

정상인과 녹내장 환자에서 수술 전 안구 계측치와 백내장 수술 후 안압 하강과의 관계

박수연 · 이마빈 · 안재홍

아주대학교 의과대학 안과학교실

목적: 정상군과 녹내장군에서 수술 전 인자가 백내장 수술 후 안압하강 정도를 예측하는데 도움이 되는지를 알아보고자 하였다.
대상과 방법: 정상군 30명, 개방각녹내장군 24명, 폐쇄각녹내장군 31명을 대상으로 수술 전과 수술 후 3개월의 안압을 측정하였다. 각군별로 수술 전 안압, 전방 깊이, 안축장 길이, 수술 전 안압을 전방 깊이로 나눈 Pressure/Depth ratio (PD ratio), 수술 전 안압을 안축장으로 나눈 Pressure/Length ratio (PL ratio)와 안압하강 정도와의 관계를 분석하였다.
결과: 안압하강 정도와 수술 전 안압은 세 군에서 모두 유의한 상관관계를 보였다($p < 0.001$). PD ratio는 개방각녹내장군에서만 안압하강 정도와 유의한 상관관계를 보였으나($p < 0.001$) PL ratio는 세 군 모두에서 유의한 상관관계를 보였고($p < 0.05$), 술 후 안압하강을 예측하는 데 PL ratio가 PD ratio보다 나은 민감도와 특이도를 보였다.
결론: PL ratio는 백내장수술 후 안압하강을 예측하는 데 유용한 지표이며, 다른 대상군에 비해 개방각녹내장군에서의 예측력이 더 좋은 경향을 보였다.
(대한안과학회지 2012;53(1):111-119)

백내장 수술 후 안압은 수술 전에 비해 의미 있게 하강된다는 여러 보고가 있었으며, 그 기전은 명확하지 않으나 백내장 수술 후 전방 깊이가 깊어지고 전방각이 넓어지므로 이로 인한 섬유주의 방수 배출이 증가하는 것이 수술 후 안압이 수술 전에 비해 떨어지는 이유로 생각되고 있다.¹⁻⁸ 백내장 수술 후 안압 하강의 정도는 보고자마다 다소 차이가 있으나, 녹내장의 동반 유, 무와 관계없이 수술 후 안압 감소가 관찰되며 개방각녹내장 환자와 폐쇄각녹내장 환자를 대상으로 한 연구에서 두 군 모두에서 백내장 수술 후 안압 감소를 보인다는 보고가 있었다.⁵⁻⁸ 수술 후 안압 하강 정도는 개방각녹내장 환자군에서 정상군보다 큰 경향을 보이고, 가성비늘막 증후군(pseudoexfoliation syndrome) 환자군에서 다른 두 군에 비해 안압 하강 정도가 가장 컸다는 보고도 있었다.^{9,10} 또한 개방각녹내장 환자에서는 백내장 수술 후 안압약의 사용이 유의하게 감소하였으며¹¹ 폐쇄각녹내장 환자에서 백내장 수술 후 전방 깊이가 정상인과 동일해지고 영구적으로 안압이 정상화되었다는 보고도 있었다.¹²

백내장이 동반된 녹내장 환자에서 백내장 수술만으로도 효과적인 안압 하강효과를 얻을 수 있지만 안압이 오히려 상승하는 경우도 있어 수술 전 안압이 약물치료로 잘 조절되며 녹내장성 시신경 손상이 심하지 않은 경우에만 백내장 단독 수술이 권장되고 있다.¹³ 그러므로 수술 전 안압이 잘 조절되는 녹내장 환자의 경우 백내장 수술 후 안압 하강 정도를 예측할 수 있다면 수술 계획을 세울 때 도움 받을 수 있다. 그러나 아직 어떠한 수술 전 지표가 수술 후 안압 하강 정도를 예측하는 데 도움이 되는 지에 대한 연구는 충분하지 않다.¹⁴ Issa et al¹⁵은 정상인에서 수술 전 안구 계측치 중 전방 깊이와 수술 전 안압이 수술 후 안압 하강 정도와 유의한 상관관계가 있으며 수술 전 안압을 수술 전 전방 깊이로 나눈 비율(pressure/depth ratio, PD ratio)이 수술 후 안압 하강 정도를 예측하는 데 유용하다고 발표하였다. 이후 Dooley et al¹⁴은 정상인에서 PD ratio의 유용성을 재확인하였으며 각막 두께에 대해 안압을 보정하여 대입한 PD ratio인 corrected pressure/depth ratio (CPD ratio)도 수술 후 안압 하강 정도를 예측하는 데 유용하다고 보고한 바 있다.

백내장 수술 후 안압 하강 정도가 녹내장의 유, 무 및 유형에 따라 다를 수 있듯이 PD ratio와 같은 안구 계측치를 고려한 지표를 이용하여 안압 하강 정도를 예측하는 데에도 정상군과 녹내장군에서 차이가 있을 가능성이 있다. 따라서 저자들은 본 연구에서 정상인과 안압이 잘 조절되고

■ 접수 일: 2011년 4월 21일 ■ 심사통과일: 2011년 7월 20일
■ 게재허가일: 2011년 10월 28일

■ 책임저자 안재홍

수원시 영동구 월드컵로 164
아주대학교병원 안과
Tel: 031-219-5671, Fax: 031-219-5909
E-mail: chrisahn@ajou.ac.kr

있는 개방각녹내장 환자 그리고 폐쇄각녹내장 환자 세 군에서 백내장 수술 전 안압과 안축장, 전방 깊이, 수정체 두께 등의 수술 전 인자가 수술 후 안압 하강 정도를 예측하는 데 도움이 되는 지를 알아보려고 하였으며 각 군에서 PD ratio 등 안구 계측치를 고려한 지표는 안압 하강 정도를 예측하는 데 어떤 차이를 보이는 지 알아보려고 하였다.

