비접촉안압계와 초음파 각막두께측정계를 이용하여 측정한 중심각막두께의 비교 분석

Comparison of Central Corneal Thickness Measured by Tono-pachymetry and Ultrasound Pachymetry

박혜연 · 신혜영

Hye Yeon Park, MD, Hye-Young Shin, MD, PhD

가톨릭대학교 의과대학 의정부성모병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Uijeongbu St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Uijeongbu, Korea

Purpose: We compared the accuracy of central corneal thickness (CCT) measurements according to CCT measured by non-contact Tono-pachymetry and ultrasound pachymetry (USP).

Methods: CCT was measured in 90 eyes of 90 subjects by two optometrists. The CCT measurements were compared and the correlations between the measurements were analyzed. To evaluate whether the measurements varied depending on CCT, the subjects were classified into three groups according to CCT (group 1: thin thickness group; group 2: medium thickness group; and group 3: thick thickness group). The differences in CCT obtained by the two devices ($\Delta\text{CCT} = \text{Tono-pachymetry-USP}$) were compared and analyzed among the three groups.

Results: The average CCT measurements by Tono-pachymetry and USP were $523.26 \pm 32.93 \mu\text{m}$ and $527.08 \pm 37.33 \mu\text{m}$, respectively. CCT by Tono-pachymetry was significantly thinner than by USP ($\Delta\text{CCT} = -3.82 \pm 15.34$, $p = 0.020$). The two measurements were strongly correlated ($r = 0.912$, $p < 0.001$). The ΔCCT values were $5.40 \pm 12.13 \mu\text{m}$ in group 1, $-6.37 \pm 15.07 \mu\text{m}$ in group 2, and $-10.50 \pm 14.39 \mu\text{m}$ in group 3 ($p < 0.001$).

Conclusions: CCT measured by tonopachymetry was thinner on average compared to the value measured by USP and the differences in measurements between the two devices were different according to CCT. The thinner the CCT, the thicker the measurement, and the thicker the CCT, the thinner the measurement. Therefore, this trend should be considered when interpreting tonopachymetry results in clinical practice.

J Korean Ophthalmol Soc 2021;62(7):904-909

Keywords: Central corneal thickness, Tono-pachymetry, Ultrasound pachymetry

중심각막두께를 정확하게 측정하는 것은 안과적 질환 진

단이나 수술 전후 평가에서 중요한 역할을 한다. 특히, 녹내장 환자의 진료에서 안압측정은 정확한 진단과 경과 관찰에 매우 중요한 지표인데, 이 때 반드시 고려해야 하는 것이 중심각막두께이다.¹⁻³ 정상 범위를 벗어나는 각막두께를 가진 환자의 경우 안압 보정이 필요하므로, 각막두께 측정에 있어서 정확성이 요구된다.³ 이 외에도 각막굴절교정 수술 전 각막 평가를 통해 수술 가능 여부 및 방법을 결정하기도 하고, 각막이식술 후 이식 상태 평가에 있어서도 각막두께측정을 통한 경과 관찰이 매우 중요하다.⁴

■ Received: 2020. 11. 30. ■ Revised: 2021. 1. 11.

■ Accepted: 2021. 6. 25.

■ Address reprint requests to Hye-Young Shin, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Uijeongbu St. Mary's Hospital,
#271 Cheonbo-ro, Uijeongbu 11765, Korea
Tel: 82-31-820-3016, Fax: 82-31-847-3418
E-mail: antares78@empas.com

