

증식성당뇨망막병증에서 유리체절제술과 백내장병합수술 후 굴절력 예측

Accuracy of Intraocular Lens Power Estimation in Eyes Undergoing Phacovitrectomy for Proliferative Diabetic Retinopathy

한승수^{1,2} · 정은지²

Seung Soo Han, MD^{1,2}, Eun Jee Chung, MD, PhD²

연세대학교 의과대학 안과학교실¹, 국민건강보험 일산병원 안과²

Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine¹, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, National Health Insurance Service Ilsan Hospital², Goyang, Korea

Purpose: To evaluate the accuracy of intraocular lens (IOL) power estimation and the factors associated with outcome in eyes undergoing combined phacovitrectomy for proliferative diabetic retinopathy.

Methods: We performed a retrospective case review of 39 consecutive patients (44 eyes) that underwent phacovitrectomy for proliferative diabetic retinopathy. Axial lengths were measured using ultrasound (A-scan) and/or optical biometry (IOL Master). Achieved and predicted refractions were compared to calculate the mean postoperative refractive prediction error (ME) and the mean absolute prediction error (MAE). Systemic conditions of patients and several preoperative and postoperative factors related to the postoperative refraction were analyzed.

Results: The ME of 44 eyes were -0.23 ± 0.52 diopters (D) and -0.23 ± 0.47 D after 3 and 6 months, respectively (range, $-1.40 \sim +0.79$ D). There was no statistically significant difference in the refractive outcomes between the refractive errors ($p = 0.959$). The MAEs were 0.45 ± 0.35 D and 0.40 ± 0.33 D after 3 and 6 months, respectively with no statistical significant difference between the results ($p = 0.196$). When comparing ME in the 20 eyes that achieved both results, ultrasound was more accurate than optical biometry ($p = 0.002, 0.002$). The factors associated with more inaccurate ME and MAE after phacovitrectomy were diabetic nephropathy and neovascular glaucoma.

Conclusions: Combined phacovitrectomy in proliferative diabetic retinopathy showed small biometric errors within the tolerable range in most cases. Patients with neovascular glaucoma and diabetic nephropathy had more inaccurate postoperative refractive power. Both optical biometry and ultrasound should be used to estimate axial lengths for improving the accuracy of IOL power calculation.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(5):737-744

Key Words: Biometry, Phacovitrectomy, Proliferative diabetic retinopathy, Refractive error

■ Received: 2014. 9. 19. ■ Revised: 2014. 11. 11.

■ Accepted: 2015. 4. 19.

■ Address reprint requests to Eun Jee Chung, MD, PhD
Department of Ophthalmology, National Health Insurance
Service Ilsan Hospital, #100 Ilsan-ro, Ilsandong-gu, Goyang
410-719, Korea
Tel: 82-31-900-0590, Fax: 82-31-900-0049
E-mail: eunjee95@nhimc.or.kr

* This study was presented as a poster at the 112th Annual Meeting
of the Korean Ophthalmological Society 2014.

증식성당뇨망막병증의 수술적 치료는 유리체절제술을
통해 시력을 회복하고 신생혈관변화를 안정시켜 시력을 유
지하는 데 그 목적이 있다고 할 수 있다. 증식성당뇨망막
병 환자에서 일반적으로 다양한 정도의 백내장이 동반되어
있는데, 유리체절제술 이후 핵경화성 백내장이 대표적으로
발생하고 이후 시력 회복을 위해 백내장 수술이 필요한 경
우가 많다.¹⁻³ 최근 백내장 수술과 유리체절제술의 지속적인
발달과 만족스러운 결과를 통해 상당수의 유리체망막 질환

에서 유리체절제술과 백내장병합수술이 일반적인 방법으로 시행되고 있다.^{4,5} 병합수술을 통한 안구의 성공적인 해부학적 회복이 이전보다 향상되고 수술 빈도가 늘어나면서, 술 후 시력회복을 극대화하기 위해 굴절력 오차를 줄이기 위한 노력이 집중되고 있다. 술 후 굴절력은 술 전 계획한 정도와 근사한 수치를 보이는 것이 바람직하며 이를 위하여 정확한 인공수정체 도수 측정이 중요하고 영향을 끼치는 다른 인자에 대해서 고려할 필요가 있다. 황반 원공, 황반 주름에 대해 유리체절제술과 백내장병합수술 후 굴절력 결과에 대하여 이전의 보고에 따르면 백내장수술 후의 굴절력 변화와 비교할 만한 결과를 나타내었다.^{6,7} 그러나 증식성당뇨망막병증에서 유리체절제술과 동시에 시행하는 백내장수술에서의 굴절력의 결과와 그에 미치는 인자에 대해 잘 알려지지 않았다. 본 저자들은 증식성당뇨망막병증에서 유리체절제술과 동시에 시행하는 백내장수술에서의 술 후 굴절력과 그에 영향을 미치는 인자들에 대하여 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2011년 1월부터 2014년 4월까지 동일한 술자에게 증식성당뇨망막병증으로 유리체절제술과 수정체초음파유화술 및 인공수정체삽입술을 동시에 시행 받고, 이후 3개월 이상 경과관찰이 가능하여 현성굴절검사를 시행한 39명 44안을 대상으로 의무기록을 통한 후향적 조사를 실시하였다. 유리체출혈 및 혼탁, 망막 박리, 섬유혈관증식, 황반부출혈이 있는 경우 유리체절제술을 시행하였으며 모든 환자에서 수정체초음파유화술 및 인공수정체삽입술을 동시에 시행하였다. 안축장의 길이는 가능한 모든 환자에서 A-scan (EchoScan US-1800, Nidek, Gamagori, Japan)과 IOL-Master (IOL Master®, Zeiss, Jena, Germany)를 모두 이용하여 측정하였으며, 안구 내 매체의 혼탁 정도에 따라 일부 환자에서는 IOL-Master는 측정이 불가능한 경우가 있었다. A-scan과 IOL Master가 모두 측정된 경우에서 IOL Master를 기준으로 수술을 진행하였으며, 망막박리가 동반된 경우에서 양안의 굴절력에 큰 차이를 보이지 않음에도 불구하고 반대안에 비해 안축장이 짧게 측정되었다면 반대안의 안축장을 기준으로 인공수정체 도수를 결정하였다.

