

2.2 mm 동축 소절개 백내장 수술과 2.85 mm 동축 절개 백내장 수술 후의 후면각막난시변화

Surgically Induced Posterior Corneal Astigmatism in 2.2 mm Microcoaxial Cataract Surgery Versus 2.85 mm Coaxial Conventional Cataract Surgery

박민지 · 박율리 · 김현승

Min Ji Park, MD, Yu Li Park, MD, Hyun Seung Kim, MD, PhD

가톨릭대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To compare the surgically induced posterior astigmatism of microcoaxial cataract surgery using a 2.2 mm incision and conventional cataract surgery using a 2.85 mm incision.

Methods: This study included 56 eyes that underwent phacoemulsification and intraocular lens insertion. Subjects were divided into 2 groups: 26 eyes receiving a microcoaxial cataract surgery using a 2.2 mm incision (MCCS group) and 30 eyes receiving a conventional cataract surgery using a 2.85 mm incision (CCS group). Anterior, posterior and total corneal astigmatism was measured. The surgically induced anterior astigmatism, surgically induced posterior astigmatism and surgically induced total astigmatism were compared between MCCS and CCS groups. Corneal astigmatism was measured using a Pentacam® device (Oculus, Wetzlar, Germany), uncorrected visual acuity, best corrected visual acuity and corneal aberrations of front and rear side was measured preoperatively and at 1 day, 1 month and 2 months postoperatively.

Results: There was no difference in surgically induced posterior astigmatism between CCS and MCCS groups, however, surgically induced anterior astigmatism and surgically induced total astigmatism were significantly lower in the MCCS group than in the CCS group ($p = 0.005$ and $p = 0.036$, respectively). There was a significant positive linear correlation between surgically induced posterior astigmatism and surgically induced total astigmatism in the CCS group ($p = 0.01$, $r = 0.563$). There was also a significant positive linear correlation between surgically induced anterior astigmatism and surgically induced total astigmatism in both CCS and MCCS groups (CCS group: $p = 0.00$, $r = 0.855$; MCCS group: $p = 0.039$, $r = 0.407$).

Conclusions: There was no significant difference in the surgically induced posterior astigmatism between the MCCS and CCS groups. However, surgically induced posterior astigmatism significantly affected surgically induced total astigmatism in the CCS group but not in the MCCS group. Considering both anterior and posterior astigmatism of the cornea, microcoaxial cataract surgery using a 2.2 mm incision affects surgically induced total astigmatism less than conventional cataract surgery.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(10):1534-1543

Key Words: Microcoaxial cataract surgery, Pentacam, Posterior astigmatism, Surgically induced astigmatism

■ Received: 2015. 5. 8.

■ Revised: 2015. 8. 7.

■ Accepted: 2015. 9. 22.

■ Address reprint requests to **Hyun Seung Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, The Catholic University of
Korea Yeouido St. Mary's Hospital, #10 63-ro, Yeongdeungpo-
gu, Seoul 07345, Korea
Tel: 82-2-3779-1848, Fax: 82-2-761-6869
E-mail: sara514@catholic.ac.kr

* This study was presented as a narration at the 113th Annual
Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2015.

백내장 수술 후 발생하는 시력의 질 저하의 원인으로 난시의 발생이 제기되어 왔고,^{1,2} 백내장 수술 중의 주변부각막이완절개나 난시교정인공수정체(Toric intraocular lens [IOL]) 삽입 등의 방법을 이용하여 술 전 난시를 교정하는 것이 백내장 수술 결과의 또 다른 중요한 요소로 인식되기 시작하면서 백내장 수술 전의 정확한 각막난시 측정과 수술유발난시(surgically induced astigmatism, SIA)의 정확한 예측이

© 2015 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.

중요시되고 있다.³⁻⁵

일반적으로 수술유발 난시는 절개창의 폭이 넓을수록, 각막 중심으로부터 가까울수록 값이 커지는 것으로 알려져 있다.⁶ 최근 작은 절개창을 이용한 백내장 수술의 다양한 장점들이 부각되었고, 작은 절개창은 수술유발 난시를 줄이는 데 효과적이라고 보고되고 있다.^{7,8} 특히 동축소절개 백내장 수술(microcoaxial cataract surgery)은 양손 수정체 유화술을 사용해야 하는 소절개 백내장 수술(microincision cataract surgery)과는 달리 고식적 백내장 수술(conventional cataract surgery)과 같이 관류와 흡인을 동축으로 하여 기존 백내장 수술 기계 및 첨단부를 그대로 사용할 수 있고, 인공수정체삽입을 위해 추가로 절개창을 넓히지 않아도 되는 장점이 있다.

각막의 굴절력은 각막의 전면 및 후면곡률, 각막두께, 각막굴절계수에 의해 결정되며, 전통적으로 각막곡률은 자동 또는 수동 각막곡률계, 영상각막형태검사계(video keratographer)를 이용하여 각막 전면곡률을 측정하여 전체각막곡률을 계산해 구하였으며, 후면난시는 고려되지 않았다. 이러한 후면난시를 고려하지 않는 방법은 일부의 환자에서 전체 각막난시 측정에 있어 임상적으로 간과할 수 없는 범위의 오차를 유발하게 된다.⁹⁻¹¹ 최근 푸르키니에상(Purkinje image), 주사세극단층촬영(scanning silt image), Scheimpflug image 등을 이용하여 각막의 후면곡률측정이 가능해졌고, 후면각막곡률 측정을 통해 더욱 정확한 전체각막곡률측정이 가능해졌다. 임상적으로 Pentacam[®] (Oculus, Wetzlar, Germany)이 각막의 전, 후면의 표면지표를 객관적, 정량적으로 측정할 수 있어 널리 사용되고 있다.

동축소절개 백내장 수술이 고식적 백내장 수술과 비교하여 수술유발 난시가 적다는 보고들은 전면 각막 난시에 대한 연구들이었으며, 아직까지 각막 후면의 난시 변화에 대한 국내보고는 없었다. 이에 본 연구에서는 2.2 mm 동축소절개 백내장 수술 26예와 2.85 mm 절개 고식적 백내장 수술 30예에서 각막의 수술유발 후면난시를 정량적으로 비교하여 후면 각막 난시의 변화가 전체 각막 난시의 변화에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

대상과 방법

2014년 9월부터 2014년 12월까지 본원 안과에서 백내장으로 수정체유화술 및 후방인공수정체 삽입술을 시행한 56안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 대상 환자 중 2.2 mm 동축소절개 백내장 수술을 하였던 26안을 Microcoaxial cataract surgery (MCCS)군, 2.85 mm 절개 고식적 백내장 수술을 하였던 30안을 Conventional cataract

surgery (CCS)군으로 선별하였으며, 수술 전 각막질환이나 안구내 염증, 녹내장, 약시, 시신경 병증 그리고 망막질환이 있거나, Lens Opacities Classification System (LOCS) III 분류에 의해 핵성 경화(Nuclear sclerosis) 정도가 5 이상이거나 술 전 전층각막이식술이나 굴절교정 수술, 녹내장 수술, 유리체 망막수술 등을 받은 경우, 술 중 후방 파열, 인공수정체 이탈, 중심이탈 및 기울임이 발생한 경우는 연구 대상에서 제외하였다.

