

두 가지 절개창 크기와 초음파수정체유화방식이 수술유발난시도와 각막 내피에 미치는 영향

신경섭¹ · 이종은¹ · 최시환^{1,2}

충남대학교 의학전문대학원 안과학교실¹, 충남대학교 의학연구소²

목적: Ozil[®]과 Hyperpulse 방식으로 2.2와 2.8 mm 절개창을 통한 초음파유화술이 수술유발난시도와 각막내피에 미치는 영향을 비교하였다.

대상과 방법: Infiniti[®]의 Ozil[®]과 Hyperpulse 방식으로 절개창 크기를 달리하여 Ozil[®] 2.2 mm 29안, 2.8 mm 30안, Hyperpulse 2.2 mm 29안, 2.8 mm 30안을 대상으로 수술 후 2개월까지 각막곡률을 측정하여 수술유발난시도를 계산, 중심각막두께와 각막내피밀도를 측정하였고, 평균초음파사용시간으로 효율성을 비교하였다.

결과: 네 군 사이의 수술유발난시도, 각막두께, 각막내피밀도 및 교정시력과 평균초음파세기에서 유의한 차이가 관찰되지 않았다. CDE (Cumulated dissipated energy)는 핵경화도 1, 2 환자군에서 Ozil[®]방식을 사용한 경우가 더 작은 값을 보였다.

결론: Infiniti[®]의 Ozil[®]과 Hyperpulse 방식과 2.2, 2.8 mm 절개창을 통한 초음파유화술은 술 후 2개월까지 수술유발난시도, 각막내피세 포밀도 변화에서 유의한 차이를 보이지 않았고, 핵경화도가 낮은 백내장에서 Ozil[®] 방식이 보다 효율적이라고 생각한다.

〈대한안과학회지 2013;54(2):237-244〉

백내장 수술은 Kelman¹에 의해 최초로 초음파유화술이 도입된 후 시간을 거듭하며 수술 중, 수술 후 합병증을 줄이는 방향으로 발전되고 있고, 그 일환으로 절개창의 크기 감소, 수술 중 초음파 에너지 사용량을 최소화 함으로써 각막내피를 비롯한 주변조직의 손상을 줄이려는 여러 가지 노력이 시도되고 있다. 절개창의 수술 중 및 수술 후 형태 변화 및 손상에 영향을 줄 수 있는 인자로는 절개창의 길이 및 구성, 절개창에 실리콘 슬리브가 끼는 정도, 초음파의 사용시간, 초음파유화기 침부의 온도, 절개창을 통해 들어가는 소기구들의 조작 등이 있고, 이는 창상회복의 지연, 각막 기질 및 내피의 손상, 수술유발난시도의 증가 등을 야기하며, 전방으로의 유체 유입으로 안내염의 위험을 높일 수 있다.^{2,3} 일반적으로 절개창의 크기, 위치가 수술 후 발생할 수 있는 난시에 영향을 준다고 알려졌고,⁴⁻⁶ 작은 절개창은, 창상회복을 빠르게 하며 절개창과 관련된 합병증을 최소화함으로써 빠른 시력회복 및 시력의 질적 상승을 기대할 수 있다.^{7,8}

수정체 유화시 사용되는 초음파 에너지에 의해 각막내피 손상이 발생할 수 있고, 열에너지에 의해서 절개창에 화상을 유발할 수도 있는데, 사용하는 초음파 에너지를 줄일 수 있다면 이와 같은 합병증을 최소화할 수 있을 것이다.^{9,10} 최근 개발된 백내장 기계들은 최소한의 에너지로 효율적인 초음파 유화가 가능하도록 고안되고 있다. Infiniti[®] Vision system (Alcon, TX, USA)은 다양한 직경의 초음파 침단부를 선택할 수 있으며, 여러 가지 방식(mode)을 이용하여 수술을 시행할 수 있다. Hyperpulse mode는 기존의 연속적 초음파 방식(continuous mode)을 사용하는 것보다 수술 중 사용하는 총 초음파에너지를 줄이고, 열에너지 발생을 줄여 각막내피세포의 손상을 최소화할 수 있다.^{11,12} 그리고 다른 초음파유화방식인 Ozil[®] mode도 포함하고 있는데, 이 방식은 초음파 침단부가 앞뒤로 운동하는 기존의 직선운동(longitudinal) 방식과는 달리 침단부가 회전진동(rotary oscillation)함으로써 수정체유화술시에 열발생이 적고, 초음파 에너지 사용시간을 줄여 이를 통해 최소한의 각막내피의 손상을 기대할 수 있다고 한다.¹³

다른 절개창의 크기가 수술유발난시도에 미치는 영향, 소절개 백내장 수술에서 서로 다른 초음파모드를 이용해 임상결과를 발표한 기존의 여러 연구들이 있었지만, 두 가지 변수를 동시에 분석하여 임상결과를 발표한 보고는 국내에는 아직 없다.¹⁴

저자들은 절개창의 크기와 초음파유화방식이 각각 독립

■ 접수 일: 2012년 7월 27일 ■ 심사통과일: 2012년 8월 31일
■ 게재허가일: 2012년 12월 20일

■ 책임저자: 최 시 환

대전광역시 중구 문화로 282
충남대학교병원 안과
Tel: 042-280-7609, Fax: 042-255-3745
E-mail: shchoi@cnu.ac.kr

* 이 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제102회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

적으로 창상의 구조에 영향을 미쳐 수술유발난시도 및 각막부종, 각막내피세포밀도의 감소, 시력회복의 지연 등의 임상결과에 차이가 있는지를 알아보려고 하였다. 따라서 본 연구는 2.2 mm와 2.8 mm 두 가지 절개창 크기와 Ozil[®] mode와 Hyperpulse mode 두 가지 수정체유화방식을 사용하여 투명 절개방식의 백내장 수술을 시행했을 때 수술유발난시도 및 각막내피세포에 미치는 영향을 분석하고, 추가로 평균초음파사용시간(mean phacoemulsification time), CDE (Cumulated dissipated energy) 등을 통하여 각 방식의 효율성을 비교해보려고 하였다.

