

펄토초레이저를 이용한 백내장 수술과 고식적 백내장 수술 비교

이우석 · 한상엽 · 이경현

성모안과병원

목적: 고식적 백내장 수술과 비교한 펄토초레이저를 이용한 백내장 수술의 임상결과 및 효율성을 알아보았다.

대상과 방법: 펄토초레이저를 이용하여 백내장 수술을 시행받은 군(31안)과 고식적 백내장 수술을 시행받은 군(30안)의 최대교정시력, 구면대응치, 수술유발난시도, 각막 및 안구난시, 고위수차, Strehl ratio, Ocular scatter index, 수정체낭원형절개의 직경, 시축과 수정체낭원형절개 중심 사이의 거리, 평균절대오차, 유효초음파시간, 평균초음파세기, 수술 시간 등을 비교하였다.

결과: 최대교정시력, 구면대응치, 수술유발난시, 각막 및 안구난시, 고위수차, Strehl ratio, Ocular scatter index, 유효초음파시간, 평균초음파세기, 수술시간은 두 군간 통계학적으로 유의한 차이는 없었지만 수정체낭원형절개, 시축과 수정체낭원형절개의 중심 사이의 거리, 인공수정체의 경사도는 두 군간 통계학적 의미있는 차이를 보였다.

결론: 펄토초레이저를 이용한 백내장 수술은 고식적 백내장 수술보다 더 일정하고 정확한 수정체낭원형절개 및 더 나은 인공수정체의 위치적 안정성을 보였다.

〈대한안과학회지 2013;54(8):1227-1235〉

백내장 수술은 안과 의사들에 의해 가장 보편적으로 시행되고 있는 수술 중 하나로 절개, 수정체낭원형절개, 수력분리술과 수력분층술, 렌즈 분할, 수정체유화술, 인공수정체 삽입술의 단계로 이루어 진다.

점함 인공 수정체의 도입으로 이전의 넓었던 절개창 대신 점점 더 작은 각막 절개창을 통한 수술이 가능해져 염증 등의 합병증 감소와 무봉합 상태로 창상 치유 및 각막 난시를 최소화할 수 있게 되었고¹ 통조림따기낭절개(can-opener capsulotomy)에서 연속적이고 둥근 수정체낭원형절개로 진보하여 수술 중 방사상 파열(radial tear)에 대한 저항력을 가지고, 인공수정체의 낭내삽입이 용이하게 되었으며,^{2,3} phaco prechopper를 이용해서 수정체핵을 분리시키는 방법이 도입되어 초음파유화기의 첨단부(tip)에서 발생하는 열과 기계적 조작에 의한 안내조직 손상, 각막내피세포의 손상, 후방파열 등의 합병증을 감소시킬 수 있게 되었다.⁴ 이처럼 환자들의 보다 나은 시력의 질 향상을 위해 수술 방

법이 계속 발전하고 있으며 최근 각막절개, 수정체낭원형절개, 렌즈 분할을 정확하게 시행하기 위해 펄토초레이저가 백내장 수술에 도입되어 임상에서 사용되고 있다.

펄토초레이저를 이용한 수술은 주변조직의 손상 없이 정확한 수술 절개를 가능하게 하여 안과수술에서 상당한 기술적 진보를 가져왔으며 주로 라식 수술에서 각막절편 생성시에 사용되고 있으나 최근 백내장 수술에 접목되어 투명각막절개시 투명각막터널을 정확하게 만들 수 있어서 수정체유화술을 시행하기 용이하며, 정확한 직경과 대칭적이고 일정한 모양의 수정체낭원형절개를 만들어 인공수정체의 위치적 안정성을 가지게 되었고, 미리 수정체 핵을 분할하여 백내장 수술을 용이하게 시행할 수 있게 되었다.

펄토초레이저를 이용한 백내장 수술이 외국에서 뿐만 아니라 최근 국내에서도 도입되어 사용되고 있는 추세인데, 국내에서 아직까지 결과에 대한 보고가 없어 이에 대한 연구를 실시하였다.

이에 저자들은 펄토초레이저를 이용하여 각막절개, 수정체낭원형절개, 렌즈 분할을 시행 받은 펄토초레이저를 이용한 백내장 수술군과 고식적 백내장 수술군의 수술 결과를 비교 분석하였다.

대상과 방법

■ Received: 2012. 12. 15. ■ Revised: 2013. 3. 13.

■ Accepted: 2013. 5. 18.

■ Address reprint requests to Sang Youp Han, MD
Sungmo Eye Hospital, #409-1 Haeun-daero, Haeundae-gu,
Busan 612-823, Korea
Tel: 82-51-743-0775, Fax: 82-51-743-0776
E-mail: medicalhan@hanmail.net

* This study was presented as a narration at the 108th Annual Meeting of the Korean Ophthalmology Society 2012.

2012년 6월부터 2012년 7월까지 본원안과에서, 한 명의

술자(KH Lee)에 의해 펌토초레이저를 이용한 백내장 수술 또는 고식적 백내장 수술을 받은 환자들을 대상으로 의무 기록을 후향적으로 조사하였다.

술 전에 나안시력 및 최대교정시력, 구면대응치(spherical equivalent), 안압을 측정하였고, 자동굴절검사, 세극등현미경검사, 안저검사를 포함한 안과적 검사를 시행하였다. 시력은 통계분석을 위하여 스넬렌 시력을 logarithm of the minimal angle resolution (logMAR)으로 변환하여 비교 분석하였다.

인공수정체의 도수를 결정하기 위해 숙련된 검사자를 통해 IOL master (Carl Zeiss Meditec, Dublin, USA)를 이용하여 안축길이 및 각막굴절력을 측정하였고 SRK/T 공식을 이용하여 인공수정체 도수를 결정하였다.

KR-1W (Topcon Corp., Tokyo, Japan) 안내 수차계를 사용하여 술 전과 술 후 1개월에 4 mm와 6 mm 직경의 각막에서 각막난시, 안구난시, 고위 수차를 측정하였다.