모든 검사는 숙련된 한 명의 검사자에 의해 시행되었으며, 10회 이상 측정한 결과 중 가장 신뢰할 만한 값을 택하였다. 전 영역의 안축장 길이에서 정확성을 보이는 Sanders-Retzlaff-Kraft-theoretical (SRK-T) 공식을 이용하여 인공수정체 도수를 계산하였으며, 반대안의 굴절력을 참고하여 대부분의 환자에서 굴절력은 정시를 목표로 하였고 근시로

정한 환자도 포함하였다. 또한 모든 환자의 술 전 검사에서 B-scan을 시행하여 망막박리의 동반 및 유리체출혈 정도를 확인하였다.

수술방법은 전신마취 혹은 구후마취하에 각막 윤부에서 3.5 mm 후방의 하이측에 공막천자 후 상부 투명각막절개를 가하고, 이측 또는 비측에 보조 각막절개를 하였다. 26 gauge 주사침을 이용하여 전낭원형절개, 수력분리술, 수정체 초음파유화술을 시행한 후 점탄물질을 이용하여 전낭을 확보한 후 10-0 Nylon으로 각막절개창을 일시적으로 봉합하였다. 이후 각막윤부에서 3.5 mm 후방의 상비측, 상이측에 23 gauge 공막천자 후 유리체내 액체유입기, 유리체절제기와 눈속조명을 이용하여 유리체절제술을 시행하였다. 망막전막, 섬유혈관증식조직, 견인막 등이 동반된 경우 제거하였으며, 필요에 따라 범망막광응고술을 함께 시행하였다. 일시적으로 봉합해 놓은 각막절개창을 열어 인공수정체 (Tecnis [ZA9003; AMO, Santa Ana, CA, USA]; Acrysof IQ [SN60WF; Alcon, Fort Worth, TX, USA])를 삽입하였으며, 망막 박리가 동반된 경우 액체공기교환 후 가스 또는 실리콘 기름(Oxane)을 이용한 충전술을 추가하였다.

현성굴절검사는 술 후 최소 3개월이상 경과한 상태에서 시행하였고 실리콘 기름 충전술을 함께 시행한 경우 2차 실리콘 기름 제거술 후 검사를 시행하였다. 술 전 목표한 굴절력과 술 후 현성굴절검사를 통한 구면렌즈대응 굴절력을 비교하였다. 굴절예측이상값은 술 후 구면렌즈대응 굴절력과 술 전 목표 굴절력의 차이를 평균예측이상값(mean prediction error, ME)으로 계산하여 음의 값인 경우 술 전 목표보다 근시화된 것으로 양의 값인 경우 원시화된 것으로 평가하였고, 두 굴절력 차의 절대값을 평균절대예측이상값(mean absolute prediction error, MAE)으로 정의하여 결과 측정치로 확인하였다. 또한 평균예측이상값은 ± 0.50 디옵터, ± 1.00 디옵터, ± 1.50 디옵터 이내와 ± 1.50 디옵터를 초과한 비율을 계산하였다.

당뇨와 관계된 전신 상태를 나타내는 당뇨 유병기간, 당화혈색소, 고혈압, 당뇨병성신증 유무를 조사하였으며, 모든 환자에서 수술 1일전 Lens Opacities Classification System (LOCS) III의 분류에 의하여 백내장의 종류별 진행 정도를 평가하였다.⁸ 유리체출혈, 망막박리, 망막전막, 황반부종 동반 유무를 술 전 평가 대상으로 정하였다. 술 중 요인으로 인공수정체 종류, 범망막광응고술, 실리콘 기름 충전술, 막제거술, 테논낭하 트리암시놀론 주사 시행여부 등을 평가하였으며 술 후 신생혈관녹내장, 황반부종, 재출혈 등의 합병증을 조사하고 통계학적으로 분석하였다. 신생혈관녹내장은 22 mmHg 이상의 안압 상승과 동시에 홍채신생혈관 및 전방각의 신생혈관 발생이 있는 경우로 정의하

였다. 본 연구는 수술을 통해 성공적으로 해부학적인 회복을 얻은 경우만을 포함하였으며, 유리체절제술과 공막돌출술을 함께 시행한 환자, 술 중 후낭 파열로 인한 모양체과량에 인공수정체를 삽입한 경우는 제외하였다.

