

접촉식과 광학적 방식에 의한 전방깊이 측정값의 비교

박율리 · 황형빈 · 정성근

가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학교실 여의도성모병원

목적: 접촉식인 A-scan (Pacscan 300A, Sonomed Inc., Chicago, IL, USA)과 광학적 방식인 IOL master[®] (Carl Zeiss Meditec, Germany), Pentacam[®] (Oculus, Wetzlar, Germany), 그리고 Orbscan II[®] (Orbtek Inc., USA)를 이용하여 전방깊이를 측정된 후 각 검사방법의 재현성 및 일치 정도를 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 백내장수술 예정인 환자 94명(188안)에 대해 접촉식 방식인 A scan과 광학적 방식인 IOL master[®], Pentacam[®], Orbscan II[®]를 이용하여 전방깊이를 측정된 후 비교하였다. 네 기기의 신뢰성을 알아보기 위하여 변동계수, 표준편차, 그룹 내 변동계수를 계산하였고 기기간 전체 평균 차이를 반복측정 분산분석과 Bland-Altman plot를 이용하여 비교하였다.

결과: A-scan, IOL master[®], Pentacam[®], Orbscan II[®]로 측정된 평균 전방깊이는 각각 2.89 ± 0.49 mm, 3.25 ± 0.45 mm, 3.21 ± 0.46 mm, 3.19 ± 0.47 mm로 측정방식에 따라 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). 네 가지 측정 방식의 변이계수는 각각 2.50%, 0.87%, 1.25%, 1.04%로 A scan에 비해 IOL master[®], Pentacam[®], Orbscan II[®]이 더 재현성이 높았다. 상관계수는 IOL master[®]와 A scan은 0.65, IOL master[®]와 Pentacam[®]은 0.91, IOL master[®]와 Orbscan II[®]은 0.90, A scan과 Pentacam[®]은 0.69, A scan과 Orbscan II[®]는 0.71, Pentacam[®]과 Orbscan II[®]는 0.93이었다.

결론: 전방깊이의 측정방법에서 접촉식 방식인 A-scan보다 광학적 방식인 IOL master[®], Pentacam[®], Orbscan II[®]를 사용했을 경우 전방깊이가 유의하게 깊게 측정되었다($p < 0.01$). 광학적 측정방식들끼리는 상관계수가 높았고, 재현성 또한 높았으며 그 중에서 IOL master[®]가 가장 낮은 변이계수를 보였다.

〈대한안과학회지 2013;54(8):1219-1226〉

전방깊이는 각막곡률, 각막두께, 안축장 등의 다른 생체 계측과 함께 인공수정체도수결정^{1,2} 유수정체 인공수정체의 삽입^{3,4} 및 녹내장연구에 있어서 매우 중요한 측정 요소가 되고 있다. 백내장수술 시에는 안축장, 전방깊이, 각막곡률 등이 인공수정체 도수 계산에 중요한 요소가 되는데, 다초점 인공수정체 및 난시교정 인공수정체의 개발과 더불어 수술자와 환자들의 결과에 대한 기대가 커지는 상황에서 정확한 술 후 굴절력 예측의 중요성이 더욱 부각되고 있다. Olsen¹은 백내장수술 후 요구되는 굴절력에 이르지 못하는 이유로 안축장(54%), 전방깊이(38%), 각막곡률(8%) 등의 부정확한 측정을 원인으로 들었으며 이에 전방깊이 측정의 중요성을 강조하였다.

전방깊이의 측정은 크게 접촉식 방법과 비접촉식인 광학적 방법이 있다. 접촉식 방법인 A-scan의 경우 널리 사용되는 방법이나 탐침자를 각막에 접촉시킴으로써 각막함입에 의해 전방깊이가 얇게 측정될 수 있으며 검사자의 경험 및 초음파 탐침자를 다루는 기술, 그리고 시축에 정확히 일치했는지 여부 등 여러 가지 변수가 존재한다. 이러한 여러 가지 변수 중 특히 접촉식 방법인 A-scan이 광학적 방법과 비교하여 더 얇게 측정된다는 연구발표^{5,6}가 있었던 반면에 일부의 연구에서는 광학적 방법인 Scheimpflug camera⁷나 Orbscan⁸이 A-scan보다 더 얇게 측정된다는 발표도 있었고, 또한 광학적 방법인 Orbscan이나 IOL Master[®] 등이 A-scan과 유의한 차이가 없었다는 주장⁹도 있어 연구에 따라 다양한 결과를 보여주고 있다. 이에 실제 전방깊이를 측정하는 임상에서는 A-scan, Pentacam[®], Orbscan II[®] 및 IOL Master[®] 등이 다양하게 사용되는 실정이다. 하지만 현재까지 어떠한 기기들이 더 정확성 및 재현성이 우수한지에 대해서는 이견이 있었고, 특히 한국인 정상안을 대상으로 한 측정값을 비교한 연구는 드물었다.¹⁰⁻¹⁴

이에 저자들은 임상적으로 흔히 사용되는 상기 네 종류의 기기로 전방깊이를 반복적으로 측정하여 서로 비교하였으며 접촉식과 광학적 방식의 각각 기기들 간에 측정값의

- Received: 2012. 10. 12. ■ Revised: 2013. 3. 26.
- Accepted: 2013. 6. 20.
- Address reprint requests to **Sung Kun Chung, MD, PhD**
Department of Ophthalmology and Visual Science, The Catholic University of Korea, Yeouido St. Mary's Hospital
#10 63-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-713, Korea
Tel: 82-2-3779-1150, Fax: 82-2-761-6869
E-mail: eyedoc@catholic.ac.kr

* This study was presented as an E-poster at annual meeting of ESCRS, Sep, 2012.