대상과 방법

2008년에서 2010년 사이 본원 안과에서 단일 술자에게 백내장 수술을 받은 환자 315명을 대상으로 후향적 의무기록 분석을 하였으며, 그 중 기준에 해당되는 정상인 30명 30안, 개방각녹내장 환자(open-angle glaucoma, OAG) 24명 24안, 그리고 폐쇄각녹내장 환자(angle-closure glaucoma, ACG) 31명 31안, 총 85명 85안을 대상으로 연구를 시행하였다. 개방각녹내장은 특징적인 녹내장성 시신경 손상과 망막신경섬유층의 결손, 그리고 이에 상응하는 시야 결손이 있으며 전방각은 개방되어있고 시야 결손의 원인이 될만한 다른 이상이 없는 상태로 정의하였고 정상 안압 녹내장을 포함하였다. 녹내장성 시야 결손은 Anderson's criteria¹⁶에 부합하는 시야 결손이 두 번의 연속적인 검사에서 재현될 때로 정의하였다. 폐쇄각녹내장은 치료 전 안압이 22 mmHg 이상으로 상승되어 있으면서 전방각경 검사상 홍채와 섬유주의 접촉 혹은 유착이 관찰되고, 녹내장성 시신경 손상과 이에 상응하는 시야 결손이 있는 상태로 정의하였고 본 연구의 대상안은 모두 이전에 레이저 홍채 절개술을 시행 받았다. 수술 전후의 안압을 골드만 압평안압계(goldmann applanation tonometry, GAT)를 이용해 측정환자만을 대상으로 하였으며, 수술 전 안압이 21 이상인 경우 연구에서 제외하였고 이전에 안외상 및 안내 수술 과거력이 있는 환자, 스테로이드 계열 안약 점안자, 녹내장외 안압 또는 시력에 영향을 끼칠 만한 안질환을 동반한 경우는 대상에서 제외하였다. 또한 수술 후 사용 중인 안압 하강제의 개수가 늘거나 섬유주 절제술, 레이저 섬유주 성형술 등 안압에 영향을 미칠만한 처치 및 수술을 받은 환자는 연구 대상에서 제외하였다. 수술 과정에서 문제가 있었던 경우는 대상에서 제외하였으며 순차적으로 양안의 백내장 수술을 시행 받은 경우 먼저 수술을 시행 받은 1안을 선택하여 본 연구 대상에 포함시켰다.

수술 전 검사는 수술 전 3-8주 사이에 시행되었으며 최대 교정시력(best corrected visual acuity, BCVA)을 Snellen chart를 이용하여 측정된 후 Log MAR 시력으로 전환하였으며 GAT를 이용하여 수술 전 안압을 측정하였고 세극등을 이용한 전안부 검사 및 도상 검안경을 이용한 안저검사를

시행하였다. 접촉방식으로 A-scan 초음파(Ultrasonic A/B scanner and biometer UD-6000, TOMMY)를 이용하여 3회 측정된 전방깊이, 안축장 길이(axial length, AL), 수정체 두께(lens thickness, LT) 중 중간 값을 선택하였고 경면 현미경(Specular microscope SP-2000P, Topcon)을 이용하여 각막 두께를 측정하였다.

백내장 수술은 단일술자에 의해서 이루어졌으며 2.75 mm 각막 절개창을 이용한 통상적인 초음파 유타흡입술을 시행하였고 인공 수정체는 단일 형태의 아크릴 재질인 Akreos adapt Advanced Optics (Bausch & Lomb, 도시명, 주명 USA) 또는 AcrySof IQ SN60WF (Alcon Inc, 도시명, 주명 USA)를 후방 내 삽입하였다. 수술 후 2개월째 각각 굴절 검사를 이용한 현성 굴절률과 최대 교정시력을 측정하였고, 백내장 수술 후 사용하는 스테로이드계열 점안액을 중단한 뒤 최소 1달 이상 경과한 시점인 술 후 3개월째 GAT를 이용하여 수술 후 안압을 측정하였다. 세 군 사이에 수술 전 인자의 분포에 차이가 있는지를 카이제곱검정 및 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였고 유의한 차이를 보이는 경우 사후 검정(Tukey Post hoc test)을 시행하였다. 수술 전, 후 안압과 최대 교정시력, 안압 약 사용 개수에 변화가 있는 지 여부를 판단하기 위하여 paired sample t-test를 이용하여 분석하였다. 전방 깊이, 수정체 두께, 안축장, 각막두께 등의 수술 전 인자와 안압 하강 정도의 상관관계를 분석하기 위하여, 또한 PD ratio, 수술 전 안압을 안축장 길이로 나눈 pressure/length ratio (PL ratio) 지표와 수술 후 안압 하강 정도의 상관관계를 분석하기 위하여 pearson's correlation coefficient을 이용하였고 상관관계 분석 시 나이에 의한 영향은 배제하기 위하여 나이를 통제변수로 설정하였다. 그리고 PD ratio와 PL ratio가 수술 후 4 mmHg 이상의 안압 하강을 예측하는 데 얼마나 유용한 지 여부를 receiver operating characteristics (ROC) 곡선 아래 면적값(area under-receiver operating characteristics, AU-ROC)을 산출하여 분석하였으며, 통계는 SPSS 12.0을 이용하였다. 본 연구는 본원 임상시험위원회(Institutional Review Board)로부터 승인을 받았다.