Optical Quality Analysis System (OQAS) (Visiometrics SL, Terrassa, Spain)을 이용하여 술 전과 술 후 1개월에 Strehl ratio, Objective scatter index (OSI)를 측정하여 두 군간 시력의 질을 평가하였다.

펌토초레이저를 이용한 백내장 수술은 LenSX (Alcon LenSX, Texas, USA)를 이용하였으며 투명각막절개창(clear corneal incision) 및 보조 절개창(side-port corneal incisions), 수정체낭원형절개, 렌즈 분할의 단계에서 사용되었다. 투명각막절개창의 길이는 2.2 mm, 보조 절개창의 길이는 1.0 mm, 수정체낭원형절개의 직경은 5.0 mm, 렌즈 분할의 단계에서 수직, 수평 길이는 각각 5.2 mm로 설정하였다. 고식적 백내장 수술에서도 투명각막절개창의 길이는 2.2 mm, 보조 절개창의 길이는 1.0 mm로 하였으며, 경험 많은 술자에 의해 수정체낭원형절개는 직경 5.0 mm가 되도록 노력하였다.

모든 백내장수술은 국소 점안 마취(4% lidocaine and 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine®, Alcon, USA)) 후 시행하였다. 펌토초레이저를 이용한 백내장 수술의 경우, 동일한 술자가 펌토초레이저에 의해 미리 형성된 투명각막절개창 및 보조 절개창을 확인 후 점탄물질(viscoelastic)을 전방 내에 채워 넣었다. 펌토초레이저에 의해 이미 만들어진 수정체낭원형절개의 범위를 확인한 후 낭집계를 이용하여 수정체낭의 방사상 파열 없이 전방의 절개된 부분을 조심스럽게 제거하였다. 평형생리식염수를 사용하여 수력 분리술 및 수력분출술을 시행한 후 펌토초레이저에 의해 수정체 핵이 4등분된 것을 다시 한번 더 Akahoshi prechopper를 이용하여 분할하였다. 초음파 유화기는 Infinity (Alcon, Fort Worth, USA)를 사용하여 핵의 수정체유화술과 피질

흡입을 시행하였다. 이후 점탄물질로 전방을 다시 채우고 인공수정체를 삽입하였다. 관류흡인으로 점탄물질을 제거하고 적절한 안압을 확인한 후 각막봉합을 시행하지 않고 기질수화로 창상을 폐쇄하였다. 고식적 백내장 수술의 경우, 수술 순서는 같으나 술자가 직접 각막절개, 수정체낭원형절개, phaco chop을 시행하였다.

모든 대상환자들은 수술 전에 양안 산동상태에서 세극등 현미경검사를 시행하여 LOCS (lens opacities classification system) III 분류에 의해 핵 경화 정도(nuclear opalescence, NO)에 따라 백내장 정도를 분류하였으며 수술 시 다양한 초음파 세기로 작동한 총 초음파 시간과 100% 초음파 세기 작동 시로 환산한 시간인 유효초음파시간, 평균초음파세기, 수술 시간을 측정하여 두 군을 비교하였다.

수술로 인해 유발된 난시도(surgically induced astigmatism: SIA)는 Holladay-Cravy-Koch 공식⁵에 수술 후 1개월에 측정된 각막곡률값을 대입하여 산출하여 두 군을 비교하였다.

술 후 1개월에 Casia SS-1000 OCT (Tomey, Nagoya, Japan)로 수정체낭원형절개의 직경, 시축(visual axis)과 수정체낭원형절개 중심 사이의 거리, 인공수정체의 경사도를 분석하였다. 수정체낭원형절개의 직경은 Casia SS-1000 OCT로 직접 측정하였으며 인공수정체의 경사도는 두 전방각을 이은 선(angle to angle)과 인공수정체의 광학부 단면이 이루는 각으로 평가하였다. 시축과 수정체낭원형절개 중심 사이의 거리는 간접적으로 구하여 분석하였다. Casia SS-1000 OCT로 시축에서 수정체낭원형절개 중심 사이의 상대적 거리를 평가할 수 있으며, 수평방향(X) 거리 평가는 우안에서 코쪽, 좌안에서 귀쪽에 위치하면 양의 값, 반대방향이면 음의 값으로 표기되고, 수직방향(Y) 거리 평가는 시축보다 위쪽은 양의 값, 아래쪽은 음의 값으로 표기되어 수평방향(X)의 제곱과 수직방향(Y)의 제곱의 합에서 제곱근을 구하여 시축과 수정체낭원형절개의 중심 사이의 거리를 간접적으로 구하여 비교하였다.

수술 1개월 후 현성 굴절검사를 시행하여 굴절력(spherical equivalent (SE))을 측정하였다. 수술 전 예측 굴절력에서 수술 1개월 후 측정된 실제 굴절력의 차를 실제오차(numeric error)로 간주하고 실제오차의 절대값을 절대오차(absolute error)로 그 평균을 평균절대오차(mean absolute error (MAE))로 정의하여 두 군간의 평균 절대오차를 비교 분석하였다.