통계프로그램은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였고, p -value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 하였다. 각각의 환자의 술 후 굴절예측이상값에 대하여 paired t -test를 이용하여 분석하였다. A-scan과 IOL Master® 모두 측정 가능하였던 경우에는 Wilcoxon signed rank test를 이용하여 비교하였으며, 굴절예측이상값에 영향을 미친 인자에 대해서는 Multiple regression analysis를 이용하여 분석하였다.

결 과

대상 환자는 전체 39명(44안) 중 남자가 22명(24안), 여자가 17명(20안)이었고 평균 연령은 53.86 ± 10.29 세(30-72세)였다. 평균 당뇨 유병기간은 11.39 ± 6.92 년, 평균 당화혈색소(%)는 8.90 ± 5.69 였으며 전신질환 중 당뇨병성신증은 26명, 고혈압은 18명에서 동반되어 있었다(Table 1). 34안에서 유리체출혈, 24안에서 망막전막, 8안에서 황반부종을 동반하였고, 망막박리가 동반된 경우는 총 8안이었으며, 이 중 6안에서 실리콘 기름 충전술을 함께 시행하였다. 14안에서는 유리체출혈로 인하여 술 전 범망막광응고레이저술이 불가능하여 술 중 전체 영역에 시행하였고 30안에서는 술 중 추가적으로 시행하였으며, 35안에서는 테논낭하 트리암시놀론 주사, 24안에서는 막제거술을 함께 시행하였다.

전체 44안의 A-scan 값을 기준으로 비교한 술 후 3개월

평균예측이상값은 -0.23 ± 0.52 (-1.40~+0.79 디옵터) 디옵터로 근시편위를 보였고, 6개월의 평균예측이상값은 -0.23 ± 0.47 디옵터로 3개월 사이에는 유의한 변화가 없었다($p=0.959$). 술 후 3개월의 평균절대예측이상값은 0.45 ± 0.35 디옵터, 6개월에서 0.40 ± 0.33 디옵터로 3개월 사이에 유의한 변화는 보이지 않았다($p=0.196$) (Table 2).

술 후 3개월 경과 시 63.64%에서 ± 0.50 , 95.45%에서 ± 1.00 디옵터, 100%에서 ± 1.50 디옵터 이내의 결과를 나타내었고, 술 후 6개월 경과 시 65.91%에서 ± 0.50 , 95.45%에서 ± 1.00 디옵터, 97.73%에서 ± 1.50 디옵터 이내의 결과를 나타내었으며 단지 1안(2.27%)에서 ± 1.50 디옵터가 넘는 굴절력이 예측치에서 벗어나는 것을 확인할 수 있었다. 3개월, 6개월에 측정한 굴절예측이상값이 -1.00 디옵터가 넘는 2안 중 1안은 신생혈관녹내장을 동반한 경우였다.

A-scan과 IOL Master 두 가지 검사가 모두 가능하였던 20안에서, 3개월째 A-scan과 IOL Master를 기준으로 한 평균예측이상값은 각각 -0.01 ± 0.46 디옵터, 0.21 ± 0.36 디옵터로 A-scan을 기준으로 한 결과가 유의하게 더 작은 굴절이상값을 갖는 것을 확인할 수 있었다($p=0.002$). 평균절대예측이상값은 0.36 ± 0.27 디옵터(A-scan 기준), 0.32 ± 0.25 디옵터(IOL Master 기준)로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.744$). 술 후 6개월에 측정한 평균예측이상값은 A-scan과 IOL Master를 기준으로 각각 -0.05 ± 0.34 디옵터, 0.17 ± 0.32 디옵터로, 3개월과 유사하게 A-scan을 기준으로 한 결과가 더 작은 오차를 보였고($p=0.002$), 평균절대예측이상값은 A-scan 기준 0.25 ± 0.20 디옵터, IOL Master 기준 0.27 ± 0.23 디옵터로 유의한 차이는 없었다($p=0.556$).

안축장 길이는 A-scan을 기준으로 21.91 mm부터 29.79 mm까지 측정되었고 평균 23.33 ± 1.25 mm로 술 후 6개월 평균예측이상값($p=0.098$), 평균절대예측이상값($p=0.358$)과 모

Table 1. Characteristics of Patients

Characteristics	Results
Total number of eyes	44 eyes (39 patients)
Gender	
Male	24 eyes (22 patients)
Female	20 eyes (17 patients)
Mean age (years)	53.86 ± 10.29
Duration of diabetes (years)	11.39 ± 6.92
Mean HbA1c (%)	8.90 ± 5.69
Associated systemic disease (n, %)	
Diabetic nephropathy	26 of 39 patients (66.67)
Hypertension	18 (46.15)
Associated ocular disease (n, %)	
Vitreous hemorrhage	34 of 44 eyes (77.27)
Retinal detachment	8 (18.18)
Epiretinal membrane	24 (54.55)
Diabetic macular edema	8 (18.18)
Mean axial length (measure by US, mm)	23.33 ± 1.25

Values are presented as mean \pm SD unless otherwise indicated.
HbA1c = glycated hemoglobin; US = ultrasound (A-scan).