백내장 수술은 동일한 술자에 의해 시행되었다. 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine[®], Alcon, Puurs, Belgium)를 이용한 점안마취 후 술 전 Pentacam[®] 각막지형도의 simulated K 값을 기준으로 각막곡률이 가파른 측에 따라 직난시인 경우 상측 각막에, 도난시인 경우 이측 각막에 MCCS군은 2.2 mm의, CCS군은 2.85 mm의 투명각막절개창을 3 plane으로 만들었다.

점탄물질(Hyal2000[®], LG Life Sciences, Seoul, Korea)을 전방에 주입한 후 앞낭 집게를 사용하여 5.5 mm 크기로 원형전낭절개술을 시행하고 평형염액(BSS Plus[®], Alcon Laboratories Inc., Fort Worth, TX, USA)을 사용하여 수력분리술과 수력분출술을 실시한 다음, 초음파수술기구(Infiniti Vision System[®], Alcon Laboratories Inc., Fort Worth, TX, USA)를 이용하여 수정체유화술로 수정체 핵을 제거하였으며 관류흡입기로 남아있는 수정체 피질을 제거하였다. 수정체 낭내에 비구면 인공수정체인 AcrySof IQ SN60WF (Alcon Laboratories Inc., Fort Worth, TX, USA)를 삽입하였다. 인공수정체는 IOL master[®] (Carl Zeiss, Jena, Germany)로 안축장 길이 및 각막 굴절력을 측정하여 인공수정체 도수를 결정하였고, 목표 굴절치는 SRK-II 공식을 이용하여 계산하였다. 이후 관류흡입기를 통해 잔류 점탄물질을 제거 후, 수술 절개창은 봉합하지 않고 기질 수화로 창상을 폐쇄하였다. 술 후 1주일 동안 1% Prednisolone acetate 점안액(PredForte[®], Allergan, Irvine, CA, USA)과 0.5% Moxifloxacin 점안액(Vigamox[®], Alcon Laboratories Inc., Fort Worth, TX, USA)을 하루 4회 점안하고, 1주 이후에는 각각 하루 4회, 2회로 감량하여 3주간 점안하였고, 술 후 1개월부터 Vigamox[®]는 중단하였고, PredForte[®]는 하루 2회로 감량하여 약제 소진 시까지 점안하였다.

술 전, 술 후 1일, 1개월, 2개월에 Pentacam[®]을 이용한 전면, 후면, 전체 각막난시 값을 수집하고 벡터(vector) 분석하여 수술유발 후면난시량(Surgically induced astigmatism-posterior, SIA-P) 및 수술유발 전면난시량(Surgically induced astigmatism-anterior, SIA-A), 수술유발 전체난시량(Surgically induced astigmatism-total, SIA-T)을 파악하였고, 각각의 logMAR 나안시력 및 logMAR 교정시력과 각막 전, 후면의

고위수차를 확인하였다. 각막 고위수차는 Pentacam®으로 각막 중심 직경 6 mm를 검사한 후 Zernike 계수로 수직코마 RMS (Vertical Coma Root Mean Square, Z [3 -1]), 수평코마 RMS (Horizontal Coma Root Mean Square, Z [3, 1]), 사측트레포일 RMS (Oblique Trefoil Root Mean Square, Z [3, -3]), 수평트레포일 RMS (Horizontal Trefoil Root Mean Square, Z [3, 3]), 구면수차 RMS (Spherical Aberration Root Mean Square, Z [4, 0]), 총 고위수차 RMS (Total Higher Order [3rd-6th order] aberrations Root Mean Square, HOA RMS)를 각막의 전면과 후면으로 나누어 조사하였다. 트레포일 수치와 코마 수치는 각각 $Trefoil = \sqrt{(Z_3, -3)^2 + (Z_3, 3)^2}$, $Coma = \sqrt{(Z_3, -1)^2 + (Z_3, 1)^2}$ 로 계산하였다.

통계분석은 SPSS v22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하였고, Kolmogorov-Smirnov 검정상 정규분포를 보일 경우 Student's *t*-test와 Chi-Square test를 이용하

고, 정규분포를 보이지 않는 경우 Mann Whitney *U*-test를 이용하여 분석하였으며, $p < 0.05$ 인 경우 통계학적으로 유의하다고 판단하였다. 전면, 후면 및 전체 수술유발난시의 상관관계에 대한 분석은 Pearson Correlation analysis로 분석하였다. Pentacam Simulated K로 측정된 각막 전면, 후면 및 전체 난시와 수술유발 난시(Surgically induced Astigmatism, SIA)에 대한 Vector analysis는 SIA Calculator version 2.1 소프트웨어(http://www.insighteyeclinic.in/SIA_calculator.php)와 AstigPLOT 프로그램을 이용하여 시행하였다.

결 과

수술 환자는 총 56안으로 MCCS군 26안, CCS군 30안이 었다. 평균연령은 각 60.0세, 60.92세로 차이가 없었으며 ($p=0.192$), 그 외에도 성별, 술 전의 각막두께, 각막내피세포 수, 안축장 길이, 전방 깊이에도 유의한 차이는 없었다.

Table 1. Demographic factor CCS group vs. MCCS group

Variables	CCS group (n = 30)	MCCS group (n = 26)	p-value
Laterality (OD:OS)	9:21	13:13	0.126*
Sex (male:female)	7:23	7:19	0.757*
Age (years)	60.0 ± 11.26	60.92 ± 5.53	0.192†
Pachymetry (μm)	553.6 ± 37.49	556.62 ± 31.95	0.479†
Endothelial cell count (cell/mm ²)	2,846.6 ± 348.37	2,750.42 ± 346.90	0.307†
Axial length (mm)	24.58 ± 2.41	23.65 ± 1.27	0.073†
Anterior chamber depth (mm)	2.81 ± 0.43	2.58 ± 2.53	0.089†
SE (diopter)	-1.84 ± 4.73	-1.67 ± 3.87	0.882†
UCVA (log MAR)	0.66 ± 0.48	0.52 ± 0.36	0.243†
BCVA (log MAR)	0.26 ± 0.15	0.24 ± 0.18	0.900†
Pre-op anterior astigmatism (diopter)	0.63 ± 0.30	0.61 ± 0.29	0.757†
Pre-op posterior astigmatism (diopter)	0.30 ± 0.14	0.30 ± 0.14	0.857†
Pre-op total astigmatism (diopter)	0.78 ± 0.27	0.77 ± 0.55	0.932†

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

CCS = conventional cataract surgery; MCCS = microcoaxial cataract surgery; OD = oculus dexter; OS = oculus sinister; SE = spherical equivalent; UCVA = uncorrected visual acuity; BCVA = best corrected visual acuity; Pre-op = preoperative.

