

## 개방각녹내장 환자에서 수정체유화술 시 안압하강에 영향을 미치는 인자 분석

### The Effect of Intraoperative Factors on Intraocular Pressure Reduction after Phacoemulsification in Open-angle Glaucoma

박율리<sup>1</sup> · 문정일<sup>2</sup> · 조경진<sup>1</sup>

Yuli Park, MD<sup>1</sup>, Jung Il Moon, MD, PhD<sup>2</sup>, Kyong Jin Cho, MD, PhD<sup>1</sup>

단국대학교 의과대학 단국대학교병원 안과학교실<sup>1</sup>, 가톨릭대학교 의과대학 여의도성모병원 안과학교실<sup>2</sup>

Department of Ophthalmology, Dankook University Hospital, Dankook University College of Medicine<sup>1</sup>, Cheonan, Korea  
Department of Ophthalmology, Yeouido St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea<sup>2</sup>, Seoul, Korea

**Purpose:** To identify independent predictors of long-term postoperative intraocular pressure (IOP) reduction after phacoemulsification in patients with primary open-angle glaucoma (POAG).

**Methods:** This was a retrospective review of 145 eyes with open-angle glaucoma (OAG) who were followed up for more than 3 years after uncomplicated phacoemulsification cataract surgeries. Demographic, clinical, biometric, and intraoperative variables such as IOP, refractive errors, anterior chamber depth, axial length, relative lens position (RLP), and phacoemulsification parameters such as phaco time, cumulative dissipated energy (CDE), and balanced salt solution volume were evaluated at 6, 12, 24, and 36 months after surgery. Univariate and multivariate linear regression were used to analyze the relationship between these variables and the postoperative IOP.

**Results:** There was a statistically significant average postoperative IOP reduction at 6, 12, 24, and 36 months of  $-1.9 \pm 2.9$ ,  $-1.6 \pm 2.8$ ,  $-1.4 \pm 3.1$ , and  $-1.2 \pm 2.7$  mmHg, respectively ( $p < 0.01$ ). Higher preoperative IOP ( $p < 0.001$ ), a more relative anterior lens position ( $p < 0.001$ ), shorter phaco time ( $p < 0.05$ ), and higher CDE ( $p < 0.05$ ) were significantly associated with a greater postoperative decrease in IOP using univariate analyses. Using multivariate analyses, preoperative IOP ( $p < 0.01$ ), lens position ( $p = 0.04$ ), and phaco time ( $p = 0.04$ ) were associated with greater postoperative IOP reduction at 3 years.

**Conclusions:** Higher preoperative IOP was associated with a greater IOP-lowering effect after phacoemulsification in OAG patients. Phaco time and anterior RLP were independently associated with IOP reduction after adjusting for age and preoperative IOP. These findings have important implications when considering combined cataract extraction and filtration surgery for POAG patients.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(10):930-937

**Keywords:** Cataract, Intraocular pressure, Open-angle glaucoma, Phacoemulsification

■ Received: 2018. 4. 26. ■ Revised: 2018. 7. 4.

■ Accepted: 2018. 9. 28.

■ Address reprint requests to **Kyong Jin Cho, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Dankook University Hospital,  
#201 Manghyang-ro, Dongnam-gu, Cheonan 31116, Korea  
Tel: 82-41-550-6497, Fax: 82-41-556-0524  
E-mail: perfecture@hanmail.net

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

녹내장은 시신경의 비가역적인 손상을 일으키는 질환으로 초기에 발견하여 적절히 치료하지 않으면 영구적인 시야결손을 남기고, 실명시킬 수 있는 질환이다.<sup>1</sup> 백내장이 진행하면 녹내장 환자에서 시력을 떨어뜨리고, 시야결손의 변화를 해석하는데 어려움을 만들어 수술을 요하게 된다. 수정체유화술을 이용한 백내장수술은 술 후 안압하강을 보인다고 알려져 있다.<sup>1-6</sup> 정상안에서 수술 후 1년째 1.3-2.05 mmHg,

일차 개방각녹내장안에서는 수술 후 3년째 1.8-3.3 mmHg의 안압하강이 보고되었다.<sup>4</sup> 안압을 하강시키는 정확한 기전은 밝혀지지 않았지만 몇 가지 가설이 대두되고 있다. 자유 라디칼의 생성이나 부분적인 섬모체 박리로 인한 방수의 저생성,<sup>4</sup> 깊어진 전방으로 공막 돌기의 후방 당김으로 인한 섬유주를 통한 배출로의 향상,<sup>7</sup> 프로스타글란딘의 합성 증가로 인한 포도막공막 유출로의 증가,<sup>7</sup> 초음파유화술 시 발생하는 초음파 진동으로 인한 리모델링<sup>8-10</sup> 등의 기전을 통해 초음파유화술 후 안압이 하강한다고 생각되고 있다. 술 후 안압하강과 연관 가능성을 보이는 여러 인자에 대해 연구되어 왔으나 상반된 결과를 보이는 경우가 많았다. 한 예로 술 전 전방 깊이에 대한 연구에서 Issa et al<sup>11</sup>은 술 전 전방 깊이와 술 후 안압하강은 역함수 관계를 보인다고 하였으나, 두 전향적 연구 결과에 의하면 술 전 전방 깊이나 술 후 깊어진 전방 깊이는 술 후 안압하강과 연관성을 보이지 않았다고 하였다.<sup>12,13</sup> 이와 같은 상반된 결과는 수정체 두께나 안축장과 술 후 안압하강과의 연관성에 대한 연구 결과에서도 나타났다.<sup>4,7</sup>