차이가 있는지 알아보고 어느 방식에서 정확성과 재현성이 우수한지 분석하여 이들 기기의 임상적 유용성에 대해 연구하고자 하였다.

대상과 방법

2011년 8월부터 2012년 4월까지 내원한 환자 94명, 188안을 대상으로 하였다. 연구에 앞서 여의도성모병원 임상시험심사위원회와 윤리위원회의 심사를 통과하였다. 모두 유수정체안으로 특별한 안과 질환이 없고, 당뇨, 고혈압 및 다른 전신질환이 없으며, 안과 수술 및 외상의 기왕력이 없었다. 대상자의 성별 및 연령 분포는 표 1과 같다. 대상자 중 남자는 46명(49%), 여자는 48명(51%), 평균 연령은 68.13 ± 8.24 세였다. 모든 대상안에서 최대교정시력, 안압, 굴절이상, 세극등 검사 및 안저 검사를 시행하였다. 실내조명아래에서 산동하지 않은 대상안에 대해 동일 검사자가 전방깊이를 측정하였다. 전방깊이는 각막의 중앙부전면(각막상피)에서 수정체중앙부전면(전낭)까지의 거리로 정의하였다. 전방깊이는 A-scan (Pacscan 300A, Sonomed Inc., Chicago, IL, USA), IOL Master[®] (Carl Zeiss Meditec, Germany), Pentacam[®] (Oculus, Wetzlar, Germany), Orbscan II[®] (Orbtek Inc., Laredo, TX, USA)를 이용하여 측정하였다. 검사의 진행은 IOL Master[®], Pentacam[®], Orbscan II[®], 그리고 A-scan 순으로 검사를 하였으며, 이러한 순서를 통해 접촉방식인 A-scan의 탐침자에 의해 각막표면이 변형되어, 광학적 방법으로 측정할 경우 오차가 발생할 가능성을 줄였다. 또한 A-scan 안구초음파를 이용하여 전방깊이를 측정시 IOL Master[®], Pentacam[®], Orbscan II[®]의 촬영 후에 0.5% proparacain hydrochloride (Alcaine[®], Alcon, Cleveland, USA)를 점안하여 안검에 힘이 들어가 안구가 변형되는 것을 막았다. 각각의 검사는 동일 검사자가 3회씩 반복 측정하여 계측치를 구한 후 평균값을 선택하였다. Pentacam[®]으로 측정시 안구가 눌리지 않도록 주의하면서 90° 방향으로의 단면을 촬영한 후 컴퓨터에 저장된 화상을 이용하여 전방깊이를 측정하였다. 촬영시 카메라 축은 0°, 세극의 길이

는 14.0 mm, flash level은 200W, flash intensity는 1109로 촬영조건을 동일하게 하였다. 검사시 대상자의 머리와 턱을 각각의 고정대에 고정하고 눈높이를 적절하게 위치시킨 후 검사하는 동안 시스템 중앙의 주시 광선을 보게 하고 눈을 움직이지 않도록 하였다. 검사 전에 눈을 깜박거리게 하여 눈물층을 균일하게 하였으며, 속눈썹이 각막을 가리지 않도록 눈을 크게 뜨도록 지시한 후 안구에 압박이 가해지지 않도록 조심스럽게 눈꺼풀을 벌리면서 측정하였다. 컴퓨터 화면에 각막중심과 동공중심이 중앙에 위치하고, 내외측과 상하측이 각각 대칭이 되는 시점에서 스캔을 하였다. 대개 한 번의 스캔으로 정확한 지도가 얻어지지만, 그렇지 않은 경우에는 반복적으로 시행하여 안검으로 가려진 부분이 있거나 동공과 각막중심이 중앙에 위치하지 않은 사진은 제외하고 가장 선명한 사진을 선택하였다. 각 대상자는 측정 후, 뒤로 물러나 앉게 하여 기기가 다음 측정 전 재조정될 수 있게 하였으며, 대상자는 측정 전 충분히 눈을 깜박이게 하였다.

통계적인 분석은 SPSS v17.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다. ANOVA를 통해 기기에 따른 측정값의 평균의 차이를 비교하였고, $p < 0.05$ 를 유의한 차이가 있다고 보았다. 또한 각 방법간의 상관계수는 Pearson의 단순상관계수를 이용하여 구하였으며, $p < 0.01$ 를 유의한 상관관계가 있다고 보았다. 기기간 측정값의 차이를 알기 위해서 측정값의 차이의 평균(mean difference)를 구하여 비교하였다. 네 기기의 신뢰성을 알아보기 위하여 변동계수(CV; coefficient of variation), 표준편차(SD; standard deviation), 그룹 내 변동계수(ICC; intraclass correlation coefficients)를 이원혼합모형을 이용하여 계산하였다. 각 기기의 전방깊이의 다중비교를 위하여 3회 반복을 개체내 요인으로, 측정기기를 개체간 요인으로 하여 기기간 전체 평균 차이를 반복측정 분산분석(RM-ANOVA on Ranks; Repeated Measures Analysis of Variance on Ranks, Tukey correction)을 이용하여 비교하였다. p 값이 0.05 이하인 경우 통계적으로 의미있는 차이로 간주하였으며, 기기간 일치성을 평가하기 위해 Bland-Altman plot를 이용하였다.

