대한안과학회지 2014년 제 55 권 제 12 호
J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(12):1800-1807
pISSN: 0378-6471 · eISSN: 2092-9374
http://dx.doi.org/10.3341/jkos.2014.55.12.1800

Original Article

펨토초레이저 백내장 수술과 고식적 백내장 수술에서 수정체낭원형절개의 비교

Comparison of Continuous Curvilinear Capsulorhexis Parameters between Femtosecond Laser and Conventional Cataract Surgery

박재홍 · 이경헌 · 이동준

Jae Hong Park, MD, Kyung Heon Lee, MD, Dong Jun Lee, MD

부산성모안과병원

Busan Sungmo Eye Hospital, Busan, Korea

Purpose: To compare parameters of femtosecond laser and manual continuous curvilinear capsulorhexis (CCC) using anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT).
Methods: Femtosecond laser cataract surgery was performed in 30 eyes of 30 patients, and conventional cataract surgery with a manual CCC in 30 eyes of 30 patients. One month after surgery, CCC diameters, circularity of capsulotomy, and distance between the CCC and pupil center were analyzed using the AS-OCT.
Results: Mean maximal CCC diameter was 4.96 ± 0.23 mm in the femtosecond laser group, and 4.70 ± 0.82 mm in the manual CCC group. Mean minimal CCC diameter was 4.91 ± 0.23 mm in the femtosecond group, and 4.48 ± 0.64 mm in the manual CCC group showing significant difference between the two groups (p = 0.000). Circularity of capsulotomy was 0.99 ± 0.01 in the femtosecond group and 0.91 ± 0.13 in the manual CCC group and was statistically different between the 2 groups (p = 0.000). The distance from the CCC center to the pupil center was 0.18 ± 0.09 mm in the femtosecond group and 0.26 ± 0.17 mm in the manual CCC group. The CCC center was closer to the pupil center in the femtosecond than in the manual CCC group (p = 0.038).
Conclusions: Properly sized and shaped capsulotomy can be expected in femtosecond laser CCC compared with manual CCC.
J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(12):1800-1807

Key Words: Capsulotomy, Circularity, Femtosecond cataract surgery

펨토초레이저는 처음에는 라식 절편을 만들기 위해 사용되었으나 최근에는 백내장 수술 중 수정체낭원형절개(continuous curvilinear capsulorhexis, CCC), 수정체핵분할술, 각막절개, 난시교정을 위한 각막절개에도 사용되고 있다.[1-4] 1984년 Gimbel과 Neuhann이 처음 소개한 CCC는 절개면이 잘 찢어지지 않아 백내장 수술 중 수정체핵을 제거할 때나 인공수정체를 삽입할 때 방사상 파열(radial tear)이 생길 위험이 적고, 이러한 장점 때문에 전낭절개의 대표적인 술식으로 대중화되었다.[5,6]

CCC는 백내장 수술 중 가장 중요한 단계 중의 하나로 적절한 크기와 모양 그리고 위치가 매우 중요하다. 수술 시 동공이 과도하게 확대되는 고도근시안에서 계획보다 큰 크기의 CCC를 시행한다면 술 후 인공수정체중심이탈, 기울

■ **Received:** 2014. 2. 7. ■ **Revised:** 2014. 7. 4.
■ **Accepted:** 2014. 11. 17.

■ Address reprint requests to **Dong Jun Lee, MD**
Busan Sungmo Eye Hospital, #409-1 Haeundae-ro, Haeundae-gu, Busan 612-823, Korea
Tel: 82-51-743-0775, Fax: 82-51-743-0776
E-mail: hanwave2@gmail.com

* This study was presented as a narration at the ASCRS Symposium on Cataract, IOL and Refractive Surgery (April 19-23) in San Francisco.

ⓒ 2014 The Korean Ophthalmological Society
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

어짐, 탈구가 발생할 수 있고 이는 근시 변화와 고위수차를 유발한다.[7-9] 펨토초레이저를 이용하여 정밀하고 재현성 높은 CCC가 가능하다면 술 전에 기대한 목표 도수(target refraction)와 술 후 결과가 일치할 것이다. 본 연구에서는 동공중심을 기준으로 5.0 mm 직경의 CCC를 시도하였을 때, 펨토초레이저 백내장 수술이 고식적 백내장 수술보다 CCC가 정밀성, 재현성이 실제로 뛰어난지 전안부 이미지 분석을 통해 알아보고자 하였다.