대상과 방법

2008년 2월부터 2009년 6월까지 충남대학교병원에서 백내장으로 진단받고 초음파 수정체유화술을 시행 받은 96명 118안을 대상으로 하였다. 안수술력, 안외상력, 각막이상, 녹내장, 망막이상, 안구 내 염증이 있었던 경우는 본 연구대상에서 제외하였다. 대상환자 중 2.2 mm 절개창을 통하여 Ozil[®] mode를 사용하여 수술한 29안을 2.2 Ozil군, Hyperpulse mode를 사용하여 수술한 30안을 2.2 Hyperpulse군, 2.8 mm 절개창을 통하여 Ozil[®] mode를 사용하여 수술한 29안을 2.8 Ozil군, Hyperpulse mode를 사용하여 수술한 30안을 2.8 Hyperpulse군으로 전부 네 개의 군으로 분류하였다. Ozil[®] mode는 최대 초음파세기를 60%, 진동폭(oscillation amplitude)을 90%로 설정하였고, Hyperpulse mode는 최대 초음파세기를 60%로 Ozil[®] mode와 동일하게 설정하였다. 초음파 수정체유화장치 손잡이는 슬리브를 포함한 첨단부의 직경이 1.1 mm, 첨단부의 각도는 30도인 것을 사용하였고, 그 외에 진공력, 흡인력, 초음파작동시간과 휴식시간의 비 등의 초음파유화 변수는 동일하게 설정하였다.

수술은 한 명의 동일한 술자(SH Choi)에 의해 2% Lidocaine 과 0.25% Bupivacaine을 1:1로 혼합한 마취제로 구후부 마취 하에 시행되었다. 이측 투명각막절개를 각 2.2 mm, 2.8 mm 크기로 각막절개도를 이용하여 절개를 시행하였다. 점탄물질은 Microvisc plus[®] (sodium hyaluronate 1.4%, Bohus biotech, Sweden)를 사용하였고, 5.5 mm 원형전낭 절개(continuous curvilinear capsulorhexis)를 시행한 후, 절개창 부위를 통하여 접합형 연성 인공수정체(SN60WF, Acrysof[®], Alcon, USA)를 주입기를 이용하여 후방에 삽입하였다. 2.2 mm 군에서는 Mornarch[®] D 카트리지(Monarch[®] D injector system, Alcon, USA)를 이용하여 인공수정체를 삽입하였고, 2.8 mm군에서는 Mornarch[®] C 카트리지(Monarch[®] C injector system, Alcon, USA)를 사용하여 인공수정체를 삽입하였다. 절개 부위는 10/0 나일론으로 1개

의 봉합을 시행하였고, 1주 후에 제거하였다. 수술 후에는 Ofloxacin 0.3% (Ocuflox[®], Samil), 점안액과 Fluorometholone 0.1% (Flucon[®], Alcon)점안액을 하루 4회, 3주간 점안하였다.

수술 전 산동하기 전 최대교정시력을 측정한 후, 산동상태에서 세극등 현미경검사를 시행하여 수정체 핵경화 정도를 Wilmer의 분류로 표준사진에 따라 0등급부터 4등급까지 분류하였고 수동각막곡률검사(Ophthalmokeratometer, Inami Inc., Nagoya, Japan), 중심각막두께검사(Advent ultrasonic pachymeter, Accutome Inc., Malvern, USA), 각막내피세포검사(Specular microscope, KONAN Inc., Nishinomiya, Japan)를 수술 전, 수술 후 1일, 1주, 2주, 1개월, 2개월에 측정하여 수술 결과를 비교하였다.

수술 중 평균초음파사용시간, CDE, 평형염액(balanced salt solution, BSS[®], Alcon, USA) 사용량 등을 측정하여 비교하였다. CDE는 초음파사용시간 동안 소모된 초음파 출력으로 Ozil[®] mode에서는 회전진동주기(Torsional amplitude)와 회전진동시간(Torsional time)을 곱하고 0.4의 계수를 곱하여 계산할 수 있고, Hyperpulse mode에서는 평균 초음파세기 곱하기 초음파 사용시간으로 계산할 수 있다. 각막절개로 유발된 난시변화는 Holladay-Cravy-Koch¹⁵ 방법을 사용하여 계산하였다.