자료의 분석은 SPSS v 12.0 (SPSS INC., Chicago, USA)을 이용하여 시행하였다. 술 전 및 술 후 두 군간의 측정치 비교는 Mann-Whitney U test를 이용하여 비교하였고, 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

총 61명(61안)을 대상으로 하였으며 이 중 남자가 27명, 여자가 34명이었고, 펄초레이저를 이용한 백내장 수술을 시행 받은 군은 31명(50.8%)으로 남자 12명, 여자 19명이었으며 평균나이는 67.03 ± 12.10 세였다. 고식적 백내장

수술을 시행 받은 군은 30명(49.2%)으로 남자 15명, 여자 15명이었고 평균나이는 68.39 ± 9.60 세였다(Table 1). 술 전 최대 교정시력(logMAR)은 각각 0.33 ± 0.30 , 0.43 ± 0.47 로 차이를 보이지 않았고($p=0.06$), 술 후 최대 교정시력은 수술 1주 후 0.09 ± 0.15 , 0.08 ± 0.08 , 1개월 후 0.06 ± 0.12 , 0.07 ± 0.08 , 2개월 후 0.01 ± 0.02 , 0.08

Table 1. Preoperative characteristics of eyes for laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser group and conventional phacoemulsification group

Characteristic	FS laser group	Conventional group	<i>p</i> -value
Number of eyes (patients)	31 (31)	30 (30)	0.842
Mean age (years)	67.03 ± 12.10	68.39 ± 9.60	0.733
Gender no. (%)			
Male	12 (38.7%)	15 (50.0%)	0.545
Female	19 (61.3%)	15 (50.0%)	0.611
MR spherical equivalent (D)	-0.74 ± 3.93	-1.05 ± 3.14	0.065
Axial length (mm)	24.34 ± 1.60	23.62 ± 0.96	0.449
Endothelial cell density (mm^2)	2734.65 ± 333.80	2699.55 ± 364.17	0.677

Values are presented as mean \pm SD.

FS = femtosecond; MR = manifest refraction; D = diopter.

Table 2. Preoperative and postoperative visual acuity

BCVA (log MAR)	FS laser group	Conventional group	<i>p</i> -value
Preoperative	0.33 ± 0.3	0.43 ± 0.47	0.060
Postoperative 1 week	0.09 ± 0.15	0.08 ± 0.08	0.643
Postoperative 1 month	0.06 ± 0.12	0.07 ± 0.08	0.233
Postoperative 2 months	0.01 ± 0.02	0.08 ± 0.09	0.350

Values are presented as mean \pm SD.

BCVA = best corrected visual acuity; FS = femtosecond.

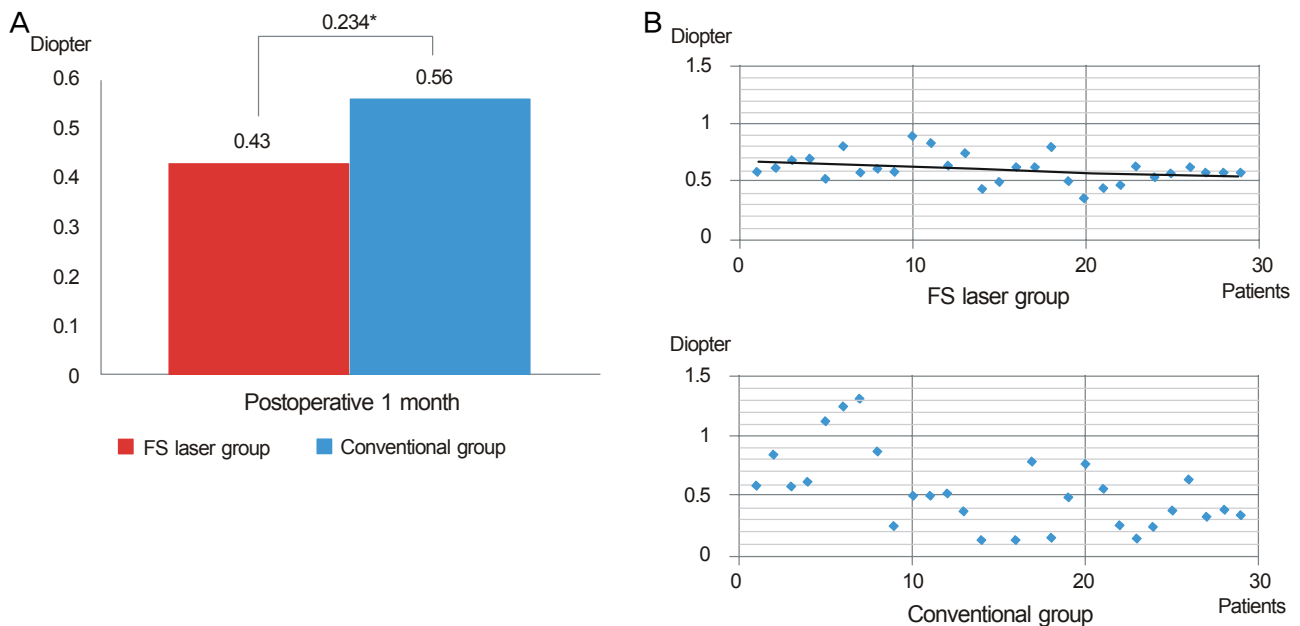


Figure 1. Comparison (A) and distribution (B) of surgically induced astigmatism between laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser and conventional phacoemulsification at postoperative 1 month. **p*-value = statistical significance was calculated by Mann-Whitney test.

Table 3. Preoperative and postoperative ocular aberrations were measured at the 4.0 mm and 6.0 mm optical zone. Aberration parameters were included ocular astigmatism, corneal astigmatism, and total high order aberration by KR-1W aberrometer

	FS laser group	Conventional group	p-value
Astigmatism (4 mm optical zone)			
Preoperative			
Ocular	-1.33 ± 0.74	-1.20 ± 0.74	0.432
Corneal	-1.24 ± 0.92	-1.08 ± 0.58	0.732
Postoperative 1 month			
Ocular	-0.82 ± 0.53	-0.89 ± 0.64	0.453
Corneal	-1.11 ± 0.72	-0.98 ± 0.63	0.395
Astigmatism (6 mm optical zone)			
Preoperative			
Ocular	-1.33 ± 0.74	-1.24 ± 0.78	0.563
Corneal	-0.88 ± 0.64	-0.77 ± 0.44	0.782
Postoperative 1 month			
Ocular	-0.87 ± 0.59	-0.76 ± 0.55	0.343
Corneal	-0.77 ± 0.54	-0.73 ± 0.46	0.802
Total high order aberration (4 mm optical zone)			
Preoperative			
Ocular	0.24 ± 0.11	0.27 ± 0.16	0.796
Corneal	0.18 ± 0.08	0.15 ± 0.05	0.164
Internal	0.20 ± 0.11	0.24 ± 0.18	0.957
Postoperative 1 month			
Ocular	0.18 ± 0.09	0.20 ± 0.10	0.330
Corneal	0.19 ± 0.10	0.19 ± 0.09	0.902
Internal	0.12 ± 0.05	0.13 ± 0.06	0.914
Total high order aberration (6 mm optical zone)			
Preoperative			
Ocular	0.69 ± 0.34	0.86 ± 0.28	0.011
Corneal	0.50 ± 0.21	0.46 ± 0.10	0.574
Internal	0.58 ± 0.32	0.66 ± 0.41	0.563
Postoperative 1 month			
Ocular	0.63 ± 0.25	0.77 ± 0.30	0.138
Corneal	0.50 ± 0.13	0.52 ± 0.18	0.865
Internal	0.43 ± 0.18	0.43 ± 0.18	0.777

