

연속측정방법으로 분석한 초음파유화술 전후 고위수차의 변화

Changes of Higher Order Aberration Analyzed by Continuous Measurement after Phacoemulsification

임형빈¹ · 이종주¹ · 최시환^{1,2}

Hyung Bin Lim, MD¹, Jong Joo Lee, MD¹, Si Hwan Choi, MD, PhD^{1,2}

충남대학교 의학전문대학원 안과학교실¹, 충남대학교 의학연구소²

Department of Ophthalmology, Chungnam National University School of Medicine¹, Daejeon, Korea
Chungnam National University Research Institute for Medical Sciences², Daejeon, Korea

Purpose: To analyze the changes of higher order aberration (HOA) measured serially by KR-1W[®] wavefront at every second for 10 seconds between, before, and after phacoemulsification and to evaluate the relationships between HOA and the ocular surface indicators (Schirmer test, tear break-up time, superficial punctate keratitis).

Methods: Corneal HOA was measured in 47 eyes of 30 patients pre- and postoperatively at 2, 4, 6, and 8 weeks by KR-1W[®] using the continuous measurement mode. The patients were divided into 2 groups according to their Schirmer test (above 10 mm or under 10 mm), tear break-up time (above 5 seconds or less than 5 seconds), and superficial punctate keratitis (any keratitis, none) for analysis of relationships between HOA and ocular surface indicators, and we also analyzed the correlation coefficient.

Results: Short-term follow up after phacoemulsification revealed that corneal HOA rapidly increased at 2 weeks and recovered to the preoperative level 8 weeks after surgery. Corneal HOA values showed increasing tendency depending on time at preop and 8 weeks after phacoemulsification, and the differences were statistically significant (preop: $p < 0.001$, 8 weeks: $p = 0.027$). There were no significant differences of HOA between the 2 groups divided according to their ocular surface indicators, and there were no significant correlations between HOA and ocular surface indicators at any time point.

Conclusions: The HOA of the cornea was restored to its preoperative values at 8 weeks after surgery. Preoperative ocular surface indicators are not significantly influenced on postoperative corneal HOA. The surgical factors are more significant in post-operative corneal HOA than preoperative ocular surface indicators.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(1):25-32

Key Words: Higher order aberration, Phacoemulsification

Kelman¹에 의해 초음파유화술이 처음 도입된 이후로 초음파 에너지 제어에 대한 기술 및 인공수정체의 눈부신 발전이 이루어졌고, 이로 인해 수정체초음파 유화술 및 인공

수정체 삽입술은 현재 안과 영역에서 가장 활발히 이루어지는 수술이 되었다. 수정체낭외적출술에 비해 초음파유화술은 시기능의 회복이 빨라졌고, 합병증 발생이 감소하였으나, 여전히 많은 수의 환자들은 술 후 이물감, 눈 피로감, 시야 흐림 등의 건성안과 연관된 증상을 호소한다.^{2,3}

수정체 초음파유화술 후 발생하는 안구건조증은 수술적 요인에 의해 안구건조증이 새로 발생하였거나 혹은 기존에 갖고 있는 안구건조증이 수술에 의해 더욱 악화되는 것을 생각해 볼 수 있다. 수술적 요인으로는 각막 절개, 현미경 광원에 대한 각막 노출 등 여러 요인이 있으며, 특히 각막

■ Received: 2014. 6. 13. ■ Revised: 2014. 10. 20.

■ Accepted: 2014. 11. 24.

■ Address reprint requests to Si Hwan Choi, MD, PhD
Department of Ophthalmology, Chungnam National University Hospital, #282 Munhwa-ro, Jung-gu, Daejeon 301-721, Korea
Tel: 82-42-280-7609, Fax: 82-42-255-3745
E-mail: shchoi@cnu.ac.kr

절개의 경우 각막 지각신경의 물리적 절단으로 인해 각막 지각이 손상되고 이로 인해 반사적 눈물 분비가 감소하여 각막 상피가 손상되어 안구건조증이 유발될 수 있다.^{4,8}

안구건조증은 눈물막의 불안정성이 증가되고 이로 인해 광학 수차가 증가하여 이로 인해 시야 흐림이 발생한다.⁹ 본원에서는 이전 연구에서 Hartmann-Shack 방식의 aberrometer인 KR-1W[®] 웨이브프론트 분석기(Topcon corp., Tokyo, Japan)의 연속측정모드를 이용하여 눈물막의 불안정성과 고위수차의 변화에 대하여 분석하였고, 눈 깜박임 후 10초간 연속적으로 고위수차를 측정하여, 시간이 경과하면서 눈물막의 불안정성이 증가할수록 고위수차가 증가한다고 보고하였다.¹⁰ 또한 안구건조증에서 보이는 점상각막염의 존재, 쉬르머 검사, 눈물막파괴시간의 이상소견이 고위수차의 증가와 연관이 있다고 보고하였다.