대상과 방법

환자군 선정

2012년 8월부터 2013년 3월까지 단일 술자(LKH)가 펨토초레이저 굴절 백내장 수술 시스템(Alcon-LenSx Lasers Inc., Aliso Viejo, California)을 이용하여 CCC, 수정체핵분할, 각막절개를 시행한 30명 30안을 실험군으로 같은 술자가 동일한 기간에 수기(manual) CCC 및 고식적인 백내장 수술을 시행한 30명 30안을 대조군으로 서로 비교하였다. 각각의 환자에서 술 전 병력 청취 및 시력, 안압, 세극등, 안저 검사를 시행하여 외상, 이전 안수술 기왕력, 섬모체 소대 손상, 현재 앓고 있는 안질환이 있는 경우는 제외하였다.

수술 방법

펨토초군 환자에서는 0.5% proparacaine hydrocholoride 점안액으로 점안 마취 후 펨토초레이저 수술 장비에 부착된 환자 인터페이스(patient interface)를 환자의 각막에 흡착시켰다. CCC 중심은 산동된 동공 중심으로 설정하였다. 펨토초레이저 CCC는 5.0 mm 직경으로, 레이저 조사는 수정체 전낭의 400 um 아래에서 시작하여 전낭 200 um 위에서 종료되었다. 반면 대조군 환자에서 CCC는 육안으로 동공 중심을 기준 삼아 5.0 mm를 목표로 하여 수정체낭절개 포셉을 이용하여 수기로 시행하였다. 펨토초레이저 수정체 핵분할술은 교차패턴으로 수정체 후낭 750 um 위에서 시작하여 전낭의 550 um 아래에서 종료하였다. 펨토초레이저 각막절개는 2.8 mm 주 절개와 1.0 mm 부 절개를 시행한 이후 절개 부위를 blunt spatula로 열어주었다.

펨토초군, 대조군 모두에서 수정체유화술과 잔여 수정체피질의 흡인은 인피니티 백내장 수술 장비(Alcon Laboratories Inc., Ft Worth, Texas)로 시행하였다. 삽입된 인공수정체는 광학부 직경 6.0 mm의 일체형 비구면 아크릴릭 인공수정체(Table 1)로 도수는 술 전 SRK/T formula로 계산하여 정시(emmetropia)를 목표로 결정하였다.[10,11] 인공수정체삽입 후 전방과 수정체낭내 점탄물질은 모두 제거하였다. 술 후 각막봉합을 시행한 경우는 없었고 술 후 합병증은 발생하지 않았다. 술 후 2달 동안 항생제와 스테로이드제제, 비스테로이드성 항염증제제를 점안하였다.

결과 값 측정

백내장 술 후 1달에 펨토초군, 대조군 환자 모두 산동하여 전안부 광간섭 단층촬영기 CASIA (Tomey, Tokyo, Japan)를 촬영하였다. 동공 중심은 CASIA에서 자동 설정되어 화면에 표시되었다(Fig. 1). 원하는 부위에 커서를 놓으면 그 점이 동공 중심으로부터 거리가 0.01 mm 단위로 x값과 y값이 화면에 나타나고, 두 점 사이의 거리도 0.01 mm 단위로 측정할 수 있다(Fig. 1). 단, 환자 개인마다 각막의 굴절력이 다르기 때문에 측정 값이 실제 값과 차이를 보일 수 있으므로 CASIA에서 측정한 인공수정체 광학부 길이와 실제 광학부 길이 6 mm와의 비율을 모든 두 점 사이의 거

Table 1. Demographic data of the patients

Characteristic	Femtosecond CCC	Manual CCC	*p*-value
Number of eyes (patients)	30 (30)	30 (30)	
Age (years)	64.5 ± 9.1	68.2 ± 9.2	0.188
Sex (male:female)	8:22	5:25	0.347*
MRSE (diopter)	-0.66 ± 2.18	-0.36 ± 5.26	0.811
Axial length (mm)	24.04 ± 1.59	23.66 ± 0.90	0.249
ACD (mm)	3.28 ± 0.52	3.03 ± 0.64	0.190
Mean corneal power (diopter)	43.66 ± 1.93	44.07 ± 1.66	0.413
Intraocular lens (number)			
Akreos Adapt AO†	14	0	
iSert 251‡	10	0	
SN6AT§	3	20	
SN6AD∏	3	10	

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.
CCC = continuous curvilinear capsulorhexis; MRSE = manifest refraction spherical equivalent; ACD = anterior chamber depth.
*Chi-square test; †Bausch & Lomb Incorporated, Rochester, NY; ‡HOYA corporation, Tokyo, Japan; §AcrySof IQ Toric IOL, Alcon laboratories, Inc., Fort Worth, TX; ∏AcrySof IQ ReSTOR, Alcon laboratories, Inc., Fort Worth, TX.

