

수정체유화장치의 초음파 출력속도 및 자동막힘감지 기능 향상의 술 후 임상결과 비교

Clinical Effects of an Improved Pump Reaction Rate and Automatic Occlusion Sensing System in Phacoemulsification

김유나 · 이진아 · 김재용 · 김명준 · 차흥원

You Na Kim, MD, Jin Ah Lee, MD, Jae Yong Kim, MD, PhD, Myoung Joon Kim, MD, PhD,
Hung Won Tchah, MD, PhD

울산대학교 의과대학 서울아산병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: A recently introduced phacoemulsification system, the WhiteStar Signature[®] PRO, has demonstrated improved nucleus followability and cutting efficiency via an improved pump regulator with a higher reaction response and an automatic occlusion sensing system. In this study, we compared various phacoemulsification parameters between the new system and an older version of the device.

Methods: A total of 80 eyes of 68 patients with cataracts who had undergone phacoemulsification by a single surgeon were included in this study. Forty eyes of patients underwent phacoemulsification using the older Signature[®] system (WhiteStar); these patients were classified as the control group. Another 40 eyes of patients underwent phacoemulsification with the newer enhanced system, the WhiteStar Signature[®] PRO; these patients were assigned to the experimental group. During the operation, operative parameters, including the effective phaco time (parameter of effective phaco time with a specific coefficient for the transversal movement expressed in seconds, EFX), ultrasound time (seconds [s]), effective phacoemulsification time (EPT, s), average phacoemulsification power (AVG, %), and balanced salt solution usage, were measured to determine the performance enhancement offered by the updated system. Central corneal thickness was measured before and after surgery to compare corneal edema. The relationships between the two groups were analyzed using an independent *t*-test.

Results: The Signature PRO[®] system showed a lower EFX ($p < 0.001$), a shorter EPT ($p < 0.001$), and a smaller AVG ($p < 0.001$). Postoperative corneal thickness did not differ significantly between the two groups.

Conclusions: Comparing the efficacy of the improved reaction speed of the device and automatic occlusion sensing system in performing phacoemulsification, the updated Signature PRO[®] system demonstrated superior followability and cutting efficiency regardless of nuclear cataract hardness.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(11):1017-1023

Keywords: Automatic occlusion sensing, Central corneal thickness, Effective phacoemulsification time, Handpiece

■ Received: 2018. 2. 14. ■ Revised: 2018. 3. 22.

■ Accepted: 2018. 10. 30.

■ Address reprint requests to **Hung Won Tchah, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Asan Medical Center, #88
Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 05505, Korea
Tel: 82-2-3010-3674, Fax: 82-2-470-6440
E-mail: hwtchah@amc.seoul.kr

* This study was presented as a narration at the 118th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2017.

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

1967년 Kelman¹이 도입한 수정체유화술은 지난 30년간 발전을 거듭하여 현재는 대부분의 백내장수술에서 표준 수술 방법으로 자리 잡았다. 수정체유화장치, 점탄물질, 인공 수정체 등이 발달함에 따라, 백내장수술을 받은 환자의 97% 이상이 큰 합병증 없이 회복할 수 있게 되었다.² 하지만 수술 중 사용되는 초음파 에너지는 각막내피세포의 손

상을 일으킬 수 있으며 수술 과정에서 발생하는 열에너지로 인하여 창상 주변 조직에 손상을 줄 수 있다는 한계가 있기에,^{3,4} 술자들은 이러한 합병증을 예방하기 위해 초음파 출력 반응시간은 줄이고, 출력 효율을 높인 새로운 수정체유화장치에 지속적인 관심을 보이고 있다.^{5,6}

2010년 출시된 WhiteStar Signature® System (Abbott Medical Optics, Santa Ana, CA, USA) 수정체유화장치는 연동펌프(peristaltic pump)와 벤투리펌프(venturi pump)를 복합 적용한 듀얼펌프(dual pump)를 이용하며, 고진공(high vacuum) 상태에서도 수정체 조각에 의한 침단 내부의 막힘(clogging)을 감소시켜 전방의 안정성을 유지할 수 있다고 알려져 있다.^{7,8} 2015년에는 기존 기기(WhiteStar Signature® System)보다 진공감지속도, 펌프조절장치와 발판의 반응시간이 향상된 기기(WhiteStar Signature PRO® System)가 새로 출시되었다. 이 기기에는 자동막힘감지(automatic occlusion sensing) 기능도 추가되어 수술 중 핵에 의한 침단부 막힘이 감지되면, 자동적으로 더 짧은 시간마다 진공채취를 하도록 고안되어 있다.⁹ 이때 진공이 설정되어 있는 역치에 다르면, 짧은 시간 내에 펌프가 진공의 세기를 떨어뜨려 폐쇄를 중단시켜 안압을 안정적으로 유지하고, 전방의 소실과 폐쇄 후 급류(post-occlusion surge)를 예방할 수 있다고 보고된 바 있다.^{10,11}