결 과

최종적으로 연구 포함기준에 해당하는 정상인 30명 30안, 정상안압녹내장을 포함하는 개방각녹내장 환자(open angle glaucoma, OAG) 24명 24안, 그리고 폐쇄각녹내장 환자(angle closure glaucoma, ACG) 31명 31안 등, 총 85명 85안을 대상으로 결과 분석을 진행하였다. 평균 연령은 67세였으며, 정상군의 연령이 타 군에 비해 유의하게 낮았

다(one-way ANOVA with post hoc test: Normal-OAG, $p < 0.001$; Normal-ACG, $p < 0.001$; OAG-ACG, $p = 0.972$). 수술 전 후의 최대 교정시력, 수술 전 후 안압은 세 군 사이에 유의한 차이가 없었으며, 전체 환자의 평균 최대 교정시력(Log MAR)은 수술 전 0.71에서 수술 후 0.09로 유의한 시력 호전을 보였다($p < 0.001$). 안축장의 평균은 23.23 mm였으며 폐쇄각녹내장군의 안축장이 다른 두 군에 비해 짧았으며(one-way ANOVA with post hoc test: Normal-OAG, $p = 0.079$; Normal-ACG, $p = 0.013$; OAG-ACG, $p < 0.001$). 전방 깊이의 평균은 2.92 mm였고 폐쇄각녹내장군이 타 군에 비해 유의하게 얇았다(one-way ANOVA with post hoc test: Normal-OAG, $p = 0.997$; Normal-ACG, $p < 0.001$;

OAG-ACG, $p < 0.001$). 수정체의 두께는 평균 4.50 mm였으며 폐쇄각 녹내장군이 정상군에 비해 유의하게 두꺼웠다(one-way ANOVA with post hoc test: Normal-OAG, $p = 0.642$; Normal-ACG, $p = 0.006$; ACG-OAG, $p = 0.060$) (Table 1).

전체 환자의 수술 전, 후 평균 안압은 13.9 ± 3.0 mmHg, 11.2 ± 2.5 mmHg이었고 수술 후 안압 하강의 평균은 2.7 ± 2.9 mmHg으로 수술 전 대비 유의한 하락이 있었다($p < 0.001$). 각 군별 평균 안압 하강 정도는 정상군에서 2.6 mmHg, 개방각녹내장군에서 2.3 mmHg, 폐쇄각녹내장군에서 3.1 mmHg로 안압 하강 정도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p = 0.581$). 전체 환자에서 수술 전

Table 1. General characteristics of patients

Characteristic	All (n = 85)	Normal (n = 30)	OAG group (n = 24)	ACG group (n = 31)	Between 3 group comparison p-value*
Age (mean \pm SD, yr)	67.0 \pm 10.9	62.2 \pm 12.5	69.3 \pm 11.1	70.0 \pm 7.0	0.008
Male (n [%])	29 (34)	15 (50)	10 (42)	4 (13)	0.006
OD (n [%])	50 (59)	20 (67)	11 (46)	19 (61)	0.285
Preoperative BCVA (mean \pm SD, log MAR)	0.71 \pm 0.55	0.78 \pm 0.61	0.56 \pm 0.53	0.75 \pm 0.50	0.367
Postoperative BCVA (mean \pm SD, log MAR, [p-value]†)	0.09 \pm 0.15 (<0.001)†	0.05 \pm 0.14 (<0.001)†	0.04 \pm 0.07 (<0.001)†	0.16 \pm 0.18 (<0.001)†	0.060
AL (mean \pm SD, mm)	23.23 \pm 1.57	23.37 \pm 1.51	24.20 \pm 1.70	22.33 \pm 0.93	<0.001
ACD (mean \pm SD, mm)	2.92 \pm 0.65	3.17 \pm 0.58	3.19 \pm 0.36	2.46 \pm 0.64	<0.001
Lens thickness (mean \pm SD, mm)	4.50 \pm 0.67	4.25 \pm 0.58	4.41 \pm 0.55	4.81 \pm 0.74	0.003
Preoperative IOP (mean \pm SD, mm Hg)	13.9 \pm 3.0	13.4 \pm 2.1	13.6 \pm 3.4	14.7 \pm 3.3	0.135
Postoperative IOP (mean \pm SD, mm Hg)	11.2 \pm 2.5	10.6 \pm 2.1	11.4 \pm 2.2	11.6 \pm 2.9	0.251

Values are expressed as mean \pm SD, unless otherwise indicated.

OAG = open-angle glaucoma; ACG = angle-closure glaucoma; BCVA = best corrected visual acuity; log MAR = logarithm of the minimum angle of resolution that was converted from the decimal visual acuity; AL = axial length; ACD = anterior chamber depth; IOP = intraocular pressure; NA = not applicable.

*The difference of the value between groups was compared by one-way ANOVA and Chi-square test; †The difference of preoperative and postoperative BCVA was assessed by Student paired *t*-test.

Table 2. Changes of IOP and glaucoma medications after surgery

		Total (n = 85) (mean \pm SD)	Normal (n = 30) (mean \pm SD)	OAG (n = 24) (mean \pm SD)	ACG (n = 31) (mean \pm SD)	Between 3 group comparison p-value*
IOP, mm Hg	Preop IOP	13.9 \pm 3.0	13.4 \pm 2.1	13.6 \pm 3.4	14.7 \pm 3.3	0.135
	Postop IOP	11.2 \pm 2.5	10.6 \pm 2.1	11.4 \pm 2.2	11.6 \pm 2.9	0.251
	IOP change	2.7 \pm 2.9	2.6 \pm 1.9	2.3 \pm 3.5	3.1 \pm 3.3	0.581
	(p-value)†	(<0.001)†	(0.027)†	(0.009)†	(0.005)†	
The difference between OAG-ACG groups (p-value)‡						
No. of glaucoma medication	Preop	1.2 \pm 1.4	0	1.5 \pm 1.0	2.2 \pm 1.5	0.051
	Postop	0.9 \pm 1.1	0	1.2 \pm 0.9	1.5 \pm 1.3	0.257
	Change	0.3 \pm 0.6	0	0.3 \pm 0.6	0.7 \pm 0.7	0.030
	(p-value)†	(<0.001)†		(<0.001)†	(<0.001)†	

SD = standard deviation; OAG = open-angle glaucoma; ACG = angle-closure glaucoma; IOP = intraocular pressure; Preop = preoperative; Postop = postoperative; NA = not applicable.

*The difference of the value between 3 groups was compared by one-way ANOVA; †The difference of preoperative and postoperative value was assessed by paired sample *t*-test; ‡The difference of the number of glaucoma medication between OAG-ACG groups was assessed by independent sample *t*-test.