이에 저자들은 초음파유화술과 눈물막 불안정성 사이의 관계를 알아보기 위해, 초음파유화술 전후 KR-1W[®] 웨이브프론트 분석기를 이용하여 각막의 고위수차를 눈 깜박임 이후 10초간 연속 측정하여, 수술 전후 10초 동안의 변화양상을 분석하였고, 술 전 안표면 지표(눈물막 파괴시간(tear break up time, BUT), 쉬르머 검사(Schirmer test), 점상각막염(superficial punctate keratitis, SPK))가 초음파유화술 후 각막 고위수차에 영향을 미치는지를 분석하고자 하였다.

대상과 방법

2012년 6월부터 2012년 8월까지 충남대학교병원에서 백내장으로 진단받고 초음파유화술을 시행 받은 30명 47안을 대상으로 하였다. 안수술력, 안외상력, 녹내장, 망막이상, 안구 내 염증이 있었던 경우, 각막반흔, 원추각막, 각막이영양증 등의 각막질환이 있는 경우, 눈물점 마개 시술을 받았거나, 눈물관 이상이 있는 경우, 눈물막에 영향을 줄 수 있는 인공눈물 등 건성안 치료 약제를 사용 중인 경우, 콘택트렌즈를 사용하는 경우는 본 연구대상에서 제외하였다.

수술적 방법

모든 수술은 동일한 술자에 의해 이루어졌으며, 2% Lidocaine과 0.25% Bupivacaine을 1:1로 혼합한 마취제로 구후부 마취하에 시행되었다. 2.2 mm 이측 투명각막절개를 시행 후 점탄물질(Healon GV[®] Abbott Medical Optics Inc., USA)로 전방을 채운 뒤 5.5 mm 원형전낭절개(continuous curvilinear capsulorhexis)를 시행하였다. 절개창 부위를 통하여 Infiniti[®] (Alcon, TX, USA)의 Ozil[®] mode를 이용하여 수정체 초음파유화술 후 접합형 연성 인공수정체를 주입기를 이용하여 후방 낭내에 삽입하였다. 절개 부위는 10/0 나일론으로 1개의 봉합을 시행하였고 이는 4주 후에 제거하였다. 수술 후에는 0.3% Ofloxacin (Tarivid, Santen Pharm

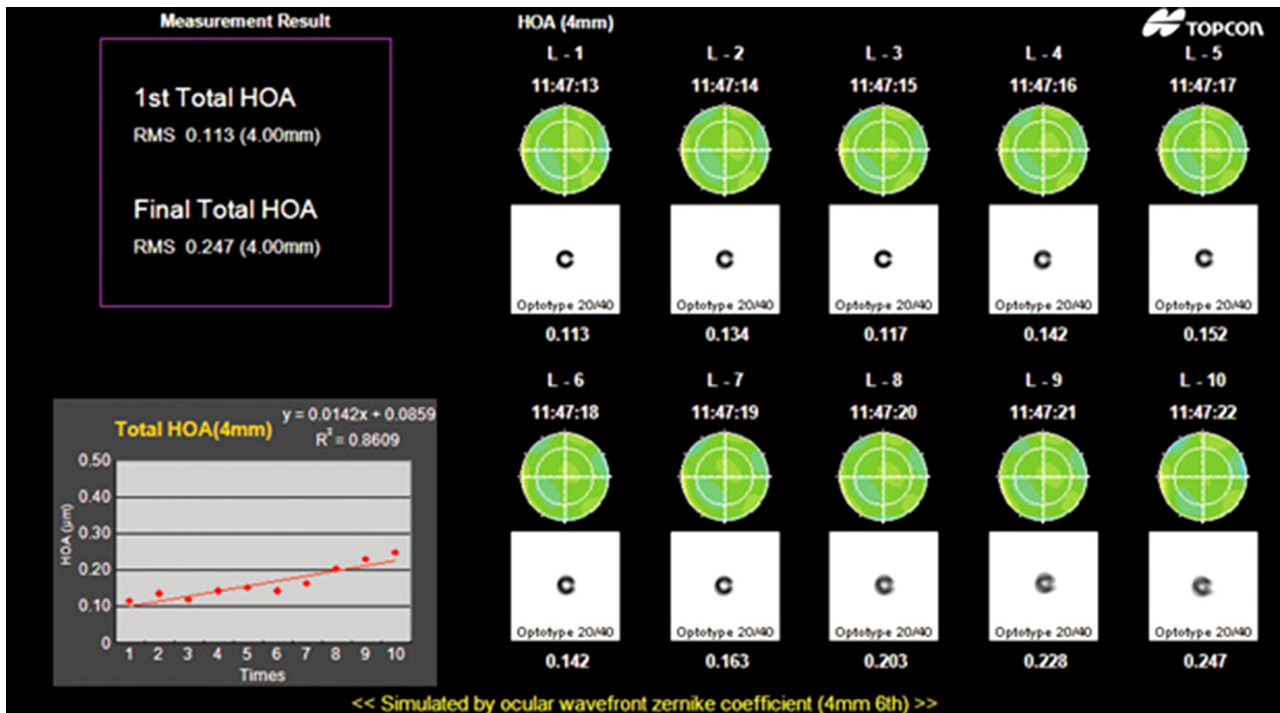


Figure 1. Continuous measurement mode using KR-1W[®] wavefront analyzer. HOA = higher order aberration; RMS = root mean square.