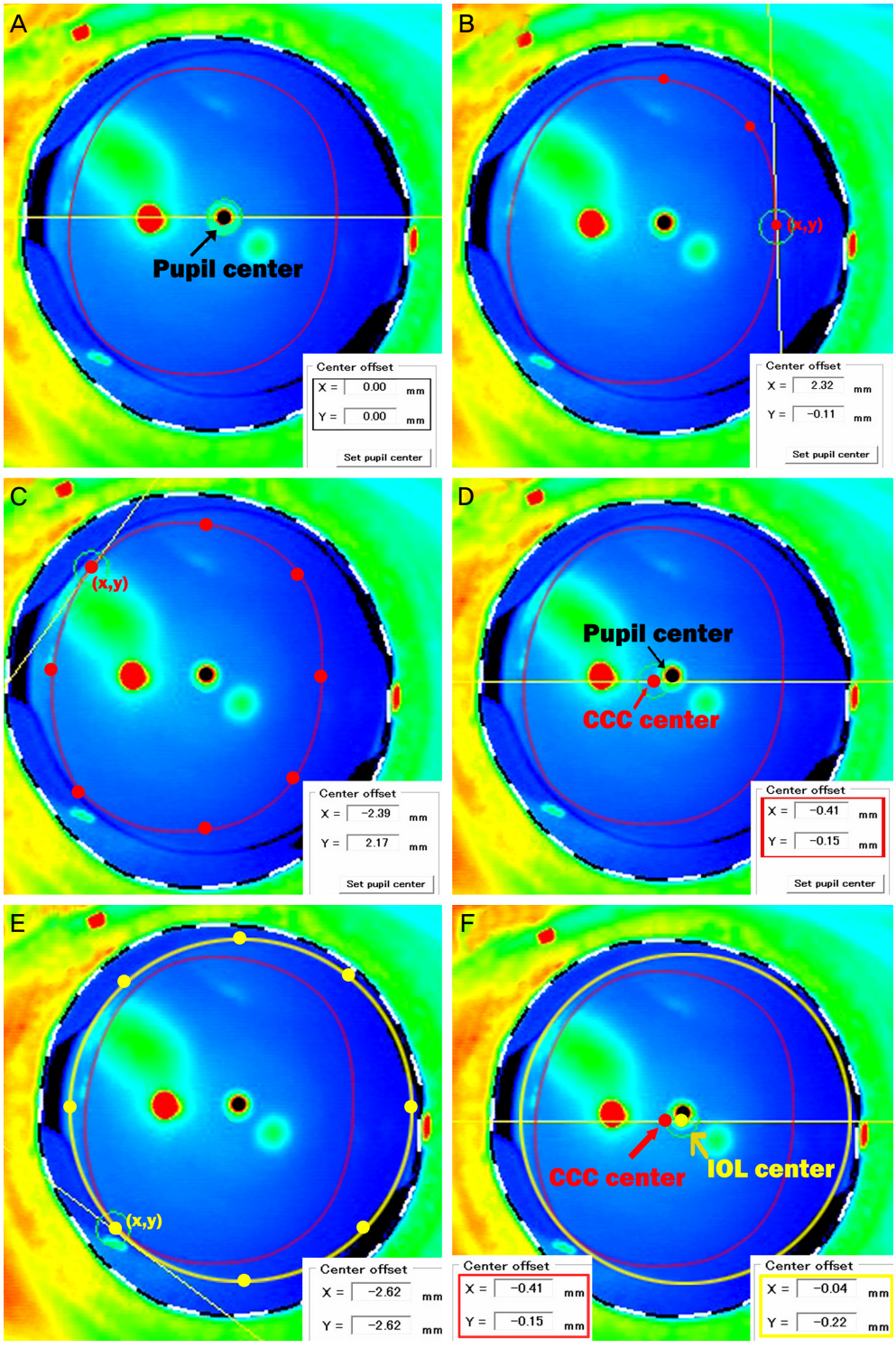

Figure 1. Anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT) images of manually created continuous curvilinear capsulorhexis (CCC) (red line). (A) With CASIA (Tomey, Tokyo, Japan), pupil center could be automatically calculated and setted as (x = 0, y = 0) mm. (B) Displayed value (x, y) of the red point means the distance from pupil (mm). (C) To get the value of CCC center, the values of 8 points in manual CCC margin (per 45 degree) were measured. (D) The mean value of 8 points are presented at the bottom of the image, and displayed as CCC center (red arrow). (E) Intraocular lens (IOL) margin is presented as yellow line. To get the value of IOL center, the values of 8 points in IOL margin (per 45 degree) were measured. (F) CCC center (red arrow) and the value of CCC center (red rectangle), IOL center and the value of IOL center (yellow rectangle).