*p-valued on Chi-Square test; †p-valued on Student's *t*-test.

Table 2. Data summary of UCVA and BCVA

	CCS group	MCCS group	p-value*
Post-op 1 day			
UCVA (log MAR)	0.20 ± 0.22	0.15 ± 0.11	0.256
BCVA (log MAR)	0.10 ± 0.10	0.09 ± 0.03	0.475
Post-op 1 month			
UCVA (log MAR)	0.19 ± 0.21	0.11 ± 0.08	0.036
BCVA (log MAR)	0.09 ± 0.10	0.07 ± 0.05	0.258
Post-op 2 months			
UCVA (log MAR)	0.18 ± 0.16	0.12 ± 0.10	0.112
BCVA (log MAR)	0.07 ± 0.07	0.06 ± 0.05	0.779

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

UCVA = uncorrected visual acuity; BCVA = best corrected visual acuity; CCS = conventional cataract surgery; MCCS = microcoaxial cataract surgery; Post-op = postoperative.

*p-valued on Student's *t*-test.

Table 3. Comparisons of SIA-A, SIA-P and SIA-T between CCS group and MCCS group (arithmetic mean)

	CCS group	MCCS group	<i>p</i> -value*
Post-op 1 day	SIA-A (D)	0.80 ± 0.60	SIA-A (D) 0.38 ± 0.21 0.001
	SIA-P (D)	0.23 ± 0.18	SIA-P (D) 0.23 ± 0.16 0.997
	SIA-T (D)	1.23 ± 1.02	SIA-T (D) 0.77 ± 0.60 0.043
Post-op 1 month	SIA-A (D)	0.73 ± 0.62	SIA-A (D) 0.37 ± 0.19 0.005
	SIA-P (D)	0.16 ± 0.15	SIA-P (D) 0.12 ± 0.07 0.201
	SIA-T (D)	0.75 ± 0.49	SIA-T (D) 0.45 ± 0.33 0.012
Post-op 2 months	SIA-A (D)	0.78 ± 0.58	SIA-A (D) 0.44 ± 0.26 0.005
	SIA-P (D)	0.18 ± 0.16	SIA-P (D) 0.14 ± 0.06 0.257
	SIA-T (D)	0.75 ± 0.63	SIA-T (D) 0.51 ± 0.34 0.049

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

CCS = conventional cataract surgery; MCCS = microcoaxial cataract surgery; SIA-A = surgically induced astigmatism-anterior; SIA-P = surgically induced astigmatism-posterior; SIA-T = surgically induced astigmatism-total; Post-op = postoperative.

**p*-valued on Student's *t*-test.

Table 4. Comparisons of SIA-A, SIA-P and SIA-T between CCS group and MCCS group from WTR group at 2 months after surgery

	CCS group (n = 10)	MCCS group (n = 15)	<i>p</i> -value*
SIA-A (D)	0.86 ± 0.53	0.38 ± 0.22	0.019
SIA-P (D)	0.11 ± 0.07	0.13 ± 0.07	0.341
SIA-T (D)	0.77 ± 0.34	0.40 ± 0.28	0.004

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

SIA-A = surgically induced astigmatism-anterior; SIA-P = surgically induced astigmatism-posterior; SIA-T = surgically induced astigmatism-total; CCS = conventional cataract surgery; MCCS = microcoaxial cataract surgery; WTR = within the rule.

**p*-valued on Mann Whitney *U*-test.

Table 5. Comparisons of SIA-A, SIA-P and SIA-T between CCS group and MCCS group from ATR group at 2 months after surgery

	CCS group (n = 20)	MCCS group (n = 11)	<i>p</i> -value*
SIA-A (D)	0.66 ± 0.67	0.45 ± 0.27	0.072
SIA-P (D)	0.19 ± 0.18	0.11 ± 0.07	0.087
SIA-T (D)	0.75 ± 0.56	0.53 ± 0.40	0.261

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

SIA-A = surgically induced astigmatism-anterior; SIA-P = surgically induced astigmatism-posterior; SIA-T = surgically induced astigmatism-total; CCS = conventional cataract surgery; MCCS = microcoaxial cataract surgery; ATR = against the rule.

**p*-valued on Mann Whitney *U*-test.

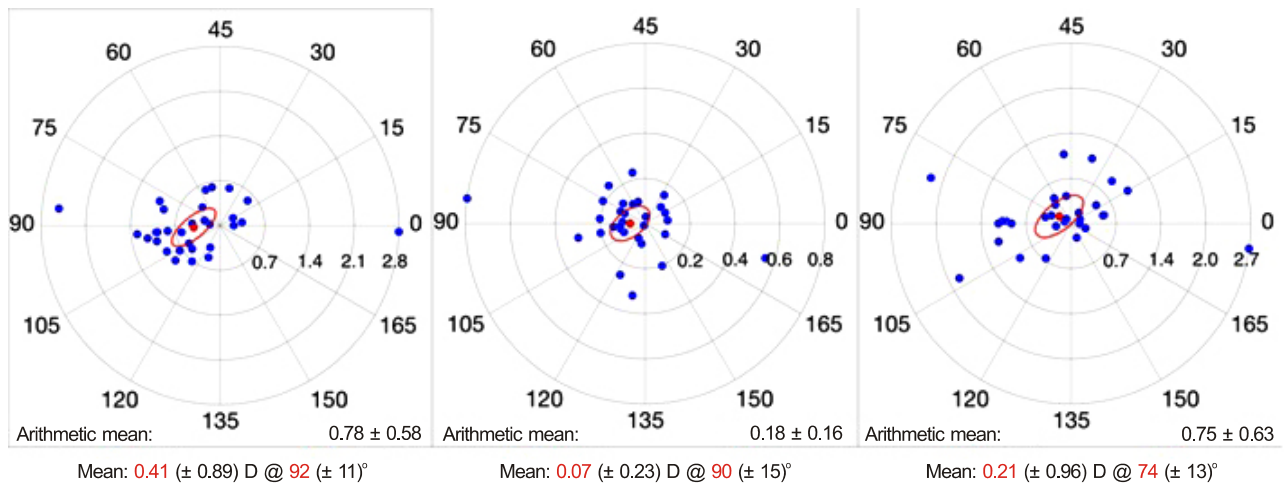
술 전에 측정한 구면렌즈대응치, logMAR 나안시력과 logMAR 최대교정시력, 전면각막난시, 후면각막난시, 전체 각막난시에서 두 군 간에 통계적인 차이는 없었다(Table 1). 술 후 1개월에 logMAR 나안시력에서 CCS군이 0.19 ± 0.21, MCCS군이 0.11 ± 0.08로 MCCS군에서 나안시력이 더 좋게 측정되었고(*p*=0.036), logMAR 최대교정시력에는 두 군 간에 차이가 없었다. 술 후 2개월의 logMAR 나안시력과 logMAR 최대교정시력에서는 두 군 간에 차이를 보이지 않았다(Table 2).