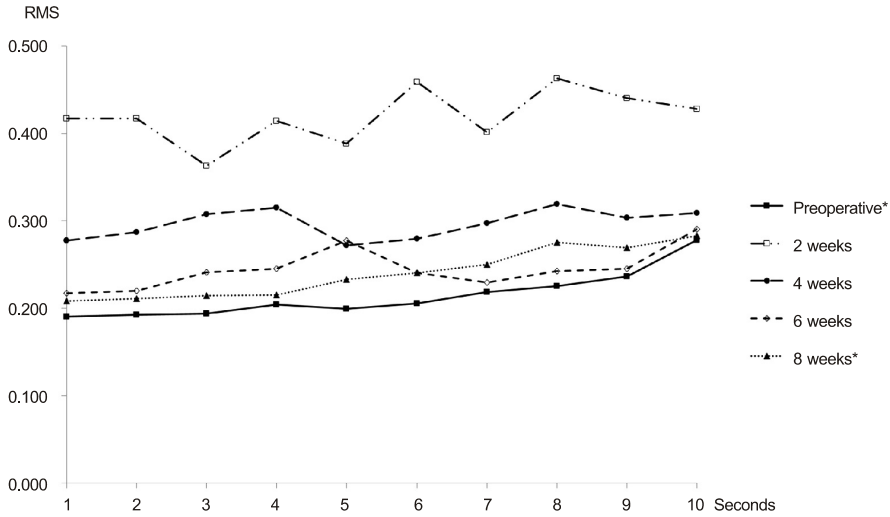


Figure 2. Serial changes in corneal higher order aberration (HOA) over time. Short-term follow up after phacoemulsification reveals that corneal HOA recovers to the preoperative level at 8 weeks after surgery. RMS = root mean square. * $p < 0.05$; p -value from repeated measure ANOVA.

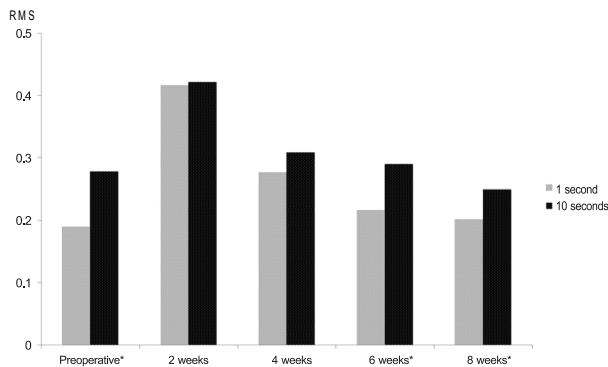


Figure 3. Changes of corneal higher order aberration (HOA) between 1 and 10 seconds after blinking. Corneal HOA of the 1 and 10 seconds are both similarly high on the 2 weeks after surgery, however, as time passed to 4th, 6th, and 8th weeks, as like before surgery, values show increasing tendency depending on time. * $p < 0.05$; p -value from paired t -test.

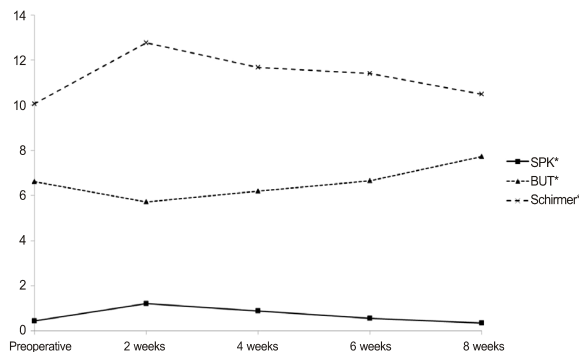


Figure 4. Serial changes in ocular surface indicators. All factors recovered to preoperative levels at 8 weeks after surgery. SPK = superficial punctate keratitis; BUT = break up time. * $p < 0.05$; p -value from repeated measure ANOVA.

Co., Japan), 0.1% Fluorometholone (Ocumetholone, Sam Il Pharm Co., Korea), Pranoprofen 점안액(Pranopulin, JW

Joongwea Shinyak, Korea)을 하루 4회, 4주간 점안하였다. 그리고 수술을 시행 받은 모든 환자는 상기 3가지 점안액 외에 인공눈물 등 다른 점안액은 사용하지 않았다.

각막 고위수차 분석

모든 대상안은 수술 전, 수술 후 2주, 4주, 6주, 8주에 고위수차를 측정하였으며, 이와 동시에 안표면 지표인 눈물막 파괴시간, 쉬르머 검사, 점상각막염의 유무를 함께 조사하였다. KR-1W® 웨이브프론트 분석기의 연속측정 모드 (Fig. 1)를 이용하여 10초간 연속으로 측정한 각막의 고위수차값을 이용하였다. 점안마취 없이 눈 깜박임 직후 10초간 눈을 뜬 상태로 연속적으로 각막의 고위수차를 측정하였으며, 빛에 의한 검사 장비 및 검사자에 대한 영향을 최소화시키기 위해 암실에서 측정하였다. 도중에 환자가 눈을 깜박이거나, 눈을 비비는 등 검사에 영향을 줄 수 있는 경우에는 5분 뒤 재측정하였다. 고위수차는 제르니케 방식 6차까지, 동공크기는 4 mm를 기준으로 하여 분석하였으며, root mean square (RMS) 값으로 표기하였다.