이에 착안하여 본 연구의 저자는 Ellips® FX 손잡이를 동일하게 사용면서 기존의 수정체유화장치(WhiteStar Signature® System) 그리고 향상된 수정체유화장치 WhiteStar Signature PRO® System (Abbott Medical Optics, Santa Ana, CA, USA)을 이용하여 수정체유화술을 시행하고 수술 중 초음파 에너지 사용량, 초음파 사용시간 등의 매개변수를 측정하고 수술 전후 각막부종의 변화 등을 비교하여 기기 발판의 반응시간 단축과 자동막힘감지 기능의 향상이 수정체유화술에 미치는 영향을 비교하고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 2014년 8월부터 2017년 8월까지 본원에서 백내장을 진단받고 수정체유화술을 시행받은 68명의 환자 총 80안을 대상으로 하여 후향적 임상증례 연구를 시행하였으며, 본원의 임상시험심사위원회(institutional review board, IRB)의 심사 및 승인을 얻은 뒤 진행되었다. 전체 실험 기간 중 2014년 8월부터 2015년 9월까지의 기존의 WhiteStar Signature® System, 2017년 5월부터 2017년 8월까지의 향상된 기기인 WhiteStar Signature PRO® system을 사용하여 수정체유화술을 시행하였다. 기존에 녹내장, 망막질환 등의 안과적 질환이 있거나, 과숙백내장이나 외상성백내장의 경

우, 안내 시술 및 외상의 과거력이 있는 환자, 수술 중 후낭 파열이 발생한 경우는 연구 대상에서 제외하였다. 수술 전 모든 대상 환자는 최대교정시력, 정밀안압, 굴절검사를 시행하도록 하였으며 세극등검사를 바탕으로 the lens opacities classification system III (LOCS III) 백내장 중증도 분류를 시행하였고,¹² 수정체혼탁도(nucleus opalescence, NO) 4를 기준으로 NO3 이하는 연성핵(soft nucleus), NO4 이상은 경성핵(hard nucleus) 군으로 구분하여 하위군(subgroup) 분석하였다. 또한 전안부광학단층촬영(anterior segment optical coherence tomography [OCT]; Visante® OCT, Carl Zeiss, Berlin, Germany)을 통해 수술 전, 수술 후 1주, 수술 후 1개월째 중심각막두께를 측정하여 수술 후 각막부종의 정도를 비교할 수 있도록 하였다.

수정체유화술 시행 시 Stop and Chop 술기를 사용하였고, 기존의 기기(WhiteStar Signature® System)를 사용할 때는 vacuum 200 mmHg, 초음파 출력 30%를 low venturi의 기본 설정으로 하여 초음파 침단부를 사용해서 중앙에 고랑을 파서 핵을 두 조각으로 나눈 후, chopper를 이용해 각 조각을 잘라내었다. 이후 vacuum 270 mmHg, 초음파 출력 30%로 설정되어 있는 high venturi로 전환하여 조각난 핵을 제거하였다. 향상된 기기(Signature PRO® System)를 사용할 때는 vacuum 400 mmHg, 초음파 출력 30%를 low venturi의 기본 설정으로 하여 중앙에 고랑을 파서 핵을 두 조각으로 나눈 후, chopper를 이용하여 각 조각을 잘라내었고, 이후 vacuum 600 mmHg, 초음파 출력 30%로 설정되어 있는 high venturi로 전환하여 조각난 핵을 제거하였다. 두 장비 모두 선형연속방법(linear continuous mode), WhiteStar® technology, curved Ellips® FX 손잡이를 사용하였으며 관류액의 높이는 106 cm였다. 향상된 기기에서 추가된 자동막힘감지 기능으로 인한 전방의 안정성 및 폐쇄 후 급류 방지를 확인하고자 향상된 기기에서는 기존의 기기보다 고진공 설정 상태를 유지하며 수술을 진행하였다(Table 1).