수술 후 1일, 1개월의 수술유발 전면난시(SIA-A), 수술유발 전체난시(SIA-T)는 CCS군에서 유의하게 높았으며 (SIA-A: *p*=0.001, 0.005, SIA-T: *p*=0.043, 0.012), 수술유발 후면난시(SIA-P)는 수술 후 1일, 1개월째에 두 군 사이에 의미 있는 차이를 보이지 않았다(Table 3). 수술 후 2개월의 수술유발 전면난시(SIA-A)는 CCS군과 MCCS군에서 각각

0.78 ± 0.58D, 0.44 ± 0.26D로 CCS군이 유의하게 컸으며 (*p*=0.005), 수술유발 전체난시(SIA-T)도 술 후 2개월에 각각 0.75 ± 0.63D, 0.51 ± 0.34D로 CCS군이 유의하게 컸다 (*p*=0.049). 수술 2개월째 수술유발 후면난시(SIA-P)는 각각 0.18 ± 0.16D, 0.14 ± 0.06D로 CCS군이 컸으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 3). Fig. 1의 A, B는 각각 CCS군과 MCCS군에서 벡터 분석을 시행한 수술유발 전면난시(SIA-A), 수술유발 후면난시(SIA-P), 수술유발 전체난시(SIA-T)의 값을 double-angle plot에 도식화한 것이다.

CCS군에서 수술유발 전면난시(SIA-A)와 수술유발 후면난시(SIA-P)는 각각 *r*=0.855, *r*=0.563의 값으로 수술유발 전체난시(SIA-T)와 유의한 양의 상관관계에 있고(*p*=0.000, *p*=0.01) (Fig. 2A, B), MCCS군에서는 수술유발 전면난시(SIA-A)가 *r*=0.407로 수술유발 전체난시(SIA-T)와 양의 유의한 상관관계가 있었으나(*p*=0.039), 수술유발 후면난시

A. CCS group (SIA-A/SIA-P/SIA-T)



B. MCCS group (SIA-A/SIA-P/SIA-T)

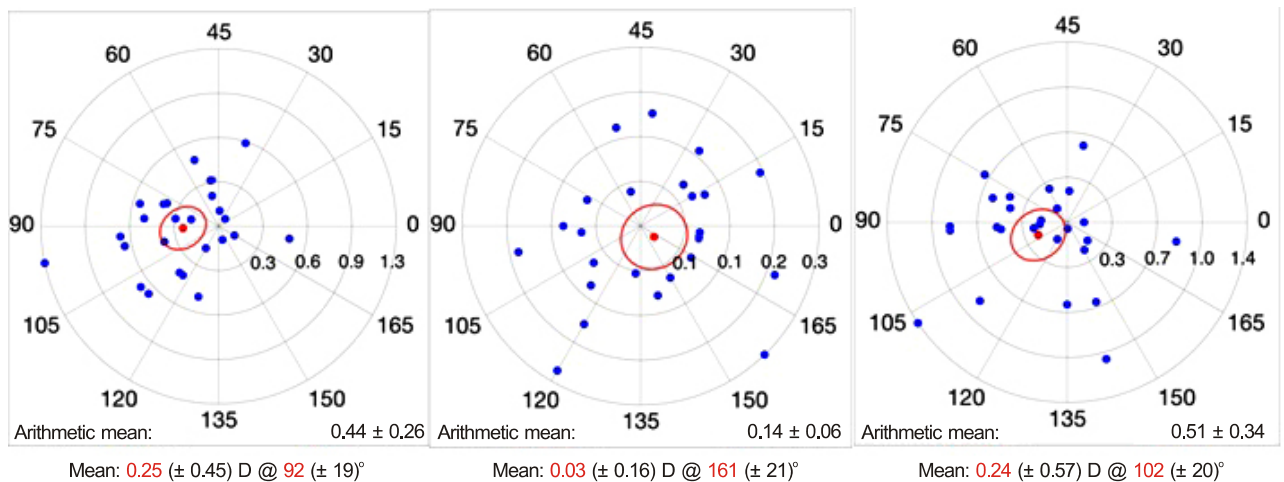


Figure 1. Double-angle plots of surgically induced astigmatism (SIA) using Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Germany) at 2 months after surgery, in CCS group (A) and MCCS group (B). CCS = conventional cataract surgery; MCCS = microcoaxial cataract surgery; SIA-A = surgically induced astigmatism-anterior; SIA-P = surgically induced astigmatism-posterior; SIA-T = surgically induced astigmatism-total.

(SIA-P)와 수술유발 전체난시(SIA-T)는 유의한 상관관계가 없었다(Fig. 2C, D).

술 전 직난시였던 환자(직난시군)와 도난시였던 환자(도난시군)를 나누어 각각에서 CCS군과 MCCS군을 비교하였으며, 직난시군은 술 후 2개월에 수술유발 전면난시(SIA-A)는 CCS군 0.86 ± 0.53 D, MCCS 0.38 ± 0.22 D로 CCS군에서 유의하게 높았으며($p=0.019$), 수술유발 전체난시(SIA-T)도 CCS군과 MCCS군 각각 0.77 ± 0.34 D, 0.40 ± 0.28 D로 CCS군에서 유의하게 높았으나($p=0.004$), 수술유발 후면난시(SIA-P)는 차이를 보이지 않았다(Table 4). 도난시에서는 수술유발 전면난시(SIA-A), 수술유발 후면난시(SIA-P), 수술유발 전체난시(SIA-T) 모두 CCS군이 더 높았으나 통계

학적인 차이는 없었다(Table 5).

총 56안 중, 술 전 직난시에서 술 후 도난시로 바뀌거나 술 전 도난시에서 술 후 직난시로 바뀌었던 환자는 총 9안이었으며, 이 중 CCS군이 6안, MCCS군이 3안으로, CCS군이 더 많았으며, CCS군에 속한 1안은 직난시에서 도난시로 바뀌었고, 나머지 8안은 도난시에서 직난시로 바뀐 유형이었다.