결 과

각 3회씩 측정한 188안의 평균 전방깊이는 표 2로 나타내었다. 4가지 기기들은 CV값이 모두 3.06% 이하의 값을 보였고, ICCs 값은 0.965 이상이었다. 전방깊이는 전체 연령의 평균값을 구하였을 때 남자는 3.08 ± 0.23 mm, 여자는 3.07 ± 0.25 mm로 여자가 남자보다 전방깊이가 얇게 나타났지만 통계적으로 유의하지는 않았다($p=0.572$). 각

Table 1. Age and Sex distribution

| Age (years) | No. of Eyes | | Total |
|-------------|-------------|--------|-------|
| | Male | Female | |
| 30-39 | 4 | 4 | 8 |
| 40-49 | 14 | 12 | 26 |
| 50-59 | 22 | 24 | 46 |
| 60-69 | 32 | 32 | 64 |
| 70-79 | 12 | 14 | 26 |
| >80 | 8 | 10 | 18 |
| Total | 92 | 96 | 188 |

Table 2. Anterior chamber depth measured by 4 different methods, and coefficient of variation, standard variation, and intraclass correlation coefficient of each methods

| | A scan | IOL Master® | Pentacam® | Orbscan II® | p-value |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| ACD (mm) | 2.89 ± 0.49 | 3.25 ± 0.45 | 3.21 ± 0.46 | 3.19 ± 0.47 | 0.138 |
| CV (%) | 2.50% | 0.87% | 1.25% | 1.04% | |
| ICC | 0.967 | 0.997 | 0.988 | 0.982 | |

Values are presented as mean ± SD.

Significant difference among the methods ($p < 0.01$, ANOVA test).

CV = coefficient of variation; ICC = intraclass correlation coefficient; SD = standard deviation.