수술은 단일 술자에 의해서 시행되었으며, 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine®, Alcon, Puurs, Belgium)를 사용하여 점안마취로 진행되었으며, 0.5% tropicamide와 0.5% phenylephrine (Mydrin P®, Taejoon Pharm, Seoul, Korea)으로 점안하여 산동하였다. 2.2 mm 투명각막절개를 통해 지름 5.5 mm 크기의 원형 전낭절개를 시행 후 절개창 부위를 통하여 접합형 연성 인공수정체(Tecnis® ZCB00, Abbott Medical Optics, Santa Ana, CA, USA)를 후낭에 삽입하였다. 절개부위는 기질수화를 시행하였으며, 술 후 1개월 동안 ofloxacin 점안액과 fluorometholone 점안액을 각각 6시간 간격으로 점안하였다.

수술 중 사용되는 초음파사용량 및 기기의 반응시간을 비

교하기 위하여 수술 종료 시 기기에 표시되는 수술 중 매개변수; parameter of effective phaco time with a specific coefficient for the transversal movement expressed in seconds (EFX), 평균 초음파 출력(average phaco power [AVG], %), 총 초음파 사용시간(ultrasound time [UST], sec), 유효 초음파 사용시간(effective phaco time [EPT]=UST*AVG*0.01, sec)을 비교하였다. 여기서 표시된 매개변수 중 EFX는 Ellips[®] FX 손잡이를 이용한 수술에서 손잡이의 전후방향 운동만을 반영하여 유효 초음파 사용량을 비교하기 위하여 제조사에서 고안한 단위가 없는 상수이며,¹³ 총 초음파 사용시간(UST)은 3단 발판을 사용한 총 시간, 유효 초음파 사용시간(EPT)은 초음파 출력을 100%로 가정했을 때 초음파를 몇 초간 사용했는지를 나타내는 값이다. 상기 매개변수 이외에도 수술 중 사용된 평형염액(balanced salted solution [BSS], Alcon[®], Fort Worth, TX, USA)의 사용량을 비교하였다. 통계학적 분석은 SPSS ver 22.0 software (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 독립 *t* 검정을 통해 두 기기의 수술 전후 임상결과 차이를 분석하였다.

결 과

68명의 환자 총 80안 중 대상 환자는 각각 40명씩이었으며, 평균 연령은 68.40세, 70.35세로 통계학적 차이는 없었다. 수술 전 검사에서 최대교정시력, 중심각막두께, 각막내 피세포수검사를 시행하였으며 두 대상군의 수술 전 검사 결과는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$, Table 2).

수정체유화술 중 매개변수를 비교했을 때, 향상된 장비 Signature PRO[®] system에서 통계적으로 유의미하게 적은 EFX ($p<0.001$), 짧은 유효 초음파 사용시간(EPT, $p<0.001$), 작은 평균 초음파 출력(AVG, $p<0.001$)을 보였다(Table 3). 또한 평형염액 사용량은 향상된 장비에서 많은 것으로 나타났다($p=0.005$), 수술 전후 중심각막두께는 수술 후 1주, 1개월 뒤 두 군에서 모두 차이가 없는 것을 확인하였다($p=0.689$, $p=0.956$) (Fig. 1A).

수정체혼탁(NO, LOCS III) 3을 기준으로 NO3 이하를 연성핵(soft nucleus), NO4 이상을 경성핵(hard nucleus) 군으로 나누어 하위군 분석을 시행하였다. 연성핵군과 경성핵

Table 1. Phacoemulsification settings in two systems

	Control group (Signature [®] system)	Enhanced device group (Signature PRO [®] system)
Surgical step and settings		
Sculpting and chopping: low Venturi setting		
Vacuum (mmHg)	200	400
Power (%)	30	30
Bottle height (cm)	106	106
Quadrant removal: high Venturi setting		
Vacuum (mmHg)	270	600
Power (%)	30	30
Bottle height (cm)	106	106
Irrigation and aspiration		
Aspiration (mL/minutes)	29	29
Vacuum (mmHg, peristaltic)	500	500
Bottle height (cm)	92	92