안표면 지표 분석

눈물막파괴시간은 2% 플루레신 염색약을 결막낭에 점안 후 수초간 눈을 깜빡인 뒤 깜박임을 중지하고 코발트블루 광원을 이용하여 눈물층의 첫 균열이 일어나는 때까지의 시간을 측정하였다. 쉬르머검사는 점안마취 없이 검사 용지를 하결막낭의 바깥 1/3 부분에 넣은 뒤 눈을 감고 5분 후 눈물로 염색된 용지의 길이를 측정하여 mm로 기술하였다. 점상각막염의 여부는 2% 플루레신 염색약을 이용하여 각막을 염색 후 형광물질에 염색되는 각막의 상피탈락정도를 보고 확인하였으며 이를 한국형 건성안 가이드라인의 각막 분류 기준에 따라 4단계로 분류하여 각 단계를 1점부

터 4점까지 점수화하였다. 상피탈락이 없는 경우 0점으로 하였다.

통계적 분석

본 연구에서 시행한 통계적 분석은 SPSS version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하였으며, 술 전, 술 후 2주, 4주, 6주, 8주 동안 고위수차, 안표면 지표의 변화 양상을 분석하기 위해 Repeated measure ANOVA, Paired *t*-test를 이용하였다. 술 전 쉬르머 검사(10 mm 초과군, 10 mm 이하군), 눈물막파괴시간(5초 초과군, 5초 이하군), 점상각막염(무, 유) 결과에 따라 두 군으로 나누고, 두 군 사이에 10초간 고위수차의 평균 및 변화량의 차이가 있는지 Mann Whitney *U*-test를 통해 서로 비교 분석하였다. 그리고 술 전 안표면 지표와 술 전후 10초간 고위수차의 평균값과의 상관관계를 분석하기 위해 Pearson's correlation coefficients를 이용하였다. *p*-value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 정의하였다.

결 과

대상환자 총 47안 중 남자 22안, 여자 25안이었고, 평균 연령은 65.5 ± 10.2 였다. 초음파유화술 전 최대 교정시력은 0.32 ± 0.21 (logMAR), 술전 평균 눈물막 파괴시간은 6.6 ± 2.0 초, 쉬르머 검사는 10.1 ± 4.9 mm, 점상각막염이 한국형 건성안 가이드라인의 각막 분류기준에서 1단계 이상 존재하는 환자는 총 13명이었으며, 단계별로는 1단계 7명, 2단계 4명, 3단계 2명으로 분포하였다(Table 1).

백내장 수술 전후 각막의 고위수차를 측정한 결과, 술 전 1초에서 10초까지 시간이 경과하면서 각막의 고위수차는 점차 증가하는 양상을 보였고 이는 통계적으로 유의하였다(Fig. 2, $p < 0.001$). 술 후 2주, 4주, 6주의 1초에서 10초까지 시간의 흐름 따른 고위수차의 변화는 통계적으로 유의하지 않았으며(Fig. 2, $p = 0.358$ (2주), 0.262 (4주), 0.395 (6주)), 술 후 8주의 1초에서 10초까지 고위수차의 변화는 점차 증가하는 양상으로 술 전과 동일한 모습으로 회복되었고 이는 통계적으로 유의하였다(Fig. 2, $p = 0.027$). 술 후 2주에 각막 고위수차는 1초에서 10초까지 모든 시간에서 술 전에 비하여 급격히 상승하였고, 이는 시간이 경과하면서 8주에 이르러서는 술 전과 비슷한 수준으로 감소하였다(Fig. 2). 눈감박임 후 1초와 10초 사이 고위수차의 변화를 분석하기 위해 술 전과 술 후 2주에서 8주까지 각 시기별로 1초부터 10초 사이의 시간에 따른 고위수차의 변화량을 비교하였다. 시간에 따른 고위수차의 변화량은 술 후 2주에 급격히 감소하였다가 이후 다시 회복되는 양상을 보였으며, 술 전,

술 후 6주, 8주에서의 시간에 따른 고위수차의 변화량은 통계적으로 유의하였다(Fig. 3, $p = 0.001$ (술 전), 0.020 (6주), 0.001 (8주)). 술 후 2주, 4주에서의 시간에 따른 고위수차의 변화량은 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 3, $p = 0.907$ (2주), 0.277 (4주)). 그리고 10초 동안 시간에 따른 고위수차의 변화량이 0.1 이하인 것을 변화가 없다고 간주하였을 때 술 전 10안에서 변화가 있었고 37안에서 변화가 없었다. 술 후 2주에 13안에서 10초간 고위수차의 변화가 있었으며 이는 술 후 8주에 다시 10안으로 회복되었으며, 술 전 변화가 있는 10안과 술 후 8주에 변화가 있는 10안은 모두 동일 안이었다.