통계적 분석은 SPSS 13.0 for window (SPSS Inc.) 프로그램의 one way ANOVA 검정을 이용하여 각 군을 비교하였으며, 사후분석은 Turkey HSD test를 이용하였다. p -value 0.05 미만을 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

대상환자의 평균 연령은 각각 65.2 ± 9.7 , 67.9 ± 11.0 , 67.8 ± 9.5 , 66.7 ± 11.4 세로 2.2 mm 절개의 Ozil, Hyperpulse와 2.8 mm 절개의 Ozil, Hyperpulse의 네 군간에 통계학으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 각각 2.2 mm 절개의 Ozil과 Hyperpulse 군에서는 남자 14안, 여자 15안으로 29안이었고, 2.8 mm 절개의 Ozil과, Hyperpulse 군에서는 남자 14안, 여자 16안으로 30안이였다. 백내장 수술 전 Wilmer의 분류에 의해 평가한 핵경화 정도는 각각 평균 2.07 ± 0.92 , 2.03 ± 0.89 , 2.07 ± 0.88 , 2.07 ± 0.83 이었고, 네 군간에 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$) (Table 1).

수술 전 검사에서 네 군간의 수술 전 최대교정시력, 각막곡률, 중심각막두께, 각막내피세포 밀도에서는 유의한 차이를 보이지 않았고 비슷한 조건이었다(Table 2).

전체 대상안 중 수술 후 세극등 현미경검사에서 안내염의 소견을 보이거나, 절개창 부위의 화상, 테스메막의 손상

Table 1. Demographics of the patients

	Ozil [®] mode		Hyperpulse mode		<i>p</i> -value*
	2.2 mm	2.8 mm	2.2 mm	2.8 mm	
Number of eyes	29	30	29	30	
Average patient age (years)	65.2 ± 9.7	67.9 ± 11.0	67.8 ± 9.5	66.7 ± 11.4	0.527
Male/Female	14/15	14/16	14/15	14/16	
Mean nucleus density	2.07 ± 0.92	2.03 ± 0.89	2.07 ± 0.88	2.07 ± 0.83	0.890

Values are presented as mean ± SD.

*One way ANOVA, *p* < 0.05.

Table 2. Comparison of preoperative conditions

	Ozil [®] mode		Hyperpulse mode		<i>p</i> -value*
	2.2 mm	2.8 mm	2.2 mm	2.8 mm	
BCVA	0.48 ± 0.26	0.45 ± 0.34	0.40 ± 0.28	0.44 ± 0.30	0.268
Corneal curvature (D)	43.5 ± 1.2	43.5 ± 1.3	43.7 ± 1.3	43.3 ± 1.2	0.844
Corneal thickness (μm)	538.6 ± 30.0	533.7 ± 33.3	540.7 ± 35.1	545.0 ± 30.7	0.587
Endothelial cell count (cells/mm ²)	2544.6 ± 306.4	2505.1 ± 275.8	2470.3 ± 330.6	2541.0 ± 384.6	0.504
Hexagonality (%)	62.0 ± 9.2	57.2 ± 10.4	61.5 ± 10.6	59.5 ± 13.7	0.866
Coefficient of variation	0.30 ± 0.06	0.35 ± 0.07	0.32 ± 0.08	0.33 ± 0.09	0.531

Values are presented as mean ± SD.

BCVA = best corrected visual acuity (log MAR).

*One way ANOVA, *p* < 0.05.

Table 3. Comparison of surgically induced astigmatism (Holladay-Cravy-Koch)

	Ozil [®] mode		Hyperpulse mode		<i>p</i> -value*	<i>p</i> -value [†]
	2.2 mm	2.8 mm	2.2 mm	2.8 mm		
POD 1 day	1.2 ± 0.5	1.5 ± 0.5	1.4 ± 0.6	1.3 ± 0.7	0.219	0.135/0.845
POD 1 week	1.2 ± 0.5	1.4 ± 0.3	1.4 ± 0.5	1.0 ± 0.5	0.985	0.552/0.888
POD 2 weeks	0.2 ± 0.4	0.3 ± 0.3	0.1 ± 0.4	0.1 ± 0.3	0.738	0.399/0.536
POD 1 month	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.3	0.2 ± 0.3	0.1 ± 0.2	0.645	0.602/0.373
POD 2 months	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.2 ± 0.3	0.2 ± 0.2	0.791	0.290/0.849

Values are presented as mean diopter ± SD.

POD = post operation day.

*One way ANOVA, *p* < 0.05; [†]Independent *t*-test, Ozil 2.2 versus Ozil 2.8 / Hyperpulse 2.2 versus Hyperpulse 2.8, *p* < 0.05.

Table 4. Changes of central corneal thickness (postop - preop)

	Ozil [®] mode		Hyperpulse mode		<i>p</i> -value*	<i>p</i> -value [†]
	2.2 mm	2.8 mm	2.2 mm	2.8 mm		
POD 1 day	30.9 ± 17.7	31.9 ± 26.0	34.3 ± 29.5	46.1 ± 21.2	0.074	0.399/0.893
POD 1 week	36.7 ± 21.4	29.9 ± 23.6	33.4 ± 34.3	27.8 ± 26.1	0.162	0.275/0.190
POD 2 weeks	29.3 ± 25.3	34.4 ± 32.2	27.7 ± 28.6	20.8 ± 26.4	0.709	0.522/0.061
POD 1 month	16.2 ± 19.3	17.0 ± 29.0	13.8 ± 23.3	14.1 ± 17.6	0.760	0.870/0.373
POD 2 months	6.4 ± 50.3	5.1 ± 43.8	8.0 ± 25.0	6.8 ± 23.3	0.389	0.135/0.592

Values are presented as mean μm ± SD.

