

섬유주절제술과 백내장 병합수술 후 굴절력 오차의 분석

Refractive Error Induced by Combined Phacotrabeculectomy

이준석¹ · 이종은² · 박지혜¹ · 서 샘¹ · 이규원¹

Jun Seok Lee, MD¹, Chong Eun Lee, MD, PhD², Ji Hae Park, MD¹, Sam Seo, MD, PhD¹,
Kyoo Won Lee, MD, PhD¹

제일안과병원¹, 계명대학교 의과대학 안과학교실²

Cheil Eye Hospital¹, Daegu, Korea

Department of Ophthalmology, Keimyung University School of Medicine², Daegu, Korea

Purpose: We evaluated the postoperative accuracy of intraocular lens power prediction for patients undergoing phacotrabeculectomy and identified preoperative factors associated with refractive outcome in those with primary open-angle glaucoma (POAG).

Methods: We retrospectively reviewed the medical records of 27 patients who underwent phacotrabeculectomy to treat POAG. We recorded all discrepancies between predicted and actual postoperative refractions. We compared the data to those of an age- and sex-matched control group that underwent uncomplicated cataract surgery during the same time period. Preoperative factors associated with the mean absolute error (MAE) were identified via multivariate regression analyses.

Results: The mean refractive error of the 27 eyes that underwent phacotrabeculectomy was comparable to that of the 27 eyes treated via phacoemulsification (+0.02 vs. -0.01 D, $p = 0.802$). The phacotrabeculectomy group exhibited a significantly higher MAE (0.65 vs. 0.35 D, $p = 0.035$) and more postoperative astigmatism (-1.07 vs. -0.66 D, $p = 0.020$) than the phacoemulsification group. The preoperative anterior chamber depth (ACD) and the changes in the postoperative intraocular pressure (IOP) were significantly associated with a greater MAE after phacotrabeculectomy.

Conclusions: POAG treatment via combined phacoemulsification/trabeculectomy was associated with greater error in terms of final refraction prediction, and more postoperative astigmatism. As both a shallow preoperative ACD and a greater postoperative change in IOP appear to increase the predictive error, these two factors should be considered when planning phacotrabeculectomy. J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(12):1173-1180

Keywords: Astigmatism, Glaucoma, Phacotrabeculectomy, Refractive outcome

평균 수명연장으로 노년기에 발생빈도가 증가하는 녹내장과 백내장이 동반되어 발병하는 환자가 증가하면서 녹내장과 백내장의 치료를 동시에 필요로 하는 환자의 수가 늘

고 있다. 녹내장 환자에서 안압을 조절하기 위한 베타차단제 등의 점안 치료가 백내장 발생을 증가시킨다는 보고가 있으며, 섬유주절제술 또한 백내장의 발생에 기여한다는 것이 알려져 있다.^{1,2}

녹내장과 백내장이 동반된 환자에서 녹내장 수술만 먼저 하는 경우 추후 시력 회복을 위하여 시행하는 백내장수술이 여과포의 기능에 섬유화 등으로 인한 장애를 줄 수 있고, 백내장수술만 먼저 하는 경우 술 후 급격한 안압상승이 시신경 손상을 더 진행시킬 수 있다.^{3,4} 섬유주절제술과 백내장수술의 병합수술은 수술 이후 시력 회복기간을 줄일 뿐 아니라 안압 조절 및 반복수술에 의한 합병증 예방 측면

■ Received: 2018. 7. 5. ■ Revised: 2018. 8. 26.

■ Accepted: 2018. 11. 23.

■ Address reprint requests to Sam Seo, MD, PhD
Cheil Eye Hospital, #1 Ayang-ro, Dong-gu, Daegu 41196, Korea
Tel: 82-53-959-1751, Fax: 82-53-959-1758
E-mail: vit.s0324@gmail.com

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

© 2018 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.

에서도 효과적이다.^{5,6} 병합수술 중 mitomycin C의 사용으로 수술의 성공률이 높아지고 병합수술의 시행빈도가 늘어나면서 술 후 시력회복을 극대화하기 위해 굴절력 오차를 줄이기 위한 관심도 높아지고 있다.⁷

섬유주절제술 후 인공수정체 도수 예측에 영향을 줄 수 있는 앞방깊이, 안축장, 각막곡률이 변할 수 있으며, 섬유주절제술을 받은 눈에서 백내장수술을 시행할 경우 술 후 굴절력과 예측 굴절력 간의 오차가 증가한다는 보고가 있다.⁸⁻¹⁰ 그러나 연구자에 따라 병합수술 후와 술 전에 목표로 한 굴절력과 차이가 없다는 결과도 있다.^{11,12} 병합수술 후 굴절력의 결과는 연구에 따라 이견이 있으며, 그에 영향을 미치는 인자에 대해서는 잘 알려지지 않았다.

본 연구에서는 섬유주절제술과 백내장수술을 동시에 시행하는 병합수술의 경우 술 후 굴절력과 예측 굴절력간의 차이가 있는지 알아보려고 하였다. 또한 예측 굴절력과 차이에 영향을 미치는 인자를 분석해 보고자 하였다.