안표면 지표의 수술 후 시간에 따른 변화를 분석해 보았을 때, 술 후 2주째 쉬르머 검사 값과 점상각막염의 정도는 급격히 증가하였고, 눈물막 파괴시간은 급격히 감소하였다. 이후 점차 회복되어 술 후 8주에는 술 전과 비슷한 수준으로 회복되었으며, 이러한 안표면 지표의 변화는 통계적으로 유의하였다(Fig. 4, $p = 0.013$ (BUT), 0.005 (Schirmer test), 0.045 (SPK)).

술 전 안표면 지표의 고위수차에 대한 영향을 알아보기 위해 3가지의 안표면 지표에 따라 두 군으로 나누어 비교 분석하였다(Table 2, 3, 4). 10초간 연속측정한 고위수차의 평균값을 이용하여 술 전후 모든 시기에서 비교한 결과, 쉬르머 검사(Schirmer test) 10 mm 이하, 눈물막파괴시간(BUT) 5초 이하, 점상각막염(SPK) 존재 군에서 술 전 10초간 고위수차의 평균값이 높게 측정되었고 이는 통계적으로 유의하였다($p = 0.035$, 0.043, 0.049). 하지만 술 후 모든 시기에서는 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 10초간 고위수차의 변화량을 비교분석한 결과, 술 전후 모든 시기에서 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

술 전 안표면지표와 술 전후 10초간 고위수차의 평균값 사이의 상관관계를 분석한 결과, 술 전 쉬르머 검사(Schirmer test), 눈물막파괴시간(BUT), 점상각막염(SPK) 모두에서 통

Table 1. Baseline characteristics of patients

Parameters	Values
No. of patients (eyes)	30 (47)
Sex (M/F)	22/25
Age (years)	65.5 ± 10.2
BCVA (log MAR)	0.3 ± 0.2
Tear break up time (sec)	6.6 ± 2.0
Schirmer test (mm)	10.1 ± 4.9
Presence of SPK (patients)	13

Values are preoperative data and presented as mean \pm SD or number. BCVA = best corrected visual acuity; SPK = superficial punctate keratitis.

Table 2. Mean values and changes in HOA at 1 and 10 seconds in each group classified according to the preoperative Schirmer test

	Group A (> 10 mm, n = 13)		Group B (≤10 mm, n = 34)		p-value [*]	p-value [§]
	AVG [*]	ΔHOA	AVG [*]	ΔHOA [†]		
Preop	0.210	0.051	0.225	0.103	0.035	0.111
POD 2 weeks	0.412	-0.026	0.414	0.017	0.858	0.712
POD 4 weeks	0.287	0.098	0.300	0.006	0.943	0.140
POD 6 weeks	0.192	0.003	0.265	0.100	0.295	0.057
POD 8 weeks	0.236	0.023	0.245	0.057	0.784	0.372

HOA = higher order aberration; POD = postoperative day.

*Average corneal HOA values during 10 seconds; [†]HOA at 10 seconds - HOA at 1 second; [‡]From Mann Whitney U-test between average HOA in group A and B; [§]From Mann Whitney U-test between ΔHOA in group A and B.

Table 3. Mean values and changes in HOA at 1 and 10 seconds in each group classified according to the preoperative BUT

	Group A (> 5 seconds, n = 30)		Group B (≤5 seconds, n = 17)		p-value [*]	p-value [§]
	AVG [*]	ΔHOA	AVG [*]	ΔHOA [†]		
Preop	0.207	0.098	0.218	0.073	0.043	0.412
POD 2 weeks	0.400	-0.003	0.436	0.019	0.765	0.406
POD 4 weeks	0.294	0.010	0.301	0.070	0.595	0.080
POD 6 weeks	0.250	0.057	0.235	0.102	0.425	0.674
POD 8 weeks	0.246	0.033	0.236	0.073	0.782	0.170

HOA = higher order aberration; BUT = break up time; POD = postoperative day.

*Average corneal HOA values during 10 seconds; [†]HOA at 10 seconds - HOA at 1 second; [‡]From Mann Whitney U-test between average HOA in group A and B; [§]From Mann Whitney U-test between ΔHOA in group A and B.

Table 4. Changes in HOA at 1 and 10 seconds in each group classified according to the preoperative SPK

	Group A (SPK (-), n = 34)		Group B (SPK (+), n = 13)		p-value [*]	p-value [§]
	AVG [*]	ΔHOA	AVG [*]	ΔHOA [†]		
Preop	0.211	0.073	0.221	0.130	0.049	0.379
POD 2 weeks	0.423	-0.001	0.388	0.021	0.432	0.175
POD 4 weeks	0.300	0.014	0.287	0.079	0.794	0.116
POD 6 weeks	0.251	0.045	0.229	0.146	0.335	0.877
POD 8 weeks	0.240	0.037	0.248	0.076	0.195	0.398

HOA = higher order aberration; SPK = superficial punctate keratitis; POD = postoperative day.