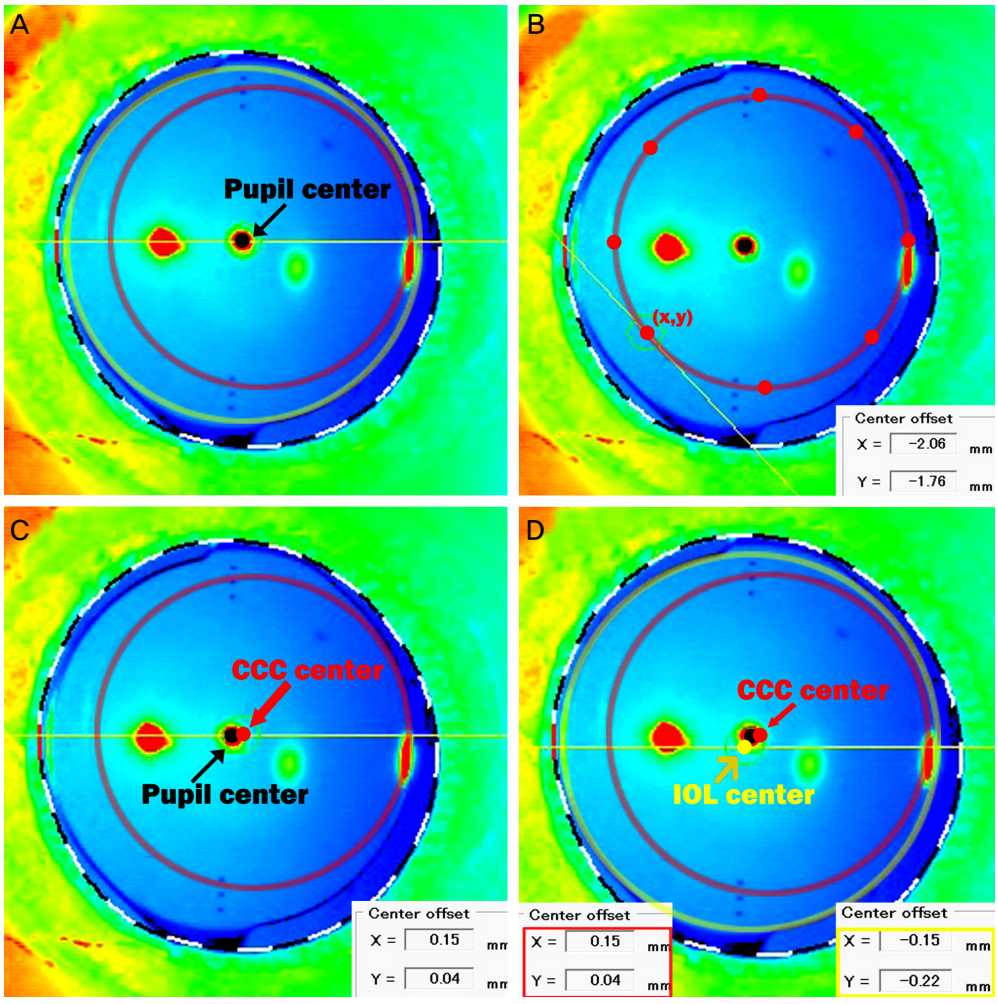

Figure 2. Anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT) images of femtosecond laser created continuous curvilinear capsulorhexis (CCC) (red line). (A) Note the perfectly round and regularly shaped CCC. Intraocular lens (IOL) margin is presented as yellow line. (B) The value of femtosecond laser CCC center was calculated by the same method as manual CCC. (C) The value of femtosecond laser CCC center is presented at the bottom of the image. (D) CCC center (red arrow) and the value of CCC center (red rectangle), IOL center and the value of IOL center (yellow rectangle).

리 값에 적용하였다.

수동 CCC와 같은 불규칙한 원의 중심을 구하기 위해 펨토초군 및 대조군 모두에서 CCC에 45도 간격으로 8개의 점을 설정하였고, CASIA에서 각각의 점에 대한 동공 중심으로부터 x축 값과 y축 값을 확인하여 그 데이터를 기록하였다(Fig. 1, 2). 총 8개 점에 대한 동공 중심으로부터 x축 값과 y축 값 평균치를 각각 따로 계산하여 도출한 x, y값을 CCC 중심으로 가정하였다(Fig. 1). CCC 중심을 지나는 임의의 선을 여러 차례 그어서 그중 가장 긴 직경과 가장 짧은 직경을 CCC 최대 직경과 CCC 최소 직경으로 정의하였다. 원형정도(Circularity)는 CCC 최소 직경을 CCC 최대 직경으로 나눈 값으로 계산하였다. 인공수정체 중심도 CCC 중심과 같은 방법으로 8개의 점을 설정하여, 8개 점에 대한 동공 중심으로부터 x축 값과 y축 값 평균치를 각각 따로 계산하여 x, y값을 구했다(Fig. 1). 동공 중심에서 CCC 중심까지의 거리는 CCC 중심의 좌표 x, y에서 $x^2 + y^2$의 제곱근으로 하였다. 동공 중심에서 인공수정체 중심의 거리도 마찬가지 방법으로 계산하였다. CCC 중심에서 인공수정체 중심까지의 거리는 두 점 (x1, y1), (x2, y2)에서 $(x1- x2)^2 + (y1-y2)^2$의 제곱근으로 하였다.