원발개방각녹내장 환자에서 초음파유화술 후 안압하강의 여부를 임상적 인자를 바탕으로 술 전 예측할 수 있다면 수술 방법을 결정할 때 도움이 될 것이다. 하지만 한국인의 원발개방각녹내장 안에서 수정체유화술을 통한 백내장수술 후 장기간의 안압하강 효과에 대한 연구 결과는 없어 이에 본 연구에서는 한국인의 개방각녹내장 안에서 초음파유화술을 통한 백내장수술 후 안압에 영향을 줄 수 있는 술 중 인자 및 이외 임상적인 예측인자에 대해 알아보려고 하였다.

## 대상과 방법

원발개방각녹내장으로 진단된 환자 중 2012년 1월부터 2017년 12월까지 단일 술자에게 초음파유화술을 통한 백내장수술을 시행받고 술 후 3년 이상 추적관찰된 145명, 145안을 대상으로 후향적 의무기록 분석을 시행하였다. 본 연구는 가톨릭중앙의료원 임상시험위원회(Institutional Review Board)로부터 승인을 받았으며 헬싱키선언을 준수하였다. 한 환자마다 단안만을 연구하였고, 양안을 수술 받은 경우 처음 수술 받은 안을 연구에 포함시켰으며 특히 합병증 없이 투명각막절개와 초음파유화술을 이용한 백내장수술을 받은 안을 연구대상으로 하였다. 모든 대상 환자는 수술 전과 수술 후 3년까지 나이, 성별, 안과 진단명, 시력, 안압, 굴절력, 사용중인 안과 약제의 종류 및 개수, 세극등검사, 전방 깊이, 안축장, 각막두께검사, 안저검사, 시야검사, 녹내장 수술을 비롯한 안과적 수술 여부 및 전신 질환을 조사

하였다. 이상의 병력 조사와 검사에서 원발개방각녹내장 외에 녹내장(거짓비늘녹내장, 색소녹내장, 포도막염에 의한 녹내장, 스테로이드 유발 녹내장, 외상녹내장, 신생혈관녹내장)은 제외하였으며, 안외상 및 안 내 수술 과거력이 있는 환자, 초음파유화술을 통한 백내장수술과 다른 안과 수술을 함께 받은 경우, 레이저섬유주성형술 등의 레이저를 받은 경우, 녹내장 외 안압, 시력, 또는 시야에 영향을 끼칠 만한 안과적 질환이 있는 경우, 의무기록이 완벽히 작성되어 있지 않은 경우는 연구 대상에서 제외하였다. 176안 중 수술 전후 안압하강제가 바뀐 31안은 잠재적 혼동 인자로 작용할 수 있어 연구에서 제외하였다.

모든 환자는 술 전 시력검사, 굴절검사, 골드만 압평안압계를 이용한 안압검사, 세극등을 이용한 전안부검사 및 안저검사를 시행하였다. 술 전 정확한 기저 안압을 측정하기 위해 초음파유화술 시행 1년 전부터 수술 바로 전까지 시행한 3번의 안압을 평균 내어 분석하였다. 또한 백내장수술 전 검사로 각막곡률, 안축장, 전방 깊이를 IOL master<sup>®</sup> (Carl Zeiss, Jena, Germany)를 이용하여 측정하였고 수정체 두께는 Pentacam<sup>®</sup> (Oculus, Wetzlar, Germany)을 이용하여 수정체의 전방과 후방 사이의 거리를 측정하였다. 안축장에 대한 상대적인 수정체 위치를 의미하는 상대적인 수정체 위치(relative lens position, RLP)는  $RLP = (0.5 \times \text{Lens thickness} + \text{Anterior chamber depth}) / \text{Axial length}$ 을 이용하여 계산하였고,<sup>1</sup> 이는 RLP 값이 작을수록 수정체가 좀 더 앞쪽으로 위치함을 나타낸다.

녹내장의 진단은 2인의 녹내장 전문의에 의해 이루어졌으며, 골드만 압평안압계를 이용한 안압 측정, 전방각 검사, 시신경유두 촬영, Cirrus OCT (Carl zeiss, Jena, Germany)를 이용한 빛간섭 시신경 단층촬영, 망막신경섬유층 촬영과 표준자동시야검사(Humphrey Instruments, Central 24-2 SITA standard strategy)를 이용하여 진단하였다. 녹내장성 시야 결손은 glaucoma hemifield test상 이상 소견(outside normal limit)이 나타나거나 Anderson's criteria를 만족하게 하는 시야결손이 두 번의 연속적인 검사에서 재현될 때로 정의하였다.<sup>7</sup>

