

유리체절제술과 수정체유화술 동시수술 시 접촉식초음파와 부분결합간섭계의 술 후 굴절력 예측 비교

Comparison of the Postoperative Refractive Errors Measured by Ultrasound and Partial Coherence Interferometers after Phacovitrectomy

박주홍 · 정성용 · 김명미 · 장우혁

Ju Hong Park, MD, Seong Young Jeong, MD, Myung Mi Kim, MD, PhD, Woo Hyok Chang, MD, PhD

영남대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Yeungnam University College of Medicine, Daegu, Korea

Purpose: To compare the accuracy of refractive outcome measured by Ultrascan® (Alcon, Fort Worth, TX, USA) and partial coherence interferometers after phacovitrectomy.

Methods: We performed a retrospective study in 74 eyes of 74 patients who underwent phacovitrectomy. SRK-T formula was used to predict intraocular lens (IOL) power. The difference between the predicted and postoperative refractive outcomes for the 2 methodologies (Ultrascan® and IOL Master® [Zeiss, Carl Zeiss, Jena, Germany]) were compared. The predicted refractive outcome was defined as the estimated refractive error when the selected IOL was inserted.

Results: The axial length measured using IOL Master® was statistically longer than when measured using Ultrascan® (23.85 ± 0.15 mm, 23.56 ± 0.15 mm, $p < 0.001$). Based on keratometry, statistically significant difference between the 2 groups was not observed. The postoperative refractive error was more accurate when using the IOL Master® than Ultrascan® (0.08 ± 0.74 , 0.47 ± 0.69 , $p < 0.001$). However, in cases of vitreous hemorrhage, the postoperative refractive error was 0.42 ± 0.49 with the IOL Master® and 0.07 ± 0.54 with the Ultrascan®.

Conclusions: Generally, IOL Master® is a more accurate method for calculating the IOL power prior to phacovitrectomy. However, in cases of vitreous hemorrhage, Ultrascan® appears superior to IOL Master® when calculating the IOL power.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(7):1059-1064

Key Words: IOL Master®, Phacovitrectomy, Refractive error, Ultrasound

유리체절제술은 망막박리, 유리체출혈, 황반원공, 망막전막 등과 같은 각종 질환들에서 시행되고 있으며, 최근 수술 기구의 발전과 함께 무봉합 미세절개유리체절제술이 점차 확대 시행되면서 수정체유화술과 동시에 시행되는 비율이

높아지고 있다. 이러한 동시수술의 경우 유리체절제술 시행 중 유리체와 망막을 관찰하기가 용이하고 유리체 기저부를 철저하게 처리할 수 있으며 주변부 망막에 범망막광응고를 하기도 쉬운 장점이 있다. 또한 유리체절제술을 시행한 뒤 백내장 진행으로 인한 추가수술의 부담을 피할 수 있어 경제적으로도 비용 절감에 도움이 된다.¹⁻³

백내장 수술을 시행할 경우 정확한 인공수정체의 도수 선택이 중요하며 이를 계산하기 위한 생체계측 방법으로 전통적으로 접촉식초음파 방식이 사용되어 왔으며 1992년부터 부분결합간섭계의 원리를 이용한 intraocular lens (IOL) master®가 도입되어 두 가지 방식 모두 널리 사용되

■ Received: 2015. 1. 29. ■ Revised: 2015. 3. 4.

■ Accepted: 2015. 6. 4.