Values are presented as mean ± SD.

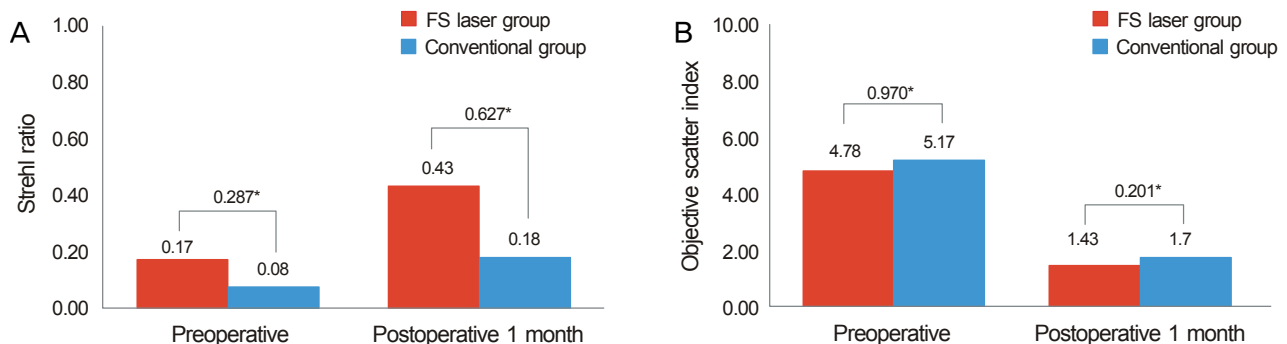


Figure 2. Preoperative and postoperative parameters (Strehl ratio (A), Objective scatter index (B)) in Optical Quality Analysis System between laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser and conventional phacoemulsification at postoperative 1 month. *p-value = statistical significance was calculated by Mann-Whitney test.

± 0.09로 각각 측정되었으며 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2).

수술로 인해 유발된 난시도(SIA)는 펌토초레이저를 이

용하여 백내장 수술을 시행 받은 군(0.43 ± 0.11)과 고식적 백내장 수술을 시행 받은 군(0.56 ± 0.38) 사이에 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나 펌토초레이저를 이

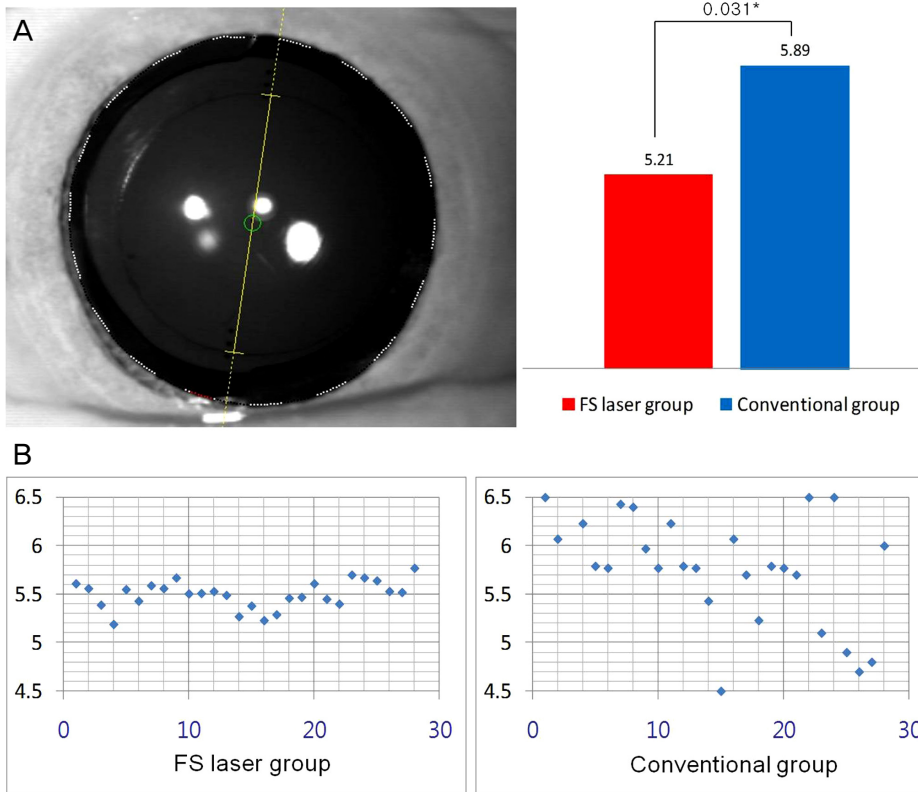


Figure 3. Comparison (A) and distribution (B) of curvilinear capsulorrhexis size which was measured by Casia SS-1000 OCT between laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser and conventional phacoemulsification at postoperative 1 month (B). (A) Diameter of continuous curvilinear capsulorrhexis (mm). (B) Distribution of diameter (mm). * p -value = statistical significance was calculated by Mann-Whitney test.