대상과 방법

2015년 3월부터 2016년 2월까지 본원 녹내장클리닉에서 백내장수술을 시행한 원발개방각녹내장 환자 중 12개월 이상 추적관찰이 가능했던 환자를 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 섬유주절제술과 백내장수술을 동시에 시행받은 27안을 병합수술군으로 하였고, 같은 기간 동안 백내장수술만 단독으로 시행받은 나이와 성별이 짝지어지는 27안을 대조군으로 하였다.

원발개방각녹내장 외 다른 녹내장(거짓비늘녹내장, 색소녹내장, 포도막염에 의한 녹내장, 스테로이드 유발 녹내장, 외상녹내장, 신생혈관녹내장)은 제외하였으며, 녹내장 외 굴절력에 영향을 줄 수 있는 안과질환이 동반된 경우, 이전에 안내수술을 받은 경험이 있는 경우, 외상의 병력이 있는 경우, 수술 중 합병증이 있는 경우, 녹내장 수술 후 맥락막삼출, 안압 5 mmHg 이하의 저안압, 유리체출혈 등 심각한 합병증이 있는 경우, 후낭파열로 인공수정체 섬모체고랑삽입 또는 공막고정술을 시행받은 경우는 연구대상에서 제외하였다.¹³ 본 연구는 본원 연구윤리심의위원회의 승인을 받아 시행하였고 헬싱키선언을 준수하였다.

섬유주절제술과 백내장수술의 병합수술 및 백내장수술은 단독 술자에 의해서 시행되었다. 병합수술은 모든 환자에서 백내장수술 후 섬유주절제술 순서로 순차적으로 시행되었다. 백내장수술은 점안마취 후에 환자의 이측 방향에 2.6 mm 크기 투명각막절개를 시행하고 점탄 물질을 앞방에 주입 후 수정체낭원형절개를 시행하였다. 수력분리술과 수력분층술을 시행 후 수정체 초음파유화술 및 관류흡입술

을 순서대로 시행하였고 인공수정체를 후낭 내에 삽입하였다. 모든 환자에서 인공수정체는 enVista® (MX60, Bausch and Lomb Incorporated, Rochester, NY, USA)를 삽입하였다. 이후 점탄물질을 제거하고 인공수정체가 수정체낭내에 정위된 것을 확인하고 10-0 nylon을 이용하여 각막절개 부위를 봉합하였으며, 이후 상측에서 섬유주절제술을 시행하였다.

섬유주절제술은 리도카인을 이용한 국소마취하에 11시 방향 혹은 1시 방향에 원개기저절막편을 만들고 결막과 테논낭을 공막으로부터 박리하였다. 윤부에서 공막 두께의 1/3-1/2 깊이로 3×3 mm 크기의 사다리꼴의 공막편을 만들었다. 결막과 공막편 아래에 0.02% 농도의 mitomycin C를 적신 수술용 스펀지를 2분에서 3분간 점적 후 평형염색으로 충분히 세척을 시행하였다. 공막편 아래 각막윤부경계를 따라서 칼로 절개면을 만든 다음 Kelly Descemet 펀치를 사용하여 절개면 뒤쪽 공막조직을 제거하여 내측 공막절개를 시행하였다. 내측 공막절개 부위로 주변부 홍채절제술을 실시하였다. 양측 공막편 모서리를 10-0 nylon을 이용하여 봉합을 하였고, 결막 및 테논낭을 10-0 nylon을 이용하여 각막윤부에 고정봉합을 시행하였다. 백내장수술 시 시행한 각막봉합은 술 후 일주일째에 제거하였다.

안압은 골드만 압평안압계를 이용하여 측정하였고 수술 전후의 굴절력은 자동굴절검사기(Topcon KR-8800®, Topcon, Tokyo, Japan)의 구면렌즈대응치를 이용하였다. 인공수정체의 도수계산은 파장가변 빛간섭단층촬영계(IOL Master® 700, Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany)를 이용하여 각막곡률, 안축장, 앞방깊이를 측정한 후 SRK-T와 Haigis 공식을 이용하여 인공수정체 도수를 결정하였다.

술 후 12개월째에 현성굴절검사를 시행하여 구면렌즈대응치를 구하고, 술 전의 예측굴절력과 비교하였다. 술 전 목표한 굴절력과 술 후 현성굴절검사를 통한 구면렌즈대응굴절력을 비교하였다. 굴절예측오차는 술 후 구면렌즈대응굴절력과 술 전 예측굴절력의 차이를 평균예측오차(mean refractive error)로 계산하여 음의 값인 경우 술 전 목표보다 근시화된 것으로, 양의 값인 경우 원시화된 것으로 평가하였고, 두 굴절력 차의 절대값을 평균절대예측오차(mean absolute error, MAE)로 정의하여 결과 측정치로 확인하였다. 또한 굴절예측오차에 영향을 미치는 인자에 대해 분석하였다.