■ Address reprint requests to Woo Hyok Chang, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Yeungnam University Medical Center, #170 Hyeonchung-ro, Nam-gu, Daegu 705-703, Korea
Tel: 82-53-620-3443, Fax: 82-53-626-5936
E-mail: changwh@ynu.ac.kr

고 있다.^{4,6}

일반적으로 백내장 단독 수술 시 부분간섭결합계가 초음파 방식에 비해 술 후 굴절력 예측에 더 정확하다고 알려져 있다. 하지만 유리체절제술과 동시에 시행할 경우 술 전 젤이었던 유리체의 성분이 액화되기 때문에 술 후 굴절값에 영향을 줄 수 있다고 생각하여, 본 연구에서는 유리체절제술과 수정체유화술을 함께 시행한 경우 접촉식초음파와 부분결합간섭계를 이용한 생체계측 및 수술 후 굴절력 예측 정확도를 비교하고자 하였다.⁷⁻⁹

대상과 방법

본원에서 2013년 1월에서 2013년 12월까지 유리체절제술과 수정체유화술 및 인공수정체 삽입술을 시행 받은 74명 74안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다.

심한 백내장이나 매체혼탁으로 IOL master[®]를 이용한 생체계측이 불가능한 경우는 제외하였고, 두 가지 방법 모두에서 생체계측이 가능했더라도 황반부 망막박리나 심한 황반하 출혈과 같이 안축장에 영향을 주는 경우는 제외하였다. 실리콘 오일을 주입한 경우 또한 제외하였다.

수술 전 검사로 먼저 Auto Refractor-Keratometer (Huvitz, HRK 7000A)를 이용하여 각막굴절률을 측정 후 IOL master[®] (Carl Zeiss, Jena, Germany)를 이용하여 안구생체계측을 시행하였으며, 마지막으로 접촉식 초음파인 Ultrascan[®] (Ultrascan imaging system, Alcon, Fort Worth, TX, USA)을 시행하였다. 인공수정체의 도수결정과 이에 따른 예상굴절력은 SRK-T 공식을 이용했으며, 두 가지 방법 모두 내장된 소프트웨어를 이용해 계산하였다. Ultrascan[®]의 경우에는 Auto Refractor- Keratometer로 측정한 각막굴절률 계측치를 내장된 공식에 적용하였다.

유리체절제술 및 수정체유화술 동시수술은 모든 증례에

서 한 명의 술자에 의해 시행되었으며, 일부 협조가 되지 않는 환자를 제외하고는 구후부마취하에 시행되었다. 유리체절제술은 3개의 공막천자를 통한 섬모체 평면부를 통해 25게이지 플러스 유리체절단침을 이용하여 진행하였으며 비접촉 광각관찰장치(BIOM, Oculus, Wetzlar, Germany)를 이용하였다. 수정체유화술은 모든 증례에서 상측 투명각막 절개를 통해 시행되었으며 74안 모두 인공수정체 낭내삽입술을 시행하였다. 인공수정체는 모두 동일한 종류(HOYA PY 60AD, HOYA CORPORATION, Tokyo, Japan)를 삽입하였다. 인공수정체의 A constant는 Ultrascan[®]을 이용한 경우는 118.40, IOL master[®]의 경우에는 118.60을 사용하였다.

수술 후 검영검사는 동시수술 후 3개월에 시행되었으며, 현성굴절검사를 이용해 측정하였다. 굴절력 예측 정확도의 측정은 수술 후 굴절력에서 실제 환자에게 삽입된 인공수정체 도수에 해당되는 예상 굴절력을 뺀 차이의 절대값을 이용하였으며, 절대값이 0에 가까울수록 오차가 적다고 간주하였다. 통계학적 분석은 SPSS 18.0 version (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였고, 두 가지 방법에 따른 각막굴절률, 안축장길이, 굴절력 예측정확도의 평균의 차이를 비교하기 위해 paired *t*-test를 이용하였다. 각 기기에서 굴절예측정확도를 알아보고 두 기기 간의 비교를 위해 Bland & Altman plot을 이용하였으며, 각 기기에서 술전 굴절력 예측과 술후 굴절력의 상관관계를 비교하기 위해 선형회귀분석을 이용하였다. *p*값의 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

결 과

총 74명 74안을 대상으로 하였으며 성별은 남자 32명, 여자 42명이었다. 평균 연령은 62.1 ± 11.0세(30-84세)였다(Table 1). Ultrascan[®]과 IOL master[®]로 측정한 평균 안축장은 각각 23.56 ± 0.15 mm, 23.85 ± 0.15 mm였으며 Ultrascan[®]으로 측정한 안축장이 통계적으로 유의하게 짧았다(paired *t*-test, *p*<0.001). Autorefractor-Keratometer와 IOL master[®]로 측정한 각막굴절률은 각각 44.05 ± 1.33 D, 44.03 ± 1.35 D였으며 통계적으로 유의한 차이는 없었다(*p*=0.33) (Table 2).