사용한 평균 안압 약의 수는 1.2개였으며 수술 후 0.9개로 통계학적으로 유의하게 감소하였다($p < 0.001$). 또한 수술 후 평균 0.3개의 안압 약 사용 수 감소를 보인 개방각녹내장 환자군에 비해 폐쇄각녹내장 환자군에서는 평균 0.7개의 안압 약 사용 수 감소를 보여 폐쇄각녹내장군에서 개방각녹내장군에 비해 수술 후 안압 약 감소 폭이 컸다($p = 0.030$) (Table 2).

수술 전, 후 안압 하강 정도는 세 군에서 모두 전방 깊이, 안축장 길이, 수정체 두께와 상관관계를 보이지 않았으나 수술 전 안압은 세 군 모두에서 안압 하강 정도와 유의한 양의 상관관계를 보였다(Total: $r = 0.657$, $p < 0.001$). 수술 후 안압하강 정도는 전체 환자 군에서 PD ratio ($r = 0.401$,

$p < 0.001$), PL ratio ($r = 0.656$, $p < 0.001$)와 유의한 양의 상관관계를 보였고, 개방각녹내장 환자군에서도 두 지표 모두 안압 하강 정도와 유의한 양의 상관관계를 보였으며 PL ratio ($r = 0.808$, $p < 0.001$)가 PD ratio ($r = 0.707$, $p < 0.001$)에 비해 더 높은 상관계수를 보여주었다. 정상군과 폐쇄각 녹내장군에서는 안압 하강 정도를 예측하는 데 PD ratio가 유의한 상관관계를 보이지 못한 반면, PL ratio (Normal: $r = 0.413$, $p = 0.026$)(ACG: $r = 0.603$, $p < 0.001$)는 안압 하강 정도와 유의한 양의 상관관계를 보였다(Table 3).

백내장 수술 후 4 mmHg 이상의 안압 하강을 보인 경우는 총 31안이었다. 백내장 수술 후 4 mmHg 이상 안압 하

Table 3. Correlation between preoperative factors and intraocular pressure change after cataract surgery in normal, OAG, ACG groups controlled for age

	Total		Normal		OAG		ACG	
	r*	p-value	r*	p-value	r*	p-value	r*	p-value
Preoperative IOP	0.656	<0.001	0.463	0.011	0.777	<0.001	0.606	<0.001
ACD	0.102	0.356	0.091	0.637	0.296	0.170	0.175	0.355
LT	0.004	0.969	-0.159	0.410	0.032	0.885	0.010	0.960
AL	-0.066	0.554	0.155	0.422	0.132	0.548	-0.096	0.614
PD ratio	0.401	<0.001	0.321	0.089	0.707	<0.001	0.340	0.066
PL ratio	0.656	<0.001	0.413	0.026	0.808	<0.001	0.603	<0.001

OAG = open-angle glaucoma; ACG = angle-closure glaucoma; AL = axial length; ACD = anterior chamber depth; LT = lens thickness; IOP = intraocular pressure; PD ratio = pressure/depth ratio; PL ratio = pressure/length ratio.

*Pearson's correlation coefficient controlled for age.

Table 4. Predictive value of the PD ratio and PL ratio to achieve at least 4 mm Hg IOP reduction after operation

	Total			Normal			OAG			ACG		
	Preop IOP	PD ratio	PL ratio	Preop IOP	PD ratio	PL ratio	Preop IOP	PD ratio	PL ratio	Preop IOP	PD ratio	PL ratio
AU-ROC	0.804	0.754	0.815	0.624	0.598	0.630	0.920	0.966	0.941	0.829	0.696	0.846
(95% CI)	(0.704-0.882)	(0.648-0.841)	(0.716-0.891)	(0.430-0.793)	(0.404-0.772)	(0.435-0.798)	(0.735-0.991)	(0.801-1.000)	(0.764-0.996)	(0.652-0.940)	(0.505-0.847)	(0.671-0.950)

OAG = open-angle glaucoma; ACG = angle-closure glaucoma; AU-ROC = area under-receiver operating characteristics; Preop IOP = preoperative intraocular pressure; PD ratio = pressure/depth ratio; PL ratio = pressure/length ratio.

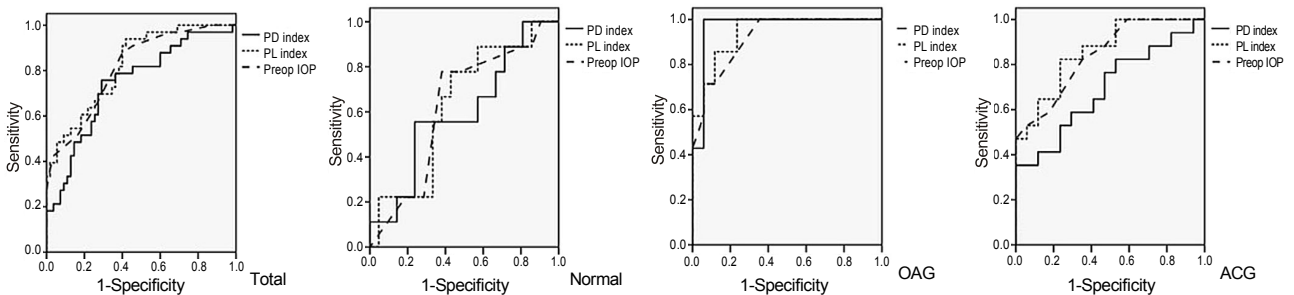


Figure 1. AU-ROC curve of preoperative IOP, PD ratio, PL ratio to predict at least 4 mm Hg IOP reduction after cataract surgery (A: Total; B: Normal group; C: OAG group; D: ACG group). AU-ROC of the PD ratio was smaller than that of preoperative IOP and PL ratio in total, normal and ACG groups (A, B, D). AU-ROC of OAG group was larger than that of normal and ACG groups (C). AU-ROC of the PD ratio was larger than that of preoperative IOP and PL ratio in OAG group (C). OAG = open-angle glaucoma; ACG = angle-closure glaucoma; AU-ROC = area under-receiver operating characteristics; Preop IOP = preoperative intraocular pressure; PD ratio = pressure/depth ratio; PL ratio = pressure/length ratio.