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

© 2021 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

각막두께를 측정하는 방법은 크게 접촉식 방식과 비접촉식 방식으로 분류된다. 초음파 각막두께측정계는 높은 재현성을 보이는 검사로 중심각막두께측정의 표준검사로 널리 사용되고 있다.⁵⁻⁷ 그러나, 검사자가 탐침자(probe)를 피검사자의 각막 중심부에 직접 접촉하여 측정하는 방법인 초음파 각막두께측정계의 경우, 접촉하는 것 자체가 환자에게 불편감을 초래할 수 있을 뿐만 아니라, 각막상피의 미세한 손상이 발생하기도 하고, 접촉으로 인한 감염의 우려도 있다. 또한, 검사자의 숙련도에 따라 측정값 오차가 발생할 가능성도 있다. 이러한 이유로 다양한 비접촉식 측정 기계들이 개발되어 임상에서 사용되고 있다.⁸⁻¹⁴ 최근에는 중심각막두께를 측정하는 기능을 탑재한 Tono-pachymetry도 개발되어 사용되고 있다.^{9,11,12,15} 파란색 발광 다이오드(blue light-emitting diode)로부터 나오는 빛을 이용하여 각막의 앞면과 뒷면에서 반사된 정도를 분석하여 중심각막두께를 측정하게 된다. 측정된 각막두께에 따라 보정된 안압을 제시해준다. 이는 1번의 측정으로 간단하고 빠르게 안압과 중심각막두께의 동시 측정이 가능하다는 장점이 있어 최근 이용되고 있다.^{9,11,12}

지금까지 국내에서 접촉식 초음파 각막두께측정계와 여러 비접촉 각막두께측정계를 이용하여 중심각막두께 측정값을 비교 분석한 연구들은 많았다.^{8-10,16-20} 하지만 각막두께에 따라 그룹을 나누어 Tono-pachymetry의 임상적 유용성을 비교 분석한 연구는 아직 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 정상안을 대상으로 하여 기존에 널리 사용되던 초음파 각막두께측정계와 Tono-pachymetry의 중심각막두께 측정값을 비교 분석하여, 다양한 중심각막두께를 가진 환자에서 Tono-pachymetry의 임상적 유용성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2019년 7월 24일부터 2019년 8월 21일까지 의정부성모병원 안센터에 내원한 환자 90명 90안의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 본 연구는 의정부성모병원 임상시험윤리위원회(Institutional Review Board)로부터 승인(과제 번호: UC20RESI0152)을 받아 시행하였고, 헬싱키선언을 준수하였다. 굴절교정수술을 포함한 각막의 수술력이 있거나, 각막두께측정에 영향을 줄 수 있는 각막질환이나, 1달 이내 안압상승의 과거력이 있는 경우, 콘택트렌즈 착용한 경우 등은 연구 대상에서 제외하였다. 각막두께를 측정하기 전에 세극등전안부검사를 통해 각막혼탁, 각막부종, 눈꺼풀테에 병적인 변화를 보이는 환자들도 제외하였다. 양안이 모두 해당되는 경우 우안의 측정값을 선택하였다.

각막두께 측정을 위해 두 명의 숙련된 검사자가 각 검사법에 배정되었고, 한 명의 검사자가 Tono-pachymetry(TX-20P, Canon, Tokyo, Japan)를 이용하여 두께를 측정한 후 다른 한 명의 검사자가 초음파 각막두께측정계(HUP 850, Allergan-Humphrey, San Leandro, CA, USA)로 측정하는 순서로 검사가 진행되었고, 초음파 각막두께측정계의 검사자는 Tono-pachymetry의 검사 결과를 알 수 없는 상태로 검사를 진행하였다. Tono-pachymetry를 이용한 중심각막두께 측정 시, 환자의 이마와 턱을 고정시키고, 검사 기기에 나타난 영상을 통해 주시가 제대로 이루어진 것을 확인한 후 자동 측정하였다. 검사 전에 여러 번 눈을 깜박이게 하여 눈물이 고르게 분산되도록 하였고, 측정 시에는 환자가 눈을 깜박이거나 움직이지 않도록 하여 측정하였다. Tono-pachymetry는 1회 측정 시 자동으로 3번 측정값의 평균값을 구해주기 때문에 그 값을 이용하였다. 이후 각막마취제인 proparacaine hydroxychloride 0.5% (Alcaine®, Alcon, Puurs, Belgium) 점안한 후에 환자는 평상시처럼 눈을 깜박이도록 하여 각막 표면에 점안액이 고르게 분산되도록 하였다. 환자를 바르게 앉힌 후 측정하지 않는 눈으로 검사실 벽 정면을 주시하게 한 후 초음파 각막두께측정계의 탐침자(probe)를 각막 중심부에 수직으로 접촉하여 3회 측정하였고 그 평균값을 측정값으로 하였다.