수술 후 시행한 현성굴절검사의 평균은 -0.93 ± 1.27 D (-4.50~1.80 D)였으며, Ultrascan[®]과 IOL master[®]로 측정한

Table 1. Demographics of the patients

	Value
Number of eyes	74
Sex (M/F)	32:42
Age (years)	62.1 ± 11.00
Follow-up (months)	10.8 ± 3.4

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicate

Table 2. Axial length and keratometry between two groups

	Ultrascan [®]	IOL master [®]	<i>p</i> -value
Axial length (mm)	23.56 ± 0.15	23.85 ± 0.15	<i>p</i> < 0.001
Keratometry (D)	44.05 ± 1.33	44.03 ± 1.35	<i>p</i> = 0.33

Values are presented as mean ± SD.

IOL = intraocular lens.

Table 3. Predictive and achieved refraction in all cases (n = 74)

	Ultrascan®	IOL master®	p-value
Predictive refraction outcome (range in diopters)	-0.45 ± 0.95 (-3.24 ~ 1.16)	-0.85 ± 1.04 (-3.90 ~ 1.59)	<0.000
Postoperative refraction (range in diopters)	-0.93 ± 1.27 (-4.50 ~ 1.80)	-0.93 ± 1.27 (-4.50 ~ 1.80)	
Mean absolute error (range in diopters)	0.47 ± 0.69 (-2.15 ~ 1.76)	0.08 ± 0.74 (2.34 ~ 2.12)	<0.000

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

IOL = intraocular lens.

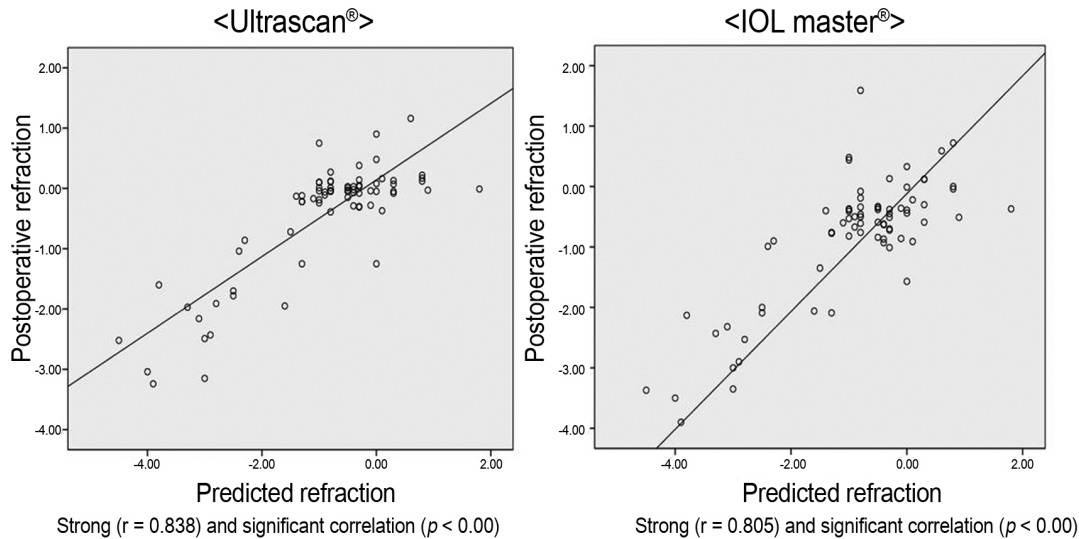


Figure 1. Linear regression analysis of postoperative and predictive refraction. IOL = intraocular lens.