백내장수술은 숙련된 단일 술자에 의해 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine<sup>®</sup>, Alcon, Puurs, Belgium)를 이용한 점안 마취 후 2.2 mm의 투명 각막절개술과 Infiniti Vision System<sup>®</sup> (Alcon, Puurs, Belgium)을 이용하여 수정체 유화술 시행 후 인공수정체를 삽입하는 방법으로 이루어졌다. 술 후 1주일 동안 1% Prednisolone acetate 점안액(PredForte<sup>®</sup>, Allergan, Irvine, CA, USA)과 0.5% Moxifloxacin 점안액(Vigamox<sup>®</sup>, Alcon, Puurs, Belgium)을 하루 4회 점안하고, 그 이후에는 점진적으로 줄여나갔다. 수술 중 인자로는 초

음파유화술 시간, 누적소비에너지(cumulative dissipated energy, CDE), balanced salt solution (BSS) 사용량 등을 분석하였다. CDE는 평균 초음파 출력과 초음파 사용시간을 곱한 값과, 회전진동크기(torsional amplitude)와 회전진동시간(torsional time)을 곱하고 0.4의 계수를 곱한 값을 더하여 계산되었다(average phacoemulsification power  $\times$  phacoemulsification time + torsional amplitude  $\times$  torsional time  $\times$  0.4).

수술 후 3년까지 시력 및 골드만 압평안압계를 이용한 안압, 세극등검사, 안저검사를 시행하였다. 추적관찰 기간 중 녹내장 이외의 시력 또는 안압에 영향을 끼칠 만한 질환이 추가로 발생한 경우는 연구 대상에서 제외하였다. 수술 후 6, 12, 24, 그리고 36개월째의 안압을 통계학적 분석에 이용하였으며, 술 전 평균 안압으로부터 수술 후 절대적인 안압 변화량은 다음과 같이 정의하였다.

술 전 평균안압으로부터 수술 후 절대적인 안압 변화량 (mmHg) = 술 후 안압-평균 술 전 안압

또한, 기저 안압에서 상대적인 안압 변화의 정도는 다음과 같이 계산하였다.

술 후 안압 변화의 퍼센트량=(술 후 안압-술 전 평균 안압)/술 전 평균 안압 $\times$ 100%

**Table 1.** Baseline demographic, clinical, biometric, and intraoperative characteristics of the subjects

Clinical parameters	Patient characteristics
Age (years)	73.6 $\pm$ 12.4
Sex (male/female)	76/69
Diabetes (n, %)	71 (49)
Hypertension (n, %)	82 (56.6)
Glaucoma medication (n)	1.62 $\pm$ 0.38
Nuclear sclerosis grade >3+ (n, %)	95 (65.5)
Anterior chamber depth (mm)	3.0 $\pm$ 0.4
Central corneal thickness ( $\mu$ m)	534.6 $\pm$ 37.9
Lens thickness (mm)	4.82 $\pm$ 0.36
Axial length (mm)	24.5 $\pm$ 1.8
Spherical equivalent (D)	-1.37 $\pm$ 2.51
Average keratometry (D)	44.41 $\pm$ 2.03
Relative lens position	0.29 $\pm$ 0.07
Phaco time (second)	13.94 $\pm$ 4.62
Cumulative dissipated energy	3.41 $\pm$ 2.03
Total used BSS volume (mL)	58.72 $\pm$ 19.38
Mean preoperative IOP (mmHg)	17.4 $\pm$ 3.5

Values are presented as mean  $\pm$  SD or n (%) unless otherwise indicated.

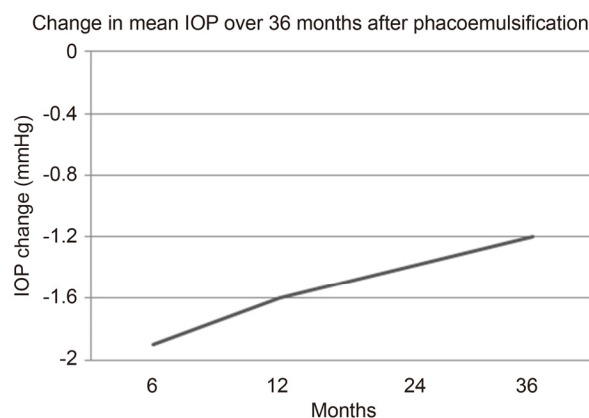
D = diopter; BSS = balanced salt solution; IOP = intraocular pressure.

술 후 안압하강은 평균 술 후 안압이 평균 술 전 안압보다 낮은 것으로 정의하였고, 술 후 안압하강은 각 시기에 20% 이상의 안압하강을 보인 그룹과 그 이하의 안압하강을 보인 그룹으로 나누어 분석하였다. 술 전 안압과 술 후 각각의 안압은 repeated measures analysis of variance (ANOVA)를 통해 비교하였고, 안압하강에 영향을 줄 수 있는 나이, 술 중 인자 등은 단변량 선형 회귀 분석을 이용하여 분석하였으며, 성별 등은 Student's *t*-test를 이용하였다. 회귀 분석을 통해 나이를 보정한 두 다변량 모델을 만들었고, 안압에 영향을 미치는 인자들과 안압과의 관계를 다중 회귀분석을 통해 분석하였다. 또한 술 전 안압이 술 후 경과에 영향을 주는지 알아보기 위해 평균 술 전 안압의 50 백분위수를 기준으로 구분하고, 그 안압 차이를 분석하였다. 통계적 분석은 SPSS® (version 21.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하였으며, *p*값이 0.05 이하인 경우 통계적으로 의미 있는 차이로 간주하였다.