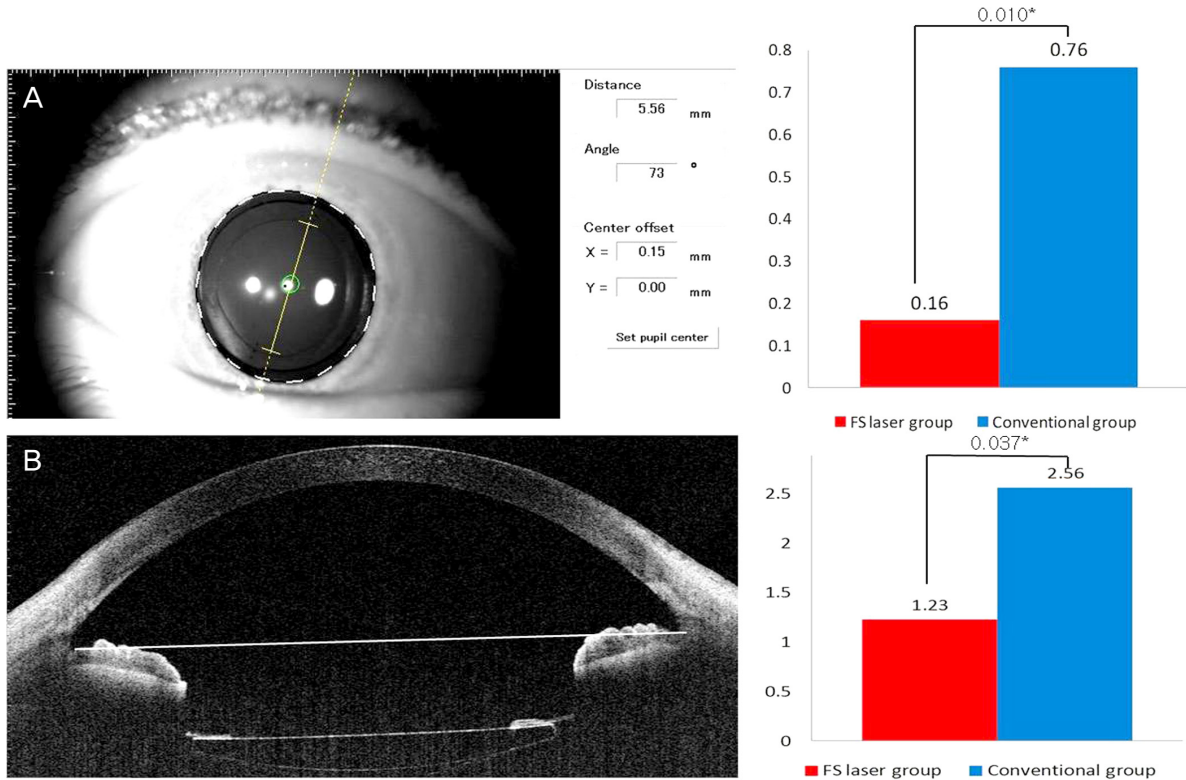


Figure 4. The distance from visual axis to the center of continuous curvilinear capsulorrhexis (A) and Intraocular lens positioning (horizontal tilt) (B) between laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser and conventional phacoemulsification at postoperative 1 month (B). * p -value = statistical significance was calculated by Mann-Whitney test.

Table 4. Effective phaco time, average phaco power, operation time were analyzed between laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser and conventional phacoemulsification

Parameters	Grading	FS laser	Conventional	p-value
Effective phaco time (sec)	LOCS III NO 1,2	4.52 ± 2.71	3.4 ± 1.4	0.271
	LOCS III NO 3,4	7.38 ± 2.82	8.36 ± 5.34	0.983
	LOCS III NO 5,6	14.49 ± 10.14	12.41 ± 4	0.563
Average phaco power (%)	LOCS III NO 1,2	19.29 ± 8.16	26.16 ± 2.44	0.181
	LOCS III NO 3,4	24.54 ± 5.48	25.33 ± 3.13	0.723
	LOCS III NO 5,6	32.39 ± 15.80	26.88 ± 5.11	0.266
OP time (min)	LOCS III NO 1,2	13.04 ± 2.45	13.63 ± 2.92	0.639
	LOCS III NO 3,4	14.88 ± 2.09	13.57 ± 2.47	0.069
	LOCS III NO 5,6	18.13 ± 5.25	16.38 ± 5.10	0.456

Values are presented as mean ± SD.

LOCS = lens opacities classification system; NO = nuclear opacity; OP time = operation time.

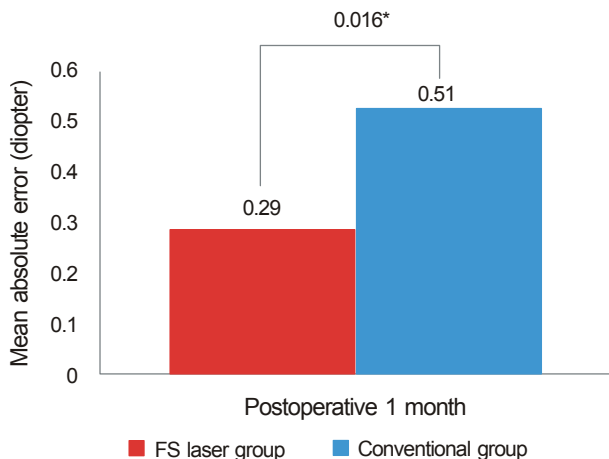


Figure 5. Difference between predicted and achieved postoperative spherical equivalent refraction. Mean absolute error was analyzed 1 month after surgery. *p-value = statistical significance was calculated by Mann-Whitney test.

용한 백내장 수술을 시행 받은 군에서 고식적 백내장 수술을 시행 받은 군에 비해 일관된 분포양상을 보였다(Fig. 1).

술 전후 KR-1W 안구 수차계를 이용하여 4 mm 및 6 mm 동공크기에서 측정된 각막 난시, 안구 난시 및 고위수차는 두 군간 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3).