두 기기로 측정한 중심각막두께의 평균값은 paired *t*-test를 이용하여 비교 분석하였고, 기기 간의 상관관계에 대하여 알아보았다. Bland-Altman plots을 통해 두 기기의 일치도를 분석하였다.²¹ 중심각막두께에 따라 Tono-pachymetry와 초음파 각막두께측정계 측정값이 어떻게 다른지 알아보기 위하여 초음파 각막두께측정계로 측정한 중심각막두께를 기준으로 가장 얇은 환자부터 세 군으로 분류하여 각 군 간에 중심각막두께 측정값의 차이를 비교 분석하였다(group 1: 중심각막두께가 얇은 군, group 2: 중심각막두께가 중간인 군, group 3: 중심각막두께가 두꺼운 군). 세 군의 비교에서 연령, 각막내피세포, 중심각막두께와 각막측정값 차이의 비교는 one-way analysis of variance를 이용하였다. 통계처리는 MedCalc software version 12.7.2 (MedCalc Software, Ostend, Belgium)으로 분석하였고 *p*값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

전체 대상자 90명의 90안을 대상으로 측정을 시행하였으며 이 중 남자는 39명 39안, 여자는 51명 51안이었고, 평균 나이는 60.08 ± 13.03세였다. Tono-pachymetry를 이용하여 측정한 중심각막두께 평균값은 523.26 ± 32.93 μm였고, 초

고 찰

음파 각막두께측정계는 $527.08 \pm 37.33 \mu\text{m}$ 로 측정되어, Tono-pachymetry로 측정한 중심각막두께가 초음파 각막두께측정계로 측정한 중심각막두께보다 통계적으로 유의하게 얇게 측정되었다($-3.82 \pm 15.34 \mu\text{m}$, $p=0.020$) (Table 1). 상관관계 분석 결과 두 기기로 측정한 중심각막두께는 통계적으로 유의하게 높은 양의 상관관계를 보였다($r=0.912$, $p<0.001$) (Fig. 1).

전체 대상자를 세 군으로 나누어 분석한 결과, 나이와 각막내피세포의 수는 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 중심각막두께가 얇은 1군에서 초음파 각막두께측정계로 측정한 중심각막두께는 $487.47 \pm 17.52 \mu\text{m}$, Tono-pachymetry를 이용하여 측정한 중심각막두께는 $492.87 \pm 16.54 \mu\text{m}$ 로 Tono-pachymetry를 이용한 경우 통계적으로 유의하게 두껍게 측정되는 것으로 나타났다($p=0.021$). 반면 중심각막두께가 중간인 2군에서는 초음파 각막두께측정계가 $525.67 \pm 11.54 \mu\text{m}$, Tono-pachymetry로는 $519.30 \pm 16.27 \mu\text{m}$ 로 Tono-pachymetry를 이용한 측정값이 통계적으로 유의하게 얇게 나타났으며($p=0.028$), 중심각막두께가 두꺼운 3군에서도 각각 $568.10 \pm 21.67 \mu\text{m}$, $557.60 \pm 24.45 \mu\text{m}$ 로 역시 Tono-pachymetry를 이용한 값이 통계적으로 유의하게 얇게 나타났다($p<0.001$). 또한, 측정값의 차이가 세 그룹 간의 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$).

Bland-Altman plots을 통해 두 기기의 일치도를 분석한 결과, 두 기기로 측정한 측정값 간의 95% 일치도 범위는 $60.13 \mu\text{m}$ (-33.89 to 26.24)로 나타났으며 전체군에서는 평균적으로 Tono-pachymetry로 측정한 중심각막두께가 얇게 측정되었으나, Tono-pachymetry로 측정하였을 때, 중심각막두께가 얇을수록 초음파 각막두께측정계의 측정값보다 두껍게 측정되는 경향을 보이고, 중심각막두께가 두꺼울수록 초음파 각막두께측정계의 측정값보다 얇게 측정되는 경향을 보였다($p<0.01$, Fig. 2).