*Average corneal HOA values during 10 seconds; [†]HOA at 10 seconds - HOA at 1 second; [‡]From Mann Whitney U-test between average HOA in group A and B; [§]From Mann Whitney U-test between ΔHOA in group A and B.

Table 5. Pearson's correlation coefficients of preoperative ocular surface indicators values and average HOA during 10 seconds

	Preop Schirmer		Preop BUT		Preop SPK	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Preop	-0.037	0.803	-0.102	0.494	0.073	0.627
POD 2 weeks	0.091	0.541	-0.131	0.379	0.105	0.484
POD 4 weeks	-0.181	0.224	-0.133	0.372	0.074	0.620
POD 6 weeks	-0.185	0.212	-0.118	0.428	-0.043	0.777
POD 8 weeks	-0.293	0.055	0.051	0.736	0.164	0.270

r: correlation coefficient.

HOA = higher order aberration; BUT = break up time; SPK = superficial punctate keratitis; POD = postoperative day.

계적으로 유의한 상관계수를 보이지 않았다(Table 5).

고 찰

일반적으로 백내장 수술 후 발생하는 건성안의 병인으로 2가지 발생기전이 언급된다.² 첫 번째는 술 전 이미 건성안

을 가지고 있었고 이것이 수술에 의해 더 심해지는 것과, 두 번째로는 건성안이 없던 환자가 수술 후 건성안이 발생하는 것이다. 각막은 5번 뇌신경의 분지인 긴 섬모체 신경에 의해 신경 지배를 받는데, 수술 시 시행하는 각막절개는 각막에 분포하는 긴 섬모체 신경의 손상을 가져오고 이로 인해 각막의 감각저하가 발생한다. 기존 연구에 따르면, 각

막의 지각저하는 눈물 생성의 저하를 가져오고 이는 건성안이 발생 가능하다.¹¹ 또한 감각저하는 각막 상피의 회복에도 영향을 미친다고 알려져 있어,¹¹ 각막절개는 수술 후 발생하는 건성안의 중요 원인이라 할 수 있다. 초음파유화술 시 사용되는 초음파 역시 각막 상피, 기질, 상피, 신경의 손상을 가져 올 수 있으며,¹² 술 전 사용하는 안약에 들어있는 보존제에 의한 각막 상피 손상, 현미경 불빛에 대한 장시간 노출 등은 각막 손상을 가져오고 이로 인해 건성안의 발생이 가능하다. Oh et al¹³은 백내장 수술은 술잔세포의 밀도 저하를 유발하게 되고 이는 백내장 수술 후 느끼는 건성안 증상을 유발하는 하나의 요인이 될 수 있다고 보고하였다.

눈물은 각막의 표면에 눈물막을 형성하여 굴절계수에 영향을 주고, 망막에 선명한 상이 맺히도록 하며, 시력의 질과 밀접한 연관이 있다고 여러 논문에서 보고되어 있다.^{14,15} 건성안의 경우 눈물막이 불안정해지고 이로 인해 파괴된 눈물막은 광학수차에 변화를 일으키며 시력의 질의 저하를 유발한다.¹⁶⁻¹⁸ KR-1W[®] wavefront analyzer는 수차 분석 장비로서, 안구의 총 고위수차와 각막의 고위수차를 측정 가능하며, 이를 통해 눈물막의 불안정성을 수치화시킬 수 있다. 본원에서는 이전 연구를 통해,¹⁰ 일반인을 대상으로 10초간 연속 측정하는 방식을 이용하여 고위 수차를 분석하였고, 눈 깜박임 후 10초간 고위수차를 연속 측정한 결과 눈물막이 불안정해질수록 고위수차는 점차 증가한다고 보고하였다.

이번 연구 결과, 백내장 수술 후 각막의 고위 수차는 술 후 2주에 급격히 증가한 뒤 이후 점차 감소하여 술 후 8주에는 술 전 수준을 회복하였다. 고위 수차의 증가는 술 후 발생한 각막의 손상과 이로 인한 눈물막의 불안정성에 의한 것으로 볼 수 있으며, 이는 백내장 수술 후 발생하는 건성안 증상의 원인으로 고려해볼 수 있다. 이전 연구를 살펴보면, Khanal et al¹⁹은 백내장 수술 후 눈물의 생성 및 증발, 삼투압등 눈물의 생리는 술 후 1달째에 술 전 수준으로 회복되었다고 보고하였고, Oh et al¹³은 술 후 1달째에 각막의 감각은 거의 술 전 수준으로 회복되었지만, 건성안 증상은 술 후 3달까지 회복되지 않았다고 보고하였다. Li et al²⁰은 술 후 3개월까지 분석한 결과 시기능의 불편감은 매우 감소하였지만, 안구 불편감은 3개월까지 지속되었다고 보고하였다. Cho and Kim²¹은 술 전 건성안이 있는 군에서 백내장 수술을 시행한 결과 술 후 2달째 증상이 가장 악화되었다고 보고하였다. 본 연구와 이전 연구들을 살펴 볼 때, 각막의 감각 저하 및 안표면 지표는 술 후 1-3 개월에 걸쳐 술 전 수준으로 회복되지만, 건성안 증상은 지속될 수 있음을 생각해 볼 수 있다. 본 연구에서 각막의 고위수차와 안

