştırılması gereklidir. Bu çalışmada Corvis, Sirius ve OKT cihazları ile alınan MKK ölçümlerinin tekrarlanabilirliğini ve cihazlar arasındaki uyumu araştırdık.

Çalışmamızda istatistiksel olarak 3 cihazın da tekrarlanabilirliği çok iyi olmasına rağmen tekrarlanabilirliği en iyi olan cihaz OKT idi. Sonra Corvis, son sırada da Sirius geliyordu. MKK ölçümlerinin tekrarlanabilirliğinin en iyi OKT'de olmasını yüksek kesit hızına (26.000 aksiyel kesit/sn) bağlı istemsiz göz hareketi nedeniyle olabilecek etkilerin en düşük seviyeye indirgenmesine ve yüksek çözünürlüğe bağlı (5u) kornea sınırlarının daha iyi tespit edilmesine bağlanabilir (10). OKT distorsiyon yapan durumlardan daha az etkilenir ve opak kornealarda bile korneanın kalınlık haritasını güvenli bir şekilde verir (11). Li ve ark. (12) çalışmalarında OKT ile pakimetrik haritalamanın keratokonus tanısınında duyarlılık ve özgüllüğünün topografi kadar iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürde birçok çalışmada normal vakalarda Corvis'in aynı kullanıcı tarafından tekrarlanabilirliğinin yüksek olduğu bulunmuş (13-15). Ali ve ark. (13) CoV ve ICC sonuçlarını sırasıyla 1.83 ve 0.95 olarak bulmuşlar. Bizim ölçümlerimiz sırasıyla 0,66 ve 0,99 olup çalışmamızda Corvisin tekrarlanabilirliği önceki çalışmalardan biraz daha iyi çıkmıştır. Chen ve ark. (16) normal vakalarda Corvis'in tekrarlanabilirligini yüksek bulmalarına rağmen PRK geçirmiş hastalarda tekrarlanabilirliğin daha kötü olduğunu saptamışlardır. Bunun için normal hastaların yanı sıra diğer hasta gruplarında da tekrarlanabilirlik çalışmalarının yapılması faydalı olacaktır. Bu sonuçlar normal gözlerde Corvis cihazı ile alınan SKK ölçümlerinin tekrarlanabilirliğinin iyi olduğunu göstermektedir.

Sirius ile yapılan çalışmalarda da normal vakalarda tekrarlanabilirliğin çok iyi olduğu saptanmış. Huang ve ark. (17) Sirius ile normal hastaların MKK ölçümlerinin tekrarlanabilirliklerine baktıklarında CoV değerini %0,5 ve ICC değerini 0.98 olarak bulmuşlar. Al-Mohtaseb ve ark. (18) ise çift sheimflug kamera sisteminin kullanıldığı Galilei kornea topografisinin normal gözlerdeki tekrarlanabilirliğini değerlendirdiklerinde CoV değerini %0,36 ve ICC değerini 0,99 olarak bulmuşlar. Literatürde Galilei kornea topografisinin çift sheimflug kamera içermesi ve iki kameradan elde edilen değerlerin ortalamasının kullanılması nedeniyle göz hareketlerine bağlı artefaktın minimum seviyeye ineceği ve tekrarlanabilirliğinin daha iyi olduğu savunuluyor (19). Biz Sirius kornea topografisi ile tekrarlanabilirliğe baktığımızda CoV değerini 0.74 ve ICC değerini 0,99 olarak bulduk. Bu sonuçlara göre normal gözlerde cihaz tekrarlanabilirliği değerlendirildiğinde Sirius kornea topografi cihazı neredeyse Galilei cihazı kadar iyi sonuçlar vermektedir.

Cihazların birbiriyle uyumuna bakıldığındaysa uyum aralığı en dar olan yani birbiriyle uyumu en iyi olan iki cihaz Sirius ile Corvis idi. Yu ve ark. (20) yaptıkları çalışmada Corvis ve Pentecam kornea topografisinin uyum aralığını -15 ile +9,5 arasında bulmuşlar ve iki cihazın günlük pratikte birbirinin yerine kullanılabileceği sonucuna varmışlar. Bizim çalışmamızda Corvis ve Sirius arasındaki uyum aralığının (-6,7 ile +14,7) önceki çalışmadan daha dar olması Corvis ve Sirius'un birbiriyle uyumunun biraz daha iyi olduğu yönünde yorumlanabilir. Bu iki cihazında Sheimplug kamera sistemi kullanıyor olması birbiriyle daha uyumlu olmalarını açıklayabilir. Günlük pakimetrik değişimin -11 ile +11um arasında olduğu düşünüldüğünde Corvis ve Sirius'un MKK değerlendirilmesinde birbirinin yerine kullanılabileceği düşünülebilir (21). OKT-Corvis ve OKT-Sirius'un uyum aralığının geniş olması yani birbiriyle uyumunun kötü olması da cihazların farklı prensiplerle çalışmasına bağlanabilir (Tablo 2).

Çalışmamızda OKT ile ölçülen MKK'nın Corvis ve Sirius ile alınan ölçümlere göre daha ince olduğu görülmektedir. Corvis ve Sirius Scheimpflug kamera ile ölçüm almaktadır ve alınan bu ölçümler gözyaşı kalitesinden etkilenmektedir. Sirius Sheimplug kamera tarafından kaydedilen görüntüde hava-göz yaşı arası ile korneanın arka yüzeyi arasındaki mesafeyi kornea kalınlığı olarak hesaplar. Sirius'un calışması OKT sistemlerinden farklı olarak ışık ışınlarının yansıması prensibine dayanır. OKT'nin çözünürlüğünün yüksek olması (5u) dolayısıyla kornea kenarlarının daha iyi tanımlanması OKT'deki ölçümlerin daha ince olmasını açıklayabilir.