Table 2. Demographics of preoperative conditions

	Control group (Signature [®] system)	Enhanced device group (Signature PRO [®] system)	<i>p</i> -value*
Eyes (n)	40	40	
Age (year)	68.40 ± 11.72	70.35 ± 10.00	0.425
NO (LOCS III)	3.44 ± 1.01	3.43 ± 1.08	0.957
Axial length (mm)	23.37 ± 1.34	23.78 ± 1.12	0.143
Anterior chamber depth (mm)	2.64 ± 0.49	2.65 ± 0.30	0.875
Best corrected visual acuity (logMAR)	0.37 ± 0.39	0.45 ± 0.58	0.483
Endothelial cell count (cell/mm ²)	2,747.60 ± 312.72	2,599.10 ± 462.86	0.097
Central corneal thickness (μm)	547.73 ± 28.70	550.25 ± 39.32	0.744

Values are presented as mean ± standard deviation unless otherwise indicated.

NO = nucleus opalescence; LOCS III = the lens opacities classification system III.

*Independent *t*-test; $p < 0.05$ considered statistically significant.

군으로 나누어 수술 중 매개변수를 비교한 결과를 보면, 공통적으로 향상된 장비를 사용했을 때 EFX는 적고($p<0.001$), 유효 초음파 사용시간(EPT, $p<0.001$)은 짧고, 평균 초음파 출력(AVG, $p<0.001$)도 낮은 것으로 나타났다(Table 4). 평형염액 사용량은 연성핵군에서만 새로운 기계를 사용했을 때 유의미하게 많았다($p=0.002$). 수술 전후 중심각막 두께를 비교하였을 때, 두 군에서 모두 수술 전보다 수술 후 1주째 중심각막두께가 증가하였다가 수술 후 1개월째 일부

감소하는 경향을 보였으나 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다($p>0.05$, Fig. 1B, C).

고 찰

1967년에 수정체유화술이 도입되어 백내장의 보편적인 수술 방법으로 자리잡게 된 후로 백내장수술 시 초음파 첨단부에서 나오는 열과 진동, 관류액에 의해 형성된 와류나

Table 3. Comparisons of surgical parameters during phacoemulsification

	Control group (Signature® system)	Enhanced device group (Signature PRO® system)	<i>p</i> -value
Surgical parameters			
EFX	2.11 ± 1.75	0.40 ± 0.61	<0.001*
Ultrasonic/phaco time (seconds)	58.79 ± 33.87	44.31 ± 42.22	0.095
Effective phaco time (seconds)	4.22 ± 3.49	0.80 ± 1.22	<0.001*
Average phaco power (%)	7.28 ± 4.03	1.23 ± 1.21	<0.001*
Irrigated BSS (mL)	95.75 ± 56.89	131.00 ± 52.84	0.005*

Values are presented as mean ± standard deviation unless otherwise indicated.

EFX = parameter of effective phaco time with a specific coefficient for the transversal movement expressed in seconds; BSS = balanced salted solution.

*Independent *t*-test; $p < 0.05$ considered statistically significant.