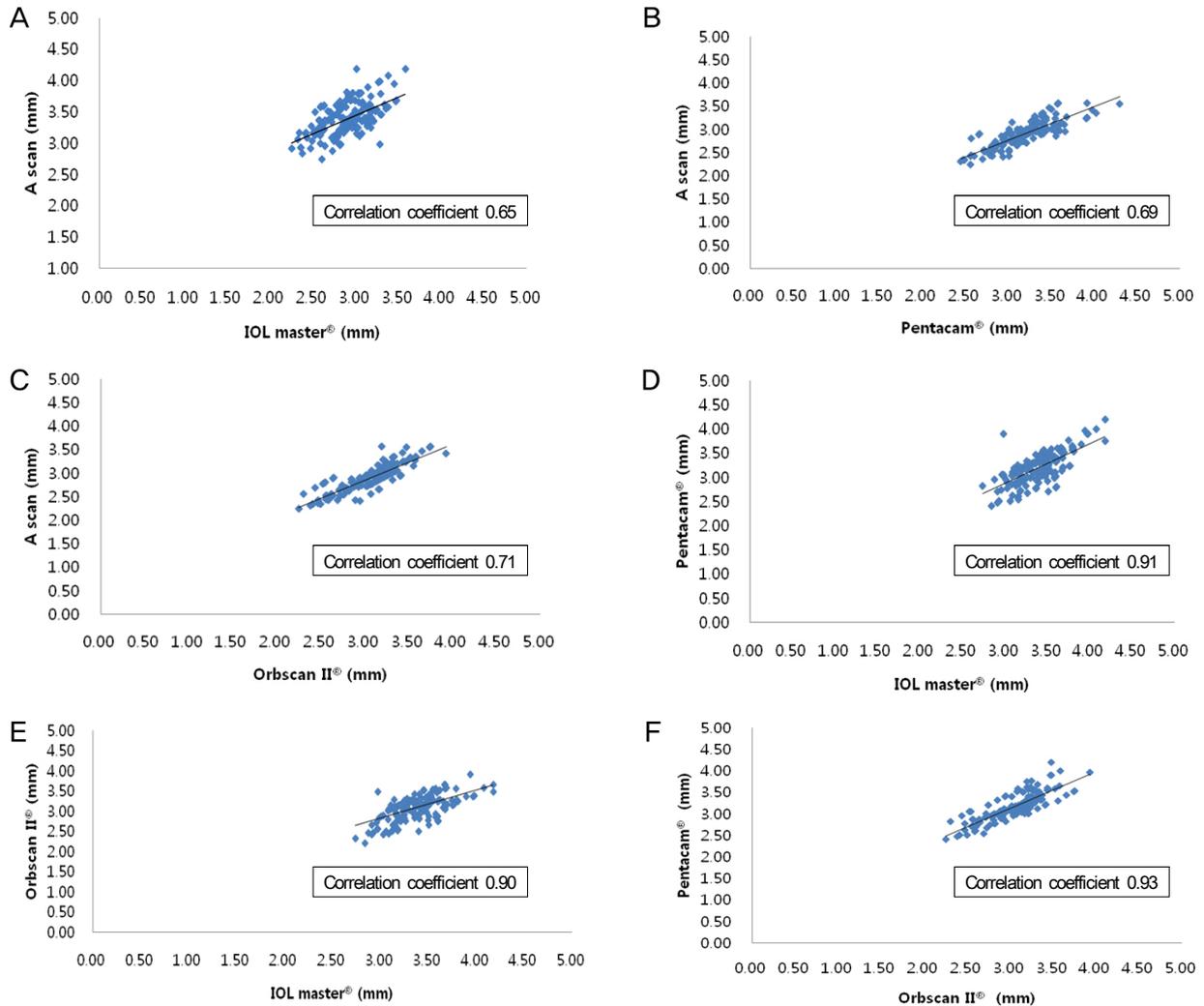


Figure 1. Correlation plot of anterior chamber depth measured by each device. (A) Correlation plot of anterior chamber depth measured by A scan and IOL Master®. (B) Correlation plot of anterior chamber depth measured by A scan and Pentacam®. (C) Correlation plot of anterior chamber depth measured by A scan and Orbscan II®. (D) Correlation plot of anterior chamber depth measured by IOL Master® and Pentacam®. (E) Correlation plot of anterior chamber depth measured by IOL Master® and Orbscan II®. (F) Correlation plot of anterior chamber depth measured by Orbscan II® and pentacam.

연령대 별로 나누어 남녀를 비교하였을 때는 남녀간에 유의한 차이는 없었으나 연령의 증가에 따라 유의하게 전방깊이가 감소하는 경향을 보였다($p=0.037$). 네 가지 기구로 측정환자들의 평균 전방깊이는 접촉식 방식의 기기인

A-scan의 경우 2.89 ± 0.49 mm, 광학적 방식의 기기들은 IOL Master®의 경우 3.25 ± 0.45 mm, Pentacam®의 경우 3.21 ± 0.46 mm, 그리고 Orbscan II®의 경우 3.19 ± 0.47 mm로 접촉식인 A-scan으로 측정환자들의 평균 전방깊이가 다른 광학

식의 세 가지 방법으로 측정된 경우보다 얇게 측정되었고, 광학적 방식 사이에는 Orbscan II[®]가 가장 얇게 측정되었다 ($p < 0.05$).

네 가지 측정방식의 변이계수(coefficient of variation)는 접촉식인 A-scan이 2.50%를 보였으며, 광학적 방식인 IOL Master[®], Pentacam[®]과 Orbscan II[®]은 0.87%, 1.25%와 1.04%로 광학적 방식이 접촉식인 A-scan보다 변이계수가 낮게 관찰되었다(Table 2). 광학적 방식 사이에는 IOL Master[®]가 가장 낮은 변이계수를 보여 재현성이 가장 높았으며, Pentacam[®]이 가장 높은 변이계수를 보였다.

접촉식과 광학적 방식의 기기들 간의 상관계수는 다음과 같았다. A scan과 IOL Master[®] 사이의 상관계수(correlation coefficient)는 0.65, A scan과 Pentacam[®]과의 상관계수는

0.69, A scan과 Orbscan II[®]과의 상관계수는 0.71이었으며, IOL Master[®]와 Pentacam[®]의 경우 0.91, IOL Master[®]와 Orbscan II[®]의 경우 0.90, Pentacam[®]과 Orbscan II[®]의 경우 0.93이었으며, 모두 유의한 상관관계를 보였다(Fig. 1). Bland-Altman plot으로 나타낸 기기간의 일치도에서 모든 기기들은 95% LoA (limits of agreement) 값이 $-0.76 \sim +0.77$ mm에 있었으며, 특히 Pentacam[®]과 Orbscan II[®]의 95% LoA가 0.5 mm 이하의 범위 안에 있어 광학적 방식 중에서 높은 일치도를 보였다(Fig. 2).