수술 후 한달째에 나안 원거리 시력, 최대교정원거리 시력 및 현성 굴절검사에 의한 굴절 도수를 측정하였다. 평균 실제오차(mean numeric error, MNE)는 술 전에 목표한 인공수정체 구면렌즈 대응치에서 수술 후에 측정된 실제 구면렌즈 대응치를 뺀 값으로 정의하였다. 평균 절대오차(Mean absolute error, MAE)는 평균 실제오차의 절대값으

로 정의하였다.

통계

펨토초군과 대조군에서 연속형 자료들에 대한 통계적인 분석은 SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) 프로그램을 사용하였다. Independent sample T test, Chi-square test를 이용하여 두 군 간에 통계학적인 유의한 차이 유무를 분석하였으며, *p*-value가 0.05 미만인 경우에 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 판단하였다.

결 과

펨토초군과 대조군의 나이, 성별, 술 전 구면대응치, 안축장의 길이, 전방 깊이, 평균 각막굴절력에서 두 군 간에 유의한 차이는 없었다(Table 1).

술 후 1개월에 전안부 광간섭 단층촬영기로 측정한 CCC의 최대 직경은 펨토초군이 4.96 ± 0.23 mm로 대조군은 4.70 ± 0.82 mm였다(Table 2). CCC 최소 직경은 펨토초군이 4.91 ± 0.23 mm, 대조군이 4.48 ± 0.64 mm로 두 군 간에 유의한 차이가 있었다(*p*=0.000). 원형정도(Circularity)에서는 펨토초군은 0.99 ± 0.01, 대조군은 0.91 ± 0.13으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(*p*=0.000).

CCC 중심과 동공 중심 사이의 거리는 펨토초군이 0.18 ± 0.09 mm, 대조군이 0.26 ± 0.17 mm로 펨토초군이 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 짧았다(*p*=0.038) (Table 2). CCC 중심과 인공수정체 중심 사이의 거리는 펨토초군이 0.27 ± 0.13 mm, 대조군이 0.24 ± 0.16 mm, 동공 중심과 인공수정체 중심 사이의 거리는 펨토초군이 0.25 ± 0.18 mm, 대조군이 0.23 ± 0.13 mm로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

술 후 1개월에 측정한 원거리나안시력, 최대교정시력은 펨토초군과 대조군에서 유의한 차이가 없었다(Table 3). 술 후 평균 실제오차(mean numeric error, MNE)는 두 군 간에 유의한 차이가 없었다(*p*=0.463). 평균 절대오차(Mean absolute error, MAE)가 0.5디옵터 이내에 속한 비율이 펨토초군이 96.6%, 대조군이 93.3%로 통계적으로 유의한 차이는 없었다(*p*=0.676).

고 찰

CCC가 백내장 수술에서 가장 중요한 단계 중 하나인 이유는 CCC가 정확하게 된다면 이어지는 수력분층술, 수정체 핵 제거, 인공수정체 삽입이 원활하게 진행될 수 있고, 만일 CCC의 크기와 위치, 모양이 적절하지 못하다면 수정체 전낭 열개, 수정체 후낭 파열 등의 백내장 술 중 합병증뿐만 아니라 술 후 인공수정체 기울어짐, 중심이탈의 빈도가 높아지기 때문이다.[12-15]

Kránitz et al[16]은 펨토초군과 대조군 각각 20안을 대상으로 한 연구에서 펨토초군이 대조군에 비해 유의하게 높은 원형정도(circularity)와 낮은 인공수정체 중심이탈(IOL de-

Table 2. Parameters of capsulorhexis and intraocular lens decentration between the 2 groups 1 month after surgery

Parameter	Femtosecond CCC	Manual CCC	*p*-value
Maximal CCC diameter (mm)	4.96 ± 0.23	4.70 ± 0.82	0.119
Minimal CCC diameter (mm)	4.91 ± 0.23	4.48 ± 0.64	0.000
Circularity	0.99 ± 0.01	0.91 ± 0.13	0.000
Distance from CCC center to pupil center (mm)	0.18 ± 0.09	0.26 ± 0.17	0.038
Distance from CCC center to IOL center (mm)	0.27 ± 0.13	0.24 ± 0.16	0.464
Distance from pupil center to IOL center (mm)	0.25 ± 0.18	0.23 ± 0.13	0.529

Values are presented as mean ± SD.
CCC = continuous curvilinear capsulorhexis; IOL = intraocular lens.