정확한 중심각막두께를 측정하는 것은 녹내장 환자나 고안압증 환자에서 진단 및 치료 방향을 정하는 데 있어 매우 중요하다.^{1,2} 지금까지 가장 널리 사용되고 있는 초음파 각막두께측정계는 접촉식 방법으로 탐침자가 각막에 직접 닿음으로써 환자에게 불편감을 초래하고 미세한 각막상피의 손상을 유발할 수 있을 뿐만 아니라, 검사자의 숙련도에 따라 결과값이 달라질 가능성도 있다. 이러한 한계점들을 극복하고자 비접촉경면현미경(noncontact specular micro-

Figure 1. Correlation analysis graph (scatter plot) between measurements of the two devices. Scatter gram showing the correlation of central corneal thickness measured by Tono-pachymetry and ultrasound pachymetry (USP).

Table 1. Demographics and study variables of the subjects

	Total	Group 1 ($<509 \mu\text{m}$)	Group 2 ($509-543 \mu\text{m}$)	Group 3 ($>543 \mu\text{m}$)	p-value*
Number of eye (patients)	90 (90)	30 (30)	30 (30)	30 (30)	-
Age (years)	60.08 ± 13.03	62.63 ± 12.14	61.63 ± 13.40	55.97 ± 12.93	0.101
CCT (μm)					
USP	527.08 ± 37.33	487.47 ± 17.52	525.67 ± 11.54	568.10 ± 21.67	<0.001
TP	523.26 ± 32.93	492.87 ± 16.54	519.30 ± 16.27	557.60 ± 24.45	<0.001
ΔCCT	-3.82 ± 15.34	5.40 ± 12.13	-6.37 ± 15.07	-10.50 ± 14.39	<0.001
p-value†	0.020	0.021	0.028	<0.001	
Endothelial cell count	$2,517.74 \pm 510.06$	$2,450.53 \pm 370.14$	$2,508.10 \pm 733.76$	$2,594.60 \pm 334.89$	0.551

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation unless otherwise indicated.

CCT = central corneal thickness; USP = ultrasound pachymetry; TP = Tono-pachymetry; ΔCCT = TP-USP.

*One-way analysis of variance test; †paired t-test.

Figure 2. Bland Altman plots between measurements of the two devices. The middle line is the mean and the lines on the side represent the upper and lower 95% limits of agreement. USP = ultrasound pachymetry; SD = standard deviation.

scopy), IOL Master, 이중샤임플러그사진기(dual rotating scheimpflug camera), anterior segment optical coherence tomography 등 여러 가지 비접촉식으로 각막두께를 측정할 수 있는 기계들이 개발되어 사용되고 있다.^{8,10,12-15,17,18,22} 최근에는 중심각막두께 측정 기능을 탑재한 비접촉안압계가 개발되었는데 이는 비침습적인 방법으로 간단하고 빠르게 안압과 중심각막두께의 동시 측정이 가능하다는 장점이 있다.^{9,12,15} 본 연구는 각막두께 측정 기능이 탑재된 비접촉안압계인 Tono-pachymetry (TX-20P, Canon)로 측정한 중심각막두께를 초음파 각막두께측정계로 측정한 중심각막두께와 비교하여 다양한 중심각막두께를 가진 환자에서 Tono-pachymetry의 임상적 유용성에 대하여 알아보고자 하였다. 중심각막두께에 따라 세 그룹을 나누어 두 기기 간의 결과값을 비교 분석한 결과, Tono-pachymetry로 측정한 중심각막두께는 초음파 각막두께측정계에 의한 측정값에 비해서 중심각막두께가 얇은 경우에는 두껍게 측정되고, 중심각막두께가 얇지 않은 경우에는 얇게 측정되는 경향을 보인다는 사실을 밝혔다.