통계적 분석은 IBM SPSS ver. 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였고, *p*-value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 하였다. 수술 전후의 변화 비교는 Wilcoxon signed rank test를 이용하였고, 각 그룹 간의 빈도 및 평균치를 서로 비교하기 위하여 Chi-square test와

Mann-Whitney *U* test를 이용하였다. 굴절예측오차에 영향을 미친 인자에 대해서는 Multivariate regression analysis를 시행하였다.

결 과

본 연구의 대상 환자는 섬유주절제술과 백내장수술의 병합수술을 받은 27명 27안, 백내장수술을 단독 시행받은 27명 27안이였다. 병합수술을 받은 환자군의 수술 전 평균나이는 70.96 ± 8.38 세였고, 술 전 최대교정시력은 logMAR 0.63 ± 0.45 , 술 전 구면렌즈대응치는 평균 0.17 ± 2.09 디옵터, 술 전 안축장은 23.36 ± 0.78 mm였다. 이들은 통계학적으로 병합수술군과 백내장수술군 두 군 사이에 통계학적으로 의미있는 차이는 보이지 않았다(Table 1). 안축장이 23.0 mm 이하인 환자는 병합수술군에서 10안, 백내장수술군에서 6안이었고, 22.0 mm 이하인 환자는 각각 2안, 1안이였다.

병합수술 후 최대교정시력은 logMAR 0.35 ± 0.37 로 시력이 호전되었으며($p < 0.001$; Wilcoxon signed rank test), 구면렌즈대응치는 -0.01 ± 0.87 디옵터로 낮아지는 경향을 보였으나 통계학적으로 유의한 변화는 아니었다. 안압은 병합수술 후 12.67 ± 3.12 mmHg로 감소하였다($p < 0.001$). 백내장수술 후 최대교정시력은 logMAR 0.27 ± 0.26 로 시력이 호전되었고($p < 0.001$), 구면렌즈대응치는 -0.15 ± 0.64 디옵터로 증가하는 경향을 보였으며, 안압은 11.46 ± 2.98 mmHg로 감소하였으나 두 값 모두 통계학적으로 유의한 변화는 아니었다.

술 후 굴절력은 병합수술군에서 -0.01 ± 0.87 디옵터, 백내장수술군에서 -0.15 ± 0.64 디옵터로 유의한 차이는 없었다($p = 0.537$; Mann-Whitney *U* test). 술 후 난시는 병합수술군에서 -1.07 ± 0.65 디옵터, 백내장수술군에서 -0.66 ± 0.48

디옵터로 유의한 차이를 보였으며($p = 0.020$), 수술 전 난시와 비교하였을 때 두 군 모두에서 수술 전에 비하여 수술 후 난시가 근소하게 감소하였으나 유의한 변화는 아니었다(Table 2).

오차가 적은 인공수정체 도수 계산공식을 선택하기 위해 전체 환자군을 대상으로 공식 간 평균예측오차 및 평균절대예측오차를 비교하였다. 평균예측오차는 SRK/T 공식으로 계산한 경우 0.01 ± 0.72 디옵터, Haigis 공식으로 계산한 경우는 0.19 ± 0.69 디옵터로 유의하게 SRK/T 공식에서 유의하게 적은 오차를 보였다($p < 0.001$). 평균절대예측오차는 SRK/T 공식에서는 0.50 ± 0.51 디옵터, Haigis 공식에서는 0.52 ± 0.48 디옵터로 유의한 차이는 없었다. 평균예측오차가 더 낮은 SRK/T 공식을 이용하여 병합수술군과 백내장수술군 사이 예측오차를 비교하였다.

술 전의 예측굴절력과 술 후 12개월째 현성굴절검사 차이를 비교한 결과 병합수술군에서는 예측굴절력은 -0.03 ± 0.17 디옵터, 술 후 굴절력은 -0.01 ± 0.87 디옵터, 평균예측오차는 $+0.02 \pm 0.92$ 디옵터로 원시로 변화함을 알 수 있었다. 백내장수술군에서는 예측굴절력은 -0.13 ± 0.49 디옵터, 술 후 굴절력은 -0.15 ± 0.64 디옵터, 평균예측오차는 -0.01 ± 0.45 디옵터로 근시 변화를 보였다.

평균예측오차는 ± 0.25 디옵터 이내를 보이는 비율이 병합수술군에서 22.2%, 백내장수술군에서 51.9%로 백내장수술군에서 술 후 굴절력 오차가 병합수술군에 비해 예측치에 가깝게 분포하는 경향을 보였다. 평균예측오차가 근시로 나타난 경우는 병합수술군에서 33.3%, 백내장수술군에서 29.6%로 유의한 차이를 보이지 않았으나($p = 0.500$; Chi-square test), 평균예측오차가 원시로 나타난 경우는 병합수술군에서 44.4%, 백내장수술군에서 18.5%로 유의하게 병합수술군에서 원시화 편위가 높게 나타났다($p = 0.039$) (Fig. 1).