## 결 과

총 145명의 145안을 대상으로 하였고, 이 중 남자는 76 (52.4%), 여자는 69 (47.6%)명이었으며, 백내장수술 시 환자의 평균 나이는 73.6  $\pm$  12.4세였다. 술 전 녹내장 약제 개수는 1.62  $\pm$  0.38개였으며, 대상 환자의 평균 추적관찰 기간은 약 40.6  $\pm$  3.3개월이었다(Table 1).

환자들의 평균 술 전 안압은 17.4  $\pm$  3.5 mmHg (11.0-25.0 mmHg)이었고 술 전 평균 전방깊이는 3.0  $\pm$  0.4 mm (2.6-3.9 mm)이었다. 백내장수술 후 6, 12, 24, 그리고 36개월째 평균 안압하강 정도는 각각 -1.9  $\pm$  2.9, -1.6  $\pm$  2.8, -1.4  $\pm$  3.1, 그리고 -1.2  $\pm$  2.7 mmHg였으며, 모든 경과관찰 기간



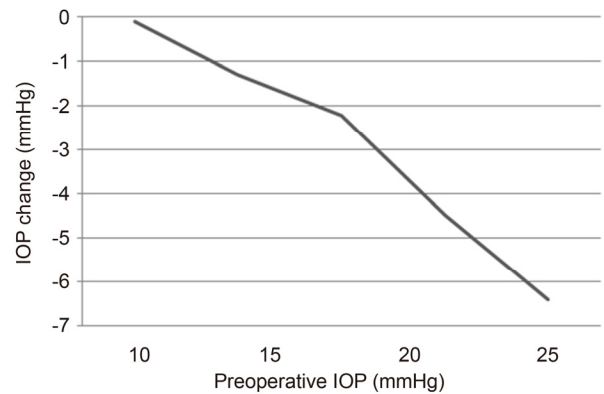
**Figure 1.** Change in mean intraocular pressure (IOP) over 36 months after phacoemulsification. The mean postoperative IOP was significantly lower than preoperative IOP during the follow-up period.

중 술 후 평균 안압은 술 전 평균 안압보다 통계적으로 유의하게 낮았다( $p<0.01$ ) (Fig. 1). 성별이나 나이에 따른 안압하강의 차이는 보이지 않았다.

Table 2에서 단변량 분석을 통하여 술 후 24 및 36개월의 평균 술 후 안압과 각 인자들과의 연관성을 나타내었다. 임상적 인자로는 높은 술 전 안압, 상대적으로 앞쪽으로의 수정체 위치, 긴 초음파 시간, 큰 누적소비에너지가 통계적으로 유의하게 술 후 안압하강과 연관성을 보였다. 먼저 높은 술 전 안압이 통계적으로 유의하게 술 후 안압하강과 연관되어 있었다(술 후 36개월째 피어슨 상관계수  $r=-0.67$ ,  $r^2=0.45$ ) (Fig. 2). 술 후 36개월째 평균 술 전 안압이 50 백분위수보다 낮은 환자들(72명)의 경우 술 후 평균 0.2 mmHg의 안압하강을 보인 반면, 평균 술 전 안압이 50 백분위수보다 높은 환자들(73명)의 경우 술 후 평균 2.8 mmHg의 안압하강을 보였다( $p<0.01$ ). 즉, 술 전 안압이 높았던 환자일수록 술 전 안압이 낮았던 환자들보다 술 후 더 큰 안압하강을 보였다. 수정체 위치가 상대적으로 앞쪽으로 위치할수록 술 후 36개월째 술 후 안압하강 효과가 컸다(술 후 36개월째 피어슨 상관계수  $r=0.29$ ,  $r^2=0.09$ ). 초음파유화술 시간이 길수록 술 후 12, 24, 그리고 36개월째 더 큰 안압하강을 보였다(술 후 36개월째 피어슨 상관계수  $r=-0.37$ ,  $r^2=0.14$ ). 또한 누적소비에너지가 클수록 술 후 36개월째 술 후 안압하강 효과가 컸다(술 후 36개월째 피어슨 상관계수  $r=-0.18$ ,  $r^2=0.07$ ). 술 전과 술 후 사용했던 녹내장 점안약의 종류 및 개수는 변하지 않았으며, 굴절값, 중심각

막두께, 안축장, 전방 깊이는 술 후 안압하강과 연관성을 보이지 않았다.

술 후 6, 12, 24, 그리고 36개월째 초음파유화술 시간이 술 후 안압하강과 유의하게 연관성을 보였다(술 후 36개월째  $p=0.04$ ). 다변량 분석상 술 후 안압하강이 20% 이상인 그룹에서는 술 전 안압이 연관성을 보였으며(술 후 36개월째  $p<0.01$ ), 상대적 수정체 위치와 초음파유화술 시간도 유의한 연관성을 보였다(술 후 36개월째 각각  $p=0.04$ ,  $0.03$ ) (Table 3). 초음파유화술 시간은 백내장이 심할수록(핵경화 등급 3+ 이상  $p=0.02$ ), 환자의 나이가 많을수록( $p=0.03$ ), 그



**Figure 2.** Association of amount of change in intraocular pressure (IOP) after phacoemulsification and preoperative IOP. High preoperative IOP was significantly associated with postoperative IOP reduction.