고 찰

앞서 언급하였듯 백내장수술 시 목표 굴절력 편향의

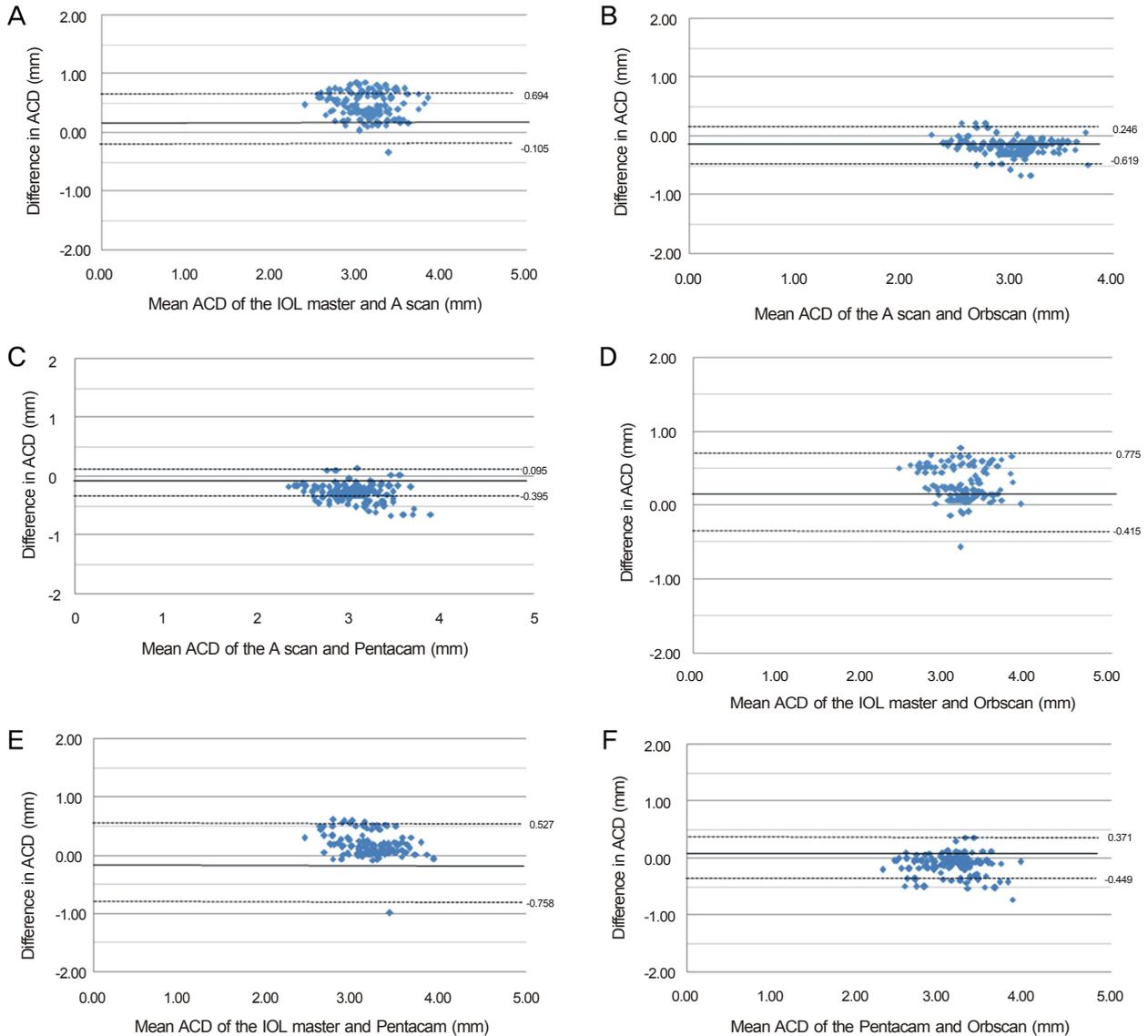


Figure 2. Bland-Altman plots showing differences in anterior chamber depth measurements between devices. The upper and lower dashed lines indicate 95% limits of agreement, and the solid line indicates the mean.

Table 3. Results for the comparison of the anterior chamber depth measurements among devices

| Differences between Devices | Mean (mm) | SD (mm) | Upper LoA (mm) | Lower LoA (mm) | RM-ANOVA on Ranks (p) |
|-----------------------------|-----------|---------|----------------|----------------|-----------------------|
| A scan vs. IOL Master® | 0.295 | 0.3854 | 0.694 | -0.105 | 0.045 |
| A scan vs. Pentacam® | -0.15 | 0.3491 | 0.095 | -0.395 | 0.041 |
| A scan vs. Orbscan II® | -0.187 | 0.2461 | 0.246 | -0.619 | 0.044 |
| IOL Master® vs. Pentacam® | -0.115 | 0.1349 | 0.527 | -0.758 | <0.001 |
| IOL Master® vs. Orbscan II® | 0.178 | 0.2543 | 0.775 | -0.418 | 0.027 |
| Pentacam® vs. Orbscan II® | 0.039 | 0.2013 | 0.371 | -0.449 | 0.038 |

SD = standard deviation; LoA = 95% limits of agreement; RM-ANOVA on Ranks = repeated measures analysis of variance on ranks; 6 comparisons were made for each device pair. The mean difference, SD, upper LoA, lower LoA, RM-ANOVA on Ranks are displayed for each pair of devices.

20-40%가 전방깊이의 오류로 인한 것이라는 보고가 있을 만큼 정확한 전방깊이의 측정이 중요하다.^{1,2} 이번 연구는 전방깊이에 관한 접촉식과 비접촉식인 광학적 방식의 결과를 비교하고 재현성을 검토하여 전방깊이를 측정하는데 있어 도움을 주기 위한 것으로 기존의 연구에서 동시에 비교 평가된 적이 드물었던 A-scan, IOL Master®, Pentacam® 및 Orbscan II®의 네 가지 방법을 이용하였다. 일반적으로 전방깊이는 연령이 증가할수록, 남자에 비해 여자가 얇은 것으로 알려졌다. 본 연구에서는 전방깊이는 남녀간에 유의한 차이가 존재하지는 않았지만 연령의 증가에 따라 알아졌다.