Table 1. Patient demographics and preoperative clinical characteristics

	Combined group phacotrabeculectomy (27 eyes)	Control group phacoemulsification only (27 eyes)	<i>p</i> -value*
Age at surgery (year)	70.96 ± 8.38	71.65 ± 8.18	0.837
Sex (female) (n, %)	13 (48.1)	13 (48.1)	0.607
Eye (right) (n, %)	11 (40.7)	13 (48.1)	0.207
IOP (mmHg)	22.56 ± 6.32	12.75 ± 3.12	0.001
BCVA (logMAR)	0.63 ± 0.45	0.58 ± 0.33	0.932
Refraction (SE)	0.17 ± 2.09	-0.62 ± 2.35	0.179
Astigmatism (D)	-1.31 ± 0.94	-1.21 ± 0.90	0.670
AL (mm)	23.36 ± 0.78	23.73 ± 0.94	0.257
ACD (mm)	3.15 ± 0.43	3.36 ± 0.48	0.173

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation or number (%) unless otherwise indicated.

IOP = intraocular pressure; BCVA = best corrected visual acuity; SE = spherical equivalent in diopters; D = diopter; AL = axial length; ACD = anterior chamber depth.

*Mann-Whitney *U*-test between groups for variables, in case of numeric, Chi-square applied.

술 후 굴절력과 예측굴절력 차이의 절대값 평균인 평균 절대예측오차는 0.65 ± 0.64 디옵터, 0.35 ± 0.28 디옵터로 병합수술군과 백내장수술군 사이 유의한 차이를 보였다 ($p=0.035$) (Table 2). 병합수술군에서 환자의 나이, 술 전 시력, 안압, 난시, 안구길이, 앞방깊이, 굴절값 및 술 후 안압 변화가 평균절대예측오차에 미치는 영향을 단변량분석하였을 때, 술 전 안구길이, 앞방깊이, 술 후 안압 변화가 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. 단변량분석에서 $p<0.05$ 로 유의한 변수들을 분석하였을 때, 술 전 앞방깊이가 알고 술 후 안압 변화가 클수록 평균절대예측 오차가 증가하는 것으로 나타났다($p=0.011$, $p=0.049$) (Table 3, Fig. 2).

고 찰

녹내장과 백내장이 동반된 환자에서 섬유주절제술과 동시에 백내장수술을 시행할 경우 단독 섬유주절제술에 비하여 안압하강 효과가 적고, 술 후 여러 가지 합병증의 가능성이 있어 이에 대한 논란이 있다.^{14,15} 그러나 수술을 동시에 시행함으로써 빠른 시력회복이 가능해지고 추가적인 수술을 줄일 수 있어 경제적 이득이 있다는 장점이 있다. 또한 여과수술 후 반흔조직 형성을 방지하는 약제의 사용으로 섬유주절제술의 성공률이 높아지면서 백내장수술과 동시에 병합수술을 시행하는 경우에도 섬유주절제술 단독 시행에 비교할만한 안압하강 효과를 보인다는 보고가 있어 병합수술의 빈도가 늘어나고 있다.^{16,17}

병합수술을 통한 안압하강이 이전보다 향상되고 수술 빈도가 늘어나면서, 굴절력 오차를 줄여 술 후 시력회복을 극대화하려는 시도가 계속되고 있다. 병합수술의 경우 녹내장 수술 후 여러 생체계측인자들의 변화가 야기될 수 있으므로, 인공수정체 도수 결정에 있어 이러한 인자에 대해서

고려할 필요가 있다.

Ong et al¹⁸은 병합수술과 백내장수술을 받은 환자에서 굴절력을 비교한 결과, 병합수술군에서 굴절예측오차가 크게 나타났으며, 목표굴절력의 차이가 1디옵터 이상 나타나는 비율도 높다고 하였다. 본 연구에서는 평균예측오차는 두 군 간에 차이가 없었으나, 병합수술군에서 백내장수술군에 비하여 평균절대예측오차가 의미있게 크게 나타났으며 목표굴절력과 차이를 0.25디옵터 단위로 비교하였을 때, ± 0.25 디옵터 이상 차이를 보이는 비율이 병합수술군에서 77.8%로 유의하게 높았다.

병합수술군에서 평균절대예측 오차가 유의하게 크에도 불구하고, -1.0디옵터 이상 근시 오차를 보이는 눈이 3안 포함되어 있어 평균예측오차는 백내장수술군과 차이를 보

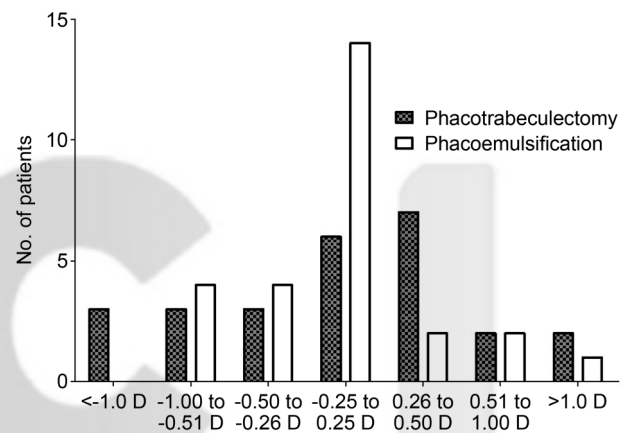


Figure 1. Distribution of the mean refractive error (preoperative target refraction subtracted from postoperative refraction) in the phacotrabeculectomy group and the phacoemulsification group. The phacotrabeculectomy group tends to have more refractive shift than phacoemulsification group. No. = number; D = diopter.

