

중심각막두께측정에 대한 비접촉경면현미경의 유용성

양영성 · 고재웅

조선대학교 의학전문대학원 안과학교실

목적: 비접촉경면현미경으로 측정한 중심각막두께를 전안부 빛간섭단층촬영계와 초음파 각막두께측정계를 이용한 측정값과 비교하여 유용성을 알아보고자 한다.

대상과 방법: 정상인 50명 50안을 대상으로 동일한 검사자에 의해 비접촉경면현미경, 전안부 빛간섭단층촬영계 그리고 초음파 각막두께측정계를 이용하여 측정한 중심각막두께를 비교하고 각각의 상관관계를 알아보았다.

결과: 비접촉경면현미경을 이용하여 측정한 중심각막두께의 평균값은 $546.92 \pm 32.06 \mu\text{m}$ 였고, 전안부 빛간섭단층촬영계는 $535.24 \pm 30.54 \mu\text{m}$, 초음파 각막두께측정계는 $546.38 \pm 30.70 \mu\text{m}$ 였다. 비접촉경면현미경과 초음파 각막두께측정계를 이용한 측정치가 전안부 빛간섭단층촬영계를 이용한 측정치보다 유의하게 두껍게 측정되었으나($p < 0.001$, $p < 0.001$) 비접촉경면현미경과 초음파 각막두께측정계를 이용한 측정치 간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p = 0.505$). 세 검사기에서 높은 상관관계를 보였다($r > 0.900$ in all groups, $p < 0.001$ in all groups).

결론: 정상안에서 비접촉경면현미경으로 측정한 중심각막두께가 전안부 빛간섭단층촬영계를 이용한 경우보다 초음파 각막두께측정계로 측정한 값에 좀더 유사한 값을 나타냈다. 정상안의 중심각막두께 측정에 비접촉경면현미경이 전안부 빛간섭단층촬영계보다 초음파 각막두께측정계를 대체할 수 있는 좀더 유용한 방법이라 생각된다.

〈대한안과학회지 2014;55(1):59-65〉

중심각막두께의 측정을 정확하게 하는 것은 여러 안과 질환의 평가 및 여러 수술 전 검사에 있어서 중요한 역할을 한다.^{1,2} 특히 각막굴절교정수술을 할 때 각막의 두께는 수술 여부 및 수술 방법을 결정하는데 있어서 가장 중요하다고 할 수 있고^{3,4} 녹내장의 경우에도 각막두께가 얇을수록 시신경의 손상이 빠르게 진행된다고 보고되었다.⁵ 각막두께의 측정에는 접촉식 방법과 비접촉식 방법 두가지가 있다. 접촉식 방법으로는 초음파 각막두께측정계(ultrasound pachymetry)가 대표적이며, 비접촉식 방법으로는 비접촉경면현미경(noncontact specular microscopy), 전안부 빛간섭단층촬영계(anterior segment optical coherence tomography), 동일초점현미경(confocal microscopy), 레이저 간섭계(laser interferometer), 초음파 생체현미경(ultrasonic biomicroscopy), Orbscan tomography system 등 다양한 방법이 이용되고 있다.⁶ 초음파 각막두께측정계의 경우 탐침

자가 각막에 직접 접촉을 하여야 하므로 접촉에 의한 각막 상피손상이 발생할 수 있고 감염도 발생할 수 있으며 검사자간 가해지는 압력의 차이나 측정위치에 따라 측정값의 변화가 있을 수 있기 때문에 근래에는 비접촉식 방법으로 각막두께를 측정하는 검사장비들이 많이 개발되고 있다.^{7,8} 비접촉경면현미경은 각막 전면의 상피세포와 후면의 내피세포에서 반사되는 빛의 거리차를 이용하여 각막두께를 측정한다. 전안부 빛간섭단층촬영계는 1310 nm 파장의 적외선을 이용하여 후방 산란(back scattering)된 빛의 강도의 차이에 따라 이 구조물을 통과할 때 반사되는 빛을 받아 전안부의 구조물의 영상을 얻어내고 그와 동시에 각막두께를 측정한다. 두 검사기계 모두 비접촉성 방법으로 접촉으로 생길 수 있는 오차와 합병증을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있으며, 그와 함께 비접촉경면현미경은 각막내피세포 평가가 가능하고, 전안부 빛간섭단층촬영계는 전안부의 영상과 생체계측치를 측정할 수 있다.^{9,10} 지금까지 국내에 중심각막두께 측정에 대해 여러 방법들의 정확성 및 차이에 대한 보고가 많이 있었으나,¹¹⁻¹⁴ 정상안에서 비접촉경면현미경을 이용하여 측정한 각막두께와 전안부 빛간섭단층촬영계를 이용하여 측정한 각막두께의 비교는 아직 보고된 바가 없다. 이에 본 저자들은 건강한 젊은 사람의 정상안에서 비접촉경면현미경, 전안부 빛간섭단층촬영계, 그리고 초음파 각막두께측정계를 이용하여 중심각막두께를 측정하여 검사

■ Received: 2013. 3. 29. ■ Revised: 2013. 8. 20.