표면 지표는 술 후 8주에 술 전과 비슷한 양상으로 회복되는 모습을 보였으며, 각막의 고위수차 변화량 역시 술 후 6주부터 술 전과 비슷한 양상을 확인하였다. 따라서 술 후 약 2개월 뒤에는 백내장 수술 후 발생한 각막 손상은 회복되고, 눈물막의 불안정성도 회복되어 이는 각막의 고위수차의 향상을 가져 오기 때문에 시력의 질적 향상을 기대해 볼 수 있다고 생각한다.

고위수차의 변화량을 살펴보면, 10초 동안 시간에 따른 고위수차의 변화량이 0.1 초과를 보인 안 수는 술 전 10안에서 술 후 2주에 13안으로 증가하였고 8주에 다시 10안으로 감소하였다. 이는 대부분 환자들은 10초간 고위수차의 변화량이 0.1 이하였으며, 술 후 일시적으로 0.1 초과를 보이는 환자도 술 후 8주에는 술 전 수준으로 회복된다고 볼 수 있다.

안표면 지표의 술 전후 변화를 살펴보면, 안표면 지표는 술 후 8주째 술 전과 비슷한 수준으로 회복되었고, 이는 각막 고위수차가 술 전 수준으로 회복되는 시기와 일치한다. 따라서 초음파유화술 시행 8주 뒤에는 안표면 지표(BUT, Schirmer, SPK)가 술 전 수준으로 회복되면서 눈물막의 불안정성이 해소되고 이로 인해 각막의 고위수차가 회복되는 것으로 생각해 볼 수 있겠다.

술 전 안표면 지표 결과에 따라 두 군으로 나누어 분석한 결과를 살펴보면, 두 군 사이 술 전에는 10초간 고위수차의 평균값은 의미 있는 차이를 보였지만, 술 후에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 10초간 시간에 따른 고위수차의 변화량은 모든 그룹에서 술 전후 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 술 전 모든 안표면 지표와 술 후 고위수차의 평균값 사이 의미 있는 상관관계를 보이지 않은 것을 고려할 때, 술 전 안표면 지표는 술 후 각막 고위수차에 의미 있는 영향을 미치지 않았다는 것을 알 수 있다. 따라서 각막의 고위수차는 술 전 환자의 안표면 지표보다는 각막 절개 및 봉합, 초음파유화술 등의 수술적 요인이 더 크게 작용하는 것으로 생각한다.

환자는 술 후 0.3% ofloxacin, 0.2% fluorometholone, pranopfen 외에 인공눈물 등 안표면에 영향을 줄 수 있는 어떠한 약제도 사용하지 않았다. 따라서 각막 고위수차는 술 후 2개월 정도가 지나면 약제의 도움 없이 술 전 수준으로 회복된다고 볼 수 있다.

본 연구는 백내장 수술 전후 고위수차의 변화를 분석하기 위해 이루어졌기 때문에 환자의 주관적인 증상에 대하여는 조사하지 않았다. 술 후 고위수차와 안표면 지표의 변화는 환자의 주관적인 증상의 변화를 일으킬 수 있겠지만, 이에 대한 평가가 이루어지지 않았기 때문에 술 후 고위수차, 안표면 지표가 개선되면서 증상이 어떻게 변하는지는

알 수 없었다. 이에 대하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결론적으로, 초음파유화술 후 각막의 고위수차는 술 후 8주 뒤 술 전 수준으로 회복이 가능하며, 이는 각막의 눈물막은 술 후 8주에는 술 전 수준으로 회복되어 시력의 질적 향상을 기대해 볼 수 있겠다. 그리고 각막 고위수차의 상승 원인은 술 전 안표면 지표보다는 각막 절개 및 봉합, 초음파, 현미경에 의한 빛 노출 등의 수술적 요인으로 인해 발생한 안표면의 손상으로 생각해 볼 수 있다. 따라서 각막의 수술적 요인에 의한 손상을 최소화하여 술 후 건성안 발생 방지 및 시력의 질적 향상을 위해 노력하는 것이 필요하겠다.