Tono-pachymetry를 이용한 이전 연구들을 살펴보면, Schiano Lomoriello et al¹²에서는 NT-30P (Nidek Co., Ltd., Gamagori, Japan)를 이용하여 62명의 젊은 정상 환자에서 초음파 각막두께측정계에 의한 측정값과 비교 분석하였고, 본 연구 결과와 같이 평균적으로 13 μm 얇게 측정되는 것으로 보고하였다($540.6 \pm 30.0 \mu\text{m}$ vs. $553.4 \pm 30.7 \mu\text{m}$).¹² Hahn et al⁹은 108명의 젊은 대상자들(비수술군의 평균 나이: 22.38 ± 3.23 세)과 108명의 굴절교정레이저각막절제술을 받은 젊은 대상자들(수술군의 평균 나이: 25.12 ± 3.75 세)

에서 Tono-pachymetry (TX-20P, Canon)의 유용성에 대해 분석한 논문에서는 Tono-pachymetry로 측정한 중심각막두께 측정값이 초음파 각막두께측정계로 측정한 중심각막두께 측정값보다 두껍고, 이는 굴절교정레이저각막절제술을 받은 환자에서 더 큰 차이를 보인다는 결과를 발표하였다(비수술군: 549.40 ± 31.10 vs. $542.05 \pm 35.58 \mu\text{m}$, 수술군: 495.73 ± 46.03 vs. $477.96 \pm 48.77 \mu\text{m}$). 본 연구와는 상반되게 Tono-pachymetry로 측정한 중심각막두께 측정값이 더 두껍다는 결론을 도출하였다.⁹ 본 연구의 대상군은 평균 나이는 60.08 ± 13.03 세로 이전 연구들에 비해서 고령의 환자들이 많이 포함되어 평균연령이 높고, 초음파 각막두께측정계로 측정한 중심각막두께는 $527.08 \pm 37.33 \mu\text{m}$ 로 이전의 연구들에 비해서 평균 중심각막두께가 얇았다. 이전 연구와의 결과가 차이를 보이는 것은 연구 대상군 구성의 차이에 따른 각막두께 차이 및 각막 특성 차이 때문일 것으로 생각되나, 다양한 연령대에서 다양한 중심각막두께를 보이는 대상군에서 추가적인 연구를 해서 결론을 도출해야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서 전체 환자군에서의 측정값 비교를 통해 초음파 각막두께측정계에 비해서 Tono-pachymetry의 경우 평균적으로 3.82 μm 정도 더 얇게 측정되는 것을 밝혔으나, 중심각막두께에 따라서 군을 나누어 분석한 결과, 중심각막두께가 얇은 경우는 오히려 두껍게 측정되고, 중심각막두께가 두꺼울수록 더 얇게 측정되는 것을 알 수 있었다. Hahn et al⁹의 연구에서도 굴절교정레이저각막절제술을 받아 각막이 얇아진 환자의 경우, 정상 중심각막두께를 보이는 대상자에서보다 초음파 각막두께측정계의 결과값과 Tono-pachymetry의 결과값이 더 큰 차이를 보이고, 훨씬 더 두껍게 측정된다는 결과를 보여주어(495.73 ± 46.03 vs. $477.96 \pm 48.77 \mu\text{m}$), 본 연구에서와 마찬가지로 중심각막두께에 따라서 각막두께측정 기기의 유용성이 다를 수 있음을 보여주었다. 이러한 차이는 기본적인 검사 원리에 차이를 보이기 때문일 것으로 생각해 볼 수 있으나, 정확한 원인에 대해 파악하기 위해서 보다 많은 수의 환자를 포함하고, 다양한 각막 상태에서 어떻게 달라지는지를 분석할 필요가 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 첫째, 전체 대상자의 평균 나이가 60.08 ± 13.03 세로 상대적으로 연령대가 높아서 다양한 연령대의 분석 결과를 포함하고 있지 않다는 점이다. 추후 더 다양한 연령대를 대상으로 한 추가적 분석이 필요할 것으로 생각된다. 둘째, 비접촉 Tono-pachymetry는 점안마취제를 넣지 않고 각막두께의 측정이 가능하나 초음파 각막두께측정계의 경우 그렇지 않기 때문에 점안마취제의 영향 또한 고려해야 할 것이다. 또한, 초음파 각막두께측정계는