■ Accepted: 2013. 11. 20.

■ Address reprint requests to Jae Woong Koh, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Chosun University Hospital,
#365 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 501-717, Korea
Tel: 82-62-220-3190, Fax: 82-62-225-9839
E-mail: ophkoh@hanmail.net

* This study was supported by research fund from Chosun University, 2013.

기기간의 상관관계 및 유용성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법

고혈압 혹은 당뇨 같은 전신적 질환이 없고 안과적 과거력이 없는 건강한 성인 50인의 50안을 대상으로 하였다. 연구는 지원자의 동의를 얻어 진행하였고 실험안은 우안과 좌안 중 무작위로 선택하였다. 실험안에 대해서 나안시력 및 교정시력을 측정하였고, 안압검사, 세극등현미경검사 시행하였다. 이상의 검사결과, 최대교정시력이 1.0 이상, 안압이 21 mmHg 미만이며 세극등현미경 검사를 통한 전안부 검사에서 각막, 홍채 및 전방에 이상소견이 없는 경우를 대상으로 하였다. 교정시력 1.0 미만, 안외상, 안내수술의 과거력이 있거나 각막 질환의 과거력이 있는 경우는 대상에서 제외하였다. 모든 검사는 한 명의 검사자에 의해 진행되었고 초음파 각막두께 측정시 발생할 수 있는 각막에 손상을 피하기 위해 비접촉성 검사인 비접촉경면현미경과 전안부 빛간섭단층촬영계를 먼저 시행한 후 초음파 각막두께 검사를 시행하였다. 비접촉경면현미경(CEM-530 specular microscope, Nidek Technologies, Inc., Greensboro, North Carolina, USA)을 이용하여 세극등검사와 마찬가지로 환자의 턱을 대고 이마를 붙인 후 눈높이를 조절한 다음 편안한 자세로 주시점을 보게 하였다. 기계를 각막 중심부에 위치시켜 자동적으로 초점을 맞추어 각막 중심부의 내피 영상을 촬영하면서 각막두께를 측정하였다. 전안부 빛간섭단층촬영 검사는 Visante™ OCT (Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)의 각막두께 검사 맵(pachymetry map)에서 0-2 mm zone의 값을 중심각막두께로 정의하여 측정하였다. 이상의 검사는 3회 반복해서 시행한 후 평균값을 구하여 측정치로 하였다. 초음파 각막두께측정계(Pocket pachymeter, BVI, Clermont-Ferrand, France)를 이용한 측정은 검사 전 proparacaine 0.5% (Paracaine®, Han Mi Pharm, Korea)를 점안한 후에 환자를 똑바로 눕힌 후 측정하지 않는 눈으로 정면을 주시하게 한 후 소식자(probe)를 각막 중심에 수직으로 접촉하여 5회 측정한 후 평균값을 구하여 측정치로 하였다.

세 검사기기로 측정된 중심각막두께의 값을 비교하여 검

사기계 간의 차이를 분석하였다. 각각의 검사기기로 측정된 중심각막두께 측정치에 대한 비교는 repeated-measures ANOVA를 이용하여 비교하였고 Scheffé multiple comparison test를 이용하여 사후검정을 시행하였다. Pearson correlation test 및 Bland-Altman plots을 이용하여 검사기기간의 상관관계를 평가하였다. 통계처리는 SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 버전을 사용하여 분석하였고 p 값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

대상 안은 전체 50명 50안이었으며 이중 남자는 28명, 여자는 22명이었으며 평균 나이는 28.53 ± 2.04 세(24-32세)였다. 실험안은 우안이 27안이고 좌안이 23안이었다. 비접촉경면현미경을 이용하여 측정한 중심각막두께의 평균값은 $546.92 \pm 32.06 \mu\text{m}$ (range: 489.00-613.00 μm)였고, 전안부 빛간섭단층촬영계는 $535.24 \pm 30.54 \mu\text{m}$ (range: 480.00-600.00 μm), 초음파 각막두께측정계는 $546.38 \pm 30.70 \mu\text{m}$ (range: 487.00-614.00 μm)로, 비접촉경면현미경이 가장 두껍게 측정되었고 전안부 빛간섭단층촬영계가 가장 얇게 측정되었으며, 각 측정치 사이에 통계적으로

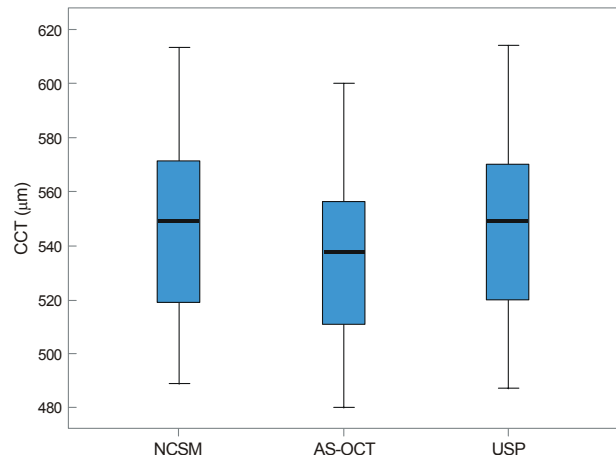


Figure 1. Mean value, 95% confidence interval (CI) and range of central corneal thickness (CCT) measured by noncontact specular microscopy (NCSM), anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT) and ultrasound pachymetry (USP).