Table 3. Comparison of visual and refractive outcomes between the 2 groups 1 month after surgery

	Femtosecond CCC	Manual CCC	*p*-value
UCDVA (log MAR)	0.13 ± 0.14	0.21 ± 0.23	0.122
BCVA (log MAR)	0.06 ± 0.10	0.08 ± 0.12	0.628
Spherical equivalent (diopter)	-0.32 ± 0.37	-0.42 ± 0.63	0.308
Target SE (diopter)	-0.29 ± 0.15	-0.46 ± 0.67	0.352
Mean numeric error (diopter)	0.03 ± 0.34	-0.04 ± 0.32	0.463
MAE within 0.5 diopter (%)	96.6	93.3	0.676

Values are presented as mean ± SD.
CCC = continuous curvilinear capsulorhexis; UCDVA = uncorrected distance visual acuity; BCVA = best corrected distance visual acuity; SE = spherical equivalent; MAE = mean absolute error.

centration)을 보였고, 이러한 차이는 CCC 최대 직경과 최소 직경의 불균형에서 기인한다고 보고하였다. 본 연구에서도 원형정도가 펨토초군(0.99 ± 0.01)이 대조군(0.91 ± 0.13)에 비해 유의하게 높았고(p=0.000), 펨토초군과 대조군 CCC 평균 최소직경의 유의한 차이와 대조군 CCC 최대 직경의 높은 표준편차는 대조군 CCC에서 최대 직경과 최소 직경의 불균형을 의미한다고 볼 수 있다.

술 후 인공수정체 광학부 테두리와 수정체 전낭 경계가 360도 오버랩(Overlapping)되어 인공수정체의 중심을 잘 유지하기 위해서는 CCC 중심과 동공중심 사이의 거리가 중요하다.[16,17] 술 후 인공수정체가 동공중심에서 이탈된 환자는 난시 값의 증가, 근시 또는 원시 변화와 고위수차로 인해 시력의 질이 감소한다.[18,19] 본 연구에서 동공중심으로부터 CCC의 중심까지의 거리가 펨토초군에서 0.18 ± 0.09 mm, 대조군이 0.26 ± 0.17 mm로 펨토초군에서 CCC 중심이 더욱 동공중심과 가까운 것을 확인할 수 있었다(p=0.038).

CCC가 일정한 크기와 모양을 이루고 CCC의 중심이 동공 중심과 일치한다면 백내장 수술 후 발생하는 수정체낭의 수축력에 대항하여 인공수정체의 기울어짐과 중심이탈, 근시 변화, 전낭 및 후낭 혼탁과 같은 술 후 합병증을 예방한다.[20-25] 이것은 인공수정체의 안정성을 높이고 평균 절대오차를 낮춤으로 다초점인공수정체와 난시교정인공수정체에서 더욱 중요하다. Mihältz et al[26]은 0.4 mm 이상의 동공 중심으로부터 인공수정체 중심이탈은 조절성 또는 다초점 인공수정체삽입 후 환자의 시력을 떨어뜨린다고 하였고, Kránitz et al[16]은 실제 펨토초 CCC에 비해 수동 CCC 환자에서 평균 0.4 mm 이상 수평 인공수정체중심이탈(horizontal decentration)을 보고하였다. 본 연구에서는 동공 중심으로부터 인공수정체 중심이탈이 펨토초 CCC (0.25 ± 0.18 mm), 수동 CCC (0.23 ± 0.13 mm) 모두 0.4 mm 미만의 낮은 값을 나타내었다.

Filkorn et al[27]은 펨토초 CCC 환자 77명과 수동 CCC 환자 57명을 비교한 연구에서 펨토초군에서 계획대로 정확한 크기와 모양의 CCC로 인해 술 후 인공수정체 위치이상(IOL decentration)과 기움(IOL tilt)을 최소화하여 수동 CCC 환자에 비해 목표 도수에 더 가까운 결과를 보고하였다. 본 연구에서는 평균 절대오차(mean absolute error)가 ±0.5디옵터 이내에 속한 비율이 펨토초군이 96.6%, 대조군이 93.3%로 통계학적으로 유의하지는 않지만, 펨토초군이 대조군에 비해 술 전에 목표한 구면렌즈 대응치를 조금 더 높게 달성하였다.

본 연구에서 펨토초군과 대조군 모두 동공중심을 기준으로 CCC를 시행하였고 펨토초군(0.18 ± 0.09 mm)이 대조군(0.26 ± 0.17 mm)에 비해 CCC 중심이 동공중심과 더 가까웠다. 인공수정체 중심과 동공중심, 인공수정체 중심과 CCC 중심 사이의 거리는 펨토초군과 대조군 사이에 유의한 차이가 없었다. 인공수정체는 수정체낭에 삽입된 후 수정체낭의 중심에 자연적으로 위치하게 되므로 동공중심에 CCC 중심을 맞추었다고 해도 인공수정체가 동공중심 또는 CCC 중심에 위치하지는 않는 것으로 보인다. 결국 펨토초군은 대조군에 비해 정확한 모양과 크기의 CCC가 동공중심에 그 중심을 두었으나, 이것이 대조군과 비교하여 인공수정체 중심이탈이나 술 후 시력, 평균 절대오차에 유의한 영향을 주지는 못하였다. 다만, 본 연구의 대조군과 같이 숙련된 술자가 아니라면 수동 CCC의 위치와 모양이 적절하지 못하여 술 후 인공수정체 중심이탈과 시력, 평균 절대오차에서 펨토초군과 유의한 차이가 발생할 수 있을 것이다.