Table 5. Sensitivity and specificity of preoperative IOP, PD ratio and PL ratio to predict at least 4 mm Hg IOP reduction after cataract surgery

	Normal		OAG			ACG		
PD ratio	Sensitivity	Specificity	PD ratio	Sensitivity	Specificity	PD ratio	Sensitivity	Specificity
>5	22.20%	76.19%	>5	57.14%	94.11%	>8	33.33%	100%
>4	55.50%	47.62%	>4.5	100.00%	76.48	>6	66.66%	50.00%
PL ratio	Sensitivity	Specificity	PL ratio	Sensitivity	Specificity	PL ratio	Sensitivity	Specificity
>0.6	33.30%	66.60%	>0.7	57.14%	100.00%	>0.8	40.00%	100%
>0.55	77.80%	57.10%	>0.6	85.71%	82.35%	>0.7	60.00%	87.50%
>0.5	88.80%	33.30%	>0.55	100.00%	70.58%	>0.6	86.66%	43.75%
Preop IOP	Sensitivity	Specificity	Preop IOP	Sensitivity	Specificity	Preop IOP	Sensitivity	Specificity
>16	22.22%	80.95%	>19	42.86%	100.00%	>18	46.66%	100%
>14	77.77%	61.90%	>17	71.42%	92.85%	>17	53.33%	93.75%
			>14	100%	64.70%	>16	60.00%	81.25%

OAG = open-angle glaucoma; ACG = angle-closure glaucoma; PD ratio= pressure/depth ratio; PL ratio = pressure/length ratio.

강의 예측 정도를 AU-ROC를 산출하여 분석한 결과 전체 환자에서의 수술 전 안압과 PD ratio와 PL ratio에 대한 AU-ROC는 0.804, 0.754, 0.815이었고, 정상군에서 각각의 지표에 대한 AU-ROC는 0.624, 0.598, 0.630이었으며, 개방각녹내장군에서 각각의 지표에 대한 AU-ROC는 0.920, 0.966, 0.941으로 세 지표 간 곡선 아래 면적의 유의한 차이는 없었으나($p>0.05$), 폐쇄각녹내장군에서의 각각에 대한 AU-ROC는 0.829, 0.696, 0.846으로 PD ratio와 PL ratio 사이에만 유의한 차이가 있었다($p=0.047$) (Table 4, Fig. 1).

PD ratio, PL ratio, 수술 전 안압 세 인자를 대상으로 4 mmHg 이상의 안압 하강을 예측하는 데 어떤 기준 값 (Cut-off value)이 민감도와 특이도가 동시에 높을 지 산출해 보았다. 폐쇄각녹내장군과 정상군에서는 각 인자들에서 민감도와 특이도가 동시에 높은 Cut-Off value를 산출하기가 어려웠으나 개방각녹내장군에서는 PL ratio 0.6 이상을 지표로 사용할 경우 민감도 85.71% 특이도 82.35%를 보여주었다(Table 5).

고 찰

백내장 수술은 안과 영역에서 가장 많이 이루어지는 수술이며, 녹내장의 동반 유, 무와 관계 없이 백내장 수술이 장기적인 안압 하강에 영향을 준다는 여러 보고가 있었다.⁵⁻⁸ 백내장 수술 후 안압 하강의 기전은 백내장 수술에 의해 일어나는 후낭 수축이 모양체에 영향을 끼쳐 방수 생산이 감소된다는 것과^{14,15,17,18} 방수의 포도막-공막 유출이 증가되기 때문이라는 가설,^{15,17} 그리고 수정체가 제거됨으로써 홍채가 후방으로 이동하면서 잠재하던 홍채 차단 (pupillary block)이 해소되기 때문이라는 것이 있다.^{15,18,19} 이러한 기전으로 폐쇄각 환자에서의 안압 하강은 어느 정도 설명이 가능하지만 개방각 환자의 안압 하강은 아직 설

명할 수 없는 부분이 많다.²⁰ 아직 정확한 기전은 밝혀지지 않았지만 백내장 수술 후 발생하는 안압 하강은 정상인과 개방각녹내장 환자, 그리고 폐쇄각녹내장 환자에서 일관되게 보고되고 있는 공통된 소견이다.^{5-8,20}

폐쇄각녹내장 환자에서 백내장 수술이 안압을 조절하는데 중요한 치료 방법 중 하나로 받아들여지고 있으며²⁰ 개방각녹내장 환자에서도 백내장 수술 후 안압의 하강을 기대할 수 있으나, 수술 전 약물치료로 안압이 조절되지 않는 경우에는 백내장 단독 수술로는 충분한 안압 하강을 기대하기 어렵기 때문에 녹내장 수술의 병행을 고려해야 한다. 본 연구에서는 약물치료로 수술 전 안압이 21 mmHg 이하로 유지되었던 녹내장 환자만 포함시켰는데 이는 백내장 수술 후 안압 상승의 위험성이 적을 것으로 예상되는 경우만 대상 환자로 선택했기 때문이고, 또한 약물치료에 어느 정도 반응하는 경우에 국한하여 백내장 단독 수술 후 안압 하강 정도를 예측할 수 있는 수술 전 인자를 확인해 보기 위함이었다. 본 연구에서는 정상군에서는 2.6 mmHg의 평균 안압 하강을 보였고 개방각녹내장군에서는 2.3 mmHg, 폐쇄각 녹내장군에서는 3.1 mmHg의 평균 안압 하강을 보였으며, 이는 정상군에서 백내장 수술 후 0.6-3.5 mmHg, 개방각녹내장군에서 1.8-4.5 mmHg, 폐쇄각녹내장군에서는 2.1-11.0 mmHg의 평균 안압 하강을 보인 기존 연구들과 비슷한 결과였다.^{8,20} Shingleton et al⁹은 정상군과 개방각녹내장군에서 백내장 수술 후 안압 하강 정도가 개방각녹내장군이 큰 경향이 있지만 통계학적으로 유의한 차이가 없다고 하였고, 본 연구에서도 정상인과 개방각녹내장 환자에서의 안압 하강 정도는 유의한 차이가 없었다(Table 2). Mierzejewski et al²¹은 50명의 개방각녹내장 환자와 50명의 폐쇄각녹내장 환자를 대상으로 한 후향적 연구에서 4.0 mmHg와 6.0 mmHg로 폐쇄각녹내장 환자에서 더 큰 안압 하강을 보였고 보고하였는데, 본 연구에서는 폐쇄각녹내장환자에서 안