Table 2. Mean prediction error (ME) and mean absolute prediction error (MAE)

Group	ME	MAE
All eyes (44 eyes)		
US		
After 3 months	-0.23 (0.52)	0.45 (0.35)
After 6 months	-0.23 (0.47)	0.40 (0.33)
US and OB both group (20 eyes)		
US		
After 3 months	-0.01 (0.46)	0.36 (0.27)
After 6 months	-0.05 (0.34)	0.25 (0.20)
OB		
After 3 months	0.21 (0.36)	0.32 (0.25)
After 6 months	0.17 (0.32)	0.27 (0.23)

Values are presented as mean (SD).

US = ultrasound (A-scan); OB = optical biometry (intraocular lens Master).

Table 3. Descriptive summary of factors associated with refractive error

	<i>p</i> -value	
	ME of 6 M	MAE of 6 M
Preoperative factors		
Duration of diabetes (years)	0.739	0.431
Mean HbA1c (%)	0.870	0.916
Diabetic nephropathy	0.021*	0.002*
Hypertension	0.264	0.780
Vitreous hemorrhage	0.351	0.222
Retinal detachment	0.422	0.591
Epiretinal membrane	0.736	0.615
Diabetic macular edema	0.452	0.626
Degree of cataract	0.645	0.302
Axial length	0.098	0.358
Intraoperative factors		
Posterior subtenon triamcinolone injection	0.907	0.138
Membranectomy	0.769	0.910
Panretinal photocoagulation (new or add)	0.839	0.440
Silicone oil tamponade	0.422	0.591
IOL (SN60WF or ZA9003)	0.199	0.725
Postoperative factors		
Diabetic macular edema	0.532	0.329
Neovascular glaucoma	0.043*	0.033*
Rebleeding	0.317	0.494

ME = mean prediction error; MAE = mean absolute prediction error; HbA1c = glycated hemoglobin; IOL = intraocular lens.

**p* < 0.05.

두 통계학적으로 유의한 연관성을 보이지 않았다. A-scan과 IOL Master 두 가지 검사가 모두 가능하였던 20안에서 안축장 길이의 평균은 각각 23.12 ± 0.73 mm, 23.38 ± 0.70 mm로 IOL Master로 측정한 결과가 0.26 mm 더 길게 측정되었으나 둘 사이에 유의한 차이는 없었다($p=0.254$).

술 전 환자의 전신상태를 나타내는 인자 중 당뇨병성신증이 동반된 경우(26안)에서 술 후 6개월에 유의하게 상대적으로 큰 평균예측이상값(-0.33 ± 0.52 , $p=0.021$), 평균절대예측이상값(0.49 ± 0.36 , $p=0.002$)을 나타냈다(Table 3). 하지만 당뇨 유병기간($p=0.739$, 0.431), 당화혈색소($p=0.870$, 0.916), 고혈압 동반 여부($p=0.264$, 0.780)는 유의한 차이를 보이지 않았다. 망막박리가 동반되어 실리콘 기름 충전술을 함께 시행 후 평균 4.5개월 뒤 제거한 6안의 3개월, 6개월 평균예측이상값($p=0.533$, 0.422), 평균절대예측이상값($p=0.301$, 0.591)은 나머지 38안과 유의한 차이를 보이지 않았다. 유리체출혈($p=0.351$, 0.222), 망막전막($p=0.736$, 0.615), 황반부종($p=0.452$, 0.626) 동반 유무, 백내장 정도($p=0.645$, 0.302) 또한 6개월 평균예측이상값 및 평균절대예측이상값에 유의한 차이가 없었다.

술 전 범망막광응고술이 불가능하여 술 중 전체영역에서 시행한 경우와 추가적으로 시행한 경우($p=0.839$, 0.440), 테논낭하 트리암시놀론 주사($p=0.907$, 0.138), 막제거술($p=0.769$, 0.910)을 함께 시행한 경우 모두에서 술 후 6개월

평균예측이상값, 평균절대예측이상값에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 전체 44안 중 37안에서 SN60WF, 7안에서 ZA9003 렌즈를 삽입하였으며, 렌즈종류에 따른 6개월 평균예측이상값($p=0.199$), 평균절대예측이상값($p=0.725$)은 유의한 차이를 보이지 않았다.

신생혈관녹내장은 2안(4.56%)에서 확인되었으며 6개월 평균예측이상값(-0.89 ± 0.50 , $p=0.043$), 평균절대예측이상값(0.89 ± 0.50 , $p=0.033$) 모두 나머지 42안(-0.20 ± 0.45 , 0.38 ± 0.31)과 유의한 차이를 보였다. 2안에서 황반부종($p=0.532$, 0.329)이 발생하였으며, 2안에서는 유리체 재출혈($p=0.317$, 0.494)이 발생하여 유리체 세척술을 시행하였고 그 외 망막의 재박리, 인공수정체이탈 등의 합병증은 없었다.