Kim et al[28]은 개방형고리를 이용한 CCC의 유용성을 평가하기 위해 백내장 수술 도중 사진을 촬영하였고, 촬영 시 1 mm 단위로 눈금이 새겨진 수술용 눈금자와 함께 촬영하였다. 이후 컴퓨터 그래픽 프로그램(imageJ)을 사용하였고, Kránitz et al[16]은 술 후 역반사조명법으로 촬영한 이미지를 포토샵으로 변환하였다. 이러한 방법은 변환된 이미지를 픽셀단위로 분석하여 비교적 정확한 두 점 사이의 거리와 원하는 면적을 구할 수 있다. 하지만 수동 CCC와 같은 불규칙한 원의 중심을 구하기에 적합하지 않고 이미지 변환 과정에서 측정 값의 오류가 커질 수 있다. 반면, 본 연구에서 사용된 전안부 광간섭 단층촬영기에서는 자동으로 동공중심이 설정되고, 두 점 사이의 거리와 임의의 점에 대한 동공 중심으로부터 0.01 밀리미터 단위의 좌표 값을 기계 자체에서 직접 구할 수 있는 장점이 있다.

전안부 광간섭 단층촬영기를 이용한 본 연구의 제한점은 다음과 같다. 환자 개인마다 각막의 굴절력이 달라 측정 값과 실제 값이 차이를 보일 수 있으므로 본 연구에서와 같이 측정 값의 보정이 필요하고, 각막 중심부와 주변부의 확대율이 달라 인공수정체 광학부 직경을 기준으로 측정 값의 비율을 정하더라도 실제 값의 오류가 발생한다. 또한 본 연구의 CCC 중심, 인공수정체중심을 구하는 과정은 임의의 8개점의 좌표를 이용한 분석으로 임의의 점의 수가 늘어날수록 중심의 좌표 값은 정확해진다. CCC 최대직경과 최소직경은 CCC 중심을 지나는 선을 그어 육안으로 판단하였으므로 측정값이 객관적이지 못하였다.

본 연구는 이미지 변환 프로그램의 도움 없이 전안부 광간섭 단층촬영기를 이용하여 펨토초 CCC와 고식적 CCC에서 동공 중심과 CCC 중심 그리고 인공수정체 중심 사이의 거리를 계산하여 비교하였다. 수동 CCC와 비교하였을 때 펨토초군 CCC 중심이 동공 중심에 더 가까웠으나 인공수정체 중심과 동공 중심, 인공수정체 중심과 CCC 중심은 두

군 사이에 유의한 차이가 없었다. 보다 장기적인 연구로 펨토초레이저 굴절 백내장 수술에서 인공수정체 중심위치 변화와 이로 인한 시력과 굴절 값의 변화에 대한 분석이 필요할 것으로 생각한다.