압 하강의 평균치가 더 큰 경향은 보였지만 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2). 이는 Mierzejewski et al²¹의 연구에서 안압이 21 mmHg 이상인 환자도 대상으로 포함한 것에 반해 본 연구에서는 안압이 21 mmHg 이하로 측정된 환자들만을 대상군에 포함시켰기 때문일 가능성이 있다. 수술 전 안압이 높을수록 백내장 수술 후 안압 하강 폭이 큰 것으로 알려져 있기 때문에 수술 전 안압이 더 낮은 경우만 포함시킨 본 연구의 경우가 더 적은 안압 하강을 보여주었고 이로 인해 두 군간의 차이가 유의하게 나오지 않았을 가능성이 있다. 또한 Kim et al¹¹은 개방각녹내장군에서 백내장 수술 후 사용하는 안압 약의 수가 수술 전에 비해 유의하게 감소하였다고 발표한 적 있고 Hayashi et al²²는 폐쇄각녹내장군에서 개방각녹내장군보다 백내장 수술 후 안압 약을 사용하지 않게 되는 경우가 많다고 발표한 바 있듯이 본 연구에서도 개방각녹내장 환자군과 폐쇄각녹내장군의 사용하는 안압 약의 수가 수술 후 유의하게 감소한 것으로 나타났으며 개방각녹내장군보다 폐쇄각녹내장군에서 수술 후 사용하는 안압 약의 수가 더 크게 감소한 것으로 나타났다. 수술 전 후 사용한 안압 약 개수와 종류를 변화시키지 않은 상태에서 수술 전 후의 안압을 비교하지 못한 것이 본 연구의 한계점이 될 수 있고 폐쇄각녹내장 환자의 안압 약 수가 개방각녹내장 환자의 안압 약 수에 비해 더 많이 줄어든 것도 두 군간의 안압 차이가 의미 없게 나타나게 된 원인이 될 수 있다. 하지만 사용약제의 개수에 변화가 없는 개방각녹내장군 환자 18명과 폐쇄각녹내장군 환자 15명만을 모아 다시 분석해 보아도 유의한 차이는 없었다($p=0.425$).

기존의 보고와 마찬가지로,^{15,23-25} 본 연구에서도 정상군, 개방각녹내장군, 폐쇄각녹내장군 모두에서 수술 전 안압이 수술 후 안압 하강 정도와 좋은 상관관계를 보였다(Table 3). 즉 수술 전 안압이 높을수록 더 큰 안압하강 효과를 기대할 수 있음을 보여준다. 그러나 Liu et al⁸이 폐쇄각녹내장 환자에서 수술 전 안압이 높을수록 수술 후 안압이 높다고 보고를 한 것처럼 수술 후 안압의 절대치는 더 높을 것으로 예상되므로 환자 상황에 적절한 목표안압을 설정하고 수술을 결정하는 것이 필요할 것이다. Issa et al¹⁵은 정상군에서, 그리고 Liu et al⁸은 폐쇄각녹내장군에서 전방 깊이와 수술 후 안압 하강 정도가 관련이 있다고 보고하였으나 Shin et al²⁵과 Dooley et al¹⁴은 정상군에서 안압 하강 정도와 전방 깊이와는 연관성이 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 정상군, 개방각녹내장군, 폐쇄각녹내장군 세 군 모두에서 전방 깊이와 안압 하강 정도는 통계적으로 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다(Table 3). 또한, 각막 두께, 수정체 두께, 안축장 길이 등의 다른 인자와 안압 하강 정도는 관련성이 없는 것으로 나타났으며 이는 기존의 연

구들과 일치하는 결과였다.^{14,15,25} 수술 전 안구계측치가 수술 후 안압 하강과 관련이 있다는 결과를 응용하여 Issa et al¹⁵은 PD ratio가 백내장 수술 후 안압 하강 정도를 예측하는 지표로 사용될 수 있음을 보고하였고, Dooley et al¹⁴은 역시 정상군을 대상으로 한 연구에서 PD ratio와 안압 하강 정도와의 관련성을 재확인하였으며 각막 두께에 대해 보정한 안압을 대입한 CPD ratio도 수술 후 안압 정도를 예측하는 데 유용하다고 보고하였다. 본 연구에서는 전체 환자군에서는 PD ratio가 안압 하강 정도와 유의한 상관관계를 보였으나 정상군과 폐쇄각녹내장군에서는 유의한 상관관계를 보이지 않았으며 오직 개방각녹내장군에서만 유의한 상관관계를 보였다. 이는 폐쇄각녹내장의 경우 주변부 홍채 전 유착 및 섬유주의 퇴행성 변화가 안압에 영향을 줄 수가 있기 때문에 이로 인한 영향으로 수술 후 깊어진 전방각에 비례하여 안압이 하강하지 않았을 수도 있다.^{26,27} 정상군에서 기존의 보고들과는 달리 PD ratio의 안압 하강 예측능이 좋지 않게 나온 것은 PD ratio에 관한 이전의 두 연구 결과는 모두 백인만을 대상으로 한 연구라는 점에서 인종에 따른 안구 구조의 차이가 하나의 원인이 될 가능성이 있다.²⁸⁻³¹ 그러므로 동양인과 서양인을 대상으로 백내장 수술 후 안압 하강에 대해 전향적인 추가 연구를 통해 실제 인종간의 차이를 보이는지, 차이가 있다면 이러한 결과의 차이를 보이는 원인이 무엇인지 알아 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 안축장은 수술 후 안압 하강과 음의 상관관계를 보이는 경향은 있었으나 유의한 상관관계를 보이지는 않았다. 수술 전 안압과 안구의 구조적 요소를 함께 고려한 지표 중 PD ratio는 개방각녹내장군에서만 수술 후 안압 하강과 유의한 상관관계를 보였으나($r=0.707$), PL ratio는 모든 군에서 안압 하강 정도와 유의한 상관관계를 보였고 세 군 중 개방각녹내장군에서 가장 높은 상관 계수를 보였다($r=0.835$, Table 3). 그리고 AU-ROC를 산출하여 안압 하강 정도를 예측해 본 결과, 정상군과 개방각녹내장군에서는 세 가지 방법 사이에 유의한 차이가 없었으나, 폐쇄각녹내장군에서는 PL ratio가 PD ratio보다 4 mmHg 이상의 안압하강을 예측하는 데 더 나은 결과를 보여 주었다(Table 4). 또한 PL ratio가 백내장수술 후 의미 있는 안압 하강을 예측하기 위한 지표로서 수술 전 안압을 사용하는 것에 추가적인 역할이 있는지를 알아보기 위하여 4 mmHg의 안압하강을 기준으로 민감도와 특이도를 다양하게 분석하였고 그 결과 개방각녹내장군에서 PL ratio 0.6 이상을 Cut-off value로 하였을 때 민감도 및 특이도 모두 80% 이상 만족하는 결과를 얻었다(Table 5). 새로운 복합지표인 PL ratio가 기존의 지표인 수술 전 안압을 대체할 만한 장점을 가지