POD = post operation day.

*One way ANOVA, *p* < 0.05; [†]Independent *t*-test, Ozil 2.2 versus Hyperpulse 2.2 / Ozil 2.8 versus Hyperpulse 2.8, *p* < 0.05.

을 보인 경우는 없었으며, 녹내장 치료를 요할 정도로 안압이 상승된 경우도 없었다. 수술로 유발된 난시도(surgically induced astigmatism: SIA)는 Holladay-Cravy-Koch¹⁵ 공식에 수술 전과 수술 후 1일, 1주, 2주, 1개월, 2개월에 측정한 각막곡률값을 대입하여 산출하였다. 이측 투명각막 절개창의 1개의 10/0 나일론 봉합사로 인하여 수술 후 1일

과 1주에는 수술 유발 난시도가 1.0에서 1.5디옵터로 컸으나 1주째에 봉합사를 제거한 뒤인 2주째에는 두 가지 방식 모두에서 수술 유발 난시가 거의 없었고, 어느 추적관찰 시점에서도 각 군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (*p*>0.05) (Table 3).

수술 후 각막부종을 평가하기 위해 측정한 중심각막두

계의 변화량은 수술 후 의 값에서 수술 전의 값을 뺀 값으로 계산을 하였으며 네 군에서 모두 수술 직후 증가하였다가 점차 감소하는 경향을 보였고, 각 군간에 유의한 차이를

보이지 않았다($p>0.05$) (Table 4).

경면현미경으로 측정한 각막내피세포밀도의 감소 정도는 수술 전의 값에서 수술 후의 값을 뺀 값으로 감소 정도

Table 5. Changes of endothelial cell count (preop - postop)

	Ozil [®] mode		Hyperpulse mode		<i>p</i> -value*	<i>p</i> -value [†]
	2.2 mm	2.8 mm	2.2 mm	2.8 mm		
POD 1 day	126.5 ± 228.4	182.0 ± 282.0	130.1 ± 305.5	175.0 ± 207.4	0.922	0.511/0.767
POD 1 week	143.9 ± 275.6	149.8 ± 287.1	119.5 ± 243.4	198.5 ± 216.1	0.325	0.473/0.154
POD 2 weeks	161.1 ± 265.1	199.3 ± 279.3	120.7 ± 219.7	160.0 ± 218.8	0.906	0.145/0.071
POD 1 month	129.6 ± 215.4	155.5 ± 241.7	207.5 ± 211.6	155.0 ± 223.6	0.587	0.297/0.052
POD 2 months	125.3 ± 223.2	132.7 ± 327.4	145.2 ± 292.6	155.0 ± 123.6	0.710	0.722/0.063

Values are presented as mean cells/mm² ± SD.

POD = post operation day.

*One way ANOVA, $p < 0.05$; [†]Independent *t*-test, Ozil 2.2 versus Hyperpulse 2.2 / Ozil 2.8 versus Hyperpulse 2.8, $p < 0.05$.

Table 6. Changes of BCVA (preop - postop)

	Ozil [®] mode		Hyperpulse mode		<i>p</i> -value*
	2.2 mm	2.8 mm	2.2 mm	2.8 mm	
POD 1 day	0.5 ± 0.5	0.4 ± 0.3	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.4	0.352
POD 1 week	0.4 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.4 ± 0.2	0.3 ± 0.3	0.383
POD 2 weeks	0.5 ± 0.3	0.3 ± 0.4	0.4 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.530
POD 1 month	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.3	0.3 ± 0.3	0.3 ± 0.3	0.366
POD 2 months	0.5 ± 0.3	0.4 ± 0.4	0.3 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.291

Values are presented as mean log MAR ± SD.

POD = post operation day.

*One way ANOVA, $p < 0.05$.

Table 7. Comparison of CDE and average phaco power according to the grades of nuclear sclerosis

		Ozil [®] mode		Hyperpulse mode		<i>p</i> -value*
		2.2 mm	2.8 mm	2.2 mm	2.8 mm	
CDE (sec)	NSG 1	6.5 ± 1.9	8.1 ± 4.1	14.2 ± 6.5	16.7 ± 6.6	0.008*
	NSG 2	11.5 ± 3.6	12.3 ± 5.7	23.3 ± 5.5	21.3 ± 4.9	0.003*
	NSG 3	31.6 ± 2.5	30.5 ± 10.8	37.2 ± 17.2	35.0 ± 6.8	0.209
	NSG 4	33.8 ± 4.2	38.1 ± 3.4	39.8 ± 3.7	42.9 ± 5.4	0.232
Average phaco power (%)	NSG 1	26.5 ± 8.1	30.9 ± 9.2	32.7 ± 6.5	31.4 ± 8.6	0.385
	NSG 2	40.6 ± 8.1	37.6 ± 9.2	37.5 ± 3.3	36.9 ± 4.7	0.506
	NSG 3	40.7 ± 7.5	44.0 ± 10.5	45.2 ± 4.2	39.1 ± 9.2	0.771
	NSG 4	39.8 ± 4.1	41.3 ± 7.2	44.4 ± 5.0	38.3 ± 6.3	0.340

Values are presented as mean ± SD.

CDE = cumulative dissipated energy; NSG = nuclear sclerosis grade.

*One way ANOVA, $p < 0.05$.