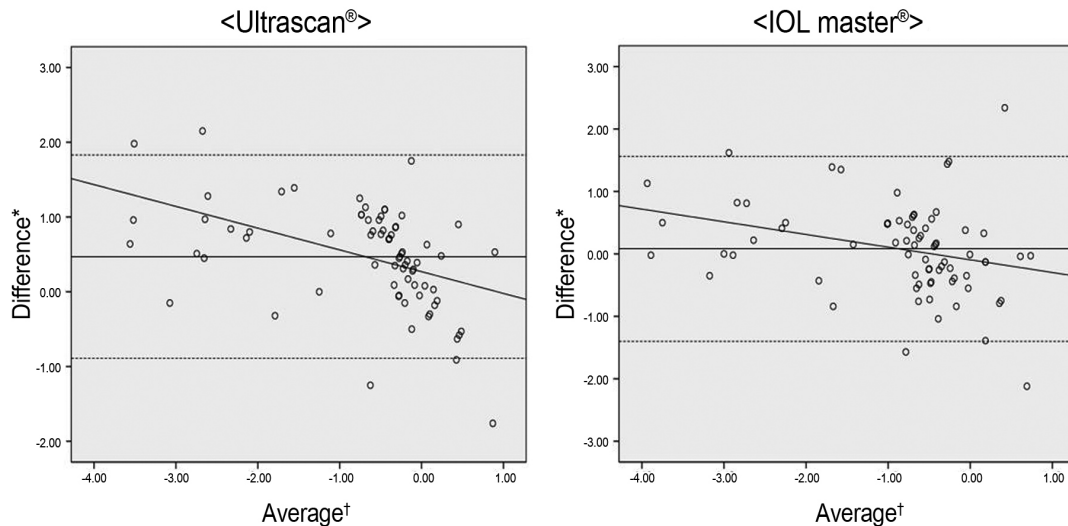


Figure 2. Bland-Altman analysis of postoperative and predictive refraction. IOL = intraocular lens. * Average between predictive and postoperative refraction; † Predictive refraction minus postoperative refraction.

굴절예측정확도는 각각 0.47 ± 0.69 D, 0.08 ± 0.74 D로 IOL master®로 측정한 굴절예측정확도가 0에 가까워 더 정확한 굴절예측도를 보였으며, 두 가지 방법 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.000$) (Table 3).

예상굴절력과 수술검영검사로 측정된 실제 굴절력 간의 상관관계를 알아보기 위해 시행한 선형회귀분석에서 Ultrascan®과 IOL master® 두 가지 방법 모두 회귀식은 통계적으로 유의하였으며($p < 0.00$) 상관계수는 각각 0.838, 0.805로 강한 양의

Table 4. Predictive and achieved refraction in cases with vitreous hemorrhage (n = 9)

	Ultrascan [®]	IOL master [®]	p-value
Predictive refraction outcome (range in diopters)	-0.72 ± 1.07 (-2.49 ~ 0.16)	-1.22 ± 1.02 (-3.00 ~ 0.22)	0.008
Postoperative refraction (range in diopters)	-0.81 ± 1.35 (-3.00 ~ 0.90)	-0.81 ± 1.35 (-3.00 ~ 0.90)	
Mean absolute error (range in diopters)	-0.07 ± 0.54 (-0.80 ~ 0.90)	0.42 ± 0.50 (-0.20 ~ 1.40)	0.007

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

IOL = intraocular lens.

상관관계를 보였다(Fig. 1).