Table 1. Central corneal thickness (CCT) measured by noncontact specular microscope (NCSM), anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT), and ultrasound pachymetry (USP)

	NCSM	AS-OCT	USP	<i>p</i> -value*
CCT (μm)	546.92 ± 3.06	535.24 ± 30.54	546.38 ± 30.70	0.007†

Values are presented as mean ± SD.

*Repeated-measures ANOVA; †CCT measured with NCSM and USP was significantly thicker than with AS-OCT but there was no significant difference between NCSM and USP.

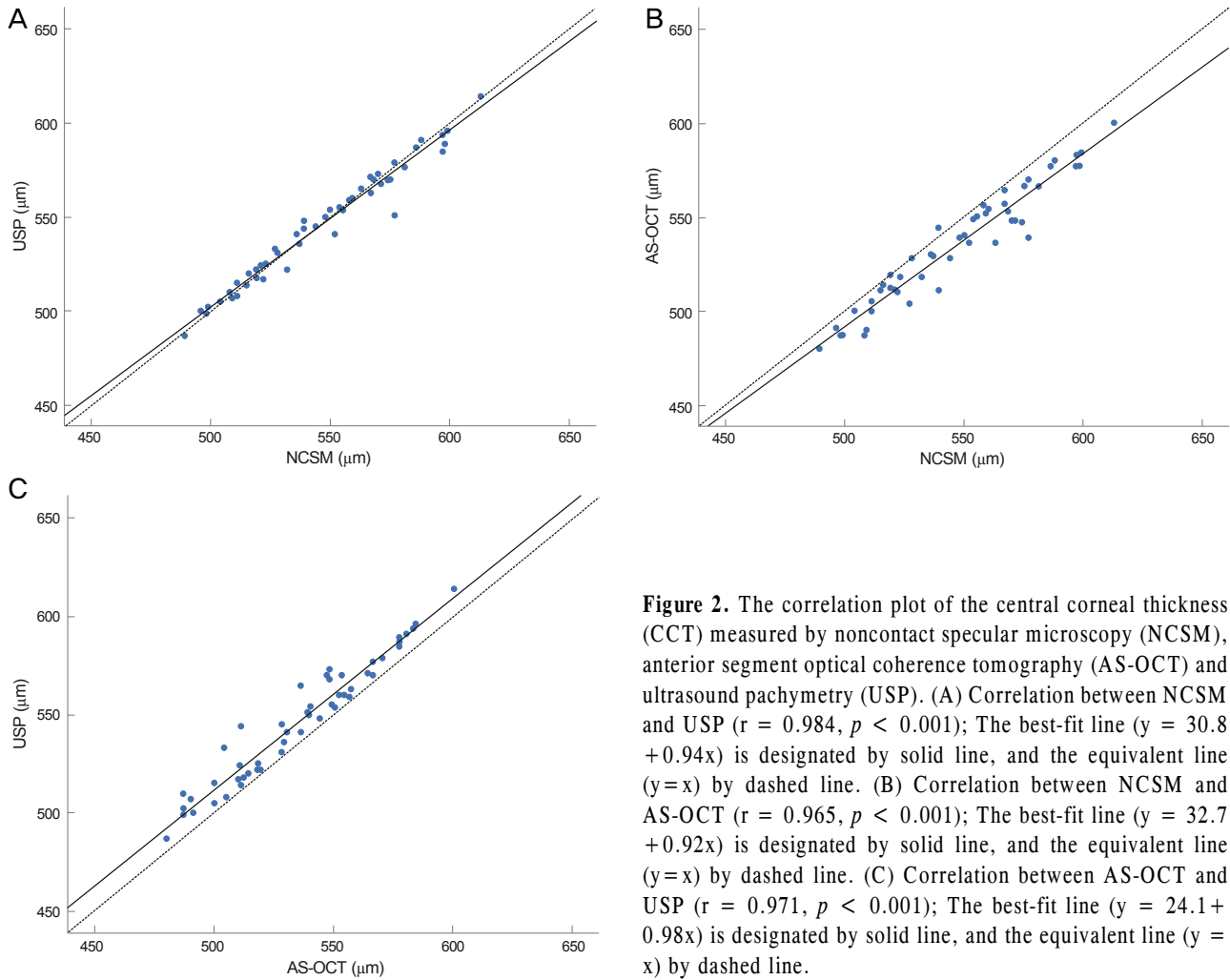


Figure 2. The correlation plot of the central corneal thickness (CCT) measured by noncontact specular microscopy (NCSM), anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT) and ultrasound pachymetry (USP). (A) Correlation between NCSM and USP ($r = 0.984$, $p < 0.001$); The best-fit line ($y = 30.8 + 0.94x$) is designated by solid line, and the equivalent line ($y = x$) by dashed line. (B) Correlation between NCSM and AS-OCT ($r = 0.965$, $p < 0.001$); The best-fit line ($y = 32.7 + 0.92x$) is designated by solid line, and the equivalent line ($y = x$) by dashed line. (C) Correlation between AS-OCT and USP ($r = 0.971$, $p < 0.001$); The best-fit line ($y = 24.1 + 0.98x$) is designated by solid line, and the equivalent line ($y = x$) by dashed line.