REFERENCES

- 1) Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol* 1967;64:23-35.
- 2) Hiroko BM. Cataract surgery in the presence of other ocular comorbidities. In: Steinert RF, ed. *Cataract Surgery: Technique, Complication and Management*. Saunders, 2004; chap. 32.
- 3) Ram J, Gupta A, Brar G, et al. Outcomes of phacoemulsification in patients with dry eye. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:1386-9.
- 4) Koenig SB, Berkowitz RA, Beuerman RW, McDonald MB. Corneal sensitivity after epikeratophakia. *Ophthalmology* 1983;90:1213-8.
- 5) Tervo K, Latvala TM, Tervo TM. Recovery of corneal innervation following photorefractive keratoablation. *Arch Ophthalmol* 1994; 112:1466-70.
- 6) Benitez-del-Castillo JM, del Rio T, Iradier T, et al. Decrease in tear secretion and corneal sensitivity after laser in situ keratomileusis. *Cornea* 2001;20:30-2.
- 7) Park YK, Choi NY, Bae SR, Joo CK. The change of tear film after laser epithelial keratomileusis and laser in situ keratomileusis. *J Korean Ophthalmol Soc* 2002;43:1145-51.
- 8) Quinto GG, Camacho W, Behrens A. Postrefractive surgery dry eye. *Curr Opin Ophthalmol* 2008;19:335-41.
- 9) Hagyo K, Csakany B, Lang Z, Nemeth J. Variability of higher order wavefront aberrations after blinks. *J Refract Surg* 2009;25:59-68.
- 10) Choi SH, Shin YI. Changes in higher order aberration according to tear-film instability analyzed by continuous measurement using wavefront. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:1076-80.
- 11) Donnenfeld ED, Solomon K, Perry HD, et al. The effect of hinge position on corneal sensation and dry eye after LASIK. *Ophthalmology* 2003;110:1023-9; discussion 1029-30.
- 12) Mencucci R, Ambrosini S, Ponchiotti C, et al. Ultrasound thermal damage to rabbit corneas after simulated phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2180-6.
- 13) Oh T, Jung Y, Chang D, et al. Changes in the tear film and ocular surface after cataract surgery. *Jpn J Ophthalmol* 2012;56:113-8.
- 14) Tutt R, Bradley A, Begley C, Thibos LN. Optical and visual impact of tear break-up in human eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41:4117-23.
- 15) Hagyo K, Csakany B, Lang Z, Nemeth J. Variability of higher order wavefront aberrations after blinks. *J Refract Surg* 2009;25:59-68.
- 16) Thibos LN, Hong X. Clinical applications of the Shack-Hartmann aberrometer. *Optom Vis Sci* 1999;76:817-25.
- 17) Koh S, Maeda N, Kuroda T, et al. Effect of tear film break-up on higher-order aberrations measured with wavefront sensor. *Am J Ophthalmol* 2002;134:115-7.
- 18) Montés-Micó R, Alió JL, Muñoz G, et al. Postblink changes in total and corneal ocular aberrations. *Ophthalmology* 2004;111:758-67.
- 19) Khanal S, Tomlinson A, Esakowitz L, et al. Changes in corneal sensitivity and tear physiology after phacoemulsification. *Ophthalmic Physiol Opt* 2008;28:127-34.
- 20) Li XM, Hu L, Hu J, Wang W. Investigation of dry eye disease and analysis of the pathogenic factors in patients after cataract surgery. *Cornea* 2007;26(9 Suppl 1):S16-20.
- 21) Cho YK, Kim MS. Dry eye after cataract surgery and associated intraoperative risk factors. *Korean J Ophthalmol* 2009;23:65-73.

= 국문초록 =

연속측정방법으로 분석한 초음파유화술 전후 고위수차의 변화

목적: 초음파유화술 전후 KR-1W[®] 웨이브프론트 분석기로 각막의 고위수차를 10초간 연속 측정하여 초음파유화술 전후 각막 고위수차의 변화 양상 및 안표면 지표(눈물막파괴시간, 쉬르머 검사, 점상각막염)와의 연관성에 대하여 분석해 보고자 한다.

대상과 방법: 초음파유화술을 시행 받은 30명 47안에 대하여 술 전, 술 후 2주, 4주, 6주, 8주에 KR-1W[®] 웨이브프론트 분석기로 1초부터 10초까지 연속적으로 각막 고위수차를 측정하였다. 술 전 쉬르머 검사(10 mm 초과군, 10 mm 이하군), 눈물막파괴시간(5초 초과군, 5초 이하군), 점상각막염(무, 유) 결과에 따라 두 군으로 나누어 비교 분석하였고, 안표면 지표와 각막 고위수차와의 상관계수를 분석하였다.

결과: 각막의 고위수차는 술 후 2주에 급격히 상승하였고, 술 후 8주에 술 전 수준으로 회복되었다. 각막의 고위수차는 술 전과 술 후 8주에 눈 깜박임 후 10초간 점차 증가하는 양상을 보였고 이는 통계적으로 유의하였다(술 전: $p < 0.001$, 술 후 8주: $p = 0.027$). 안표면 지표에 따라 구분한 두 군 사이에 고위수차는 통계적으로 유의한 차이가 없었으며($p > 0.05$), 상관계수는 모든 시기에서 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$).

결론: 초음파유화술 후 각막의 고위수차의 변화는 술 후 8주에 술 전 수준으로 회복되었다. 술 전 안표면 지표는 초음파유화술 후 고위수차에 의미 있는 영향을 미치지 않았다. 이는 술 전 안표면 지표보다는 수술적 요인이 술 후 각막의 고위수차에 영향을 주는 큰 요인이라고 생각한다.

〈대한안과학회지 2015;56(1):25-32〉