**Table 2.** Univariate predictors of the change in mean postoperative IOP through 36 months with clinical, biometric, and intraoperative parameters

Clinical, biometric, intraoperative predictors	$r^2$ (24 months)	$p$ -values (24 months)	$r^2$ (36 months)	$p$ -values (36 months)
Categorical variables				
Sex		0.57		0.64
Diabetes		0.62		0.43
Hypertension		0.83		0.59
Nucleosclerosis grade >3+		0.49		0.28
Continuous variables				
Age	0.02	0.07	0.03	0.13
Preoperative IOP (mmHg)	0.41	<0.001	0.45	<0.001
Anterior chamber depth (mm)	0.02	0.09	0.02	0.08
Central corneal thickness ( $\mu$ m)	0.01	0.62	0.01	0.83
Lens thickness (mm)	0.01	0.38	0.01	0.64
Axial length (mm)	0.02	0.14	0.02	0.25
Relative lens position	0.09	0.02	0.09	0.04
Preoperative spherical equivalent (D)	0.01	0.57	0.01	0.73
Phaco time (second)	0.12	0.02	0.14	0.03
Cumulative dissipated energy	0.08	0.03	0.07	0.04
Total used BSS volume (mL)	0.02	0.28	0.01	0.19

IOP = intraocular pressure; D = diopter; BSS = balanced salt solution.

**Table 3.** Multivariate analysis of clinical predictors of postoperative IOP reduction

	<i>p</i> -value		
	12 months	24 months	36 months
Predictors associated with postoperative IOP reduction (1-36 months)			
Age	0.53	0.59	0.49
Preoperative IOP	<0.01	<0.01	<0.01
Relative lens position	0.03	0.04	0.04
Phaco time	0.03	0.03	0.04
Predictors associated with IOP reduction of 20% or greater (1-36 months)			
Age	0.33	0.25	0.46
Preoperative IOP	<0.01	<0.01	<0.01
Relative lens position	0.04	0.04	0.04
Phaco time	0.02	0.03	0.03

IOP = intraocular pressure.

리고 수술 시간이 길수록( $p=0.01$ ) 통계적으로 유의하게 길었지만, 안축장과 상대적 수정체 위치와는 연관성을 보이지 않았다.

## 고 찰

녹내장 환자에서 백내장수술로 시력개선, 안압의 조절, 그리고 시야검사 지표의 호전을 보일 수 있고, 대부분의 연구에서 개방각녹내장 환자와 폐쇄각녹내장 환자 모두 백내장수술 후 안압의 유의한 하강이 있고, 시야검사의 mean deviation이 백내장수술 전보다 호전된다고 보고되어 있다.<sup>14-18</sup> 그렇지만 백내장수술 중의 인자 중 이에 영향을 미치는 위험인자에 대해서는 현재까지 알려진 바가 많지 않고, 특히 한국인에서 장기적으로 연구한 결과는 없었다.

수정체유화술의 여러 인자들과 안압에 대한 이전 연구들은 상반된 결과를 보였다. Lee et al<sup>19</sup>은 수술 후 3개월째까지 CDE와 술 후 안압과의 연관성은 없다고 발표하였는데, 이는 정상안에서의 연구였으므로 녹내장 안을 대상으로 한 본 연구와는 차이가 있으며, 위의 연구는 술 후 3개월까지의 결과이지만, 본 연구에서는 술 후 3년까지의 연구로 더 장기간의 안압에 대해 분석해보았다. Damji et al<sup>20</sup>의 연구 결과 거짓비늘 증후군을 가진 환자에서 백내장수술 후 안압과 관류량과의 연관성을 보였으며, 평균 초음파유화술 시간이 길수록 안압하강이 더 있었다는 것을 보여주었다.

본 연구에서 백내장수술 후 6, 12, 24, 그리고 36개월째 평균 안압하강은 각각  $-1.9 \pm 2.9$ ,  $-1.6 \pm 2.8$ ,  $-1.4 \pm 3.1$ , 그리고  $-1.2 \pm 2.7$  mmHg였으며 모든 경과관찰 기간 중 술 후 평균 안압은 술 전 평균 안압보다 통계적으로 유의하게 낮았다( $p<0.01$ ). 본 연구 결과의 중요한 점은 수정체유화술