접촉식 검사이기 때문에 검사 이후 각막 형태 변화 등의 영향을 가능성이 있어서 비접촉 Tono-pachymetry 이후 초음파와 각막두께측정계 측정을 하였으나, 두 검사 기기 간의 순서를 바꾸어 시행하여 검사 순서로 인한 영향이 없을지에 대해 추가적 분석이 필요할 것으로 생각된다. 셋째, 본 연구는 후향적으로 진행된 연구로서, 각 기기로 측정한 중심각막두께 결과값의 재현성에 대해서 intraclass correlation coefficient를 이용하여 분석을 진행하지 못했다는 점이다. 추후 다양한 중심각막두께를 보이는 환자에서 측정값의 재현성에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 넷째, 본 연구는 정상안을 대상으로 중심각막두께를 측정하였지만 각막부종이 있거나, 각막표면이 불규칙하거나 각막난시가 심한 경우 등의 각막 병변이 있는 환자들은 배제되었기 때문에 이러한 경우에서의 검사의 정확성이나 임상적 유용성은 판단할 수 없다는 점이다. 따라서 임상적 유용성을 평가하기 위해서 다양한 각막질환이 있는 환자들을 대상으로 하여 기기 간 측정값을 비교 분석해야 할 것으로 생각한다.

결론적으로 본 연구를 통해서 각막에 병변이 없는 정상안에서 Tono-pachymetry로 측정한 중심각막두께는 평균적으로는 초음파와 각막두께측정계에 비해서 얇게 측정되지만, 중심각막이 얇을수록 초음파와 각막두께측정계에 비해서 두껍게 측정되고, 중심각막이 두꺼울수록 초음파와 각막두께측정계에 비해서 더 얇게 측정되는 경향성을 보임을 밝혔다. 추후 임상에서 Tono-pachymetry를 이용한 검사 결과를 해석할 때에는 중심각막이 얇거나 두꺼운 환자에서는 중심각막두께가 부정확하게 측정될 수 있음을 고려하여야 하겠다.