고 찰

중식성당뇨망막병증에서 유리체절제술과 동시에 백내장 수술을 시행할 경우 단독 유리체절제술에 비해 술 후 여러 가지 합병증의 가능성이 증가하고, 전안부의 신생혈관형성 및 신생혈관녹내장의 발생을 일으킬 수 있어 이에 대한 논란이 있다.⁹ 하지만 백내장 수술을 동시에 시행함으로써 술 중 시야확보가 유리해져 완벽한 유리체 제거 및 주변부 망막에 대한 범망막광응고술이 가능하여 술 후 허혈성 변화

의 안정화를 유도할 수 있을 뿐만 아니라 유리체절제술 이후 빠른 시력회복을 통하여 환자가 조기에 일상생활이 가능해지고 추가적인 수술을 줄일 수 있어 경제적 이득이 있다는 장점이 있다.¹⁰⁻¹²

유리체절제술과 배내장병합수술 후 안축장 길이의 변화, 전방 깊이의 변화, 유리체의 방수로의 치환 등 여러 원인에 의해 굴절력의 오차가 발생하는 것으로 이전에 알려져 있다.^{13,14} 유효렌즈 위치가 술 후 굴절력에 영향을 끼치게 되는데 배내장수술을 통해 전방 깊이가 1.4 mm 증가하게 되고 이에 따라 유효렌즈 위치가 뒤쪽으로 이동하게 된다고 알려져 있으며,¹⁵ 유수정체안에서 유리체절제술 또한 유효렌즈 위치를 뒤쪽으로 이동하게 하게 된다.^{16,17} 병합수술의 경우 인공수정체의 위치가 배내장수술만을 시행하였을 때보다 더 뒤쪽으로 이동하게 되며,¹⁴ 결국 유효렌즈 위치에 영향을 끼쳐 굴절력 오차를 유발하게 된다. 또한 견인성 혹은 열공성 망막박리가 동반되어 있는 경우 대표적으로 안축장의 길이 측정을 부정확하게 하는 원인이 될 수 있다. Rahman et al¹⁸이 보고한 바에 의하면 망막박리 환자에서 황반부를 침범한 경우가 침범하지 않은 환자들에 비해 A-scan과 IOL Master 모두에서 더 큰 굴절예측오차를 보였다. 망막박리가 동반된 유리체출혈 환자에서 유리체절제술과 함께 가스 또는 실리콘 기름을 이용한 충전술을 시행하는 경우 굴절력의 영향을 끼치게 된다. 실리콘 기름의 경우 Song et al¹⁹의 이전 보고에 따르면 실리콘 기름이 주입된 상태에서 평균 3.85 디오퍼터로 측정되나 실리콘 기름을 제거하면서 -4.51 디오퍼터의 근시 편위가 발생하여 수술 전 목표로 하였던 -0.47 디오퍼터와 근사한 -0.66 디오퍼터의 결과를 얻을 수 있었다. 가스 충전술에 의한 굴절력의 변화로 근시를 유발하는지에 대하여 여전히 논란이 있으며 Patel et al⁶에 따르면 유리체절제술과 동시에 유리체강 내 주입된 가스에 의한 인공수정체의 앞방이동으로 근시이행이 생긴다고 보고한 바 있다. 술 후 고개를 숙인 자세를 유지하는 과정에서 가스에 의한 안축장 길이의 변화, 가스팽창에 의한 안구용적의 변화 등 여러 원인이 영향을 줄 수 있을 것이다. 본 연구에서 망막박리가 동반된 전체 8안 중 6안에서 실리콘 기름 충전술을 함께 시행하였는데 이들에게 술 후 6개월에서 평균 -0.09 ± 0.50 디오퍼터의 굴절예측이상값을 확인할 수 있었으며 실리콘 기름 충전술을 시행하지 않은 환자들과 유의한 차이를 보이지 않았다.

병합수술 후 굴절력의 근시성 변화가 나타난다는 보고도 있으나, 술 전 예측한 값과 차이가 없다고 보고된 결과들도 있다.^{4,20} 본 연구에서는 술 후 6개월이 경과한 시점의 A-scan으로 측정한 굴절예측이상값에서 평균 -0.23 디오퍼터의 근시 편위를 확인할 수 있었으며 술 후 3개월의 값과 차이를 보

이지 않아 3개월 이후로 굴절력이 어느 정도 안정되는 것을 확인할 수 있었다.

안축장의 정확한 측정은 술 후 심각한 굴절력 오차를 막기 위해 인공수정체 도수 계산에서 매우 중요한 부분으로, 접촉식 초음파를 사용한 A-scan과 부분결합간섭계 원리를 이용한 IOL Master가 대표적으로 사용되고 있다. A-scan은 초음파가 매질을 통과하는 속도와 시간에 따라 안축장의 길이를 계산하여 내경계막까지의 길이를 측정하는 방식이며, IOL Master는 망막 색소상피까지의 길이를 측정하기에 망막의 병변이 있는 경우 IOL Master가 더욱 정확하며, 재현성이 높은 방법으로 알려져 있다.²¹⁻²³ 하지만 각막혼탁, 심한 배내장, 유리체혼탁 등으로 인하여 수술이 필요한 증식성당뇨망막병증 환자에서는 측정이 불가능한 경우가 있으며 본 연구에서도 전체 44안 중 24안에서는 IOL Master의 측정이 불가능하였다. 본 연구에서 A-scan을 기준으로 한 안축장 길이는 6개월 평균예측이상값($p=0.098$), 평균절대예측이상값($p=0.358$)과 모두 통계학적으로 유의한 연관성을 보이지 않았으며 이전에 Manvikar et al⁷도 이와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