시간 및 누적소비에너지가 술 후 안압하강과 관련된 술 중 인자라는 점이다. 수정체유화술 후의 안압하강의 정확한 기전은 아직 밝혀지지 않았으나 전방각이 좁거나 전방 깊이가 얇은 환자에서는 수정체 적출이 전방각을 열리게 만들어 방수 유출로를 개선하였기 때문에 안압이 떨어지게 된다. 본 연구의 단변량 분석 결과 앞쪽으로의 RLP와 술 후 안압하강과의 유의한 연관성을 보여 앞의 설명을 뒷받침해주는 결과로 생각된다. 만일 본 연구에서는 좁은 전방각을 가진 환자들을 대상으로 하였다면 더 유의한 결과가 나왔을 가능성이 크다. 개방각녹내장 환자에서는 초음파 에너지가 섬유주에 레이저 섬유주성형술을 시행했을 때와 같은 영향을 미쳐 백내장수술 후 안압하강을 일으켰을 수 있다. 즉, 초음파유화술 시간이 길수록 초음파 에너지가 더 많이 발생하여 섬유주의 사이토키인을 활성화시켜 유출로에 영향을 주어 안압하강시켰을 수 있다. 이와 같은 기전은 Wang et al<sup>9</sup>에 의한 섬유주의 생체 외 실험에 의해 뒷받침되는데, 초음파 에너지가 섬유주 세포에 작용하여 인터루킨 1 $\alpha$ 를 분비시키고, 염증성 사이토키인인 인터루킨 1 $\alpha$ 가 단백질 분해효소를 발현시켜 세포의 기질을 분해시킴으로써 세포의 기질 전환을 증가시키고 방수 유출로를 개선시켜 안압을 하강시키는 것이다. 또한 낭외 수술에 비해 수정체유화술을 시행하였을 때가 장기적으로 더 긴 기간 동안 안압하강 효과를 보였다는 연구결과도 있다.<sup>21</sup> 하지만 술 후 시간이 지나면 염증이 사라지게 되어 술 후 장기간의 지났을 때 이러한 요소가 안압에 영향을 줄 가능성은 감소하게 될 것이다.

본 연구에서 임상적 인자인 전방 깊이, 안축장, 중심각막 두께, 그리고 굴절력은 술 후 안압하강과 연관성을 보이지 않았으나, 높은 술 전 안압이 통계적으로 유의하게 술 후

안압하강과 연관성을 보였다. 이전 연구에서도 백내장수술 후의 안압하강에 가장 연관성이 큰 인자는 높은 술 전 안압이었고 이는 본 연구 결과와도 일치한다.<sup>4,8</sup> 고안압 환자를 대상으로 한 연구에서도 이와 비슷한 결과를 보였는데, Ocular Hypertension Treatment Study에서 술 전 안압에 비례하여 백내장수술 후 안압하강을 보였다.<sup>22</sup> 이 환자들 중 술 전 안압이 25 mmHg 이상이었던 환자들이 평균 22.5%의 술 후 안압하강을 보였다. 술 후 안압하강을 보이는 이유에 대한 가능성 설명 중 하나는 술 전 저하된 방수 유출로를 가진 환자에서 백내장수술 후 방수 유출로가 호전되었기 때문이라는 가설을 생각해 볼 수 있다. 백내장수술 후 방수 유출로의 개선과 안압하강에 대한 메카니즘은 아직 명확하지 않지만, 가장 유명한 기전은 전방각이 넓어졌기 때문에 안압이 떨어졌다는 가설이다.<sup>23</sup> 평균적으로 백내장수술 후 폐쇄각녹내장에서 약 17°, 개방각녹내장에서 약 10°, 정상안에서도 약 13° 정도의 전방각이 넓어졌다고 연구된 결과가 있다.<sup>24</sup> Huang et al<sup>13</sup>의 연구상 전방각간 거리 (angle opening distance)가 0.1 mm 넓어지는 것은 백내장수술 후 폐쇄각녹내장에서 0.47 mmHg, 개방각녹내장에서 0.32 mmHg의 안압하강과 비슷한 결과를 보인다고 하였다. 폐쇄각녹내장에서는 두꺼워진 수정체를 제거하는 것이 동공 차단을 없애고 주변부 홍채와 섬유주와의 거리를 개선시켜 방수 유출을 증가시킴으로써 안압을 떨어뜨린다고 하지만 개방각녹내장에서는 이 기전이 모든 것을 설명할 수 없다. 저자들은 이에 대해 다음과 같은 기전을 생각해 보았다. 개방각녹내장에서 수정체를 제거하면 수정체 전방이 좀 더 후방에 위치하게 되고 이는 섬모체와 공막돌기로의 섬모체소대 긴장을 유발하게 될 것이다. 따라서 섬모체와 공막돌기가 후방으로 당겨짐으로서 설렘관을 열리게 하고 그 결과 방수가 원활히 빠져나가도록 하여 안압을 하강시킬 수 있을 것이다.

생체 외 연구에서 술 후 안압이 하강하는 기전의 가설을 뒷받침해줄 수 있는 연구 결과가 발표되었는데 그 연구에서는 수정체유화술 후 정도의 염증이 생기면 이 때 유리된 프로스타글란딘 F<sub>2</sub>가 방수유출을 증가시켰다.<sup>13</sup> Wang et al<sup>25</sup>은 녹내장안에서 섬유주세포 안에서만 활성화되어 산화스트레스에 대항하는 신호체계를 발견하였는데, 이는 인터루킨-1을 활성화시키는 것으로 시작하여 Endothelial leukocyte adhesion molecule 1 (ELAM-1)을 발현시킨다. 이전 연구에서도 쥐의 안구에서 인터루킨-1은 방수 유출을 증가시키는 결과를 보였는데,<sup>26</sup> 이는 높은 안압과 같은 스트레스가 가해졌을 때 단기간 동안은 보호 역할을 할 것으로 예측될 수 있겠으나 스트레스가 만성화 되었을 때는 활성산소가 섬유주에 비가역적인 세포 손상을 일으킬 수 있다.