Table 2. Changes of best corrected visual acuity (BCVA), intraocular pressure (IOP), and refractive outcomes at 12 months post-operatively

	Combined group phacotrabeculectomy (27 eyes)	Control group phacoemulsification only (27 eyes)	<i>p</i> -value*
Change in BCVA (logMAR)	-0.28 ± 0.32	-0.32 ± 0.25	0.457
Change in IOP [†] (mmHg)	9.88 ± 6.67	1.20 ± 2.82	<0.001
Postoperative subjective refraction (SE)	-0.01 ± 0.87	-0.15 ± 0.64	0.537
Postoperative astigmatism	-1.07 ± 0.65	-0.66 ± 0.48	0.020
Mean refractive error [‡] (SE)	0.02 ± 0.92	-0.01 ± 0.45	0.802
Mean absolute error [§] (SE)	0.65 ± 0.64	0.35 ± 0.28	0.035

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

SE = spherical equivalent in diopters.

*Mann-Whitney *U* test; [†]Change in IOP = Preoperative IOP - Postoperative IOP; [‡]Mean refractive error = postoperative spherical equivalent refraction - preoperative predicted spherical equivalent refraction; [§]Mean absolute error = | postoperative spherical equivalent refraction - preoperative predicted spherical equivalent refraction |.

이지 않았다. 이 3안을 따로 분류하여 분석하였으며, 수술 전 인자에서는 유의한 차이를 보이지 않았으나 수술 직후 1일째 안압이 19.00 ± 2.00 mmHg로 나머지 병합수술군의 안압 12.92 ± 3.63 mmHg에 비해 유의하게 높게 나타났다 ($p=0.021$). 수술 후 후낭 내 점탄물질 잔류, 조절작용 등이 수술 후 초기 안압상승과 근시 오차를 동시에 일으킬 가능성이 있으나, 본 연구 결과에서와 같이 장기적인 굴절오차를 일으키는지에 대해서는 아직 알려진 바 없다. 근시오차를 보이는 안이 3안으로 그 수가 적어 추후 비슷한 환자군을 대상으로 한 대규모 연구를 통해 그 원인 분석이 필요할 것으로 생각된다.

백내장수술 시 인공수정체의 도수는 수술 전 생체계측인자(각막 곡률, 앞방깊이, 렌즈 두께, 안축장), 인공수정체 계

산 공식, 인공수정체 상수값에 의해 결정되기 때문에 병합수술 시 섬유주절제술 시행으로 야기되는 각막 곡률, 앞방깊이, 안축장 등 생체계측인자의 변화가 인공수정체 도수에 영향을 미칠 것이라는 것을 예측해 볼 수 있다. 섬유주절제술 후 생체계측인자들의 변화에 대한 기존의 연구들을 살펴보면, 섬유주절제술 후 앞방깊이가 감소된다는 결과들이 있으며, 안압저하로 인해 안축장이 유의하게 감소한다는 보고들도 있다.¹⁹⁻²¹ 앞방깊이가 감소는 통계학적으로 유의한 차이가 장기적으로 유지됨을 보고한 연구가 없으나, 안축장 변화는 대부분의 연구에서 유의미한 감소가 장기적으로 유지된다고 보고되어 있다. Cashwell and Martin²²은 녹내장수술 후 평균 0.42 mm의 안축장 감소를 보고하였으며, Francis et al²⁰은 녹내장 수술 후 평균 0.15-0.18 mm의 안축

Table 3. Multivariate analysis of the factors associated with mean absolute error for the combined group

	Univariate analysis		Multivariate analysis	
	β (95% CI)	<i>p</i> -value*	β (95% CI)	<i>p</i> -value*
Age at surgery (years)	-0.021 (-0.051, 0.009)	0.171		
Preoperative BCVA	0.215 (-0.354, 0.784)	0.444		
Preoperative IOP	0.029 (-0.011, 0.069)	0.145		
Preoperative refraction (SE)	-0.014 (-0.150, 0.123)	0.835		
Preoperative astigmatism (D)	0.051 (-0.252, 0.354)	0.731		
Preoperative AL (mm)	-0.435 (-0.720, -0.151)	0.004	-0.246 (-0.551, 0.058)	0.108
Preoperative ACD (mm)	-0.793 (-1.312, -0.275)	0.004	-0.677 (-1.181, -0.172)	0.011
Change in IOP	0.042 (0.007, 0.077)	0.022	0.032 (-0.001, 0.064)	0.049

CI = confidence interval; BCVA = best corrected visual acuity; IOP = intraocular pressure; SE = spherical equivalent in diopters; D = diopter; AL = axial length; ACD = anterior chamber depth.