술 전 각막의 후면난시가 0.5D 이상이었던 환자는 총 4안이었으며, 술 후 전면 각막 난시와 전체 각막 난시는 평균 0.50 ± 0.07 D의 차이를 보였다. CCS군과 MCCS군의 술 후 1일, 1개월, 2개월의 각막 고위수차를 전면 각막과 후면 각막을 나누어 비교하였으며, 두 군 사이에 전면각막의 고위수차는 유의한 차이가 없었다. 후면각막은 수직코마 RMS

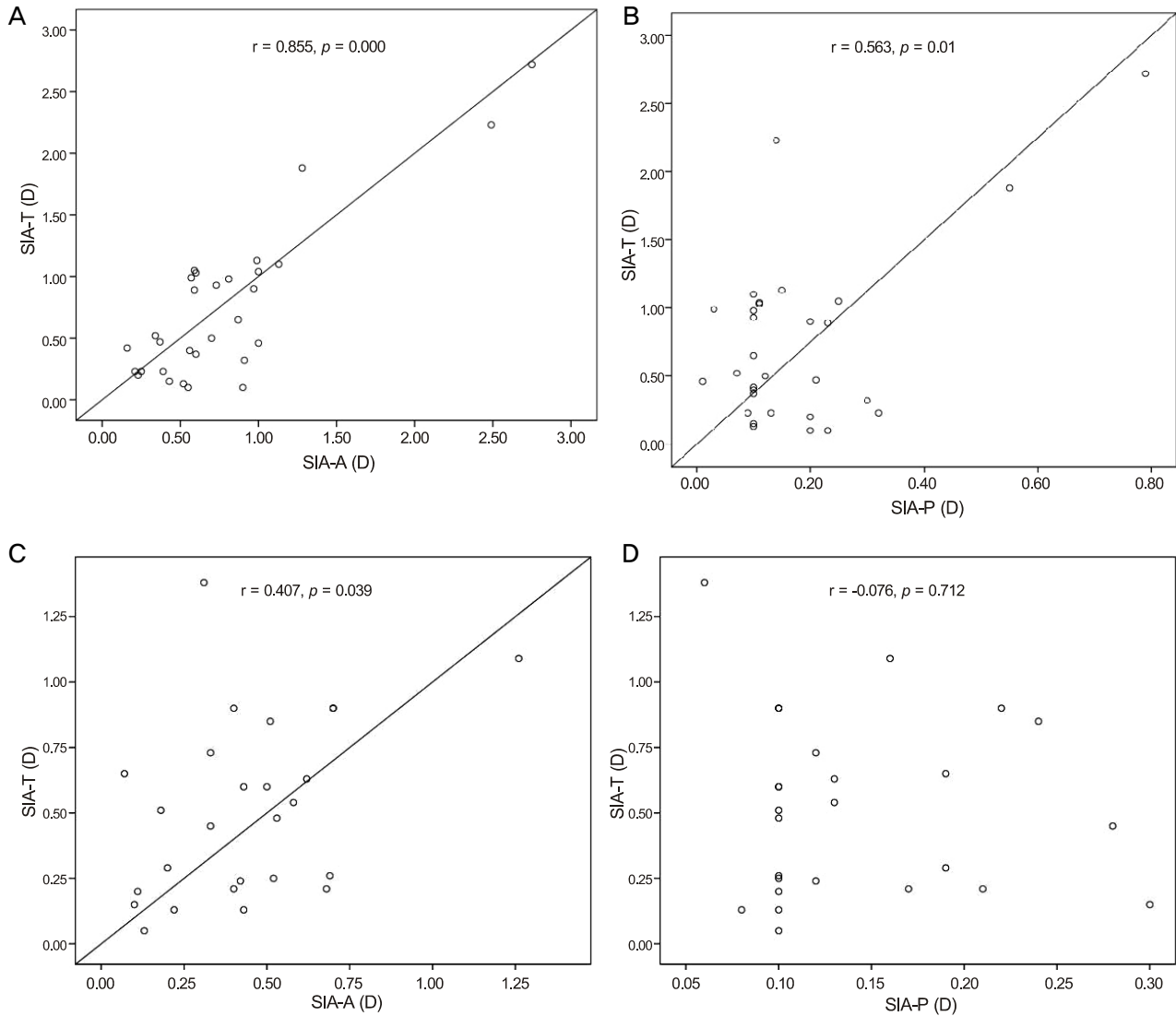


Figure 2. Correlation of magnitude of SIA-A, SIA-P and SIA-T in CCS group (A,B) and MCCS group (C,D). SIA-A = surgically induced astigmatism-anterior; SIA-P = surgically induced astigmatism-posterior; SIA-T = surgically induced astigmatism-total; CCS = conventional cataract surgery; MCCS = microcoaxial cataract surgery.

가 술 후 1개월, 2개월에 각각 CCS군은 $0.010 \pm 0.061 \mu\text{m}$, $0.017 \pm 0.049 \mu\text{m}$, MCCS군이 $0.049 \pm 0.082 \mu\text{m}$, $0.043 \pm 0.074 \mu\text{m}$ 로 MCCS군이 유의하게 높게 측정되었으며 ($p=0.045, 0.035$), 코마는 술 후 1개월, 2개월에 각각 CCS군은 $0.082 \pm 0.056 \mu\text{m}$, $0.067 \pm 0.044 \mu\text{m}$, MCCS군은 $0.133 \pm 0.117 \mu\text{m}$, $0.093 \pm 0.046 \mu\text{m}$ 로 MCCS군이 유의하게 높게 측정되었다($p=0.037, 0.039$) (Table 6).

CCS군과 MCCS군 각각에서 술 전, 술 후의 각막 고위수차의 변화를 각막전면과 각막후면을 나누어 비교해 보았으며, CCS군은 전면각막에서 술 전과 술 후 2개월 사이에 사축트레포일, 수평트레포일, 트레포일, 코마 수치에 유의한 변화가 있었으며($p=0.008, 0.012, 0.029, 0.016$), 후면각막에서 코마 수치에 유의한 변화가 있었다($p=0.009$) (Fig. 3A,

C). MCCS군은 전면각막의 고위수차에는 유의한 변화가 없었으며, 후면각막의 코마 수치에서 유의한 변화를 보였다($p=0.047$) (Fig. 3B, D).

고 찰

백내장 수술을 통한 난시교정의 요구가 증가하면서, 백내장 수술 중 난시를 교정하는 데 있어 술 전의 정확한 난시측정이 중요해졌고, 고식적인 방법으로 전면 각막난시만을 측정하는 것은 실제 각막난시값과 차이가 있다는 여러 연구가 보고되었다.