고 있다고 말하기는 어려우나 수술 후 안압하강정도를 예측하는데 수술 전 안압만을 이용하는 것보다 더 나은 예측력의 가능성을 보여주고 있었다.

또한 2 mmHg의 안압하강을 기준으로 연구된 이전의 연구들과 결과를 비교하기 위하여 각 군에서 PL ratio의 특정 Cut-Off value를 기준으로 할 때 2 mmHg 이상의 안압 하강을 예측하기 위한 양성 예측도(positive-predictive value), 음성 예측도(negative-predictive value), 민감도와 특이도를 산출해 보았다. 정상군의 경우 PL ratio 0.5 이상을 기준으로 할 시 2 mmHg 이상의 안압 하강을 보인 양성 예측도는 86%, 음성 예측도 63%, 민감도 86%, 특이도 63%를 보였으며 개방각녹내장군의 경우 PL ratio 0.55 이상을 기준으로 양성 예측도 82%, 음성 예측도 77%, 민감도 83%, 특이도 75%로 산출되었다. 폐쇄각녹내장군의 경우 PL ratio 0.64를 기준으로 84%의 양성 예측도, 67%의 음성 예측도, 80%의 민감도, 73%의 특이도를 보였다. Issa et al¹⁵의 연구에서는 정상군에서 PD ratio가 6 이상일 때 2 mmHg 이상의 안압 하강에 대한 양성 예측도는 96%, 음성 예측도는 62%로 본 연구의 정상군에 대한 PL ratio보다 높은 양성 예측도를 보였으나 음성 예측도는 유사하였다. Dooley et al¹⁴은 정상군에서 PD ratio 6을 기준으로 할 때 86%의 양성 예측도, 45%의 음성 예측도, 46%의 민감도, 85%의 특이도를 보고하였다. 본 연구에서는 정상군에서 Dooley et al¹⁴의 결과에 비해 양성예측도는 유사하고 특이도는 다소 떨어지는 결과를 보였으나 민감도와 음성예측도는 더 나은 경향을 보였다. 따라서, PL ratio는 백내장 수술 후 안압하강을 예측하는 데 있어서 기존 연구에서 보고된 PD ratio에 비견할만한 지표로 사용될 수 있다고 생각한다.

후향적 연구 설계, 제한적인 대상인 규모, 수술 후 3개월 안압을 측정하였는데 이는 단기적인 결과로서 백내장 수술이 장기적인 안압에 끼치는 영향에 대해 분석하지 못한 점, 녹내장 환자에서 수술 전후 안압 약의 사용 수의 변화, 폐쇄각 녹내장 환자에서 수술 직전 및 직후에 전방각경 검사를 시행하지 않아 주변부 홍채 전유착 등 전방각의 퇴행성 변화가 어느 정도 진행되어 있었는지 알 수 없는 점 등은 본 연구의 한계이다.

결론적으로 정상안과 안압 조절이 잘 되고 있는 개방각 녹내장군 그리고 폐쇄각녹내장군 모두에서 수술 후 안압 하강 정도를 예측하는데 가장 보편적인 지표는 수술 전 안압이었다. 전방 깊이, 안축장 등 안구 구조적 요소는 백내장 수술 후 안압하강 정도와 유의한 상관관계를 보이지 않았으나 수술 전 안압과 안구의 구조적 요소를 함께 고려한 복합지표인 PD ratio와 PL ratio 중 PL ratio는 PD ratio에 비해 수술 후 안압 하강과 더 나은 상관관계를 보였고, 수술

전 안압과 대체로 유사한 예측력을 보였으나 개방각녹내장군에서는 수술 후 안압 하강을 예측하는데 있어 수술 전 안압만을 고려하였을 때 보다 민감도와 특이도 면에서 더 좋은 예측력의 가능성을 보여 향후 이를 확인하기 위한 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