각 기기 간의 굴절예측정확도를 알아보기 위해 Bland & Altman plot을 시행하였다. 독립변수는 예상굴절력과 술후 검영검사로 측정된 실제굴절력의 평균(Average)으로, 종속 변수는 차(difference)로 정의하였다. Limit of agreement는 Ultrascan[®]에서 -0.869~1.809, IOL master[®]에서 -1.367~ 1.536 으로 각각에서 5안을 제외한 모든 측정치는 이 범위 내에 존재했다. 각각의 방법에서 추정된 회귀식의 기울기는 -0.708, -0.445로 IOL master[®]로 측정한 예상굴절력이 Ultrascan[®]보다 실제굴절력과의 오차가 더 적게 나타났다(Fig. 2).

전체 74안 중에서 유리체출혈로 수술한 경우는 9안으로 수술 후 시행한 현성굴절검사의 평균은 0.81 ± 1.35 D (-3.00~ 0.90 D)였으며 굴절예측정확도는 Ultrascan[®]과 IOL master[®]에서 각각 -0.07 ± 0.54 D, 0.42 ± 0.50 D로 Ultrascan[®]으로 측정했을 때 더 정확한 굴절예측도를 보였다(Wilcoxon signed rank test, p=0.007) (Table 4).

고 찰

과거 유리체절제술만 단독으로 시행되던 시기에 비해 최근에는 수술기구와 술기가 발전함으로써 수정체유화술과 함께 시행되는 비율이 높아지고 있다.¹⁰⁻¹² 하지만 인공수정체 도수를 선택하는 데 있어 백내장수술만을 시행할 경우에 비해 유리체절제술을 함께 시행할 경우 액화된 유리체로 인해 술 후 굴절값에 영향을 줄 수 있다. 기존의 연구에서 백내장 단독수술 후 접촉식초음파와 IOL master[®]를 이용한 술 후 굴절력 예측 비교에 대한 보고가 있었으며 일반적으로 IOL master[®]가 보다 정확한 방법이라고 알려져 있으나 유리체절제술과 수정체유화술의 동시수술인 경우에 대한 보고는 없었기에 본 연구에서는 접촉식초음파 방식과 부분간섭결합계를 이용한 방법 중 어느 방법이 술 후 굴절값을 예측하는 데 보다 정확한지 살펴보고자 하였다.

백내장 수술을 하는 경우 환자들의 시력 향상에 대한 기대치가 높아진 추세를 감안한다면 정확한 술 후 굴절력 예측이 매우 중요하다고 할 수 있다. 과거 생체계측 방법으로는 접촉식초음파 방식이 SRK-T, Hoffer Q, Holladay 1 등의 여러 가지 공식과 함께 사용되어 왔으나 접촉식초음

파 방식은 생체계측 시 안구에 접촉을 하여 생체계측을 하므로 각막상피 손상과 감염의 위험성이 있고 측정 시 환자에게 불편감을 줄 뿐 아니라 숙련된 검사자가 측정해야 한다는 단점이 있다.^{4,6}

1992년 부분결합간섭계의 원리를 이용한 IOL master[®]가 도입된 이후 두 가지 방법을 비교하는 연구가 시행되었고 IOL master[®]의 경우 접촉식초음파에 비해 안축장이 0.1-0.5 mm가량 길게 측정된다고 하였다.^{13,14} 본 연구에서도 IOL master[®]를 사용하여 안축장을 측정한 경우 접촉식초음파 방식에 비해 0.29 mm 길게 측정되어 기존의 보고와 유사한 결과를 확인할 수 있었다. 이러한 차이는 계측 방법에 따라 발생하는 것으로 접촉식초음파의 경우 반사면이 망막 내경 계막인데 비해 IOL master[®]의 경우 망막색소상피까지의 길이를 측정하며, 또한 접촉식초음파가 측정 시 탐침자의 접촉에 의해 각막함입이 발생하여 안축장의 단축효과가 발생할 수 있으나 IOL master[®]의 경우 비접촉식 측정 방법이므로 각막함입이 발생할 가능성이 없기 때문이다.¹⁵⁻²⁰