Table 8. Comparison of CDE according to phacoemulsification mode and incision at NSG 1 and 2

Phacoemulsification mode and incision size	<i>p</i> -value*	
	NSG1	NSG2
2.2 mm Ozil – 2.8 mm Ozil	0.858	0.919
2.2 mm Ozil – 2.2 mm Hyperpulse	0.008*	0.000*
2.2 mm Ozil – 2.8 mm Hyperpulse	0.001*	0.001*
2.8 mm Ozil – 2.2 mm Hyperpulse	0.043*	0.000*
2.8 mm Ozil – 2.8 mm Hyperpulse	0.005*	0.000*
2.2 mm Hyperpulse – 2.8 mm Hyperpulse	0.823	0.585

CDE = cumulative dissipated energy; NSG = nuclear sclerosis grade.

*Post Hoc test by Turkey HSD, $p < 0.05$.

를 측정하였고 초음파 유화방식에 상관없이 2.8 mm 절개 시 감소 정도가 큰 경향을 보였으나 통계적으로 네 군간에 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$) (Table 5).

위의 결과들이 시력회복에 영향을 미치는지 수술 후 1일, 1주, 2주, 1개월, 2개월에 측정한 최대교정시력과 수술 전 최대교정시력의 차이를 로그 대응치(logMAR; logarithm of minimum angle of resolution)로 변환하여 비교하였고, 모든 군에서 시력의 호전을 보였으며 각 군간에 시력상승 정도의 유의한 차이가 없었다($p>0.05$) (Table 6).

사용된 평형용액 총량은 각 50.1 ± 16.3 , 50.0 ± 15.2 , 54.4 ± 12.7 , 52.3 ± 15.8 ml로 네 군 사이에 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 수술 시 기록된 CDE 및 평균초음파 세기와 수정체의 핵경화도 사이의 상관관계를 분석한 결과 평균 초음파세기는 각 군간에 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$), CDE는 핵경화도 1, 2 환자인 경우에 Ozil[®] mode를 사용한 두 군에서 Hyperpulse mode를 사용한 두 군에 비하여 통계학적으로 유의하게 적었다($p<0.05$). 그러나 핵경화도 3 이상인 경우에는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$) (Table 7, 8).

고 찰

최근의 백내장 수술은 보다 작은 절개창으로 수술 중 손상을 최소화하고, 각막형태의 변화를 줄여 난시를 줄이고 빠른 시력회복을 목적으로 하고 있다. 이에 따라 기존의 소절개보다 작은 1.5 mm 이하의 작은 절개창을 이용한 미세절개 수술법, 즉 MICS (Micro incision cataract surgery)가 활발히 시도되고 있다.^{16,17} Alió et al,¹⁸ Yao et al¹⁹은 각각 1.4 mm, 1.7 mm 절개창의 미세절개 백내장 수술 (microincision cataract surgery)이 2.8 mm, 3.2 mm 절개창의 백내장 수술보다 수술 유발 난시가 적었다고 보고하였고, 국내의 연구 중 Choi et al²⁰도 2.2 mm 동측 소절개 백내장 수술이 기존의 3.0 mm 절개창을 이용한 백내장 수술보다 난시의 양이 적다고 보고하였다. 하지만 반대로 Kurz et al²¹의 1.5 mm와 2.75 mm 절개창을 비교했을 경우 수술 유발 난시 차이가 없다는 보고 및 국내연구 중 Hwang et al²²의 2.8 mm 절개창의 경우와 2.2 mm 미세절개 백내장 수술을 비교하였을 때 난시에 차이가 없다는 보고 등도 있다.

Hwang et al²²의 연구에서는 인공수정체 삽입을 위해 Monarch[®] C 카트리지를 이용하였는데 카트리지 입구의 크기로 인해 2.2 mm 각막절개시에는 완전히 전방 내로 삽입하지 못해 끝의 일부만 삽입한 후 역방향으로 주는 힘을 이용해 삽입하였고, 이로 인해 인공수정체 삽입 후 절개창이 0.2 mm 정도 확장됨을 관찰하였다. 본 연구에서는 Monarch[®] D 카트리지를 이용하여 2.2 mm 절개창에 무리 없이 인

공수정체 삽입을 시행할 수 있었고, 절개창의 확장으로 두 군 간의 수술 유발 난시의 차이가 상쇄될 수 있는 변수를 줄였다.

수술 후 난시 발생은 절개창의 크기나 위치, 봉합의 유무, 봉합 시 장력과 같은 요인에 의해 발생할 수 있으나, 특히 절개창의 크기가 술 후 난시변화에 큰 영향을 미친다고 알려져 왔다.⁴⁻⁶ 2.2 mm 절개를 시행한 군이 2.8 mm 절개를 한 군에 비해 보다 적은 난시가 유발되었을 것으로 예상되었으나 본 연구에서는 결론적으로 각 군 사이에 통계적 차이는 보이지 않았다(Table 5). 본 연구에서는 수술 중 10/0 나일론 봉합사로 각막절개창 봉합을 하고 수술 후 1주에 제거하였는데 봉합사를 제거한 이후로 수술 유발 난시도가 줄어드는 경향을 확인할 수 있었다. 절개창의 크기가 작을수록 수술유발난시도가 줄어든다는 다른 연구와 다른 결과를 나타내었는데^{18,23} 창상봉합을 시행할 경우 수술 직후에 비록 수술유발난시도가 크게 측정되지만 창상회복 과정이 이루어지고 봉합사를 제거한 후에는 무봉합을 시행한 경우보다 수술 전 각막상태와 가장 유사하게 절개창이 회복될 것이라 생각하기 때문에 이는 절개창 봉합의 유무와도 어느 정도 관계가 있을 것으로 생각한다.