접촉식 방식인 A-scan의 경우 전방깊이가 광학적 방식인 Orbscan II®과 Pentacam®보다 적게는 0.29 ± 0.15 mm, 많게는 0.38 ± 0.13 mm까지 얇게 측정되는 경향을 보였으며 각 군별로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 변이계수의 경우 A-scan이 2.50%로 IOL Master®의 0.87%, Pentacam®의 1.25%, Orbscan II®의 1.04% 보다 높아 광학적 방식에 비해 상대적으로 재현성이 떨어지는 것을 알 수 있다. Reddy et al⁵에 의하면 A-scan이 Orbscan보다 0.40 mm 이상 유의하게 얇게 측정된다고 하여 본 논문과 유사한 결론을 보여주었다. Koranyi et al¹⁰의 보고에서 A-scan과 Scheimpflug camera로 백내장수술 전의 전방깊이를 측정한 결과 각각 3.05 ± 0.36 mm, 3.37 ± 0.35 mm로 서로 간에 통계적으로 유의한 차이를 보여 본 논문의 A-scan으로 측정된 전방깊이가 광학적 방식인 Scheimpflug camera에 비해 상대적으로 얇게 측정되는 경향과 일치함을 보였다. 그러나 Auffarth et al¹¹에 의하면 A-scan과 Orbscan을 이용하여 백내장수술 전 전방깊이를 비교한 결과 상관관계수 0.96으로 본 논문에 비해 높은 상관관계를 보이지만 그의 연구에서는 비접촉식인 담금 방식(immersion type)의 A-scan을 사용하여 본 논문에서 사용한 접촉식 A-scan과는 측정방식에 차이가 있으며 이러한 점이 결과에 반영된 것으로 생각된다. 접촉식 방식의 A-scan은 대략 200 μ m 정도의 해상도와 100 μ m 정도의 정확성을 가지고 있으나 접촉에 의한 불편감, 각막 손상, 접촉성 감염이 생길 수 있는 단점이 있으며 담금

방식(immersion type)에 비해 0.1-0.3 mm 정도 안축장이 짧게 측정된다. 하지만 담금 방식(immersion method) A-scan의 경우 침수 실린더를 사용하므로 환자의 불편감과 검사시간이 증가하게 되어 사용에 제한이 있다.

본 연구에서 접촉식 방식인 A-scan으로 전방깊이를 측정했을 경우 광학적 방식인 IOL Master®, Orbscan II®, Pentacam®보다 일관되게 얇게 나타났으며, 변이계수도 3가지 광학적 방식보다 높은 2.50%로 측정되어 재현성도 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 놓고 볼 때 접촉식 A-scan 방식으로 전방깊이를 측정하는 경우 손으로 들고 검사하게 되는 초음파 탐침자가 각막을 함입시킴으로써 광학적 방식에 비해 전방깊이가 일관되게 작게 측정되며 같은 검사자가 측정한다고 하더라도 측정 시 신체적인 상태에 따라 매 측정시마다 발생하는 검사자 개인적인 변수의 요인이 많아 재현성도 떨어지는 것으로 생각한다. 광학적 방식인 IOL Master®, Orbscan II®과 Pentacam®은 이러한 검사자 및 검사방법에 의해 나타나는 피할 수 없는 오차를 줄일 수 있는 방법이라 판단된다. 결론적으로 접촉식 A-scan의 경우 광학적 방식인 IOL Master®, Scheimpflug camera 및 Orbscan II®과 비교하여 전방깊이가 유의하게 얇게 측정되는데 이는 검사에 따른 오류일 수 있다. 임상적으로 매체의 혼탁 즉 심한 각막 혼탁 및 출혈 등이 있는 경우 부분결합간섭의 원리를 이용한 기기로는 측정 자체가 불가능한 경우가 있어 보조적으로 A-scan의 사용이 불가피한 경우가 있으며 A-scan으로 전방깊이를 측정할 시는 담금 방식의 A-scan이 더 적합할 수 있다.

광학적 방식인 IOL Master®, Pentacam® 및 Orbscan II®에 대해 살펴보면 이들은 짧은 시간에 편리하게 사용할 수 있으며 높은 재현성을 보인다는 점에서 A-scan 보다 우위를 가진다고 판단된다. 본 연구에서는 IOL Master®가 Pentacam® 및 Orbscan II®에 비해 짧게 측정되지는 않았으나 IOL Master®로 생체계측시 필요한 주시 때문에 전방깊이 측정에 오차가 생길 수 있다. 즉 근거리 주시를 하며 발생하는 조절에 의해 수정체의 전방이동에 따라 전방깊이가 짧아질

수 있고, 광학축(optical axis)과 차이가 있는 시축(visual axis)를 따라 전방깊이를 측정하기 때문에 전방깊이가 짧게 측정될 수 있다고 하였다.¹⁵⁻¹⁷ 또한 Yi et al¹⁸은 평균 전방깊이를 가진 환자에서는 측정기간 차이가 없으나 전방깊이가 얇은 환자에서는 IOL Master[®]가 유의하게 작게 측정하였다고 하였다. 즉 조절과 관련한 수정체의 전방 이동(accommodation related anterior movement of the lens position)으로 인하여 IOL Master[®]로 측정된 전방깊이가 짧게 측정될 수 있으며, IOL Master[®]는 시축(visual axis)을 따라 측정되고, Pentacam[®]은 광학축(optical axis)을 따라 측정되기 때문에 두 축의 차이가 평균 5도 정도 차이가 나서 IOL Master[®]로 측정된 전방깊이가 짧게 측정될 수 있는 것이다.