Koch et al⁹은 각막의 후면난시는 평균 0.3D의 값을 가지며, 전면난시만을 고려하였을 때 전체각막난시가 평균

Table 6. Postoperative changes of corneal aberrations on the rear side

		Pre-op	Post-op 1 day	Post-op 1 month	Post-op 2 months
RMS total (μm)	CCS group	0.835 ± 0.156	1.216 ± 0.498	0.881 ± 0.178	0.848 ± 0.172
	MCCS group	0.798 ± 0.198	1.108 ± 0.353	1.124 ± 1.980	0.842 ± 0.144
	<i>p</i> -value*	0.343	0.359	0.332	0.884
RMS HOA (μm)	CCS group	0.230 ± 0.126	0.428 ± 0.0191	0.273 ± 0.126	0.235 ± 0.061
	MCCS group	0.231 ± 0.120	0.436 ± 0.228	0.458 ± 0.968	0.262 ± 0.071
	<i>p</i> -value*	0.990	0.883	0.304	0.138
RMS LOA (μm)	CCS group	0.758 ± 0.190	1.113 ± 0.467	0.828 ± 0.209	0.813 ± 0.170
	MCCS group	0.744 ± 0.202	1.011 ± 0.298	1.114 ± 1.731	0.795 ± 0.152
	<i>p</i> -value*	0.438	0.239	0.319	0.683
Spherical aberration Z (4, 0) (μm)	CCS group	-0.142 ± 0.035	-0.220 ± 0.192	-0.152 ± 0.031	-0.148 ± 0.029
	MCCS group	-0.175 ± 0.215	-0.165 ± 0.046	-0.168 ± 0.131	-0.144 ± 0.033
	<i>p</i> -value*	0.415	0.165	0.521	0.652
Oblique trefoil RMS Z (3, -3) (μm)	CCS group	-0.009 ± 0.085	0.046 ± 0.131	-0.009 ± 0.105	-0.048 ± 0.105
	MCCS group	-0.035 ± 0.123	0.022 ± 0.197	-0.032 ± 0.090	-0.054 ± 0.080
	<i>p</i> -value*	0.309	0.591	0.379	0.720
Horizontal trefoil RMS Z (3, 3) (μm)	CCS group	-0.002 ± 0.063	-0.009 ± 0.172	-0.097 ± 0.082	0.008 ± 0.056
	MCCS group	-0.001 ± 0.075	-0.085 ± 0.213	-0.085 ± 0.325	-0.008 ± 0.107
	<i>p</i> -value*	0.933	0.147	0.288	0.483
Trefoil [†] (μm)	CCS group	0.087 ± 0.059	0.182 ± 0.122	0.113 ± 0.072	0.105 ± 0.071
	MCCS group	0.100 ± 0.109	0.231 ± 0.190	0.177 ± 0.300	0.117 ± 0.081
	<i>p</i> -value*	0.588	0.254	0.261	0.564
Vertical coma RMS Z (3, -1) (μm)	CCS group	0.014 ± 0.035	-0.052 ± 0.159	0.010 ± 0.061	0.017 ± 0.049
	MCCS group	0.032 ± 0.064	0.017 ± 0.104	0.049 ± 0.082	0.043 ± 0.074
	<i>p</i> -value*	0.224	0.061	0.045	0.035
Horizontal coma RMS Z (3, 1) (μm)	CCS group	-0.009 ± 0.037	-0.029 ± 0.139	-0.071 ± 0.076	-0.021 ± 0.059
	MCCS group	0.008 ± 0.043	-0.017 ± 0.178	0.029 ± 0.148	0.011 ± 0.065
	<i>p</i> -value*	0.150	0.785	0.134	0.052
Coma [‡] (μm)	CCS group	0.046 ± 0.026	0.183 ± 0.121	0.082 ± 0.056	0.067 ± 0.044
	MCCS group	0.044 ± 0.041	0.183 ± 0.090	0.133 ± 0.117	0.093 ± 0.046
	<i>p</i> -value*	0.882	0.939	0.037	0.039

Values are presented as number or mean \pm SD.

CCS = conventional cataract surgery; MCCS = microcoaxial cataract surgery; Z = zernike coefficients; RMS = root mean square; HOA = high order aberration; LOA = lower order aberrations; Pre-op = preoperative; Post-op = postoperative.

**p*-valued on Student's *t*-test; [†]Trefoil = $\sqrt{(Z_3, -3)^2 + (Z_3, 3)^2}$; [‡]Coma = $\sqrt{(Z_3, -1)^2 + (Z_3, 1)^2}$.

0.22D 과소 측정되었고, 5%의 환자에서는 0.5D 이상 과소 측정되었다고 보고하였다. Ho et al¹¹도 각막의 전면난시만을 측정하였을 때 28.8%의 환자에서 전체각막난시와 비교하여 0.5D 이상 차이가 있었으며 난시 축은 10도 이상의 차이를 보였다고 보고하였다.

각막의 후면난시를 측정하는 것이 정확한 술 전의 각막난시를 측정하는 데 중요한 요소이며, 이는 각막의 수술유발 전체난시(SIA-T) 예측의 정확도를 향상시킬 수 있는 방법으로 인식되고 있다. Ho et al¹¹은 50명의 백내장 수술 환자 중 24%에서 전면난시만을 고려하여 측정한 SIA값과, 후면난시를 포함한 전체난시를 이용해 측정한 SIA값 사이에 0.5D 이상의 차이가 있다는 것을 보고하였다.

동축소절개 백내장 수술은 작은 절개를 통해 얻는 이측 백내장 수술의 장점을 가지면서 인공수정체 삽입을 위한 절개창의 확장 과정을 생략할 수 있다는 장점이 있으며, 수

술유발 각막난시를 줄이는 것으로 잘 알려져 있다.^{12,13} 하지만 후면난시 변화량에 대해서는 잘 알려져 있지 않고, 또한 수술유발 후면난시(SIA-P)가 수술유발 전체난시(SIA-T)에 미치는 영향에 대한 보고도 없었다.

이번 연구에서 2.85 mm 절개를 시행하였던 CCS군과 2.2 mm 절개를 시행하였던 MCCS군을 비교하였을 때, CCS군에서 수술유발 전체난시(SIA-T)와 수술유발 전면난시(SIA-A)가 통계적으로 유의하게 높게 측정되었으며, 수술유발 후면난시(SIA-P)는 CCS군이 높게 측정되나 통계적으로 유의하진 않았다. 하지만 상관관계 분석에서, MCCS군과 달리 CCS군은 수술유발 후면난시(SIA-P)와 수술유발 전체난시(SIA-T) 사이에 유의한 양의 상관관계를 보여, MCCS보다 CCS에서 후면난시의 변화가 전체 각막난시 변화에 미치는 영향이 더 크다고 유추할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 술 전 직 난시였던 경우 CCS군과 MCCS군 사이에 수술유발 전면난