하지만 심한 백내장 같이 매체의 혼탁이 심한 경우나 주시가 불가능한 경우 IOL master[®]로 안축장이 측정되지 않아 아직까지도 초음파 방식의 생체계측이 백내장수술에서 중요한 역할을 하고 있다.⁶

본 연구에서 수술 후 시행한 현성굴절검사의 결과로 볼 때 IOL master[®]로 측정한 굴절예측정확도가 0에 가까워 더 정확한 굴절예측도를 보였으며 각각의 방법에서 추정된 회귀식의 기울기에서도 이를 확인할 수 있었다. 이는 백내장 단독수술을 시행하였을 때 IOL master[®]를 이용한 방법이 접촉식초음파에 비해 더 정확하다는 결과와 같다.

다만 유리체출혈이 있는 경우를 따로 분리해 보았을 때 접촉식초음파 방식이 더 정확함을 알 수 있었는데 이는 출혈로 인한 매체혼탁이 IOL master[®]로 안축장의 길이를 측정하는 데 영향을 주었기 때문으로 생각한다.

이 연구의 제한점은 단일기관에서 시행하였고 환자 수가 부족하다는 점이며, 향후 보다 대규모의 전향적인 연구를 통해 병합수술에서의 굴절력 이상에 대한 확인이 필요할 것으로 생각한다.

결론적으로 유리체절제술과 수정체유화술의 동시수술 시 술 후 굴절력 예측에 IOL master[®]가 접촉식초음파 방식

에 비해 더 정확하며 인공수정체 도수를 선택하는 데 있어 IOL master[®]가 우선시 되어야 하겠다. 다만 예외적으로 유리체 출혈이 있는 경우에는 매체혼탁에 영향을 덜 받는 접촉식초음파 방식이 IOL master[®]보다 정확한 술 후 굴절력 예측에 도움이 된다고 할 수 있겠다.

REFERENCES

- 1) Koenig SB, Han DP, Mieler WF, et al. Combined phacoemulsification and pars plana vitrectomy. Arch Ophthalmol 1990;108:362-4.
- 2) Scharwey K, Pavlovic S, Jacobi KW. Combined clear corneal phacoemulsification, vitreoretinal surgery, and intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 1999;25:693-8.
- 3) Han NS, Lee SB, Kim YB, Jo YJ. Results of triple surgery: cataract extraction, intraocular lens implantation and vitrectomy for retinal detachment. J Korean Ophthalmol Soc 2004;45:2041-6.
- 4) Giers U, Eppele C. Comparison of A-scan device accuracy. J Cataract Refract Surg 1990;16:235-42.
- 5) Findle O, Drexler W, Menapace R, et al. Improved prediction of intraocular lens power using partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg 2001;27:861-7.
- 6) Tehrani M, Krummenauer F, Blom E, Dick HB. Evaluation of the practicality of optical biometry and applanation ultrasound in 253 eyes. J Cataract Refract Surg 2003;29:741-6.
- 7) Shioya M, Ogino N, Shinjo U. Change in postoperative refractive error when vitrectomy is added to intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 1997;23:1217-20.
- 8) Kovács I, Ferencz M, Nemes J, et al. Intraocular lens power calculation for combined cataract surgery, vitrectomy and peeling of epiretinal membranes for macular edema. Acta Ophthalmol Scand 2007;85:88-91.
- 9) Falkner-Radler CI, Benesch T, Binder S. Accuracy of preoperative biometry in vitrectomy combined with cataract surgery for patients with epiretinal membranes and macular holes: results of a prospective controlled clinical trial. J Cataract Refract Surg 2008;34:1754-60.
- 10) Gu BY, Sagong M, Chang WH. Phacovitrectomy versus vitrectomy only for primary rhegmatogenous retinal detachment repair. J Korean Ophthalmol Soc 2011;52:537-43.
- 11) Hurley C, Barry P. Combined endocapsular phacoemulsification, pars plana vitrectomy, and intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 1996;22:462-6.
- 12) Androudi S, Ahmed M, Fiore T, et al. Combined pars plana vitrectomy and phacoemulsification to restore visual acuity in patients with chronic uveitis. J Cataract Refract Surg 2005;31:472-8.
- 13) Holladay JT, Prager TC, Ruiz RS, et al. Improving the predictability of intraocular lens power calculations. Arch Ophthalmol 1986;104:539-41.
- 14) Haigis W, Lege B, Miller N, Schneider B. Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2000;238:765-73.
- 15) Rajan MS, Keilhorn I, Bell JA. Partial coherence laser interferometry vs conventional ultrasound biometry in intraocular lens power calculations. Eye (Lond) 2002;16:552-6.
- 16) Auffarth GU, Tetz MR, Biazid Y, Völcker HE. Measuring anterior chamber depth with Orbscan Topography system. J Cataract Refract Surg 1997;23:1351-5.
- 17) Manvikar SR, Allen D, Steel DH. Optical biometry in combined phacovitrectomy. J Cataract Refract Surg 2009;35:64-9.
- 18) Kunavisarut P, Poopattanakul P, Intarat C, Pathanapitoon K. Accuracy and reliability of IOL master and A-scan immersion biometry in silicone oil-filled eyes. Eye (Lond) 2012;26:1344-8.
- 19) Shin JA, Chung SK. Comparison of the refractive results measured by ultrasound and partial coherence interferometers. J Korean Ophthalmol Soc 2013;54:723-7.
- 20) Shin DH, Lim DH, You JY, et al. Formula comparison for intraocular lens power calculation using IOL master and ultrasound for the ZCB00 IOL. J Korean Ophthalmol Soc 2014;55:527-33.