본 연구의 결과에서 같은 광학적 방식인 IOL Master[®], Pentacam[®]과 Orbscan II[®]의 재현성을 비교할 경우 IOL Master[®]가 제일 재현성이 높았는데 IOL Master[®]는 나머지 다른 두 기기에 비해 검사자 주관에 들어갈 여지가 존재할 가능성이 낮아 개인적인 변수의 요인이 적어 재현성이 높은 것으로 생각한다. 또한 Orbscan II[®]이 Pentacam[®]보다 재현성이 좋은 것으로 나타났는데 이는 전방깊이를 측정하기 위해 Scheimpflug camera의 경우 각막의 중앙부전면(각막상피)에서 각막중심으로 수직선을 그려 각막전면 및 수정체의 중앙부전면(전낭)과 만나는 점 사이를 계측해야 하는데 이 때 검사자의 주관에 들어갈 여지가 존재하기 때문이라고 판단된다. 본 연구에서 광학적 방식인 Pentacam[®]과 Orbscan II[®] 사이의 상관관계수가 0.93으로 나머지 다른 광학적 방식간의 상관관계보다 높게 나타났다. Koranyi et al¹⁰에 의하면 광학적 방식인 Orbscan, Scheimpflug camera 사이에 높은 상관관계를 보인다고 보고하여 본 논문과 일치된 결과를 보여주고 있다. Ryu et al¹⁵은 207안을 대상으로 Scheimpflug camera와 Orbscan을 이용하여 전방깊이를 측정하였는데, 측정된 전방깊이가 각각 3.22 ± 0.46 mm와 3.13 ± 0.33 mm로, Scheimpflug camera에서 좀 더 깊게 측정되는 결과를 보여 본 연구와 유사한 양상을 보였다. 본 연구에서 Orbscan II[®]과 Pentacam[®]간 검사 결과의 차이는 Orbscan II[®]는 각막의 상하측을 직선으로 scanning 하며, scanning과 mire의 반사에 의해 얻은 값으로 공간좌표를 사용하여 전방깊이를 측정하고, Pentacam[®]은 rotating Scheimpflug camera를 이용하여 얻은 상을 이용하여 전방의 모양을 재구성하는 검사원리의 차이에서 유발된다고 생각한다. 또한 검사방법과 소요시간의 차이, 검사 당시 각막 및 눈물층의 상태, 이용되는 software 및 측정자의 기술적인 오차 등에 의해서 측정치의 차이가 나타난다고 생각할 수 있다. Orbscan은 광학적 헤드를 각막에서 45° 각도

로 하나는 좌에서 우로, 다른 하나는 위에서 좌로 투사되는 가는 빔으로 안구전면을 스캐닝하여 전방깊이를 측정하였는데 반해 본 연구에서 사용된 Orbscan II[®] (Bausch & Lomb, NY, USA)는 주사 세극등 방식과 플라시도 원반 방식(placido disc)을 활용한 전산 비디오각막경이며, 기본적으로 각막 전면과 후면의 곡률 지도(curvature map)와 각막의 높낮이(elevation map), 각막두께(pachymetry) 및 전방깊이에 대한 정보를 제공한다. 즉 이전 모형인 Orbscan에서는 세극등 방식만을 활용하였고, Orbscan II[®]의 경우 플라시도 원반방식을 도입하여 정보를 보다 빠르고 정확하게 얻을 수 있고, 조사되는 빛에 의해 반사되는 부위에서 안구의 전안부 부위에 관한 정보를 알기위해 좌표(x, y, z)를 이용하여 쉽게 전방깊이 및 전방각의 측정값을 얻을 수 있도록 되어 있다. 또한 공간 좌표를 사용하여 각막 두께 및 직경 그리고 전방깊이, 전방각 등 표면 및 공간의 거리를 바로 측정할 수 있으며 각막의 뒷면과 홍채앞면을 재구성할 수도 있다. Pentacam[®]과 Orbscan II[®]와의 측정값들은 일부 통계적으로 유의한 차이를 보이나 그 값들은 서로 매우 강한 상관 관계를 보여 임상에서 사용시 두 기계 모두 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각한다. 하지만 Orbscan으로 측정했던 환자를 Pentacam으로 측정했을 때는 측정값의 차이가 있음을 숙지해야 할 것이다.

임상적으로 전방깊이를 측정할 경우 재현성 및 정확성을 중점적으로 본다면 접촉식인 A-scan보다는 광학적 방식인 IOL Master[®], Pentacam[®], Orbscan II[®]이 좋을 것으로 판단된다. 하지만 매체의 혼탁 즉 심한 각막 혼탁 및 출혈 등이 있는 경우 A-scan의 사용이 불가피한 면이 있다. 광학적 방식의 기기들 중에는 IOL Master[®]가 재현성이 높았으며 Pentacam[®]과 Orbscan II[®]는 서로 강한 상관 관계를 보여 임상적으로 모두 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 1992;18:125-9.
- 2) Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. J Cataract Refract Surg 1997;23:1356-70.
- 3) Alió JL, de la Hoz F, Pérez-Santonja JJ, et al. Phakic anterior chamber lenses for correction of myopia; a 7-year cumulative analysis of complications in 263 cases. Ophthalmology 1999;106:458-66.
- 4) Holladay JT. Refractive power calculations for intraocular lenses in the phakic eye. Am J Ophthalmol 1993;116:63-6.
- 5) Reddy AR, Pande MV, Finn P, El-Gogary H. Comparative estimation of anterior chamber depth by ultrasonography, Orbscan II, and IOL master. J Cataract Refract Surg 2004;30:1268-71.