유의한 차이를 보였다(repeated-measures ANOVA, $p=0.007$) (Table 1) (Fig. 1).

세 검사기기 중 어떠한 검사기기 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 보였는지를 Scheffé multiple comparison test를 이용하여 알아 보았다. 비접촉경면현미경과 초음파 각막두께측정계는 $0.54 \pm 5.69 \mu\text{m}$, 비접촉경면현미경과 전안부 빛간섭단층촬영계는 $11.68 \pm 8.46 \mu\text{m}$, 전안부 빛간섭단층촬영계와 초음파 각막두께측정계는 $-11.14 \pm 7.40 \mu\text{m}$ 의 차이가 있었고 비접촉경면현미경과 초음파 각막두께측정계의 차이만이 통계적으로 유의하지 않았다(repeated-measures ANOVA and Scheffé multiple comparison test, $p=0.505$, $p<0.001$ and $p<0.001$, respectively).

세 검사기기 간에서 상관관계 분석에서는 비접촉경면현미경과 초음파 각막두께측정계 사이, 비접촉경면현미경과 전안부 빛간섭단층촬영계 사이 그리고 전안부 빛간섭단층촬영계와 초음파 각막두께측정계 사이 모두에서 통계적으로 강한 양의 상관관계를 보였다(Pearson correlation, $r=0.984$, $r=0.965$, $r=0.971$, $p<0.001$ in all groups) (Fig. 2).

또한 세 검사기기중 두 가지 사이의 차이에 대해 알아보기 위해서 Bland-Altman plots를 만들어 일치도 범위를 알아 보았다. 일치도 분석에서는 비접촉경면현미경과 초음파 각막두께측정계간의 95% 일치도 범위는 $22.30 \mu\text{m}$ ($-10.61 \sim 11.69$), 비접촉경면현미경과 전안부 빛간섭단층촬영계 간의 95% 일치도 범위는 $33.18 \mu\text{m}$ ($-4.91 \sim 28.27$), 전안부 빛간섭단층촬영계와 초음파 각막두께측정계 간의 95% 일치도 범위는 $29.00 \mu\text{m}$ ($-25.64 \sim 3.36$)로 비접촉경면현미경과 초음파 각막두께측정계 간의 일치도 범위가 가장 작았고 비접촉경면현미경과 전안부 빛간섭단층촬영계 간의 일치도 범위가 가장 컸다(Fig. 3).

고 찰

중심각막두께의 측정에는 초음파 각막두께측정계가 경제적으로 저렴하고 정확도도 높아 표준으로 간주되고 있지만, 측정자간에 숙련도에 따른 차이 및 점안 마취제를 사용