각막내피세포는 이온 펌프 기능을 가지고 있고, 이는 각막의 투명성을 유지하는데 중요하다. 내피세포는 손상 후 재생될 수 없어 회복기전을 통해 세포밀도는 낮아지고, 크기는 증가하게 된다.²⁴ 수술 중에 사용하는 초음파 에너지는 각막내피세포손상의 중요한 인자로 알려졌기 때문에²⁵ 초음파 사용을 감소시키기 위하여 여러 수술기법의 도입과 pulse 또는 burst mode 수정체 유화술, 그리고 msec (millisecond) 수준의 microburst나 hyperpulse mode 등이 도입되었다. 특히 hyperpulse 방식은 기존의 pulse 방식에 비해 초음파에너지가 msec 단위의 매우 빠른 주기로 작동한다. 이는 초음파가 발산될 때 수정체 핵조각을 초음파 침단부로부터 밀어내는 힘을 최소화하는 대신 침단부로의 흡입력을 우세하게 하며, 에너지 소모를 줄여 초음파의 효율성을 높이고 각막내피세포의 손상을 줄일 수 있게 한다.^{26,27} 또한 근래에 Infiniti Vision system (Alcon, TX, USA)에 의해 Ozil[®] mode가 소개되었다. 이 mode는 초음파 침단부가 32 KHz의 주파수로 전후운동과 동시에 회전진동을 하는 것이 특징으로 이는 찢김 효과에 의한 수정체 핵의 파괴를 유도하고, 절개창에 대한 마찰력을 줄이며 그에 따른 열 발생도 줄였다. 기존 초음파의 전후 움직임을 최소화함으로써 수정체 조각의 반발과 떨림을 감소시켜 흡입력을 향상시켰다. 이로 인해 열 발생도 감소시키고 각막내피세포의 손상을 최소화시킬 수 있다.¹³

각막내피세포의 기능을 평가하는 방법으로 초음파를 이

용한 각막두께의 측정은 수술 후 각막 부종의 정도를 수치화할 수 있고, 간접적으로 내피의 기능을 반영할 수 있다.²⁸ 또한 각막내피세포밀도 및 세포 형태의 변화는 수정체유화시 사용한 에너지량, 기구의 사용, 전방 내 수정체 잔유물, 평형염액의 역동학 등을 전체적으로 반영하기 때문에 백내장 수술기술의 안정성을 의미하는 지표로도 사용될 수 있다.²⁹⁻³¹

수술 후 각막 두께를 비교했을 때 전반적으로 수술 초기인 수술 후 1일째, 1주째에 가장 증가했다가 점차 감소하는 변화를 보였으며 각 군 사이에 통계적 차이는 없었다 (Table 3). 그리고 수술 후 경과관찰 기간 동안에 각막내피세포밀도의 변화도 각 군 사이에 통계적 차이는 없었다 (Table 4). 국내 보고 중 Chung and Kim³²의 3.0 mm 이측부 투명 각막 절개로 Ozil[®] mode와 Hyperpulse mode를 이용한 수정체유화술 후 임상결과를 비교한 연구에서도 각막 두께, 각막내피세포수는 두 군간에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 초음파유화방식으로 기존의 직선운동 방식과 회전진동 방식을 비교한 다른 연구 결과들과 일치하는 결과를 보였다.^{33,34}

대상환자들의 최대교정시력의 호전 정도는 네 군 사이에 수술 후 어느 시점에서도 의미 있는 차이를 보이지 않았는데 이는 각막내피세포밀도의 감소 정도와 각막두께의 증가 정도의 차이 그리고 수술 유발 난시도의 차이가 시력의 회복속도나 예후에 영향을 미칠 정도로 크지 않았기 때문으로 보인다 (Table 6).

본 연구에서는 Hyperpulse mode와 Ozil[®] mode를 비교하기 위해 수술 중 평균 초음파 사용시간과 CDE를 기록하였다. 또한 핵경화에 따른 수술지표들의 차이를 알아보기 위해 Wilmer의 분류에 의해 핵경화 정도를 4단계로 나누고 각각의 CDE와 평균초음파세기를 비교하였다. CDE는 Infiniti[®] Vision system (Alcon, TX, USA)에서 측정되는 값으로, 술자가 초음파유화술을 하는 동안 전달된 에너지를 모니터링할 수 있게 특별히 고안된 수치이다. 백내장 수술 중 초음파유화를 시행했을 때 낮은 CDE 값은 보다 적은 에너지가 사용된 것이고, 각막내피세포에 보다 적은 영향을 미칠 것이라 생각할 수 있다. 따라서 한 명의 술자가 동일한 수술조건에서 같은 핵 정복술(chopping technique)을 이용하여 수술을 시행한다면 낮은 CDE 값으로 초음파유화술을 시행하는 것이 보다 적은 시간을 들여 효율적이고 안전하게 유화술을 시행하는 것이라 할 수 있겠다. 핵경화도 1, 2인 환자인 경우에 절개창 크기와 상관없이 Ozil[®] mode를 사용한 군에서 Hyperpulse mode를 사용한 군에 비해 CDE 값이 통계적으로 유의하게 적었으며, 평균 초음파세기는 네 군 사이에 차이가 없었다 (Table 7, 8). 수술 중 사용한 평