술 전 측정된 Strehl ratio는 펄스초레이저를 이용하여 백내장 수술을 시행 받은 군(0.17 ± 0.14)과 고식적 백내장 수술을 시행 받은 군(0.08 ± 0.05) 사이에 유의한 차이가 없었으며 술 후 1개월에 각각 0.43 ± 0.33 , 0.18 ± 0.11 로 두 군간 통계학적 유의한 차이를 보이지 않았다. Objective scatter index는 술 전 각각 4.78 ± 3.05 , 5.17 ± 4.11 , 술 후 1개월에 각각 1.43 ± 1.12 , 1.70 ± 1.43 로 두 군간 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 2).

술 후 1개월에 측정된 수정체낭원형절개의 직경은 펄스초레이저를 이용하여 백내장 수술을 받은 군(5.21 ± 0.61)과 고식적 백내장 수술을 시행 받은 군(5.89 ± 1.48) 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p=0.031$), 펄스초

레이저를 이용하여 백내장 수술을 시행 받은 군에서 보다 일관된 분포양상을 보였다(Fig. 3). 시축과 수정체낭원형절개의 중심 사이의 거리는 각각 0.16 ± 0.04 , 0.76 ± 0.48 로 두 군간 유의한 차이를 보였으며($p=0.010$), 인공수정체의 경사도는 각각 $1.23 \pm 0.55^\circ$, $2.56 \pm 0.173^\circ$ 로 두 군간 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p\text{-value}=0.037$) (Fig. 4).

술 전, 술 후 1주, 1개월, 2개월 경과관찰시 구면렌즈 대응치는 펄스초레이저를 이용한 백내장 수술을 받은 군에서 각각 -0.82 ± 4.14 , -0.63 ± 0.96 , -0.73 ± 1.09 , -0.71 ± 0.97 로 측정되었으며 고식적 백내장 수술을 시행 받은 군에서 각각 -0.81 ± 2.93 , -0.73 ± 0.96 , -0.75 ± 0.95 , -0.70 ± 0.99 로 측정되어 두 군간 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.571$, $p=0.358$, $p=0.544$, $p=0.607$).

평균 절대오차는 펄스초레이저를 이용한 백내장 수술을 받은 군에서 0.29 ± 0.12 , 고식적 백내장 수술을 시행 받은 군에서 0.51 ± 0.36 로 두 군간 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.016$) (Fig. 5).

수술 시 기록된 유효초음파시간(effective phaco time), 평균초음파세기(average phaco power), 수술시간은 두 군간 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4).

고 찰

노령인구가 증가함에 따라 백내장 수술은 매년 증가하고 있으며, 환자들에게 보다 나은 시력의 질 향상을 위해 여러 가지 수술 방법, 인공수정체, 임상적 진단 장비, 수술장비에 대한 연구가 계속 발전하고 있다.

라식 수술의 각막절편 형성, 난시교정을 위한 주변각막 이완절개(peripheral corneal relaxing incisions), 각막이식에 사용되었던 펄스초레이저가 최근 백내장 수술에 적용되어 해외뿐만 아니라 국내에서도 사용되고 있다. 펄스초레이저를 이용하여 각막절개, 수정체낭원형절개, 렌즈 분할을

시행할 수 있으며 고식적 백내장 수술에 비해 여러가지 장점을 가진다고 알려졌다.⁶⁻¹⁰

본 연구에서 각막 및 안구 전체의 수차, 고위수차 분석을 통하여 펄토초레이저를 이용하여 백내장 수술을 시행 받은 군과 고식적 백내장 수술을 시행 받은 군을 비교하였으나 두 군간 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 두 군 모두 투명각막절개창의 크기와 보조 절개창의 길이가 같고, 수술로 인한 난시 유발(SIA)이 작은 이측 투명각막절개를 시행하였기 때문으로 추측된다.

OQAS는 double-pass 방식을 사용하여 modulation transfer function (MTF), Strehl ratio, OSI 등을 측정하게 되며,¹¹ Strehl ratio는 완전한 zero-aberration 상태에서 최고값 1을 가지며 수차(aberration) 증가 시 Strehl ratio는 감소하게 되며, OSI는 안내 빛 분산(intraocular scattered light)을 평가하는 수치로 분산 정도가 커지면 OSI는 증가하게 된다.¹² 본 연구에서는 백내장 수술 후 시력의 질을 평가하기 위해 Strehl ratio와 OSI로 두 군을 비교하였으며, 두 군간 통계학적 차이를 보이지 않았다. 이는 두 군간 난시 차이가 없었고, 시력에 질에 영향을 줄 수 있는 인공수정체의 위치이탈과 경사도가 두 군간 통계학적으로 차이가 있었지만 Holladay et al¹³은 경사도가 5° 이상, Piers et al¹⁴은 위치이탈이 0.8 mm, 경사도는 10° 이상 차이를 보여야 시력의 질에 영향을 미친다고 하였으며, 본 연구에서는 위치이탈은 평균 0.60 mm, 경사도는 평균 1.33° 차이를 보여 두 군간 시력의 질에 차이가 없었던 것으로 생각한다.

수정체낭원형절개의 크기가 너무 크면 수정체낭원형절개술 시행 도중 anterior zonules의 중지부위에 손상을 줄 수 있고, 수력분리술 또는 초음파유화술을 시행할 때 수정체핵이 전방으로 잘 탈출되어 수술이 어려워지거나 각막내 피세포에 손상을 줄 수 있으며, 인공수정체의 광학부가 수정체 낭내에 고정되지 못하고 상대적으로 큰 수정체낭원형절개부위 밖으로 쉽게 이탈됨으로써 홍채 후유착이나 인공수정체의 동공물림 및 중심 이탈 현상 등의 문제점이 발생할 수 있다. 반면 수정체낭원형절개의 크기가 너무 작으면 수정체핵을 다루기가 어렵고 수술기구가 출입하는 절개창 근처의 수정체 피질을 제거하기가 어려우며, 수술 후 절개창의 수축으로 인한 유효 광학 면적의 감소와 수정체낭폐쇄증후군(capsular block syndrome)이 발생하는 요인이 된다. 따라서 수정체낭원형절개는 삽입할 인공수정체의 광학부 직경보다 0.5-1.0 mm 정도 작게 하는 것이 일반적이며 대개 직경 5.0-5.5 mm 정도로 시행하게 된다. 본 연구에서도 수정체낭원형절개의 직경을 5.0 mm로 시행하였다. 하지만 수정체낭원형절개의 직경이 적당하더라도, 직접 술자에 의해 시행된 수정체낭원형절개(manual capsulor-