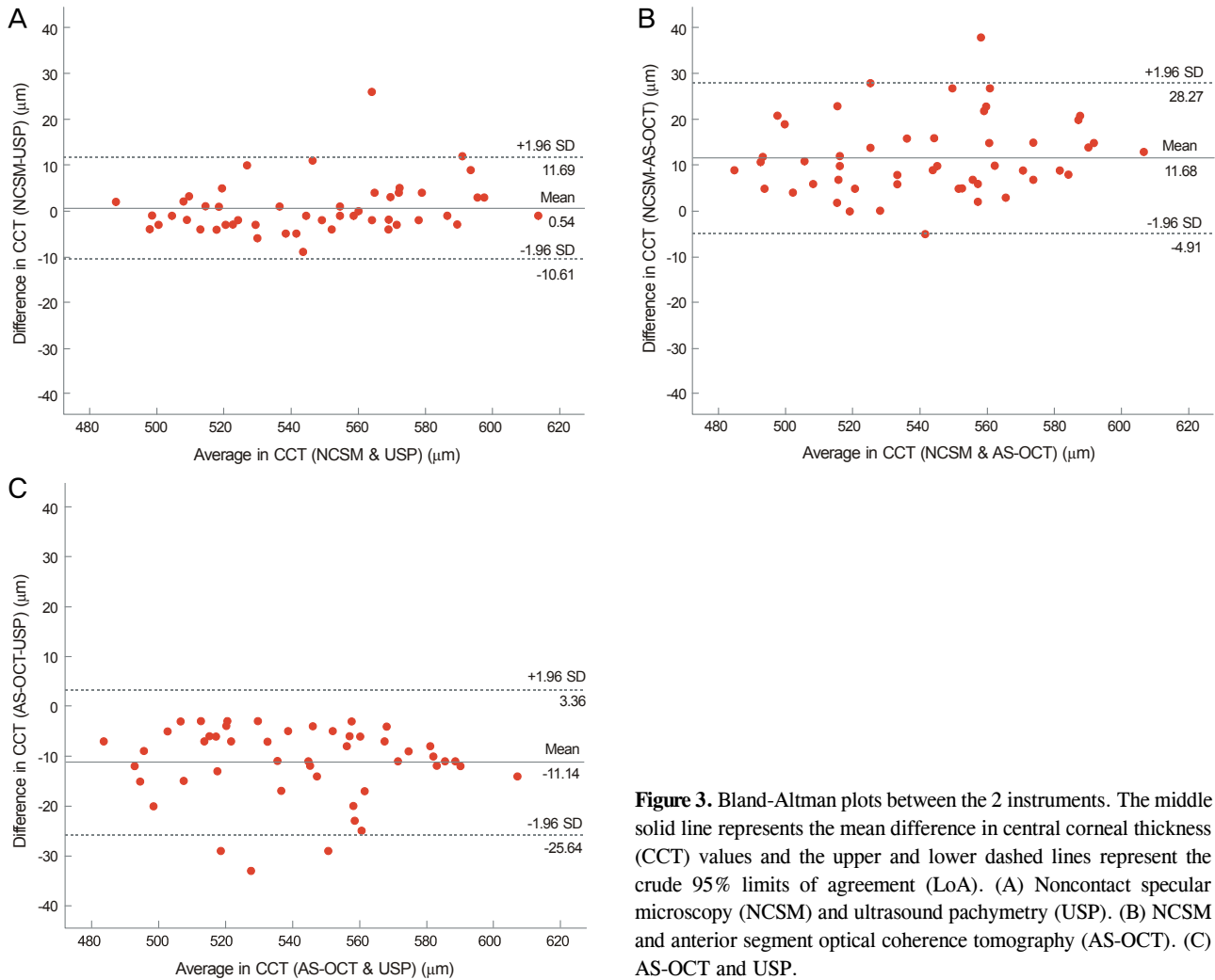


Figure 3. Bland-Altman plots between the 2 instruments. The middle solid line represents the mean difference in central corneal thickness (CCT) values and the upper and lower dashed lines represent the crude 95% limits of agreement (LoA). (A) Noncontact specular microscopy (NCSM) and ultrasound pachymetry (USP). (B) NCSM and anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT). (C) AS-OCT and USP.

하여 각막에 직접 접촉하면서 생길 수 있는 문제점으로 인해 여러 비접촉식 각막두께 측정법이 개발되어 사용되고 있다.^{15,16} 그 중에 한가지 방법인 비접촉경면현미경은 각막의 내피세포를 평가하고 각막질환을 진단하는데 널리 사용되는 검사기기 뿐만 아니라, 각막 전면의 상피세포와 후면의 내피세포에서 반사되는 빛의 거리차를 이용하여 각막두께를 측정할 수 있고 검사의 신뢰성도 높은 것으로 알려졌다.^{17,18} 최근에는 컴퓨터와 광학기술의 발전으로 각막내피세포의 평가와 중심각막두께를 측정하는데 1-2초 정도의 시간밖에 소요되지 않는 장점이 있다. 또 다른 비접촉 각막두께 측정법 중 한 가지인 전안부 빛간섭단층촬영기는 전안부 영상을 얻는데 시간이 많이 소요되는 단점이 있지만 비접촉 영상기기로 적외선파장을 이용하여 후방 산란(back scattering)된 빛의 강도의 차이를 통해 전안부 구조의 분석, 측정 및 평가에 사용할 수 있다. 그리고 각막, 전방, 홍채 및 수정체의 중심 부분 및 전방 각도의 생체 내부적 영상 처리가 가능해지고, 각막두께의 측정이 가능하여 그 활

용폭이 점차 확대되고 있다.¹⁹ Bovellet al²⁰과 Modis et al²¹는 비접촉경면현미경으로 측정한 중심각막두께가 초음파 각막두께측정계에 비해 각각 31.6 μm , 28 μm 얇게 측정된다고 보고하였다. 국내에서도 굴절교정수술 전후 비접촉경면현미경과 초음파 각막두께측정계로 중심각막두께를 측정하여 비교한 보고가 있는데 비접촉경면현미경이 초음파각막두께측정계보다 14.4 μm 정도 얇게 측정되는 것으로 보고하였다.¹² 그리고 전안부 빛간섭단층촬영기의 중심각막두께측정에 대한 몇몇의 연구도 있는데 Bechmann et al²²은 정상인에서 전안부 빛간섭단층촬영기로 측정한 중심각막두께가 초음파 각막두께측정계보다 51 μm 얇게 측정되었다고 보고하였다. 국내에서도 Shim et al¹¹과 Kim et al¹³이 전안부 빛간섭단층촬영기로 측정한 중심각막두께가 초음파 각막두께측정계보다 각각 16.7 μm , 26.3 μm 얇게 측정되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 비접촉경면현미경을 이용하여 중심각막두께를 측정한 경우가 초음파 각막두께측정계를 이용하여 중심각막두께를 측정한 경우보다