형염액 용액량도 통계적으로 차이가 없었다. 따라서 핵경화도가 낮은 초기 백내장일 수록 Ozil[®] mode를 사용하는 것이 더 효율적인 수정체유화를 할 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구는 기존의 절개창 크기, 초음파유화방식 한 가지씩 비교했던 것과는 다르게 두 가지 변수를 동시에 비교하였는데, 수술유발난시도는 절개창 크기에 의해서만 영향을 받지 않고, 초음파 침단부로부터의 진동과 창상과의 관계에서 발생하는 열과 그것에 의한 형태 변화가 또한 난시에 영향을 줄 수 있다. 따라서 슬리브의 끼임 정도, 초음파유화방식 자체도 수술유발난시도에 영향을 줄 수 있는 인자이다. 비록 적은 누출, 창상의 정상 구조로의 회복 면을 보았을 때 절개창의 크기가 작을수록 즉, 미세절개 백내장 수술이 이상적인 수술이라 생각할 수 있지만 절개창의 크기가 적절히 커야 인공수정체 삽입과정 및 초음파침단부를 포함한 여러 기구들이 창상을 통과할 때 스트레스를 최소화하여 창상 근처의 각막 기질 및 내피의 손상을 줄일 수 있다. 하지만 반대로 절개창의 길이가 길수록 손상되는 각막내피세포도 많을 것이다. 이렇게 초음파유화방식만이 각막에 영향을 주는 것이 아니라 절개창의 크기 자체도 각막에 영향을 미칠 수 있다. 유사한 연구로 Jun et al¹⁴이 2.2 mm, 2.75 mm의 다른 크기의 절개창과, 회전진동방식과 회전진동방식에 종단속방식 병합방식의 서로 다른 초음파유화방식을 이용해 동축 미세절개 백내장 수술을 시행하여, 각막 창상의 구조 및 형태의 변화를 전안부 빛간섭단층촬영 및 주사전자현미경을 이용하여 분석하였고 의미 있는 차이가 없다고 보고했다. 본 연구에서는 해부학적 구조 분석이 아닌 임상결과를 비교하였고, 역시 유의한 차이가 없었다.

결론적으로 최근의 2.2 mm 절개창 크기나 Ozil[®] mode를 사용한 백내장 수술은 2.8 mm, Hyperpulse mode를 사용한 기존의 백내장 수술만큼 안정적이며, 2.2 mm, 2.8 mm 두 가지 다른 투명 각막 절개창 크기와 Ozil[®] mode, Hyperpulse mode의 두 가지 다른 초음파유화방식으로 시행한 백내장 수술에서 네 군간에 수술유발난시도나 각막내피세포밀도 변화에서 유의한 차이를 나타내지 않았다.

참고문헌

- 1) Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. Am J Ophthalmol 1967;64:23-35.
- 2) Colleaux KM, Hamilton WK. Effect of prophylactic antibiotics and incision type on the incidence of endophthalmitis after cataract surgery. Can J Ophthalmol 2000;35:373-8.
- 3) Taban M, Sarayba MA, Ignacio TS, et al. Ingress of India ink into the anterior chamber through sutureless clear corneal cataract wounds. Arch Ophthalmol 2005;123:643-8.
- 4) Kershner RM. Clear corneal cataract surgery and the correction of