- 6) Vetrugno M, Cardascia N, Cardia L. Anterior chamber depth measured by two methods in myopic and hyperopic phakic IOL implant. *Br J Ophthalmol* 2000;84:1113-6.
- 7) Shyn KH, Lee HK, Kim HS, Chung TB. Biometric analysis of anterior segment of the eye with scheinpflug camera according to the type of cataract. *J Korean Ophthalmol Soc* 1993;34:105-10.
- 8) Choi JH, Roh GH. The reproducibility and accuracy of biometry parameter measurement from IOL master. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:1665-75.
- 9) Kim HJ, Kim HJ, Joo CK. Comparison of IOL Master, A-scan and Orbscan II for measurement of axial length and anterior chamber depth. *J Korean Ophthalmol Soc* 2003;44:1519-27.
- 10) Koranyi G, Lydahl E, Norrby S, Taube M. Anterior chamber depth measurement: A-scan versus optical methods. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:243-7.
- 11) Auffarth GU, Tetz MR, Biazid Y, Völcker HE. Measuring anterior chamber depth with the Orbscan Topography System. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1351-5.
- 12) Jung TB, Shyn KH. Biometric analysis of the normal aged eye with phacoemulsification method. *J Korean Ophthalmol Soc* 1992;33:1060-4.
- 13) Rosa N, Lanza M, Borrelli M, et al. Comparison of central corneal thickness measured with Orbscan and Pentacam. *J Refract Surg* 2007;23:895-9.
- 14) Bae CY, Pae JH, Hong KY, Kim JD. A study on central corneal pachymetry maps with Orbscan Corneal Pachymetry System in Myopic eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 2002;43:1597-604.
- 15) Ryu HW, Kim RK, Chung SK. Comparison of A-scan, Scheimpflug camera, and Orbscan for measurement of anterior chamber depth. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:1287-91.
- 16) Su PF, Lo AY, Hu CY, Chang SW. Anterior chamber depth measurement in phakic and pseudophakic eyes. *Optom Vis Sci* 2008;85:1193-200.
- 17) Sheng H, Bottjer CA, Bullimore MA. Ocular component measurement using the Zeiss IOLMaster. *Optom Vis Sci* 2004;81:27-34.
- 18) Yi CH, Choi SH, Chung ES, Chung TY. Accuracy of the Haigis formula based on axial length and anterior chamber depth. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:175-81.

=ABSTRACT=

Comparison of Anterior Chamber Depth Obtained from Applanation and Optical Principle Devices

Yuli Park, MD, Hyung Bin Hwang, MD, Sung Kun Chung, MD, PhD

*Department of Ophthalmology and Visual Science, Yeouido St. Mary's Hospital,
The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea*

Purpose: To assess the reproducibility and reliability of applanation A-scan ultrasonography (Pacscan 300A, Sonomed Inc., Chicago, IL, USA) and optical measurements with IOL Master[®] (Carl Zeiss Meditec, Germany), Pentacam[®] (Oculus, Wetzlar, Germany), and Orbscan II[®] (Orbtek Inc., Laredo, TX, USA) when measuring anterior chamber depth (ACD).

Methods: In this study of 188 eyes of 94 patients, ACD estimation prior to cataract surgery was performed by the applanation A-scan method and IOL Master[®], Pentacam[®], and Orbscan II[®] optical methods. Repeatability from each device was evaluated by coefficient of variation, standard deviation, and intraclass correlation coefficient. RM-ANOVA on Ranks was used to compare the differences in ACD among the devices. The Bland-Altman plot was performed to assess agreement in measurements between the devices.

Results: The mean ACD according to the applanation A-scan method and IOL Master[®], Pentacam[®], and Orbscan II[®] optical methods were 2.89 ± 0.49 mm, 3.25 ± 0.45 mm, 3.21 ± 0.46 mm, and 3.19 ± 0.47 mm, respectively, and the differences were statistically significant ($p < 0.01$). The coefficient of variation for the 4 methods was 2.50% in the A-scan, 0.87% in the IOL Master[®], 1.25% in the Pentacam[®], and 1.04% with Orbscan II[®], and reproducibility was higher with the optical principle devices. The correlation coefficient between A-scan and IOL Master[®] was 0.65, between IOL Master[®] and Pentacam[®] 0.91, between IOL Master[®] and Orbscan II[®] 0.90, between A-scan and Pentacam[®] 0.69, between A-scan and Orbscan II[®] 0.71, and between Pentacam[®] and Orbscan II[®] 0.93.

Conclusions: Applanation A-scan provided lower measurements for ACD compared with IOL Master[®], Pentacam[®] and Orbscan II[®]. There was good agreement between results obtained with the latter 3 methods, and reproducibility was high with optical measurements. The coefficient of variation was low for IOL Master[®].

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(8):1219-1226

Key Words: Anterior chamber depth, A-scan, IOL Master[®], Orbscan II[®], Pentacam[®]

Address reprint requests to **Sung Kun Chung, MD, PhD**

Department of Ophthalmology and Visual Science, The Catholic University of Korea, Yeouido St. Mary's Hospital
#10 63-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-713, Korea
Tel: 82-2-3779-1150, Fax: 82-2-761-6869, E-mail: eyedoc@catholic.ac.kr