A-scan과 IOL Master를 함께 측정한 20안에서는 A-scan 값이 상대적으로 적은 평균예측이상값을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 이는 이전의 보고들과는 차이가 있는 부분으로 본 연구의 증식성당뇨망막병증에서는 유리체출혈, 망막박리, 섬유혈관증식 등이 동반되어 있고, 저하된 시력으로 인하여 고정을 제대로 할 수 없는 상태가 많아 상대적으로 IOL Master의 검사 정확도가 떨어져서 나타난 결과로 생각할 수 있겠다.^{18,24} 20안 중 7안에서는 오히려 IOL Master가 더 작은 굴절력오차를 보였으며 이는 또한 간과해서는 안 될 부분으로 생각된다. 수술이 필요한 황반부종이 동반된 증식성당뇨망막병증 환자에서 안축장 측정에 영향을 받지 않는 IOL Master 결과치를 참고한다면 술 후 부정확한 굴절력오차를 줄이는 데 도움이 될 것이다. 또한 본 연구에서는 전체 안 중 일부에서만 Optical coherence tomography (OCT, 광간섭단층촬영) 결과를 확인할 수 있었으나, 술 전 확인이 가능하다면 중심 망막 두께를 안축장 측정에 고려하여 술 후 굴절력 오차를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.^{25,26} 이러한 여러 측면들을 통해 측정이 가능한 경우에 있어서 광학적 생체측정과 초음파 모두를 사용하는 것이 바람직하겠다.

인공수정체의 도수를 결정하여 술 후 굴절력을 예측하는데 사용되는 계산 공식은 크게 두 가지로 나뉘며 인공수정체의 A상수, 안축장 길이, 각막곡률에 결정되는 공식들과 여기에 여러 추가적인 변수들과 유효렌즈 위치를 고려하는 Haigis, Hoffer-Q, SRK-T 같은 공식이 있다. 인공수정체 상

수 값은 백내장 수술에서 굴절력 오차를 줄여주나, 유리체 절제술과 병합수술에서는 이러한 최적화된 결과를 얻기 어렵다. 이전의 한 보고에 따르면 서로 다른 계산 공식을 사용하여도 유의한 차이를 보이지 않았다.⁷ 본 연구에서는 전체 안에서 모두 SRK-T를 사용하였기에 추후 다른 공식을 사용하여 증식성당뇨망막병증에서 병합수술을 시행한 경우와 비교를 하는 연구가 필요할 수 있겠다.

저자들은 증식성당뇨망막병증에서 조절이 잘 되지 않는 당뇨, 고혈압, 당뇨병성신증을 동반한 경우 상대적으로 합병증이 없는 환자에 비해 증식성당뇨망막병증의 정도가 심하거나, 망막의 저산소 상태 등에 의해 술 후 굴절력오차 및 시력에 영향을 줄 수 있을 것이라 생각하고 이에 대하여 알아보았다. 유리체절제술과 백내장병합수술 후 시력예후에 영향을 끼치는 인자로 Lim and Kim²⁷은 당뇨이환기간, 수술 적응증은 통계적으로 유의한 연관성이 없었으나, 당뇨병성신증의 유무, 눈속충전물의 주입유무에 따라서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다고 하였다. Sung et al²⁸은 술 전 당뇨병성신증의 병발, 술 중 후낭파열, 술 후 발생한 황반부종, 신생혈관육내장, 망막박리가 또한 술 후 유의하게 술 후 시력에 악영향을 끼치는 인자로 보고한 바 있다. 당뇨병성신증은 당뇨망막병증과 함께 당뇨로 인한 미세혈관에 나타나는 대표적인 합병증으로 당뇨망막병증 자체가 당뇨병성신증의 위험 인자는 아니지만 동시에 발생하는 경우가 많고 진단에 도움이 되어 항상 주의 깊게 살펴 보아야 한다.²⁹ 본 연구에서는 술 전 당뇨병성신증이 동반된 경우에서 술 후 6개월에 유의한 부정확한 굴절력오차를 확인할 수 있었다. 하지만 이러한 통계적 결과에 따른 당뇨병성신증과 술 후 굴절력 오차에 대한 실제 인과 관계를 입증하기 위해서는 추후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

신생혈관육내장은 증식성당뇨망막병증에서 발생하는 합병증으로 유리체절제술 후 그 발생위험이 증가하고, 수정체를 동시에 제거할 경우 혈관신생인자를 차단하고 있던 수정체와 수정체후낭, 유리체 전면의 소실로 인하여 혈관신생인자가 전방으로 확산하게 되며 여기에 전방내 산소가 유리체강으로 유입되면서 신생혈관생성이 더욱 촉진될 수 있다고 알려져 있다.³⁰⁻³² 그러나 최근 보고에 의하면 망막의 허혈상태가 홍채의 신생혈관 형성에 더 큰 영향을 줄 것으로 생각되며, 유리체절제술 시행 후 수정체 상태에 따른 신생혈관육내장 발생빈도 비교에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.³³ 본 연구에서는 전체 44안 중 2안 (4.54%)에서 신생혈관육내장이 발생하였으며 상대적으로 유의한 수준의 술 후 근시 변화를 보였다. 두 환자 모두 술 전 IOL Master로 생체계측이 불가능하여 A-scan을 기준으로만 인공수정체 도수 결정을 하였기에 상대적으로 큰 굴