*Univariate and multivariate linear regression analysis.

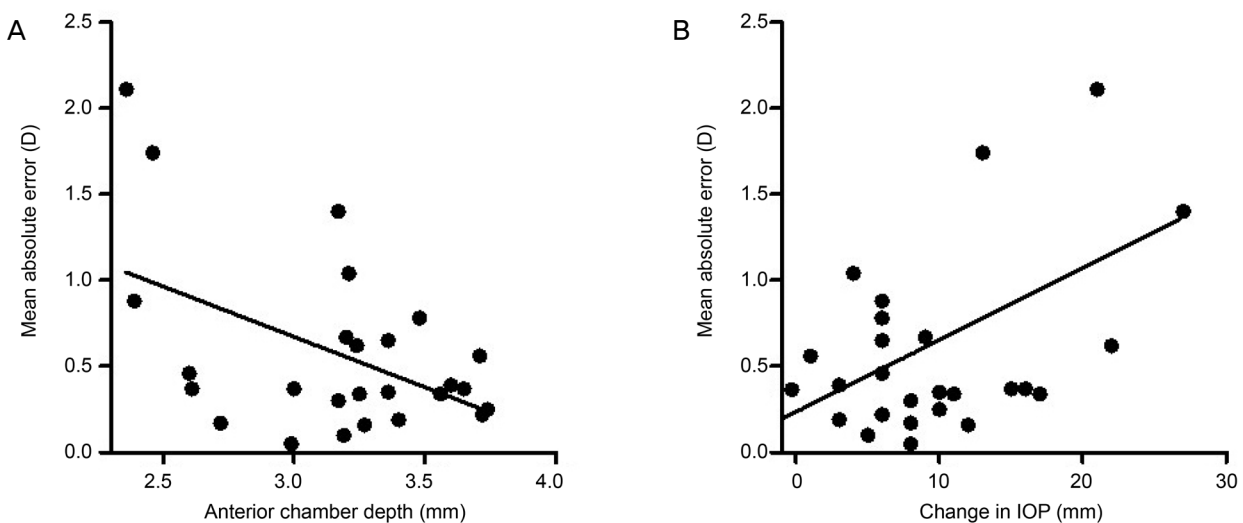


Figure 2. Schematic presentation of relationship between mean absolute error (MAE) and preoperative parameters. (A) Correlation between preoperative anterior chamber depth and the extent of MAE ($|\text{postoperative spherical equivalent refraction} - \text{preoperative predicted spherical equivalent refraction}|$). (B) Correlation between intraocular pressure (IOP) changes (preoperative IOP – postoperative IOP) and the extent of MAE in eyes that underwent phacotrabeculectomy.

장 감소가 유지된다고 하였다. 이러한 안축장의 감소는 원시화 편위를 일으키게 되며, 실제로 본 연구에서 병합수술군과 백내장수술군을 비교한 결과 병합수술에서 원시화 편위가 높게 나타났다. 술 전 안축장이 짧은 눈은 술 후 큰 굴절력 오차를 유발할 수 있다는 보고들이 있으나, 본 연구에서는 병합수술군과 백내장수술군에서 술 전 안축장에 유의한 차이를 보이지 않았다.

본 연구에서 병합수술 후 굴절력 오차에 영향을 미치는 인자들에 대해 다변량 분석을 시행한 결과, 술 전 앞방깊이, 술 후 안압 하강 정도가 통계적으로 유의하게 연관을 보였다. 술 후 원시편위는 앞방깊이가 깊어지거나 술 후 안압 하강에 의해 안축장이 짧아짐에 의한 것으로 알려져 있으며, 앞방깊이가 얇은 경우 술 후 앞방깊이가 상대적으로 예상 정도보다 변화가 심하여 큰 굴절오차를 야기할 것으로 생각된다. 실제 임상적으로 앞방깊이가 안축장과 비례관계에 있어 안축장을 고려하여 인공수정체를 선택하지만, 안축장과 앞방깊이가 비례하지 않을 경우 예측 굴절력의 오차가 커지게 된다. 단순 백내장수술한 환자를 대상으로 한 연구에서도 앞방깊이가 얇은 환자에서 술 후 앞방깊이가 예측한 위치보다 더 얇게 형성되어 큰 굴절오차를 유발했다고 하였다.^{23,24}

또한 안압하강 정도가 유의한 연관을 보였는데, 술 후 섬유주절제술로 형성된 누공을 통해 앞방수가 유출되면서 안압이 하강하고, 안압하강과 동반되어 앞방의 깊이, 안축장, 각막곡률의 변동이 생길 수 있다. 이러한 변화는 술 전 굴절력의 예측에 영향을 준다고 알려져 있으며, 앞방수 유출이 활발하여 안압하강 정도가 클수록 안축장이나 앞방깊이에 더 큰 영향을 미쳐 술 전 예측한 굴절력에 오차가 발생한 것으로 생각된다.^{8,9,22}