rhesis)는 대략 1% 정도에서 수정체낭의 방사상 파열이 발생할 수 있으며,¹⁵ 수정체낭원형절개의 직경 및 모양이 다양하게 나타날 수 있다. 수정체낭원형절개의 모양이 대칭적이지 않으면 수술 후 전방의 비대칭적 수축(asymmetric capsular shrinkage)으로 인공수정체의 위치변화를 야기할 수 있으며¹⁶ 인공수정체의 중심이 시축과 일치하지 않고 다양한 위치에 있을 경우 굴절력의 변화 및 시력의 질이 감소할 수 있다.¹⁷⁻²¹ 그러므로 일정한 크기의 직경과 대칭적 모양은 수정체낭원형절개에 있어서 상당히 중요한 요소이다. Kinga et al⁶은 20명 20안에 대해 펄토초레이저를 이용한 백내장 수술이 고식적 백내장 수술 보다 더 정확한 수정체낭원형절개의 직경과 일정한 크기 및 모양을 보였다고 보고 하였으며 또 다른 연구에서도 펄토초레이저를 이용한 백내장 수술이 고식적 백내장 수술 보다 수정체낭원형절개가 보다 정확하고 경계가 균일하다고 하였다고 보고하였다.⁷ 본 연구에서도 펄토초레이저를 이용한 백내장 수술 군에서 더 정확한 수정체낭원형절개의 직경과 일정한 크기를 보였지만 펄토초레이저를 이용한 백내장 수술시 수정체낭원형절개의 직경을 5.0 mm로 설정하였으나 수술 후 1개월에 측정한 수정체낭원형절개의 직경은 5.21 ± 0.61 mm로 예측된 값과 다소 차이가 있었다. 이 오차는 술 전 수정체 모양이 불록하지만 수정체핵 제거와 인공수정체의 삽입으로 수정체낭이 편평해져 직경이 증가했거나 수정체낭원형절개의 직경을 측정한 Casia SS-1000 OCT의 측정오차로 생각한다.

Miháltz et al⁸은 펄토초레이저를 이용하여 백내장 수술을 받은 48안과 고식적 백내장 수술을 받은 대조군에 대한 연구에서 펄토초레이저를 이용하여 백내장 수술을 받은 군에서 인공수정체의 경사도가 낮았다고 보고하였고, Akahoshi, et al²²도 펄토초레이저를 이용하여 백내장 수술을 받은 군이 고식적 백내장 수술을 받은 군에 비해 인공수정체의 경사도 및 중심이탈(decentration)이 낮았으며 이는 수정체낭원형절개의 직경과 일정한 크기가 인공수정체의 위치적 안정성에 기여한다고 보고하였다. 본 연구에서도 인공수정체의 경사도 및 중심이탈이 펄토초레이저를 이용한 백내장 군에서 낮게 측정되어 인공수정체의 위치가 더 안정적이었다.

펄토초레이저를 이용한 백내장 수술시 대칭적인 수정체낭원형절개가 가능하여 인공수정체의 위치 변화를 감소시킬 수 있으며^{6,9} 인공수정체의 위치적 안정성은 술전 예측굴절력과 술후 측정된 굴절력 사이의 오차를 줄일 수 있다. Filkorn et al¹⁰은 펄토초레이저를 이용하여 백내장 수술을 시행 받은 77명 77안과 고식적 백내장 수술을 시행 받은 55명 57안을 대상으로 평균절대오차(MAE)를 비교하였으

며, 펄스초레이저를 이용한 백내장 수술 군(0.38 ± 0.28) 이 고식적 백내장 수술 군(0.50 ± 0.38)보다 유의하게 작았으며($p=0.040$), 본 연구에서도 같은 결과를 보였다.

LOCS III 분류에 의해 핵 경화 정도에 따라 백내장 정도를 분류하여 수술 시 기록된 유효초음파시간, 평균초음파세기를 비교하였다. 핵 경화 정도가 심할수록 유효초음파시간과 평균초음파세기는 증가하며,²³ 돼지 눈을 대상으로 한 실험에서 펄스초레이저를 이용한 백내장 수술이 고식적 수술보다 유효초음파시간은 51%, 평균초음파세기는 43% 감소시켰다는 연구 결과가 있다.⁷ 본 연구에서 핵 경화 정도가 심할수록 유효초음파시간과 평균초음파세기는 증가하였지만 핵 경화 정도가 비슷할 경우, 펄스초레이저를 이용한 백내장 수술과 고식적인 백내장 수술에서 두 군간 차이를 보이지 않았으며 이는 사람에 대한 결과로 동물 실험과는 다른 결과를 보였다. 또한 펄스초레이저를 이용한 백내장 수술의 경우 펄스초레이저를 이용하여 수정체 핵을 미리 4 등분하였지만 렌즈가 완전히 분할되지 않아 다시 한번 더 Akahoshi prechopper를 이용하여 분할했기 때문에, 고식적 백내장 수술군과 비교에서 두 군간 수술시간의 통계학적 차이는 없었다. 펄스초레이저 후 백내장 수술을 위해 수술 실로 이동하는 과정에서 이동시간이 발생하며 그 사이에 감염의 위험성이 증가하는 단점이 있다.