절력 오차를 보였을 가능성이 있다. 또한 전방각 및 홍채의 신생혈관으로 인한 구조의 변화로 인공수정체 위치가 예측한 위치에서 벗어났을 가능성 또한 배제할 수 없다. Lee et al³⁴의 보고에 의하면 증식성당뇨망막병증 환자에서 유리체절제술 후에 발생하는 신생혈관육내장은 유두신생혈관의 유무, 주변신생혈관의 정도뿐만 아니라 술 전 범망막광응고술의 정도와 유의한 연관성을 보였다. 당뇨망막병증에서 충분한 범망막광응고술은 신생혈관육내장 및 홍채신생혈관을 예방할 수 있으며 홍채신생혈관의 퇴행이 일어난다는 보고도 있다.^{35,36} 본 연구에서 신생혈관육내장이 발생한 환자에서 술 후 유의미한 굴절력 오차를 보였기에 술 후 신생혈관육내장 발생을 최대한 억제하여 굴절력 오차를 줄이기 위해 가능한 술 전 범망막광응고술을 시행하는 것이 필요하다고 생각된다.

증식성당뇨망막병증 환자에서 유리체절제술과 백내장병합수술은 대부분의 경우에서 허용할 만한 수준의 작은 굴절력 오차 범위 내의 결과를 보였다. 당뇨병성신증, 신생혈관 육내장을 동반한 경우에서 술 후 부정확한 굴절력을 보이며, 기대하는 굴절력을 더 정확히 얻기 위해 광학적 생체계측과 초음파 모두를 사용하는 것이 바람직하겠다.

REFERENCES

- 1) Thompson JT, Glaser BM, Sjaarda RN, Murphy RP. Progression of nuclear sclerosis and long-term visual results of vitrectomy with transforming growth factor beta-2 for macular holes. *Am J Ophthalmol* 1995;119:48-54.
- 2) Holekamp NM, Shui YB, Beebe DC. Vitrectomy surgery increases oxygen exposure to the lens: a possible mechanism for nuclear cataract formation. *Am J Ophthalmol* 2005;139:302-10.
- 3) Melberg NS, Thomas MA. Nuclear sclerotic cataract after vitrectomy in patients younger than 50 years of age. *Ophthalmology* 1995;102:1466-71.
- 4) Jeoung JW, Chung H, Yu HG. Factors influencing refractive outcomes after combined phacoemulsification and pars plana vitrectomy: results of a prospective study. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:108-14.
- 5) Chung TY, Chung H, Lee JH. Combined surgery and sequential surgery comprising phacoemulsification, pars plana vitrectomy, and intraocular lens implantation: comparison of clinical outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:2001-5.
- 6) Patel D, Rahman R, Kumarasamy M. Accuracy of intraocular lens power estimation in eyes having phacovitrectomy for macular holes. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1760-2.
- 7) Manvikar SR, Allen D, Steel DH. Optical biometry in combined phacovitrectomy. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:64-9.
- 8) Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, et al. The lens opacities classification system III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol* 1993;111:831-6.
- 9) Rice TA, Michels RG, Maguire MG, Rice EF. The effect of lensectomy on the incidence of iris neovascularization and neovascular