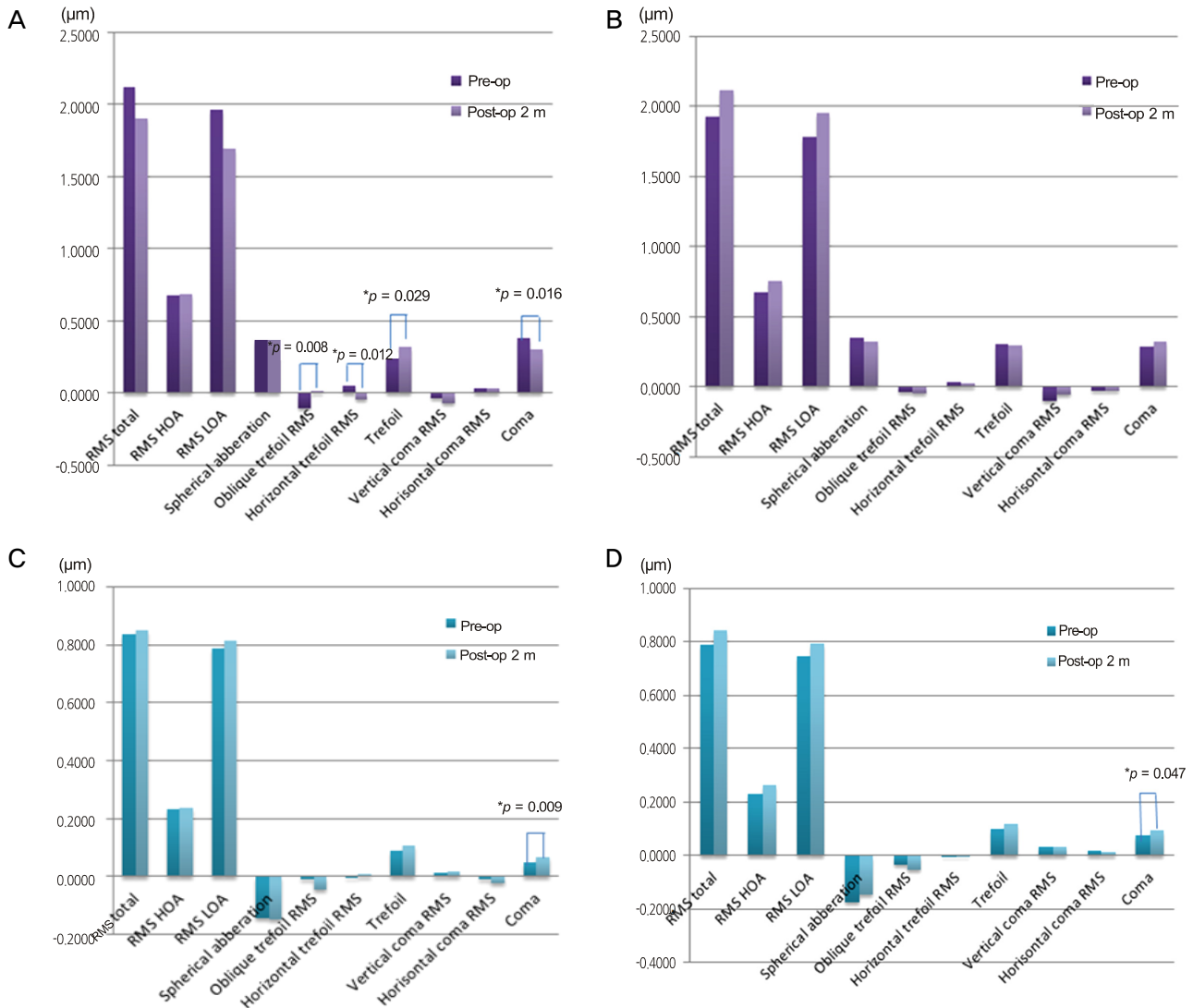


Figure 3. Change in corneal higher order aberrations on front side in CCS group (A) and MCCS group (B) and on rear side in CCS group (C) and MCCS group (D). CCS = conventional cataract surgery; MCCS = microcoaxial cataract surgery; RMS = root mean square; HOA = high order aberration; LOA = lower order aberrations; Pre-op = preoperative; Post-op 2 m = postoperative 2 months. *p-value by Paired *t*-test ($p < 0.05$).

시(SIA-A)와 수술유발 전체난시(SIA-T)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 이는 직난시의 경우 상측절개를 시행하였고, 상측절개 시 각막의 구조상 더 앞쪽에서 절개하는 경향이 있기 때문으로 생각된다. 술 전 도난시였던 경우, CCS군이 MCCS군에 비해 수술유발 전면난시(SIA-A), 수술유발 후면난시(SIA-P), 수술유발 전체난시(SIA-T)가 비교적 높게 측정되었으나 통계적으로 유의하진 않았는데 이에 대하여는 각 군의 대상 환자 수를 늘려 추가적으로 더 연구해 볼 필요가 있다.

여러 연구에서 평균 각막 후면 난시는 0.30D로 보고하고 있으며,⁹ 이는 본 연구에서도 동일한 결과를 나타내었다. 또한 후면난시의 가파른 축은 수직인 경우가 많으며, 이는 연령

의 변화에도 비교적 일정하게 유지된다.^{9,14} 본 연구 결과, 수술유발 후면난시(SIA-P)가 CCS군에서 $0.18 \pm 0.16\text{D}$, MCCS군에서 $0.14 \pm 0.06\text{D}$ 로, 수술유발 전체난시(SIA-T)는 수술유발 전면난시(SIA-A)에 영향을 더 많이 받는 것을 알 수 있다. 수술유발 후면난시(SIA-P)의 값이 상대적으로 크지 않기 때문에, 수술 전의 후면 각막난시가 큰 경우, 수술유발 난시를 예측할 때, 수술유발 전면난시만을 고려하는 경우 큰 후면 각막난시로 인해, 수술 후의 잔여 각막난시 예상량과 실제 수술 후 잔여 각막난시에 임상적인 오차를 발생시킬 수 있다. 본 연구에서 0.5D 이상의 후면난시가 있는 경우 수술 후 전체 각막난시와 전면 각막난시 사이에 평균 0.5D의 차이가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 특히 이는

난시 교정 인공수정체를 사용하여 난시교정을 할 때 발생 할 수 있는 수술 결과 오류의 원인으로 생각할 수 있으며, 후면 각막난시가 잘 변하지 않는다는 것을 고려할 때 추후 추가적인 처치 시기를 결정하는 데 주요한 요인이 될 수 있을 것으로 생각한다.