Dietze et al²⁵은 섬유주절제술 후 각막지형도의 변화로 난시가 유발됨을 보고한 바 있으며, Kook et al²⁶은 섬유주절제술 후 직난시로의 변화 경향을 보고하였다. 섬유주절제술 후 난시가 유발되는 이유에 대해서는 많은 가정이 있는데, Cunliffe et al²⁷이 내측 공막절개부위에 연한 각막 가장자리가 함몰되어 각막의 수직 직경이 줄어든다고 하였으며, Hugkulstone²⁸이 내측 공막절개 후 공막편을 봉합하는 과정에서 난시가 유발된다고 하였다. 본 연구에서는 병합수술군에서 백내장수술군에 비해 수술 후 난시가 유의하게 크게 나타나는 것을 확인하였으며, 이는 섬유주절제술로 인한 각막지형도의 변화로 유발된 난시의 영향으로 여겨진다. 그러나 난시 변화량을 직난시와 도난시로 구분하여 방향성을 고려하지 않고 절대적인 양만을 비교하여 실제 난시 변화의 경향은 분석하지 못하였다.

본 연구는 후향적으로 설계되었기 때문에 수술 후 앞방

깊이나 안축장 등의 자료 부족으로, 실제 수술 전후 생체계측인자들에 어떠한 변화가 있었고 이것이 수술 후 굴절력 예측에 어떠한 영향을 미쳤는지 정확한 비교가 불가능하였다. 또한 환자군의 수가 많지 않다는 점도 한계로 들 수 있다. 그러나 본 연구는 국내에서 개방각녹내장 환자만을 대상으로 병합수술 후 굴절력 예측의 정확성 및 오차에 영향을 미치는 요인에 대해 분석한 최초의 연구라는 데 의의가 있다.

결론적으로 섬유주절제술과 함께 백내장수술 병합수술을 시행하는 경우, 백내장수술을 단독으로 시행하는 경우에 비하여 술 후 예측굴절력의 정확성이 떨어지므로 이를 고려하여 인공수정체 도수를 결정하여야 한다. 술 전 앞방깊이가 얇고 술 후 안압 변동이 많을수록 굴절력 오차가 커지므로 술 후 큰 안압 변동이 예측되는 눈에서 수술을 계획할 때에 주의를 기울여야 하겠다. 정확한 굴절력 예측을 위해 추후 더 큰 환자군을 대상으로 수술 전후 생체계측인자를 포함한 장기간의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Leske MC, Wu SY, Nemesure B, et al. Risk factors for incident nuclear opacities. *Ophthalmology* 2002;109:1303-8.
- 2) Hylton C, Congdon N, Friedman D, et al. Cataract after glaucoma filtration surgery. *Am J Ophthalmol* 2003;135:231-2.
- 3) McCartney DL, Memmen JE, Stark WJ, et al. The efficacy and safety of combined trabeculectomy, cataract extraction, and intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 1988;95:754-63.
- 4) Krupin T, Feitl ME, Bishop KI. Postoperative intraocular pressure rise in open-angle glaucoma patients after cataract or combined cataract-filtration surgery. *Ophthalmology* 1989;96:579-84.
- 5) Edwards RS. Trabeculectomy combined with cataract extraction: a follow-up study. *Br J Ophthalmol* 1980;64:720-4.
- 6) Allan BD, Barrett GD. Combined small incision phacoemulsification and trabeculectomy. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:97-102.
- 7) Shin DH, Iskander NG, Ahee JA, et al. Long-term filtration and visual field outcomes after primary glaucoma triple procedure with and without mitomycin-C. *Ophthalmology* 2002;109:1607-11.
- 8) Husain R, Li W, Gazzard G, et al. Longitudinal changes in anterior chamber depth and axial length in Asian subjects after trabeculectomy surgery. *Br J Ophthalmol* 2013;97:852-6.
- 9) Claridge KG, Galbraith JK, Karmel V, Bates AK. The effect of trabeculectomy on refraction, keratometry and corneal topography. *Eye (Lond)* 1995;9(Pt 3):292-8.
- 10) Kara N, Baz O, Altan C, et al. Changes in choroidal thickness, axial length, and ocular perfusion pressure accompanying successful glaucoma filtration surgery. *Eye (Lond)* 2013;27:940-5.
- 11) Vaideanu D, Mandal K, Hildreth A, et al. Visual and refractive outcome of one-site phacotrabeculectomy compared with temporal approach phacoemulsification. *Clin Ophthalmol* 2008;2:569-74.
- 12) Tzu JH, Shah CT, Galor A, et al. Refractive outcomes of combined cataract and glaucoma surgery. *J Glaucoma* 2015;24:161-4.