- glaucoma after vitrectomy for diabetic retinopathy. *Am J Ophthalmol* 1983;95:1-11.
- 10) Scharwey K, Pavlovic S, Jacobi KW. Combined clear corneal phacoemulsification, vitreoretinal surgery, and intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:693-8.
- 11) Demetriades AM, Gottsch JD, Thomsen R, et al. Combined phacoemulsification, intraocular lens implantation, and vitrectomy for eyes with coexisting cataract and vitreoretinal pathology. *Am J Ophthalmol* 2003;135:291-6.
- 12) Suzuki Y, Sakuraba T, Mizutani H, et al. Postoperative refractive error after simultaneous vitrectomy and cataract surgery. *Ophthalmic Surg Lasers* 2000;31:271-5.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) Kucumen RB, Yenerel NM, Gorgun E, et al. Anterior segment optical coherence tomography measurement of anterior chamber depth and angle changes after phacoemulsification and intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1694-8.
- 16) Diaz Lacalle V, Orbegozo Gárate FJ, Martinez Alday N, et al. Phacoemulsification cataract surgery in vitrectomized eyes. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:806-9.
- 17) McDermott ML, Puklin JE, Abrams GW, Elliott D. Phacoemulsification for cataract following pars plana vitrectomy. *Ophthalmic Surg Lasers* 1997;28:558-64.
- 18) Rahman R, Bong CX, Stephenson J. Accuracy of intraocular lens power estimation in eyes having phacovitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. *Retina* 2014;34:1415-20.
- 19) Song WK, Kim SS, Kim SE, Lee SC. Refractive status and visual acuity changes after oil removal in eyes following phacovitrectomy, intraocular lens implantation, and silicone oil tamponade. *Can J Ophthalmol* 2010;45:616-20.
- 20) Lee DK, Lee SJ, You YS. Prediction of refractive error in combined vitrectomy and cataract surgery with one-piece acrylic intraocular lens. *Korean J Ophthalmol* 2008;22:214-9.
- 21) Findl O, Kriechbaum K, Sacu S, et al. Influence of operator experience on the performance of ultrasound biometry compared to optical biometry before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1950-5.
- 22) Lee AC, Qazi MA, Pepose JS. Biometry and intraocular lens power calculation. *Curr Opin Ophthalmol* 2008;19:13-7.
- 23) Kunavisarut P, Poopattanakul P, Intarated 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.
- 24) Findl 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.
- 25) Kovács I, Ferencz M, Nemes J, et al. Intraocular lens power calculation for combined cataract surgery, vitrectomy and peeling of epiretinal membranes for macular oedema. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:88-91.
- 26) Sun HJ, Choi KS. Improving intraocular lens power prediction in combined phacoemulsification and vitrectomy in eyes with macular oedema. *Acta Ophthalmol* 2011;89:575-8.
- 27) Lim SS, Kim SD. Simulated operation of phacoemulsification, vitrectomy and posterior chamber intraocular lens implantation in proliferative diabetic retinopathy patients. *J Korean Ophthalmol Soc* 1999;40:2205-11.
- 28) Sung MS, Park TK, Ohn YH. Clinical analysis of combined vitrectomy and phacoemulsification with intraocular lens implantation for proliferative diabetic retinopathy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:1333-41.
- 29) Christensen PK, Larsen S, Horn T, et al. Renal function and structure in albuminuric type 2 diabetic patients without retinopathy. *Nephrol Dial Transplant* 2001;16:2337-47.
- 30) Weinreb RN, Wasserstrom JP, Parker W. Neovascular glaucoma following neodymium-YAG laser posterior capsulotomy. *Arch Ophthalmol* 1986;104:730-1.
- 31) Blankenship GW, Machemer R. Long-term diabetic vitrectomy results. Report of 10 year follow-up. *Ophthalmology* 1985;92:503-6.
- 32) Benson WE, Brown GC, Tasman W, McNamara JA. Extracapsular cataract extraction, posterior chamber lens insertion, and pars plana vitrectomy in one operation. *Ophthalmology* 1990;97:918-21.
- 33) Chung HY, Chung HJ, Choi JY, et al. Risk factors for neovascular glaucoma after vitrectomy in patients with proliferative diabetic retinopathy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2013;54:1868-74.
- 34) Lee JH, Kwon SJ, Shin JP, et al. Neovascular glaucoma after vitrectomy for proliferative diabetic retinopathy and the Ahmed valve implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:1417-26.
- 35) Wand M, Madigan JC, Gaudio AR, Sorokanich S. Neovascular glaucoma following pars plana vitrectomy for complications of diabetic retinopathy. *Ophthalmic Surg* 1990;21:113-8.
- 36) Striga M, Ivanisević M. Comparison between efficacy of full-and mild-scatter (panretinal) photocoagulation on the course of diabetic rubeosis iridis. *Ophthalmologica* 1993;207:144-7.

= 국문초록 =

증식성당뇨망막병증에서 유리체절제술과 백내장병합수술 후 굴절력 예측

목적: 증식성당뇨망막병증 환자에서 유리체절제술과 백내장병합수술 전 목표 굴절력과 수술 후 실제 굴절력 사이에 어떤 차이가 있는지 분석하고, 굴절력에 영향을 미치는 요소에 대해 알아보고자 한다.

대상과 방법: 유리체절제술과 수정체초음파유화술 및 인공수정체삽입술을 동시에 시행한 환자 39명 44안을 대상으로 후향적 조사를 하였다. 술 전 A-scan 및 IOL Master를 이용하여 안구 길이 및 안구생체계측을 시행하고, 술 후 굴절력을 측정하여 목표 굴절력과 실제 굴절력을 비교하였으며 평균예측이상값과 평균절대예측이상값을 계산하였다. 또한 굴절력에 영향을 미치는 환자의 전신상태, 수술 과정 전, 후 인자들에 대하여 통계학적으로 분석하였다.

결과: 전체 44안의 A-scan 기준 술 후 3개월 평균예측이상값은 -0.23 ± 0.52 디옵터, 6개월의 평균예측이상값은 -0.23 ± 0.47 디옵터로 3개월 사이에는 유의한 변화가 없었다($p=0.959$). 술 후 3개월의 평균절대예측이상값은 0.45 ± 0.35 디옵터, 6개월에서 0.40 ± 0.33 디옵터로 3개월 사이에 유의한 변화는 보이지 않았다($p=0.196$). 두 가지 검사가 모두 가능하였던 20안에서 술 후 3, 6개월 평균예측이상값은 모두 A-scan을 기준으로 한 결과가 유의하게 작은 굴절이상값을 갖는 것을 확인할 수 있었다($p=0.002$, 0.002). 술 전 당뇨병성신증 병발, 술 후 발생한 신생혈관녹내장이 부정확한 평균예측이상값 및 평균절대예측이상값과 유의한 연관성을 보였다.

결론: 증식성 당뇨망막병증에서 유리체절제술과 백내장병합수술은 허용할 만한 수준의 작은 굴절력 오차 범위 내의 결과를 보였다. 당뇨병성신증, 신생혈관 녹내장을 동반한 경우에서 술 후 부정확한 굴절력을 보이며, 기대하는 굴절력을 더 정확히 얻기 위해 광학적 생체계측과 초음파 모두를 사용하는 것이 바람직하겠다.

〈대한안과학회지 2015;56(5):737-744〉