백내장 수술 시 각막 절개 크기에 따른 각막 고위수차 변화에 대해서는 아직 이견이 있다.¹⁵⁻¹⁷ 특히 각막 후면의 수차에 대한 연구는 잘 알려져 있지 않다. 각막 전면 수차의 경우 백내장 수술 후 수차가 증가하는 경향이 있으며, 특히 코마수차와 트레포일수차에 변화를 보인다고 알려져 있다.^{18,19} 본 연구에서는 CCS군에서 각막전면의 코마수차와 트레포일수차에 통계적으로 유의한 변화를 보였으며 이는 종전의 연구들과 동일한 결과였다(Fig. 3A). MCCS군의 경우 전면각막의 수차에서 의미 있는 변화를 보이지 않았다(Fig. 3B). 각막 후면 수차의 경우 Wang et al²⁰에서 백내장 수술 후 후면의 구면수차, 코마수차, 트레포일수차에 변화가 있었다고 보고하기도 하였으나, 본 연구에서는 CCS군과 MCCS군 두 군에서 코마수차에만 유의한 변화를 보였으며(Fig. 3C, D), 수치는 MCCS군에서 유의하게 크게 측정되었다(Table 6). 이는 각막 절개의 길이뿐 아니라 각막 절개의 위치나 각도, 절개부 터널 길이 등의 다수의 요인이 관여할 것으로 보이며, 추후 추가적인 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다. 각막의 수차에서 각막 전면의 수차가 후면의 수차보다 차지하는 부분이 크다는 것을 고려할 때, 고식적 백내장 수술보다 동축소절개 백내장 수술이 각막의 고위수차 면에서 유리할 것으로 보인다.

결론적으로 2.85 mm 고식적 백내장 수술에서 수술유발 후면난시(SIA-P)가 수술유발 전체난시(SIA-T)에 영향을 주는 것으로 나타났으며, 전면, 후면난시를 모두 고려할 때 2.2 mm 동축소절개 백내장 수술이 수술유발 전체난시(SIA-T)에 대해 고식적 백내장 수술보다 영향이 적었다. 백내장 수술 전, 후면 각막 난시의 측정은 수술 후 기대하는 잔여 각막 난시 값의 오차를 최소화하는 데 유용할 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) Wolffsohn JS, Bhogal G, Shah S. Effect of uncorrected astigmatism on vision. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:454-60.
- 2) de Vries NE, Webers CA, Touwslager WR, et al. Dissatisfaction after implantation of multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:859-65.
- 3) Amesbury EC, Miller KM. Correction of astigmatism at the time of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2009;20:19-24.
- 4) Altan-Yaycioglu R, Akova YA, Akca S, et al. Effect on astigmatism of the location of clear corneal incision in phacoemulsification of cataract. *J Refract Surg* 2007;23:515-8.
- 5) Hill W. Expected effects of surgically induced astigmatism on AcrySof toric intraocular lens results. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:364-7.
- 6) Borasio E, Mehta JS, Maurino V. Surgically induced astigmatism after phacoemulsification in eyes with mild to moderate corneal astigmatism: temporal versus on-axis clear corneal incisions. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:565-72.
- 7) Dick HB. Controlled clinical trial comparing biaxial microincision with coaxial small incision for cataract surgery. *Eur J Ophthalmol* 2012;22:739-50.
- 8) Alió J, Rodríguez-Prats JL, Galal A, Ramzy M. Outcomes of microincision cataract surgery versus coaxial phacoemulsification. *Ophthalmology* 2005;112:1997-2003.
- 9) Koch DD, Ali SF, Weikert MP, et al. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:2080-7.
- 10) Cheng LS, Tsai CY, Tsai RJ, et al. Estimation accuracy of surgically induced astigmatism on the cornea when neglecting the posterior corneal surface measurement. *Acta Ophthalmol* 2011;89:417-22.
- 11) Ho JD, Tsai CY, Liou SW. Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement. *Am J Ophthalmol* 2009;147:788-95, 795.e1-2.
- 12) Bhargava S, Rangarajan A. Coaxial microincision cataract surgery versus conventional coaxial cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1055; author reply 1055.
- 13) Weikert MP. Update on bimanual microincisional cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:62-7.
- 14) Nemeth G, Berta A, Lipecz A, et al. Evaluation of posterior astigmatism measured with Scheimpflug imaging. *Cornea* 2014;33:1214-8.
- 15) Elkady B, Alió JL, Ortiz D, Montalbán R. Corneal aberrations after microincision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:40-5.
- 16) Tong N, He JC, Lu F, et al. Changes in corneal wavefront aberrations in microincision and small-incision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:2085-90.
- 17) Yao K, Tang X, Ye P. Corneal astigmatism, high order aberrations, and optical quality after cataract surgery: microincision versus small incision. *J Refract Surg* 2006;22(9 Suppl):S1079-82.
- 18) Guirao A, Tejedor J, Artal P. Corneal aberrations before and after small-incision cataract surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:4312-9.
- 19) Marcos S, Rosales P, Llorente L, Jiménez-Alfaro I. Change in corneal aberrations after cataract surgery with 2 types of aspherical intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:217-26.
- 20) Wang J, Tang X, Zhang S, Li LH. Changes in high order aberrations of anterior and posterior surfaces of cornea before and after phacoemulsification. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2008;44:1066-71.

= 국문초록 =

2.2 mm 동축 소절개 백내장 수술과 2.85 mm 동축 절개 백내장 수술 후의 후면각막난시변화

목적: 2.2 mm 동축 소절개와 2.85 mm 절개 백내장 수술 후 후면각막난시 변화를 비교하여 전체각막난시의 변화에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

대상과 방법: 2.2 mm 동축 소절개 백내장 수술 26안(Microcoaxial cataract surgery, MCCS군)과 2.85 mm 절개 고식적 백내장 수술 30안(Conventional cataract surgery, CCS군)을 대상으로 술 전후의 전면, 후면, 전체각막난시를 측정하여, 수술유발 후면난시 및 수술유발 전면난시 그리고 수술유발 전체난시를 비교하였다. 각막난시는 Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Germany)으로 측정하였고, 나안 및 교정시력과 각막 전, 후면의 고위수차를 술 전, 술 후 1일, 1개월, 2개월에 측정하였다.

결과: 수술유발 후면난시는 두 군 간에 차이는 없었고, 수술유발 전면난시와 수술유발 전체난시는 MCCS군이 적었다($p=0.005$, $p=0.049$). CCS군은 수술유발 후면난시와 수술유발 전체난시 간에 유의한 상관관계를 보였으며($p=0.01$, $r=0.563$), 두 군 모두 수술유발 전면난시와 수술유발 전체난시는 유의한 상관관계를 보였다(CCS군: $p=0.00$, $r=0.855$; MCCS군: $p=0.039$, $r=0.407$).

결론: 수술유발 후면난시는 MCCS군과 CCS군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나, CCS군에서는 수술유발 후면난시가 수술유발 전체난시에 영향을 주는 것으로 나타났다. 전면 및 후면각막난시를 모두 고려할 때, 2.2 mm 동축 소절개 백내장 수술이 수술유발 전체난시에 대해 고식적 백내장 수술보다 영향이 적었다.

〈대한안과학회지 2015;56(10):1534-1543〉