Çalışmanın eksik yanları sadece normal hastaların alınması keratokonus, glokom ve refraktif cerrahi geçirmiş hastaların çalışma dışı bırakılması ve kullanıcılar arası değerlendirme yapılmaması olarak sayılabilir.

Sonuç olarak 3 cihazında MKK değerlendirilmesinde tekrarlanabilirliklerinin çok iyi olduğu görüldü. Sirius ile Corvis'in birbiriyle uyumu gayet iyiydi yani MKK değerlendirilmesinde günlük pratikte birbirinin yerine kullanılabilirler. MKK değerlendirilmesinde OKT'deki ölçümler diğer cihazlara göre daha ince olduğu için MKK ölçümündeki küçük değişimlerin kritik olduğu refraktif cerrahi gibi durumlarda OKT'nin de günlük pratikte kullanılması faydalıdır.

Referanslar

1. Wang Z, Chen J, Yang B. Posterior corneal surface topographic changes after laser in situ keratomileusis are related to residual corneal bed thickness. Ophthalmology 1999; 106(2): 406-409.
2. Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. Surv Ophthalmol 2000; 44(5): 367-408.
3. Auffarth GU, Wang L, Völcker HE. Keratoconus evaluation using the Orbscan Topography System. J Cataract Refract Surg 2000; 26(2): 222-228.
4. Uçakhan 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(6): 970-977.
5. Swarbrick HA, Wong G, O'Leary DJ. Corneal response to orthokeratology. Optom Vis Sci 1998; 75(11): 791-799.
6. Barkana Y, Gerber Y, Elbaz U, Schwartz S, Ken-Dror G, Avni I, et al. Central corneal thickness measurement with the Pentacam Scheimpflug system, optical low-coherence reflectometry pachymeter, and ultrasound pachymetry. J Cataract Refract Surg 2005; 31(9): 1729-1735.
7. Muallem MS, Yoo SH, Romano AC, Marangon FB, Schiffman JC, Culbertson WW. Flap and stromal bed thickness in laser in situ keratomileusis enhancement. J Cataract Refract Surg 2004; 30(11): 2295-2302.
8. Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, Stulting RD. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. Ophthalmology 2008; 115(1): 37-50.
9. Coskunseven E, Jankov MR II, Hafezi F. Contralateral eye study of corneal collagen cross-linking with riboflavin and UVA irradiation in patients with keratoconus. J Refract Surg 2009; 25(4): 371-376.
10. Li Y, Tang M, Zhang X, Salaroli CH, Ramos JL, Huang D. Pachymetric mapping with Fourier-domain optical coherence tomography. J Cataract Refract Surg 2010; 36(5): 826-831.
11. Li Y, Shekhar R, Huang D. Corneal pachymetry mapping with high-speed optical coherence tomography. Ophthalmology 2006; 113(5): 792-799.
12. Li Y, Meisler DM, Tang M, Lu AT, Thakrar V, Reiser BJ, et al. Keratoconus diagnosis with optical coherence tomography pachymetry mapping. Ophthalmology 2008; 115(12): 2159-2166.
13. Ali NQ, Patel DV, McGhee CN. Biomechanical responses of healthy and keratoconic corneas measured using a noncontact scheimpflug-based tonometer. Invest Ophthalmol Vis Sci 2014; 55(6): 3651-3659.
14. Hon Y, Lam AK. Corneal deformation measurement using Scheimpflug noncontact tonometry. Optom Vis Sci 2013; 90(1):e1-8.
15. Nemeth G, Hassan Z, Csutak A, Szalai E, Berta A, Modis L Jr. Repeatability of ocular biomechanical data measurements with a scheimpflug-based noncontact device on normal corneas. J Refract Surg 2013; 29(8): 558-563.
16. Chen X, Stojanovic A, Hua Y, Eidet JR, Hu D, Wang J, et al. Reliability of corneal dynamic scheimpflug analyser measurements in virgin and post-PRK eyes. PLoS One 2014; 9(10): e109577.
17. Huang J, Ding X, Savini G, Pan C, Feng Y, Cheng D, et al. A comparison between scheimpflug imaging and optical coherence tomography in measuring corneal thickness. Ophthalmology 2013; 120(10): 1951-1958.
18. Al-Mohtaseb ZN, Wang L, Weikert MP. Repeatability and comparability of corneal thickness measurements obtained from Dual Scheimpflug Analyzer and from ultrasonic pachymetry. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2013; 251(7): 1855-1860.
19. Menassa N, Kaufmann C, Goggin M, Job OM, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison and reproducibility of corneal thickness and curvature readings obtained by the Galilei and the Orbscan II analysis systems. J Cataract Refract Surg 2008; 34(10): 1742-1747.
20. Yu A, Zhao W, Savini G, Huang Z, Bao F, Lu W, et al. Evaluation of Central Corneal Thickness Using Corneal Dynamic Scheimpflug Analyzer Corvis ST and Comparison with Pentacam Rotating Scheimpflug System and Ultrasound Pachymetry in Normal Eyes. J Ophthalmol 2015; 2015: 767012
21. Lattimore MR Jr, Kaupp S, Schallhorn S, Lewis R 4th. Orbscan pachymetry: implications of a repeated measures and diurnal variation analysis. Ophthalmology 1999; 106(5): 977-981.