참고문헌

- 1) Dada T, Sihota R, Gadia R, et al. Comparison of anterior segment optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for assessment of the anterior segment. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:837-40.
- 2) Nonaka A, Kondo T, Kikuchi M, et al. Angle widening and alteration of ciliary process configuration after cataract surgery for primary angle closure. *Ophthalmology* 2006;113:437-41.
- 3) Pereira FA, Cronemberger S. Ultrasound biomicroscopic study of anterior segment changes after phacoemulsification and foldable intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2003;110:1799-806.
- 4) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Changes in anterior chamber width and depth after intraocular lens implantation in eyes with glaucoma. *Ophthalmology* 2000;107:698-703.
- 5) Troutman RC, Goldman JN, Binkhorst RD, et al. Anterior Chamber Depth in Aphakia. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1963;61:385-96.
- 6) Jahn CE. Reduced intraocular pressure after phacoemulsification and posterior chamber intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1260-4.
- 7) Norn MS. Depth of anterior chamber after cataract extraction. *Br J Ophthalmol* 1978;62:474-7.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) Cimetta DJ, Cimetta AC. Intraocular pressure changes after clear corneal phacoemulsification in nonglaucomatous pseudoexfoliation syndrome. *Eur J Ophthalmol* 2008;18:77-81.
- 11) Kim DD, Doyle JW, Smith MF. Intraocular pressure reduction following phacoemulsification cataract extraction with posterior chamber lens implantation in glaucoma patients. *Ophthalmic Surg Lasers* 1999;30:37-40.
- 12) Zhou AW, Giroux J, Mao AJ, Hutnik CM. Can preoperative anterior chamber angle width predict magnitude of intraocular pressure change after cataract surgery? *Can J Ophthalmol* 2010;45:149-53.
- 13) Rand Allingham R, Moroi SE. Surgical approaches for coexisting glaucoma and cataract. In: Rand Allingham R, Damji KF, Sharon Freedman, Moroi SE, Bruce Shields M, eds. *Shields' Textbook of Glaucoma*, 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010. chap. 41.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) Anderson DR. *Automated static perimetry*, 1st ed. St Louis: Mosby, 1992;25-30.
- 17) Doganay S, Bozgul Firat P, Emre S, Yologlu S. Evaluation of anterior segment parameter changes using the Pentacam after uneventful phacoemulsification. *Acta Ophthalmol* 2010;88:601-6.
- 18) Ucakhan OO, Ozkan M, Kanpolat A. Anterior chamber parameters measured by the Pentacam CES after uneventful phacoemulsification in normotensive eyes. *Acta Ophthalmol* 2009;87:544-8.
- 19) Altan C, Bayraktar S, Altan T, et al. Anterior chamber depth, iridocorneal angle width, and intraocular pressure changes after uneventful phacoemulsification in eyes without glaucoma and with open iridocorneal angles. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:832-8.
- 20) Shrivastava A, Singh K. The effect of cataract extraction on intraocular pressure. *Curr Opin Ophthalmol* 2010;21:118-22.
- 21) Mierzejewski A, Elik I, Kaluzny B, et al. Cataract phacoemulsification and intraocular pressure in glaucoma patients. *Klin Oczna* 2008;110:11-7.
- 22) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, et al. Effect of cataract surgery on intraocular pressure in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1779-86.
- 23) Shingleton BJ, Laul A, Nagao K, et al. Effect of phacoemulsification on intraocular pressure in eyes with pseudoexfoliation: single-surgeon series. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1834-41.
- 24) Poley BJ, Lindstrom RL, Samuelson TW. Long-term effects of phacoemulsification with intraocular lens implantation in normotensive and ocular hypertension eyes. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:724-42.
- 25) 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.
- 26) Tektas OY, Lütjen-Drecoll E. Structural changes of the trabecular meshwork in different kinds of glaucoma. *Exp Eye Res* 2009;88:769-75.
- 27) Sihota R, Lakshmaiah NC, Walia KB, et al. The trabecular meshwork in acute and chronic angle closure glaucoma. *Indian J Ophthalmol* 2001;49:255-9.
- 28) Ip JM, Huynh SC, Robaei D, et al. Ethnic differences in refraction and ocular biometry in a population-based sample of 11-15-year-old Australian children. *Eye (Lond)* 2008;22:649-56.
- 29) Yip JL, Foster PJ. Ethnic differences in primary angle-closure glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:175-80.
- 30) Rudnicka AR, Mt-Isa S, Owen CG, et al. Variation in primary open-angle glaucoma prevalence by age, gender, and race: A Bayesian meta-analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:4254-61.
- 31) Leung CK, Palmiero PM, Weinreb RN, et al. Comparisons of anterior segment biometry between Chinese and Caucasians using anterior segment optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol* 2010;94:1184-9.

=ABSTRACT=

Relationship between Preoperative Biometry and Intraocular Pressure Reduction after Phacoemulsification in Normal and Glaucoma Patients

Suyoun Park, MD, Marvin Lee, MD, Jaehong Ahn, MD

Department of Ophthalmology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Purpose: To investigate the relationships between preoperative factors and intraocular pressure (IOP) reduction after phacoemulsification in normal, open-angle glaucoma (OAG) and angle-closure glaucoma (ACG) patients.

Methods: IOP was measured before and 3 months after cataract surgery in 30 normal, 24 OAG and 31 ACG patients. The relationship between IOP reduction after cataract surgery and preoperative parameters including anterior chamber depth (ACD), axial length (AL), preoperative IOP/ACD ratio (PD ratio), preoperative IOP/AL ratio (PL ratio) were investigated in the 3 groups.

Results: Significant IOP reduction was observed in all 3 groups after surgery (paired sample *t*-test; $p < 0.05$), and IOP reduction was correlated with preoperative IOP level in all 3 groups (Pearson's correlation; $p < 0.05$). Other preoperative parameters such as ACD and AL were not correlated with IOP reduction, and PD ratio was significantly correlated with IOP reduction only in the OAG group (Pearson's correlation; $p < 0.001$). PL ratio was significantly correlated with IOP reduction in all 3 groups (Pearson's correlation; $p < 0.05$) and showed the best sensitivity and specificity to predict significant reduction in IOP after cataract surgery among parameters including preoperative IOP, PD ratio and PL ratio.

Conclusions: PL ratio was significantly correlated with IOP reduction after cataract surgery in all 3 groups and showed a higher predictive value for IOP reduction in the OAG group than in the other groups.

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(1):111-119

Key Words: Anterior chamber depth, Axial length, Intraocular pressure, Phacoemulsification, Predictive value

Address reprint requests to **Jaehong Ahn, MD**
Department of Ophthalmology, Ajou University Medical Center
#164 Worldcup-ro, Yeongtong-gu, Suwon 443-749, Korea
Tel: 82-31-219-5671, Fax: 82-31-219-5909, E-mail: chrisahn@ajou.ac.kr