= 국문초록 =

유리체절제술과 수정체유화술 동시수술 시 접촉식초음파와 부분결합간섭계의 술 후 굴절력 예측 비교

목적: 유리체절제술과 수정체유화술을 동시에 시행한 경우 접촉식초음파와 부분결합간섭계를 이용한 생체계측 및 수술 후 굴절력 예측 정확도를 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 유리체절제술과 수정체유화술 및 인공수정체삽입술을 시행한 74명 74안을 대상으로 하였다. 술 전 굴절력 예측을 위한 안구생체계측은 접촉식초음파방식인 Ultrascan[®] (Alcon, Fort Worth, TX, USA)과 부분결합간섭방식인 IOL master[®] (Carl Zeiss, Jena, Germany)를 이용하였다. 예상 굴절력은 각각의 기계에 내장된 SRK-T 공식을 이용하였으며, Ultrascan[®]에서는 각막굴절률을 입력하기 위해 Auto Refractor-Keratometer를 이용하였다. 굴절력 예측 정확도 측정은 수술 후 검안검사를 시행하여 예상 굴절력과 의 차를 구하였다.

결과: 평균 안축장은 Ultrascan[®] IOL master[®]로 측정하였을 때 각각 23.56 ± 0.15 mm, 23.85 ± 0.15 mm로 IOL master[®]가 통계적으로 유의하게 길었으며($p < 0.001$), 각막굴절력은 44.03 ± 1.35 D, 44.05 ± 1.33 D로 유의한 차이는 없었다. 전체 환자의 굴절력 예측 정확도는 0.47 ± 0.69 , 0.08 ± 0.74 로 IOL master[®]가 더 정확한 결과를 보였으며($p < 0.001$), 매체혼탁이 존재하는 유리체출혈(n=9)만 비교하였을 경우에는 0.07 ± 0.54 , 0.42 ± 0.49 로 Ultrascan[®]이 더 정확하였다($p=0.007$).

결론: 유리체절제술과 수정체유화술을 동시에 시행한 경우 굴절력 예측은 부분결합간섭계가 접촉식초음파보다 더 정확하지만, 매체혼탁이 존재하는 유리체출혈의 경우만을 고려한다면 접촉식초음파가 더 유용한 측정 방법이 될 수 있다.

〈대한안과학회지 2015;56(7):1059-1064〉