- 13) Rasmussen CA, Kaufman PL. Primate glaucoma models. *J Glaucoma* 2005;14:311-4.
- 14) Tham CC, Kwong YY, Leung DY, et al. Phacoemulsification vs phacotrabeculectomy in chronic angle-closure glaucoma with cataract: complications [corrected]. *Arch Ophthalmol* 2010;128:303-11.
- 15) Lochhead J, Casson RJ, Salmon JF. Long term effect on intraocular pressure of phacotrabeculectomy compared to trabeculectomy. *Br J Ophthalmol* 2003;87:850-2.
- 16) Murthy SK, Damji KF, Pan Y, Hodge WG. Trabeculectomy and phacotrabeculectomy, with mitomycin-C, show similar two-year target IOP outcomes. *Can J Ophthalmol* 2006;41:51-9.
- 17) Chang L, Thiagarajan M, Moseley M, et al. Intraocular pressure outcome in primary 5FU phacotrabeculectomies compared with 5FU trabeculectomies. *J Glaucoma* 2006;15:475-81.
- 18) Ong C, Nongpiur M, Peter L, Perera SA. Combined approach to phacoemulsification and trabeculectomy results in less ideal refractive outcomes compared with the sequential approach. *J Glaucoma* 2016;25:e873-8.
- 19) Martínez-Belló C, Rodríguez-Ares T, Pazos B, et al. Changes in anterior chamber depth and angle width after filtration surgery: a quantitative study using ultrasound biomicroscopy. *J Glaucoma* 2000;9:51-5.
- 20) Francis BA, Wang M, Lei H, et al. Changes in axial length following trabeculectomy and glaucoma drainage device surgery. *Br J Ophthalmol* 2005;89:17-20.
- 21) Uretmen O, Ateş H, Andaç K, Deli B. Axial length changes accompanying successful nonpenetrating glaucoma filtration surgery. *Ophthalmologica* 2003;217:199-203.
- 22) Cashwell LF, Martin CA. Axial length decrease accompanying successful glaucoma filtration surgery. *Ophthalmology* 1999;106:2307-11.
- 23) Lee YE, Choi KR, Jun RM. Accuracy of intraocular lens power calculations according to the formulas and anterior chamber depth in short eyes. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:1338-44.
- 24) Maeng HS, Ryu EH, Chung TY, Chung ES. Effects of anterior chamber depth and axial length on refractive error after intraocular lens implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2010;51:195-202.
- 25) Dietze PJ, Oram O, Kohnen T, et al. Visual function following trabeculectomy: effect on corneal topography and contrast sensitivity. *J Glaucoma* 1997;6:99-103.
- 26) Kook MS, Kim HB, Lee SU. Short-term effect of mitomycin-C augmented trabeculectomy on axial length and corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:518-23.
- 27) Cunliffe IA, Dapling RB, West J, Longstaff S. A prospective study examining the changes in factors that affect visual acuity following trabeculectomy. *Eye (Lond)* 1992;6 (Pt 6):618-22.
- 28) Hugkulstone CE. Changes in keratometry following trabeculectomy. *Br J Ophthalmol* 1991;75:217-8.

= 국문초록 =

섬유주절제술과 백내장 병합수술 후 굴절력 오차의 분석

목적: 원발개방각녹내장 환자에서 섬유주절제술과 백내장수술을 동시에 시행하는 경우 술 후 예측 굴절력의 정확성을 분석하고, 굴절력 오차에 영향을 미치는 요소에 대해 알아보고자 한다.

대상과 방법: 섬유주절제술과 백내장수술을 동시에 시행한 원발개방각녹내장 환자 27명을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 술 후 예측 굴절력과 실제 굴절력을 비교하였으며 평균예측오차와 평균절대예측오차를 계산하였다. 같은 시기에 백내장수술만 단독 시행한 나이와 성별이 짝지어지는 대조군과 굴절력 오차를 비교하였다. 또한 굴절력 오차에 영향을 미치는 환자의 수술 전 인자들에 대하여 통계학적으로 분석하였다.

결과: 술 후 평균예측오차는 섬유주절제술과 백내장수술의 병합수술군에서 $+0.02 \pm 0.92$ 디옵터, 대조군에서 -0.01 ± 0.45 디옵터로 유의한 차이는 없었다. 평균절대예측오차는 병합수술군에서 0.65 ± 0.64 디옵터, 대조군에서 0.35 ± 0.28 디옵터로, 술 후 난시는 병합수술군에서 -1.07 ± 0.65 디옵터, 대조군에서 -0.66 ± 0.48 디옵터로 병합수술군에서 유의하게 높았다($p=0.035$, $p=0.020$). 술 전 앞방깊이, 술 후 안압 변화가 부정확한 평균절대예측오차와 유의한 연관성을 보였다.

결론: 원발개방각녹내장 환자에서 섬유주절제술과 백내장수술을 동시에 시행하는 경우 술 후 예측 굴절력의 정확성이 떨어지고, 더 큰 난시를 유발하는 것으로 나타났다. 술 전 얇은 앞방깊이, 술 후 큰 안압 변화가 굴절력 오차를 증가시키므로 이를 고려하여야 하겠다. <대한안과학회지 2018;59(12):1173-1180>

이준석 / Jun Seok Lee

제일안과병원
Cheil Eye Hospital