방수유출을 증가시키는 다른 메카니즘은 레이저섬유주성형술을 통한 연구 결과에서 유추될 수 있다. Alvarado et al<sup>27</sup>은 레이저섬유주성형술 후 분비된 사이토카인과 단핵구가 설렘관의 내피세포의 투과도를 증가시키는 것을 발견했는데, 백내장수술 후 발생하는 염증으로 인해 분비되는 사이토카인도 이와 비슷한 작용을 보일 수 있다. Shazly et al<sup>28</sup>은 일차 개방각녹내장과 고안압증 환자의 수정체안과 위수정체안에서 레이저섬유주성형술 후 안압하강 정도를 비교하였는데, 레이저 후 2주째 수정체안에 비해 위수정체안에서 유의하게 안압하강 정도가 낮았다. 레이저섬유주성형술과 초음파유화술은 비슷한 기전으로 염증성 매개체를 통해 안압에 영향을 줄 가능성을 생각해볼 수 있다.

수정체유화술 시간이 길어지면 각막내피세포의 손실이 커지므로 본 연구에서는 각막내피세포에 손상을 주지 않을 정도의 안전한 범위 안에서 초음파유화술을 시행하였다. 이전 연구상 Brown-McLean syndrome에 대한 보고가 있었으나<sup>29</sup> 본 연구에서 술 후 시행한 검사상 각막부종은 관찰되지 않았고, 술 후 내피세포 기능부전에 빠진 경우는 없었다. 또한 관류액의 변동이 전방 확장을 일으키고 이로 인한 유리체의 일시적인 안압상승이 녹내장 환자에서 추가적인 손상을 줄 수 있는 요인이 될 가능성도 배제할 수 없기 때문에 많이 진행되어 있는 녹내장 환자에서는 무조건 수정체유화술 시간을 늘리는 것은 위험할 수 있다. 본 연구는 후향적 연구로 추후 더 큰 실험군과 대조군, 장기간의 추적 관찰, 전향적 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결론적으로 본 연구에서는 원발개방각녹내장 환자에서 높은 술 전 안압은 초음파유화술 후 더 큰 안압하강 효과를 보였고, 술 전 안압과 나이를 보정하였을 때 초음파유화술 시간과 앞쪽의 RLP가 안압하강과 연관성을 보였다. 이러한 결과는 녹내장삼중수술 등의 수술 방법을 결정하는 데 있어 도움을 줄 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- 1) Shin HC, Subrayan V, Tajunisah I. Changes in anterior chamber depth and intraocular pressure after phacoemulsification in eyes with occludable angles. J Cataract Refract Surg 2010;36:1289-95.
- 2) Pradhan S, Leffler CT, Wilkes M, Mahmood MA. Preoperative iris configuration and intraocular pressure after cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2012;38:117-23.
- 3) Poley BJ, Lindstrom RL, Samuelson TW. Long-term effects of phacoemulsification with intraocular lens implantation in normotensive and ocular hypertensive eyes. J Cataract Refract Surg 2008;34:735-42.
- 4) Poley BJ, Lindstrom RL, Samuelson TW, Schulze R Jr. Intraocular pressure reduction after phacoemulsification with intraocular lens implantation in glaucomatous and nonglaucomatous eyes: evalua-