0.54 μm 두껍게 측정되었다. 그리고 비접촉경면현미경과 전안부 빛간섭단층촬영계를 비교한 경우에는 11.68 μm 두껍게 측정되었고 이는 통계적으로 유의하였다. 비접촉경면현미경을 이용하여 중심각막두께를 측정한 경우가 전안부 빛간섭단층촬영계를 이용하여 중심각막두께를 측정한 경우보다 초음파 각막두께측정계를 이용하여 측정한 값에 더 근접하게 측정되었고 높은 상관관계를 보였다. 전안부 빛간섭단층촬영계를 이용하여 중심각막두께를 측정한 경우보다 초음파 각막두께측정계를 이용하여 측정한 값보다 얇게 측정된 것은 이전의 연구 결과와 비슷하였다. 하지만 기존의 연구와는 다르게 비접촉경면현미경으로 중심각막두께를 측정한 경우에서 초음파 각막두께측정계를 측정한 경우보다 미세하지만 0.54 μm 두껍게 측정되었는데 통계학적으로 의의는 없었다. 그러나 그 원인을 찾아보자면 다음과 같은 것들을 생각해 볼 수 있었다. 비접촉경면현미경이 초음파각막두께측정계와 비교했을 때 거의 오차가 없으나 0.54 μm 정도로 미세하게 두껍게 측정된 원인으로는 이전의 여러 보고에 사용된 비접촉경면현미경보다 검사측정시간이 짧아져서 눈물층의 증발에 영향이 거의 없어 두껍게 측정이 되었을 수 있다. 다른 원인으로는 비접촉경면현미경의 측정원리상 각막내피에 초점을 맞추어 각막 내피세포의 모양을 보고 그와 동시에 그 부위의 각막 전면의 상피세포와 후면의 내피세포에서 반사되는 빛의 거리차를 이용하여 각막두께를 측정하기 때문에 각막의 정중앙 보다 약간 주변부의 영상을 얻으면서 각막두께를 측정하여 약간 두껍게 나타났을 수도 있을 가능성을 생각해 볼 수 있겠다. 그리고 비접촉경면현미경이 전안부 빛간섭단층촬영계보다 11.68 μm 두껍게 측정되었는데 그 원인으로 두 검사기간의 검사소요시간의 차이가 영향을 줄 수 있을 것이다. 전안부 빛간섭단층촬영계의 경우 중심각막두께의 측정시간이 짧은 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영계가 시간영역 빛간섭단층촬영계보다 중심각막두께가 두껍게 측정된 보고가 있었다.²³ 두 기기간의 해상도 차이 등의 원인도 영향일 수 있으나 두 기기간의 검사소요시간의 차이가 각막의 눈물층 두께의 영향을 미쳐 두껍게 측정될 가능성을 생각해 볼 수 있는데 본 연구에서도 비접촉경면현미경의 검사소요시간이 스펙트럼영역 전안부 빛간섭단층촬영계의 검사소요시간 보다 짧아 눈물층 두께의 영향을 적게 받아 두껍게 측정될 가능성을 생각해 볼 수 있다. 따라서 비접촉식 방법으로 각막두께를 측정하는 기기들은 검사소요시간이 중심각막두께 측정에 영향을 미칠 수 있음을 고려해야겠다. 또한 비접촉경면현미경은 빛을 이용하여 각막의 두께를 측정하고 전안부 빛간섭단층촬영계는 적외선파장을 이용하여 각막의 두께를 측정하기 때문에 각막의 투명도에 따라 두께측정에 영향을

받을 수가 있겠다. 마지막으로 전안부 빛간섭단층촬영계가 초음파 각막두께측정계보다 11.14 μm 얇게 측정되었는데 그 원인으로 두 검사기기의 측정원리의 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 초음파 각막두께측정계는 각막 후면의 테스메막과 전방사이의 어느 부분에서 반사되는 음파로 각막두께를 측정하는 원리를 이용한다.²⁴ 이에 반해 전안부 빛간섭단층촬영계는 1310 nm 파장의 적외선을 이용하여 구조물을 통과할 때 반사되는 빛을 받아 구조물을 파악하여 각막두께를 측정하는데 각막의 전면과 각막의 후면의 신호를 파악해서 기기내의 소프트웨어를 이용해 두께를 측정하게 된다. 이 과정에서의 눈물층, 각막, 전방등에서의 적외선 반사 지수의 부정확성이 각막두께 계산에 영향을 줄 수 있다는 보고가 있었다.²⁵ 그리고 Visante™ OCT로 중심각막두께를 측정한 연구에서 자동으로 각막두께를 측정할 시에 각막의 앞쪽 경계부를 각막의 표면 약간 아래부터 측정하여 수동으로 각막의 전면과 후면을 경계를 정하고 측정하였을 때 보다 23.1 μm 얇게 측정된다는 보고도 있었다.²⁶ 본 연구에서도 이러한 영향을 받아 전안부 빛간섭단층촬영계의 중심각막두께가 낮게 측정되었을 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 보완하여 할 점으로 중심각막두께의 측정을 3회 반복 실시한 후 평균값을 내어 그 값을 통해 비교하였지만 검사기간 동안 일정한 시간에 맞추어 검사를 하지 않아 검사기기 간의 반복성 및 재현성 평가는 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그리고 본 연구는 정상안을 대상으로 비접촉경면현미경으로 측정한 중심각막두께의 정확성에 대해 알아 보았지만 각막의 병변이 있는 경우에 검사의 정