- myopia, hyperopia, and astigmatism. *Ophthalmology* 1997;104:381-9.
- 5) Cravy TV. Calculation of the change in corneal astigmatism following cataract extraction. *Ophthalmic Surg* 1979;10:38-49.
- 6) Simşek S, Yaşar T, Demirok A, et al. Effect of superior and temporal clear corneal incisions on astigmatism after sutureless phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:515-8.
- 7) Crema AS, Walsh A, Yamane Y, Nosé W. Comparative study of coaxial phacoemulsification and microincision cataract surgery. One-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1014-8.
- 8) Ku CH, Kim HJ, Joo CK. The comparison of astigmatism according to the incision size in small incision cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:416-21.
- 9) Vargas LG, Holzer MP, Solomon KD, et al. Endothelial cell integrity after phacoemulsification with 2 different handpieces. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:478-82.
- 10) O'Brien PD, Fitzpatrick P, Kilmartin DJ, Beatty S. Risk factors for endothelial cell loss after phacoemulsification surgery by a junior resident. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:839-43.
- 11) Rho CR, Kim SY, Joo CK. Clinical result of cataract operation using custom control software. *J Korean Ophthalmol Soc* 2006;47:735-9.
- 12) Vasavada V, Vasavada V, Raj SM, Vasavada AR. Intraoperative performance and postoperative outcomes of microcoaxial phacoemulsification. Observational study. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1019-24.
- 13) Liu Y, Zeng M, Liu X, et al. Torsional mode versus conventional ultrasound mode phacoemulsification: randomized comparative clinical study. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:287-92.
- 14) Jun B, Berdahl JP, Kuo AN, et al. Corneal wound architecture and integrity after torsional and mixed phacoemulsification: evaluation of standard and microincisional coaxial techniques. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2010;41:128-34.
- 15) Holladay JT, Cravy TV, Koch DD. Calculating the surgically induced refractive change following ocular surgery. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:429-43.
- 16) Jee DH, Lee PY, Joo CK. The comparison of astigmatism according to the incision size in cataract operation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2003;44:594-8.
- 17) Long DA, Monica ML. A prospective evaluation of corneal curvature changes with 3.0- to 3.5-mm corneal tunnel phacoemulsification. *Ophthalmology* 1996;103:226-32.
- 18) Alió J, Rodríguez-Prats JL, Galal A, Ramzy M. Outcomes of microincision cataract surgery versus coaxial phacoemulsification. *Ophthalmology* 2005;112:1997-2003.
- 19) 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:S1079-82.
- 20) Choi JA, Chung SK, Kim HS. Comparative study of microcoaxial cataract surgery and conventional cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:904-10.
- 21) Kurz S, Krummenauer F, Gabriel P, et al. Biaxial microincision versus coaxial small-incision clear cornea cataract surgery. *Ophthalmology* 2006;113:1818-26.
- 22) Hwang SJ, Choi SK, Oh SH, et al. Surgically induced astigmatism and corneal higher order aberrations in microcoaxial and conventional cataract surgery. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:1597-602.
- 23) Masket S, Wang L, Belani S. Induced astigmatism with 2.2-and 3.0-mm coaxial phacoemulsification incisions. *J Refract Surg* 2009;25:21-4.
- 24) Beesley RD, Olson RJ, Brady SE. The effects of prolonged phacoemulsification time on the corneal endothelium. *Ann Ophthalmol* 1986;18:216-9, 222.
- 25) Jacobs PM, Cheng H, Price NC, et al. Endothelial cell loss after cataract surgery--the problem of interpretation. *Trans Ophthalmol Soc U K* 1982;102(pt 2):291-3.
- 26) Oki K. Measuring rectilinear flow within the anterior chamber in phacoemulsification procedures. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1759-67.
- 27) Davison JA. Comparison of ultrasonic energy expenditures and corneal endothelial cell density reductions during modulated and non-modulated phacoemulsification. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2007;38:209-18.
- 28) Lee KI, Kim MS. The evaluation of the endothelial cells after cataract extraction and IOL insertion in patients with corneal guttata. *J Korean Ophthalmol Soc* 1998;39:2272-9.
- 29) Jousseaume AM, Barth U, Cubuk H, Koch H. Effect of irrigating solution and irrigation temperature on the cornea and pupil during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:392-7.
- 30) Bourne RR, Minassian DC, Dart JK, et al. Effect of cataract surgery on the corneal endothelium: modern phacoemulsification compared with extracapsular cataract surgery. *Ophthalmology* 2004;111:679-85.
- 31) Suzuki H, Takahashi H, Hori J, et al. Phacoemulsification associated corneal damage evaluated by corneal volume. *Am J Ophthalmol* 2006;142:525-8.
- 32) Chung HJ, Kim HS. Comparison of clinical results between Ozil(R) mode and hyperpulse mode in phacoemulsification. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:347-52.
- 33) Bozkurt E, Bayraktar S, Yazgan S, et al. Comparison of conventional and torsional mode (OZil) phacoemulsification: randomized prospective clinical study. *Eur J Ophthalmol* 2009;19:984-9.
- 34) Kim DH, Wee WR, Lee JH, Kim MK. The comparison between torsional and conventional mode phacoemulsification in moderate and hard cataracts. *Korean J Ophthalmol* 2010;24:336-40.

=ABSTRACT=

Influences on Astigmatism and Corneal Endothelium Using Two Different Incision Sizes and Mode of Phacoemulsification

Kyung Sup Shin, MD¹, Jong Eun Lee, MD¹, Si Hwan Choi, MD^{1,2}

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

Purpose: To compare surgically induced astigmatism and influences on the corneal endothelium in phacoemulsification by Ozil[®] and Hyperpulse mode of Infiniti[®] using 2 different corneal incision lengths of 2.2 mm and 2.8 mm.

Methods: The patients were grouped by the mode of phacoemulsification and incision size as follows: Ozil[®] mode with 2.2 mm incision group (n = 29), and 2.8 mm incision group (n = 30); Hyperpulse mode with 2.2 mm incision group (n = 29), and 2.8 mm incision group (n = 30). The surgically induced astigmatism, central corneal thickness and endothelial cell density were measured up to 2 months after surgery and the efficiency of 2 modes compared by measuring average phacoemulsification times.

Results: There was no significant difference in the surgically induced astigmatism, central corneal thickness, endothelial cell density, best corrected visual acuity and average phaco power among 4 groups. The cumulated dissipated energy (CDE) using Ozil[®] mode was lower than Hyperpulse mode in the group of nuclear sclerosis grade 1 and 2.

Conclusions: Two different modes of phacoemulsification using Ozil[®] and Hyperpulse mode, and different incision sizes of 2.2 mm and 2.8 mm in Infiniti[®] showed no significant difference in the endothelial cell density or the surgically induced astigmatism up to 2 months after surgery. Phacoemulsification using Ozil[®] mode is considered more efficient in low grade nuclear sclerosis cataract.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(2):237-244

Key Words: Corneal endothelium, Hyperpulse, Incision, Ozil[®], Surgically induced astigmatism

Address reprint requests to **Si Hwan Choi, MD**

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