REFERENCES

- Francis BA, Varma R, Chopra V, et al. Intraocular pressure, central corneal thickness, and prevalence of open-angle glaucoma: the Los Angeles Latino Eye Study. *Am J Ophthalmol* 2008;146:741-6.
- 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;120:714-20.
- Herndon LW, Weizer JS, Stinnett SS. Central corneal thickness as a risk factor for advanced glaucoma damage. *Arch Ophthalmol* 2004;122:17-21.
- McDonnell PJ, Enger C, Stark WJ, Stulting RD. Corneal thickness changes after high-risk penetrating keratoplasty. Collaborative Corneal Transplantation Study Group. *Arch Ophthalmol* 1993;111:1374-81.
- 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.
- Marsich MW, Bullimore MA. The repeatability of corneal thickness measures. *Cornea* 2000;19:792-5.
- Wheeler NC, Morantes CM, Kristensen RM, et al. Reliability coefficients of three corneal pachymeters. *Am J Ophthalmol* 1992;113:645-51.
- Shin WB, Jeong HK, Kim MK, et al. Comparison of central corneal thickness measured by swept-source optical coherence tomography and ultrasound pachymetry. *J Korean Ophthalmol Soc* 2017;58:276-82.
- Hahn IK, Kim JY, Kim MJ, et al. Validity of tonopachymetry for measuring corrected intraocular pressure in non-surgical and post-photorefractive keratectomy eyes. *Korean J Ophthalmol* 2017;31:44-51.
- Lee MJ, Shin YU, Lim HW, et al. Central corneal thickness measured by noncontact specular microscopy, dual rotating Scheimpflug camera and ultrasound pachymetry. *J Korean Ophthalmol Soc* 2015;56:1520-6.
- García-Resúa C, Pena-Verdeal H, Miñones M, et al. Reliability of the non-contact tonopachymeter tonopachy NT-530P in healthy eyes. *Clin Exp Optom* 2013;96:286-94.
- Schiano Lomoriello D, Lombardo M, Tranchina L, et al. Repeatability of intra-ocular pressure and central corneal thickness measurements provided by a non-contact method of tonometry and pachymetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011;249:429-34.
- Pelit A, Altan-Yaycioglu R, Pelit A, Akova YA. Effect of corneal thickness on intraocular pressure measurements with the Pascal dynamic contour, Canon TX-10 non-contact and Goldmann applanation tonometers in healthy subjects. *Clin Exp Optom* 2009;92:14-8.
- 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.
- Fujimura F, Kamiya K, Fujiwara K, et al. Repeatability and reproducibility of measurements using a NT-530P noncontact tonopachymeter and correlation of central corneal thickness with intraocular pressure. *Biomed Res Int* 2013;2013:370592.
- Han KE, Kim H, Kim NR, et al. Comparison of intraocular pressures after myopic laser-assisted subepithelial keratectomy: tonometry-pachymetry, Goldmann applanation tonometry, dynamic contour tonometry, and noncontact tonometry. *J Cataract Refract Surg* 2013;39:888-97.
- Ohn K, Lee MY, Lee YC, Shin HY. Comparison of central corneal thickness measurements between noncontact specular microscopy and ultrasound pachymetry. *J Korean Ophthalmol Soc* 2019;60:635-42.
- Yang YS, Koh JW. Utility of the noncontact specular microscopy for measurements of central corneal thickness. *J Korean Ophthalmol Soc* 2014;55:59-65.
- 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.
- 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.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
- 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.

= 국문초록 =

비접촉안압계와 초음파 각막두께측정계를 이용하여 측정한 중심각막두께의 비교 분석

목적: 중심각막두께(central corneal thickness [CCT]) 측정 기능이 탑재된 비접촉안압계(Tono-pachymetry)와 초음파 각막두께측정계(ultrasound pachymetry [USP])를 이용하여 CCT를 측정하고 비교하여 Tono-pachymetry의 유용성에 대해서 알아보하고자 하였다.

대상과 방법: 90안을 대상으로 Tono-pachymetry와 USP를 이용하여 측정한 CCT를 비교하고 기기 간 측정값의 상관관계를 분석하였다. CCT에 따라 두 기기 측정값의 차이($\Delta\text{CCT} = \text{tono-pachymetry} - \text{USP}$)가 달라지는 것을 보기 위해 전체 대상안을 USP로 측정한 CCT를 기준으로 가장 얇은 환자부터 세 군으로 분류하여 비교 분석하였다.

결과: Tono-pachymetry로 측정한 CCT는 USP를 이용하여 측정한 CCT보다 얇았다(523.26 ± 32.93 vs. $527.08 \pm 37.33 \mu\text{m}$, $p=0.020$). 두 결과값은 높은 양의 상관관계를 보였다($r=0.912$, $p<0.001$). 세 군의 분석 결과, Tono-pachymetry와 USP로 측정한 CCT의 차이는 group 1 $5.40 \pm 12.13 \mu\text{m}$, group 2 $-6.37 \pm 15.07 \mu\text{m}$, group 3 $-10.50 \pm 14.39 \mu\text{m}$ 로 세 군 간의 유의한 차이를 보였다($p<0.001$).

결론: Tono-pachymetry로 측정한 CCT는 USP의 측정값에 비해서 평균적으로는 얇게 측정되었으나, 중심각막이 얇을수록 두껍게 측정되고, 중심각막이 두꺼울수록 얇게 측정되는 경향을 보였다.

〈대한안과학회지 2021;62(7):904-909〉

박혜연 / Hye Yeon Park

가톨릭대학교 의과대학 의정부성모병원 안과학교실
Department of Ophthalmology, Uijeongbu
St. Mary's Hospital, College of Medicine, The
Catholic University of Korea