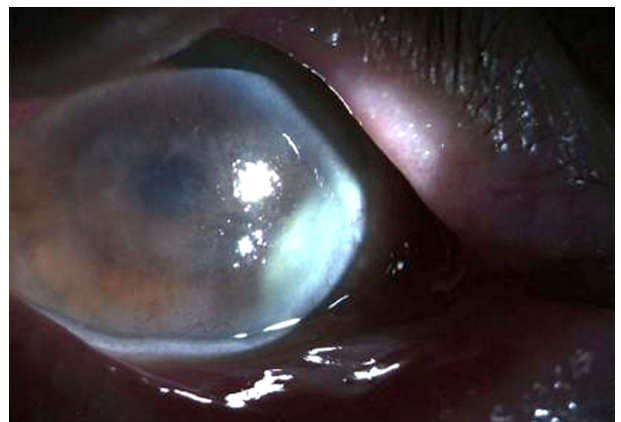


Figure 4. Anterior segment photo in a patient with keratouveitis, shows corneal edema with peripheral neovascularization. Central corneal thickness (CCT) measured by ultrasound pachymetry (USP) was 780 μm , measured by anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT) was 757 μm , and measured by noncontact specular microscopy (NCSM) was 485 μm .

확성은 알 수가 없다. 그 일례로 헤르페스 각막염 후 발생한 포도막염으로 각막부종이 관찰된 환자의 경우 중심각막 두께를 측정하였는데 초음파 각막두께측정계에서 780 μm 로 측정되었고 전안부 빛간섭단층촬영계에서 757 μm 로 측정되었으나 비접촉경면현미경에서 485 μm 로 측정되기도 하였는데 각막에 부종이 있는 경우 비접촉경면현미경을 이용한 중심각막두께측정에서 주의를 요할 것으로 생각된다 (Fig. 4). 이러한 오차가 발생한 이유로는 측정원리의 차이가 영향을 미치는 것으로 생각된다. 비접촉경면현미경은 각막상피와 각막내피에서 반사된 빛을 이용하여 각막의 두께를 측정하고 전안부 빛간섭단층촬영계는 적외선파장을 이용하여 후방 산란(back scattering)된 빛의 강도의 차이를 통해 각막의 두께를 측정한다. 그래서 각막에 병변이 있는 경우 적외선파장을 이용하는 전안부 빛간섭단층촬영계는 큰 문제가 되지 않으나 빛을 이용하는 비접촉경면현미경은 빛이 투과하는데 문제가 생겨 두께를 잘못 계산하여 측정될 수 있다. 또 전안부 빛간섭단층촬영계는 전체각막의 영상을 얻고 그 중에 중심부위의 두께를 측정할 수 있지만 비접촉경면현미경은 정상 내피세포가 많이 포함된 부위를 추적하여 각막의 두께를 측정하는 과정에서 오류가 발생할 가능성이 있고 이에 대하여 앞으로 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

요약하자면, 정상안에서 비접촉경면현미경으로 측정한 중심각막두께가 전안부 빛간섭단층촬영계를 이용한 경우보다 초음파 각막두께측정계로 측정한 값에 좀더 유사한 값을 나타냈다. 그리고 비접촉경면현미경은 검사소요시간이 1-2 초 사이로 짧아 초음파 각막두께측정계를 대체하여 중심각막두께를 측정하는데 전안부 빛간섭단층촬영계 보다 유용한 기계라고 생각된다. 하지만 각막의 병변이 있는 경우에는 전안부 빛간섭단층촬영계 보다 부정확하게 측정될 수 있으므로 주의하여야 하겠다.