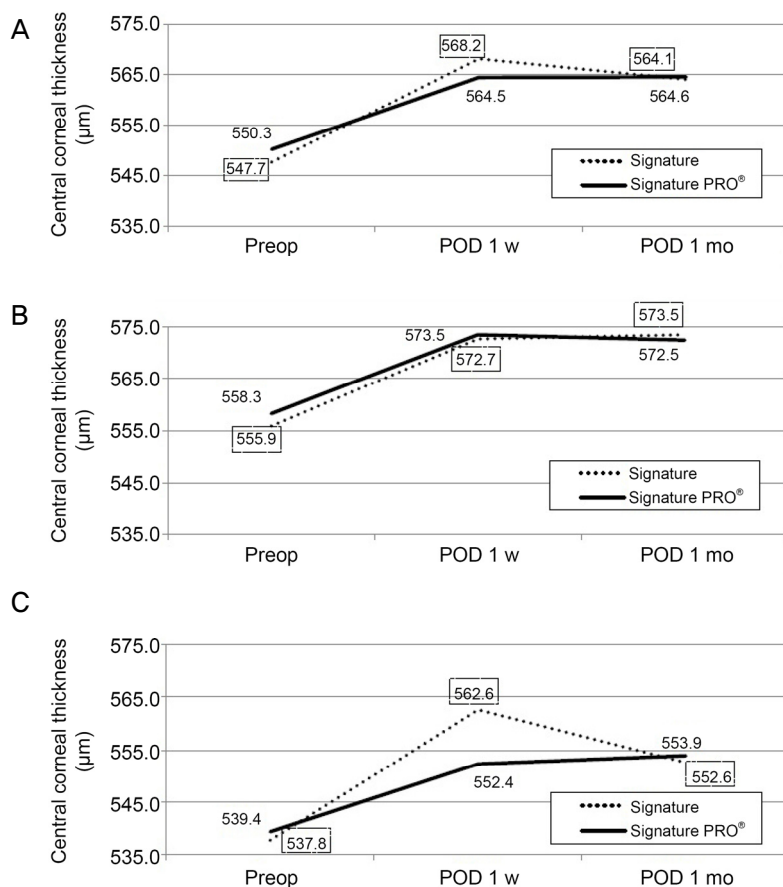


Figure 1. Change of preoperative and post-operative central corneal thickness (CCT) (μm). This graph features changes of CCT between two phacoemulsification systems. A solid line shows the mean CCT values in the group using enhanced device group (Signature PRO® system) and a dotted line shows the mean CCT values in the control group (Signature® system). Using independent *t*-test, there is no statistically significant difference between two systems ($p > 0.05$) in total and subgroup analysis. (A) Total group. (B) Soft nucleus subgroup. (C) Hard nucleus subgroup. Preop = pre-operative examination; POD = post-operative day; w = week; mo = month.

유리기(free radical), 수정체조각이나 수술 기구에 의한 직접적인 충격으로 내피세포가 손상된다는 사실은 널리 알려진 바 있다.^{4,14} 이로 인한 술 후 각막내피세포의 손상을 줄이기 위해 수술 방법의 기술적인 진보와 새로운 장비의 개발이 지속적으로 이루어지고 있으며, 수정체유화장치의 손잡이의 첨단부가 진동하면서 수정체유화술의 효율을 감소시키는 점을 보완하기 위하여 전후방향의 직선운동에 횡단운동을 조합한 Ozil[®] 손잡이와 Ellips[®] FX 손잡이 등이 개발되어 소개된 바 있다.^{6,8} 이에 더하여 최근에는 수술 중 전방의 안정성 유지와 폐색 후 급류를 방지하여 수술 중 후낭파열 등의 합병증을 예방하기 위한 다양한 기술이 개발되고 있으며, CENTURION[®] Vision System (Alcon, Fort Worth, TX, USA)은 Active Fluidics™ 기술, WhiteStar Signature[®] System의 Fusion fluidics™ 기술이 대표적이다.^{15,16} WhiteStar Signature PRO[®] System은 기존의 Signature[®] System에 자동막힘감지 기능을 도입하여 2015년 새로이 출시되었다.⁷ 이 향상된 기기는 기존의 Signature[®] System보다 발판 반응속도가 2.5배 빨라졌고, 펌프반응속도도 향상되었으며, 자동막힘감지 기능이 도입되면서 진공감지 반응속도(vacuum sensing rate)가 5배 향상되었다. 자동막힘감지 기능은 수술 중 핵에 의한 첨단부 막힘이 감지되면, 자동적으로 4 msec마다 진공채취를 하도록 고안되었다. 첨단부 막힘으로 인해 진공이 설정되어 있는 역치에 다르면, 펌프가 짧은 시간 내에 진공의 세기를 떨어뜨려 폐쇄를 중단시켜 안압을 안정적으로 유지하고, 전방의 소실과 폐쇄 후 급류(post-occlusion surge)를 예방한다. 수정체유화장치에 자동막힘감지 기능을 도입하면서 수술 중 전방의 안정성 유지 이외에도 기기의 흡입력과 절단력이 향상되었다고 보고되었다.^{10,11}