수정체낭원형절개는 백내장 수술에서 가장 중요한 단계 중 하나로 이 과정을 펄스초 레이저를 이용하여 직경과 모양이 일정한 수정체낭원형절개를 만들 수 있다. 이는 시축과 수정체낭원형절개의 중심 사이의 거리 및 인공수정체의 경사도를 감소시켜 인공수정체의 위치적 안정성을 가져다 줄 수 있어, 점점 더 시력의 질적 향상을 원하는 요즘 더 안정적이고 예측 가능한 수술 방법으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Fine IH. Architecture and construction of a self-sealing incision for cataract surgery. J Cataract Refract Surg 1991;17 Suppl:672-6.
- 2) Gimbel HV, Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. J Cataract Refract Surg 1990;16:31-7.
- 3) Colvard DM, Dunn SA. Intraocular lens centration with continuous tear capsulotomy. J Cataract Refract Surg 1990;16:312-4.
- 4) Kránitz K, Miháltz K, Sándor GL, et al. Intraocular lens tilt and decentration measured by scheimpflug camera following manual or femtosecond laser-created continuous circular capsulotomy. J Refract Surg 2012;28:259-63.
- 5) Holladay JT, Cravy TV, Koch DD. Calculating the surgically induced refractive change following ocular surgery. J Cataract Refract Surg 1992;18:429-43.
- 6) Kránitz K, Takacs A, Miháltz K, et al. Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. J Refract Surg 2011;27:558-63.
- 7) Nagy Z, Takacs A, Filkom T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. J Refract Surg 2009;25:1053-60.
- 8) Miháltz K, Knorz MC, Alió JL, et al. Internal aberrations and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery. J Refract Surg 2011;27:711-6.
- 9) Nagy ZZ, Kránitz K, Takacs AI, et al. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. J Refract Surg 2011;27:564-9.
- 10) Filkom T, Kovács I, Takács A, et al. Comparison of IOL power calculation and refractive outcome after laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser versus conventional phacoemulsification. J Refract Surg 2012;28:540-4.
- 11) Martínez-Roda JA, Vilaseca M, Ondategui JC, et al. Optical quality and intraocular scattering in a healthy young population. Clin Exp Optom 2011;94:223-9.
- 12) Nochez Y, Majzoub S, Pisella PJ. Effect of residual ocular spherical aberration on objective and subjective quality of vision in pseudophakic eyes. J Cataract Refract Surg 2011;37:1076-81.
- 13) Holladay JT, Piers PA, Koranyi G, et al. A new intraocular lens design to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes. J Refract Surg 2002;18:683-91.
- 14) Piers PA, Weeber HA, Artal P, Norrby S. Theoretical comparison of aberration-correcting customized and aspheric intraocular lenses. J Refract Surg 2007;23:374-84.
- 15) Marques FF, Marques DM, Osher RH, Osher JM. Fate of anterior capsule tears during cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2006;32:1638-42.
- 16) Ohmi S. Decentration associated with asymmetric capsular shrinkage and intraocular lens size. J Cataract Refract Surg 1993;19:640-3.
- 17) Lakshminarayanan V, Enoch JM, Raasch T, et al. Refractive changes induced by intraocular lens tilt and longitudinal displacement. Arch Ophthalmol 1986;104:90-2.
- 18) Atchison DA. Refractive errors induced by displacement of intraocular lenses within the pseudophakic eye. Optom Vis Sci 1989;66:146-52.
- 19) Erickson P. Effects of intraocular lens position errors on post-operative refractive error. J Cataract Refract Surg 1990;16:305-11.
- 20) Kozaki J, Tanihara H, Yasuda A, Nagata M. Tilt and decentration of the implanted posterior chamber intraocular lens. J Cataract Refract Surg 1991;17:592-5.
- 21) Korynta J, Bok J, Cendelin J. Changes in refraction induced by change in intraocular lens position. J Refract Corneal Surg 1994;10:556-64.
- 22) Akahoshi T. Phaco prechop: manual nucleofracture prior to phacoemulsification. Op Tech Cataract Refract Surg 1998;1:69-91.
- 23) Bencić G, Zorić-Geber M, Sarić D, et al. Clinical importance of the lens opacities classification system III (LOCS III) in phacoemulsification. Coll Antropol 2005;29 Suppl 1:91-4.

=ABSTRACT=

Comparison of Laser Refractive Cataract Surgery with a Femtosecond Laser Versus Conventional Phacoemulsification

Woo Seok Lee, MD, Sang Youp Han, MD, Kyung Hun Lee, MD

Sungmo Eye Hospital, Busan, Korea

Purpose: To evaluate the surgical results and efficacy of laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser compared with conventional phacoemulsification.

Methods: Thirty-one eyes from 31 patients underwent laser refractive cataract surgery (femtosecond laser group), and conventional cataract surgery with phacoemulsification was performed in 30 eyes from 30 patients (conventional group). Best corrected visual acuity, spherical equivalent, surgical induced astigmatism, corneal and ocular astigmatism, total high order aberration, Strehl ratio, objective scatter index, diameter of continuous curvilinear capsulorrhexis (CCC), distance from visual axis to the center of CCC, intraocular lens (IOL) tilt, mean absolute error, effective phaco time, average phaco power and operation time were measured to compare the 2 groups.

Results: No significant differences were found between best corrected visual acuity, spherical equivalent, surgical induced astigmatism, corneal and ocular astigmatism, total high order aberration, Strehl ratio, objective scatter index, mean absolute error, effective phaco time, average phaco power or operation time. Significant differences were found in the diameter of CCC, distance from visual axis to the center of CCC, and IOL tilt.

Conclusions: Results of laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser showed more precise CCC, and more stable IOL position than conventional cataract surgery.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(8):1227-1235

Key Words: Cataract, Femtosecond laser, LenSx

Address reprint requests to **Sang Youp Han, MD**

Sungmo Eye Hospital

#409-1 Haeun-daero, Haeundae-gu, Busan 612-823, Korea

Tel: 82-51-743-0775, Fax: 82-51-743-0776, E-mail: medicalhan@hanmail.net