REFERENCES

- 1) Reinstein DZ, Aslanides IM, Silverman RH, et al. High-frequency ultrasound corneal pachymetry in the assessment of corneal scars for therapeutic planning. *CLAO J* 1994;20:198-203.
- 2) Cheng H, Bates AK, Wood L, McPherson K. Positive correlation of corneal thickness and endothelial cell loss. Serial measurements after cataract surgery. *Arch Ophthalmol* 1988;106:920-2.
- 3) Ou RJ, Shaw EL, Glasgow BJ. Keratectasia after laser in situ keratomileusis (LASIK): evaluation of the calculated residual stromal bed thickness. *Am J Ophthalmol* 2002;134:771-3.
- 4) 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;106:406-9; discussion 409-10.
- 5) Jonas JB, Stroux A, Velten I, et al. Central corneal thickness correlated with glaucoma damage and rate of progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:1269-74.
- 6) Choi KS, Nam SM, Lee HK, et al. Comparison of central corneal thickness after the instillation of topical anesthetics: proparacaine versus oxybuprocaine. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:757-62.
- 7) Giers U, Epple C. Comparison of A-scan device accuracy. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:235-42.
- 8) Li EY, Mohamed S, Leung CK, et al. Agreement among 3 methods to measure corneal thickness: ultrasound pachymetry, Orbscan II, and Visante anterior segment optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2007;114:1842-7.
- 9) Kim HS, Kim JH, Kim HM, Song JS. Comparison of corneal thickness measured by specular, US pachymetry, and orbscan in post-PKP eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:245-50.
- 10) Lee WH, Hwang YH, Kim SJ, et al. Comparison and repeatability of anterior segment parameters obtained by galilei and slit-lamp optical coherence tomography. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011; 52:53-9.
- 11) Shim HS, Choi CY, Lee HG, et al. Utility of the anterior segment optical coherence tomography for measurements of central corneal thickness. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:1643-8.
- 12) Jung YG, Song JS, Kim HM, Jung HR. Comparison of corneal thickness measurements with noncontact specular microscope and ultrasonic pachymeter. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:1060-5.
- 13) Kim HY, Budenz DL, Lee PS, et al. Comparison of central corneal thickness using anterior segment optical coherence tomography vs ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2008;145:228-32.
- 14) Kim DW, Yi KY, Choi DG, Shin YJ. Corneal thickness measured by dual scheimpflug, anterior segment optical coherence tomography, and ultrasound pachymetry. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012; 53:1412-8.
- 15) Miglior S, Albe E, Guareschi M, et al. Intraobserver and interobserver reproducibility in the evaluation of ultrasonic pachymetry measurements of central corneal thickness. *Br J Ophthalmol* 2004;88:174-7.
- 16) Solomon OD. Corneal indentation during ultrasonic pachymetry. *Cornea* 1999;18:214-5.
- 17) Ventura AC, Wälti R, Böhnke M. Corneal thickness and endothelial density before and after cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2001; 85:18-20.
- 18) Almubrad TM, Osuagwu UL, Alabbadi I, Ogbuehi KC. Comparison of the precision of the Topcon SP-3000P specular microscope and an ultrasound pachymeter. *Clin Ophthalmol* 2011;5: 871-6.
- 19) Thomas J, Wang J, Rollins AM, Sturm J. Comparison of corneal thickness measured with optical coherence tomography, ultrasonic pachymetry, and a scanning slit method. *J Refract Surg* 2006;22: 671-8.
- 20) Bovel 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.
- 21) Módis L Jr, Langenbucher A, Seitz B. Corneal thickness measurements with contact and noncontact specular microscopic and ultrasonic pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2001;132:517-21.
- 22) 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.
- 23) Prakash G, Agarwal A, Jacob S, et al. Comparison of fourier-do-

- main and time-domain optical coherence tomography for assessment of corneal thickness and intersession repeatability. *Am J Ophthalmol* 2009;148:282-90.e2.
- 24) Azen SP, Burg KA, Smith RE, Maguen E. A comparison of three methods for the measurement of corneal thickness. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1979;18:535-8.
- 25) Zhao PS, Wong TY, Wong WL, et al. Comparison of central corneal thickness measurements by visante anterior segment optical coherence tomography with ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2007;143:1047-9.
- 26) Li H, Leung CK, Wong L, et al. Comparative study of central corneal thickness measurement with slit-lamp optical coherence tomography and visante optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2008;115:796-801.e2.

=ABSTRACT=

Utility of the Noncontact Specular Microscopy for Measurements of Central Corneal Thickness

Young Seong Yang, MD, Jae Woong Koh, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Chosun University College of Medicine, Gwangju, Korea

Purpose: To evaluate the efficacy of noncontact specular microscopy (NCSM) by comparing the measurement of central corneal thickness (CCT) to the measurement with anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT) and ultrasound pachymetry (USP).

Methods: One examiner measured the CCT of 50 eyes of 50 healthy young subjects using NCSM, AS-OCT, and USP. The mean values and correlations were analyzed.

Results: The mean CCT value was $546.92 \pm 32.06 \mu\text{m}$ with NCSM, $535.24 \pm 30.54 \mu\text{m}$ with AS-OCT, and $546.38 \pm 30.70 \mu\text{m}$ with USP. The CCT measurements with NCSM and USP were significantly thicker than with AS-OCT ($p < 0.001$, $p < 0.001$, respectively). There were no significant differences between the measurements obtained with NCSM and USP ($p = 0.505$). The 3 instruments were significantly correlated ($r > 0.900$ in all groups, $p < 0.001$ in all groups).

Conclusions: CCT measurements of healthy eyes using NCSM are more correlated with USP than AS-OCT. The CCT measurement using NCSM is a better alternative for USP than AS-OCT.

J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(1):59-65

Key Words: Anterior segment optical coherence tomography, Central corneal thickness, Noncontact specular microscopy, Ultrasound pachymetry

Address reprint requests to **Jae Woong Koh, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Chosun University Hospital
#365 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 501-717, Korea
Tel: 82-62-220-3190, Fax: 82-62-225-9839, E-mail: ophkoh@hanmail.net