- tion of a causal relationship between the natural lens and open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1946-55.
- 5) Guan H, Mick A, Porco T, Dolan BJ. Preoperative factors associated with IOP reduction after cataract surgery. *Optom Vis Sci* 2013;90:179-84.
- 6) Suzuki R, Kuroki S, Fujiwara N. Ten-year follow-up of intraocular pressure after phacoemulsification and aspiration with intraocular lens implantation performed by the same surgeon. *Ophthalmologica* 1997;211:79-83.
- 7) Shingleton BJ, Pasternack JJ, Hung JW, O'Donoghue MW. Three and five-year changes in intraocular pressures after clear corneal phacoemulsification in open-angle glaucoma patients, glaucoma suspects, and normal patients. *J Glaucoma* 2006;15:494-8.
- 8) Slabaugh MA, Chen PP. The effect of cataract extraction on intraocular pressure. *Curr Opin Ophthalmol* 2014;25:122-6.
- 9) Wang N, Chintala SK, Fini ME, Schuman JS. Ultrasound activates the TM ELAM-1/IL-1/NF-kappaB response: a potential mechanism for intraocular pressure reduction after phacoemulsification. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:1977-81.
- 10) Tumminia SJ, Mitton KP, Arora J, et al. Mechanical stretch alters the actin cytoskeletal network and signal transduction in human trabecular meshwork cells. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 1998;39:1361-71.
- 11) Issa SA, Pacheco J, Mahmood U, et al. A novel index for predicting intraocular pressure reduction following cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2005;89:543-6.
- 12) Bhallil S, Andalloussi IB, Chraibi F, et al. Changes in intraocular pressure after clear corneal phacoemulsification in normal patients. *Oman J Ophthalmol* 2009;2:111-3.
- 13) Huang G, Gonzalez E, Peng PH, et al. Anterior chamber depth, iridocorneal angle width, and intraocular pressure changes after phacoemulsification: narrow vs open iridocorneal angles. *Arch Ophthalmol* 2011;129:1283-90.
- 14) Jahn CE. Reduced intraocular pressure after phacoemulsification and posterior chamber intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1260-4.
- 15) Liu CJ, Cheng CY, Wu CW, et al. Factors predicting intraocular pressure control after phacoemulsification in angle-closure glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2006;124:1390-4.
- 16) Chen PP, Budenz DL. The effects of cataract extraction on the visual field of eyes with chronic open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1998;125:325-33.
- 17) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Influence of cataract surgery on automated perimetry in patients with glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2001;132:41-6.
- 18) Lam BL, Alward WL, Kolder HE. Effect of cataract on automated perimetry. *Ophthalmology* 1991;98:1066-70.
- 19) Lee RY, Chen RI, Kasuga T, et al. The effect of cumulative dissipated energy on changes in intraocular pressure after uncomplicated cataract surgery by phacoemulsification. *J Glaucoma* 2016;25:565-70.
- 20) Damji KF, Konstas AG, Liebmann JM, et al. Intraocular pressure following phacoemulsification in patients with and without exfoliation syndrome: a 2 year prospective study. *Br J Ophthalmol* 2006;90:1014-8.
- 21) Casson RJ, Riddell CE, Rahman R, et al. Long-term effect of cataract surgery on intraocular pressure after trabeculectomy: extracapsular extraction versus phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:2159-64.
- 22) Mansberger SL, Gordon MO, Jampel H, et al. Reduction in intraocular pressure after cataract extraction: the Ocular Hypertension Treatment Study. *Ophthalmology* 2012;119:1826-31.
- 23) Meyer MA, Savitt ML, Kopitas E. The effect of phacoemulsification on aqueous outflow facility. *Ophthalmology* 1997;104:1221-7.
- 24) Dooley I, Charalampidou S, Malik A, et al. Changes in intraocular pressure and anterior segment morphometry after uneventful phacoemulsification cataract surgery. *Eye (Lond)* 2010;24:519-26; quiz 527.
- 25) Wang N, Chintala SK, Fini ME, Schuman JS. Activation of a tissue-specific stress response in the aqueous outflow pathway of the eye defines the glaucoma disease phenotype. *Nat Med* 2001;7:304.
- 26) Kee C, Seo K. The effect of interleukin-1alpha on outflow facility in rat eyes. *J Glaucoma* 1997;6:246-9.
- 27) Alvarado JA, Katz LJ, Trivedi S, Shiferd AS. Monocyte modulation of aqueous outflow and recruitment to the trabecular meshwork following selective laser trabeculoplasty. *Arch Ophthalmol* 2010;128:731-7.
- 28) Shazly TA, Latina MA, Dagianis JJ, Chitturi S. Effect of prior cataract surgery on the long-term outcome of selective laser trabeculoplasty. *Clin Ophthalmol* 2011;5:377-80.
- 29) Tuft SJ, Kerr Muir M, Sherrard ES, Buckley RJ. Peripheral corneal oedema following cataract extraction (Brown-McLean syndrome). *Eye (Lond)* 1992;6 (Pt 5):502-5.

= 국문초록 =

## 개방각녹내장 환자에서 수정체유화술 시 안압하강에 영향을 미치는 인자 분석

**목적:** 원발개방각녹내장 환자에서 수정체 초음파유화술 시 안압하강에 영향을 미치는 인자에 대해 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 원발개방각녹내장 환자 중 초음파유화술 시행 후 3년 이상 경과한 145안을 대상으로 후향적 의무기록 분석을 시행하였다. 나이, 안압, 안축장, 전방 깊이, 수정체 위치, 굴절력, 초음파유화술 시간, 누적소비에너지, 평형염액 사용량 등을 술 후 6, 12, 24, 36개월째 비교 분석하였다. 단변량 및 다변량 회귀분석을 이용하여 위 인자들과 술 후 안압의 관계를 분석하였다.

**결과:** 술 후 6, 12, 24, 36개월에 각각 평균  $-1.9 \pm 2.9$ ,  $-1.6 \pm 2.8$ ,  $-1.4 \pm 3.1$ , 그리고  $-1.2 \pm 2.7$  mmHg의 통계적으로 유의한 안압하강을 보였다( $p < 0.01$ ). 단변량 회귀분석상 술 전 안압이 높을수록( $p < 0.001$ ), 술 전 수정체가 앞쪽으로 위치하였을수록( $p < 0.001$ ), 초음파유화술 시간이 길수록( $p < 0.05$ ), 누적소비에너지가 클수록( $p < 0.05$ ) 술 후 안압하강이 더 컸다. 다변량 회귀분석상 술 전 안압( $p < 0.01$ ), 수정체 위치( $p = 0.04$ ), 그리고 초음파유화술 시간( $p = 0.04$ )이 술 후 3년까지 안압하강과 연관이 있었다.

**결론:** 원발개방각녹내장 환자에서 높은 술 전 안압은 초음파유화술 후 더 큰 안압하강 효과를 보였고, 술 전 안압과 나이를 보정하였을 때 초음파유화술 시간과 앞쪽에서의 수정체 위치가 안압하강과 연관성을 보였다. 이는 개방각녹내장 환자에서 수정체 초음파유화술과 녹내장 수술의 동시 수술 여부의 결정에 있어 도움이 될 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2018;59(10):930-937〉

박율리 / Yuli Park

단국대학교 의과대학 단국대학교병원 안과학교실  
Department of Ophthalmology,  
Dankook University Hospital,  
College of Medicine, Dankook University