REFERENCES

1) Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. J Refract Surg 2009;25:1053-60.
2) Ratkay-Traub I, Ferincz IE, Juhasz T, et al. First clinical results with the femtosecond neodynium-glass laser in refractive surgery. J Refract Surg 2003;19:94-103.
3) Nordan LT, Slade SG, Baker RN, et al. Femtosecond laser flap creation for laser in situ keratomileusis: six-month follow-up of initial U.S. clinical series. J Refract Surg 2003;19:8-14.
4) Tran DB, Sarayba MA, Bor Z, et al. Randomized prospective clinical study comparing induced aberrations with IntraLase and Hansatome flap creation in fellow eyes: potential impact on wavefront-guided laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2005;31:97-105.
5) Gimbel HV, Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. J Cataract Refract Surg 1990;16:31-7.
6) Gimbel HV, Neuhann T. Continuous curvilinear capsulorhexis. J Cataract Refract Surg 1991;17:110-1.
7) Subramaniam S, Tuft SJ. Early decentration of plate-haptic silicone intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2001;27:330-2.
8) Taketani F, Matuura T, Yukawa E, Hara Y. Influence of intraocular lens tilt and decentration on wavefront aberrations. J Cataract Refract Surg 2004;30:2158-62.
9) Baumeister M, Bühren J, Kohnen T. Tilt and decentration of spherical and aspheric intraocular lenses: effect on higher-order aberrations. J Cataract Refract Surg 2009;35:1006-12.
10) Lee AC, Qazi MA, Pepose JS. Biometry and intraocular lens power calculation. Curr Opin Ophthalmol 2008;19:13-7.
11) Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, Johnston RL. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg 2011;37:63-71.
12) Assia EI, Apple DJ, Tsai JC, Morgan RC. Mechanism of radial tear formation and extension after anterior capsulectomy. Ophthalmology 1991;98:432-7.
13) Hollick EJ, Spalton DJ, Meacock WR. The effect of capsulorhexis size on posterior capsular opacification: one-year results of a randomized prospective trial. Am J Ophthalmol 1999;128:271-9.
14) Peng Q, Apple DJ, Visessook N, et al. Surgical prevention of posterior capsule opacification. Part 2: Enhancement of cortical cleanup by focusing on hydrodissection. J Cataract Refract Surg 2000;26:188-97.
15) Aasuri MK, Kompella VB, Majji AB. Risk factors for and management of dropped nucleus during phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2001;27:1428-32.
16) Kránitz K, Takacs A, Miháltz K, et al. Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorrhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. J Refract Surg 2011;27:558-63.
17) 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.
18) Eppig T, Scholz K, Löffler A, et al. Effect of decentration and tilt on the image quality of aspheric intraocular lens designs in a model eye. J Cataract Refract Surg 2009;35:1091-100.
19) Ravalico G, Tognetto D, Palomba M, et al. Capsulorhexis size and posterior capsule opacification. J Cataract Refract Surg 1996;22:98-103.
20) Aykan U, Bilge AH, Karadayi K, Akin T. The effect of capsulorhexis size on development of posterior capsule opacification: small (4.5 to 5.0 mm) versus large (6.0 to 7.0 mm). Eur J Ophthalmol 2003;13:541-5.
21) Hollick EJ, Spalton DJ, Meacock WR. The effect of capsulorhexis size on posterior capsular opacification: one-year results of a randomized prospective trial. Am J Ophthalmol 1999;128:271-9.
22) Ram J, Pandey SK, Apple DJ, et al. Effect of in-the-bag intraocular lens fixation on the prevention of posterior capsule opacification. J Cataract Refract Surg 2001;27:1039-46.
23) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Anterior capsule contraction and intraocular lens decentration and tilt after hydrogel lens implantation. Br J Ophthalmol 2001;85:1294-7.
24) Hayashi H, Hayashi K, Nakao F, Hayashi F. Anterior capsule contraction and intraocular lens dislocation in eyes with pseudoexfoliation syndrome. Br J Ophthalmol 1998;82:1429-32.
25) Baumeister M, Bühren J, Kohnen T. Tilt and decentration of spherical and aspheric intraocular lenses: effect on higher-order aberrations. J Cataract Refract Surg 2009;35:1006-12.
26) 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.
27) Filkorn 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.
28) Kim SA, Lee YE, Hwang KY, Joo CK. Usefulness of open ring guider for continuous curvilinear capsulorrhexis. J Korean Ophthalmol Soc 2013;54:1494-500.

= 국문초록 =

펨토초레이저 백내장 수술과 고식적 백내장 수술에서 수정체낭원형절개의 비교

목적: 펨토초레이저 백내장 수술의 수정체낭원형절개(continuous curvilinear capsulorhexis, CCC)의 정확성에 대해 전안부 광간섭 단층촬영기를 이용하여 고식적 백내장 수술과 비교하였다.
대상과 방법: 펨토초레이저 백내장 수술을 받은 30명 30안과 고식적 백내장 수술 환자 30명 30안을 대상으로 술 후 1개월에 전안부 광간섭 단층촬영기를 이용하여 CCC의 직경, 원형정도, 동공 중심을 기준으로 CCC의 중심위치를 비교하였다.
결과: 펨토초군에서 가장 긴 CCC 직경의 평균은 4.96 ± 0.23 mm, 대조군은 4.70 ± 0.82 mm, 가장 짧은 CCC 직경의 평균은 펨토초군이 4.91 ± 0.23 mm, 대조군은 4.48 ± 0.64 mm로 가장 짧은 CCC 직경에서 두 군이 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.000). 원형정도에서 펨토초군은 0.99 ± 0.01, 대조군은 0.91 ± 0.13으로 유의한 차이를 보였다(p=0.000). 동공중심으로부터 CCC 중심까지의 거리가 펨토초군에서는 0.18 ± 0.09 mm, 대조군에서 0.26 ± 0.17 mm로, 펨토초군에서 대조군에 비해 CCC 중심이 동공 중심에 유의하게 더 가까웠다(p=0.038).
결론: 펨토초레이저 백내장 수술에서 고식적 백내장 수술보다 술자가 원하는 정밀하고 재현성 높은 CCC가 가능하였다.
〈대한안과학회지 2014;55(12):1800–1807〉