본 연구에서는 수정체혼탁도와 무관하게 향상된 장비인

WhiteStar Signature PRO[®] System에서 수정체유화술 시행 중 EFX는 적고, 유효 초음파 사용시간(EPT)은 짧은 것을 확인하였다. 이는 같은 조건에서 향상된 장비를 이용했을 때 수술 중 더 적은 양의 초음파 에너지를 사용했다는 것을 의미한다. 또한 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 술자가 3단계 발판을 사용한 총 초음파사용시간(UST)도 Signature PRO[®] System에서 더 짧은 경향을 보였다(Table 3). 이는 기기의 반응속도를 향상시키면서 더 적은 초음파에너지를 사용하여 수술을 시행할 수 있다는 것을 반영하는 결과라고 할 수 있겠다. 이러한 결과는 하위군 분석에서 더욱 명확하게 나타났다. Signature PRO[®] System에서 수술 중 EFX는 적고, 유효 초음파 사용시간(EPT)은 짧은 경향을 동일하게 확인할 수 있었으며, 특히 경성핵군에서 향상된 장비를 사용했을 때 EFX의 평균값이 연성핵군에서 기존 장비를 사용했을 때의 EFX 평균값보다 현저히 낮음을 확인할 수 있었다(Table 4). 이는 향상된 장비를 사용하면 경성핵군을 수술하면서도 보다 적은 초음파를 사용하면서 효율적으로 수술을 진행할 수 있다는 것을 의미하며, Signature PRO[®] System의 절단력이 더 향상되었음을 보여준다고 할 수 있겠다.

수술 중 평형염액 사용량을 비교하였을 때 연성핵군에서 Signature PRO[®] System이 유의미하게 평형염액의 사용량이 많음을 확인할 수 있었다(Table 4). 이는 수정체유화술 중 연성핵군에서 경성핵군에 비하여 초음파에너지출력 이외에도 초음파역동학적인 요소가 많은 영향을 미치는 것을 원인으로 생각해 볼 수 있으며,¹⁷ 전방의 안정성을 강조하는 향상된 장비가 초음파역동학적 관점에서 전방을 유지하는 데 조금 더 많은 양의 평형염액을 요하는 것으로 추론해 볼 수 있다. 또한 Ellips[®] FX 손잡이와 Signature[®] System을 사용한 기존의 연구결과에 따르면 평균 150-170 mL의 평

Table 4. Comparisons of surgical parameters during phacoemulsification in soft and hard nucleus group

	Soft nucleus			Hard nucleus		
	Control group (Signature [®] system)	Enhanced device group (Signature PRO [®] system)	<i>p</i> -value	Control group (Signature [®] system)	Enhanced device group (Signature PRO [®] system)	<i>p</i> -value
Surgical parameters						
EFX	1.34 ± 0.86	0.13 ± 0.17	<0.001*	3.05 ± 2.09	0.77 ± 0.79	<0.001*
Ultrasonic/phaco time (seconds)	45.85 ± 31.04	28.71 ± 29.66	0.065	74.61 ± 30.97	65.43 ± 48.08	0.504
Effective phaco time (seconds)	2.68 ± 1.72	0.26 ± 0.35	<0.001*	6.11 ± 4.18	1.53 ± 1.57	<0.001*
Average phaco power (%)	7.28 ± 4.03	1.23 ± 1.21	<0.001*	8.06 ± 3.46	2.12 ± 1.27	<0.001*
Irrigated BSS (mL)	82.27 ± 36.15	124.13 ± 49.03	0.002*	112.22 ± 72.72	140.29 ± 57.81	0.214

Values are presented as mean ± standard deviation unless otherwise indicated.

EFX = parameter of effective phaco time with a specific coefficient for the transversal movement expressed in seconds; BSS = balanced salted solution.

*Independent *t*-test; *p* < 0.05 considered statistically significant.

형염액을 사용한 것으로 보고되어 이번 연구가 이전 연구들과 비교하였을 때 더 많은 양의 평형염액이 사용된 것은 아님을 확인하였다.¹⁸

이전의 연구에서 수정체유화술 중 평균 초음파세기, 총 초음파 에너지 사용량이 각막내피세포 손상에 영향을 주는 주요 인자로 보고된 바 있다.^{19,20} 또한 수술 중 사용되는 평형염액에서 하이드록실유리기(hydroxyl radical)가 발생하는데, 그 발생 정도는 수정체유화술 시간에 비례하여 각막 손상에 기여한다고 알려져 있다.²¹ 본 연구에서는 Signature PRO[®] System에서 Signature[®] System보다 비교적 많은 양의 평형염액이 사용되었음에도 불구하고 술 후 각막부종은 두 군 간에 유의한 차이가 없었으며(Fig. 1), 이는 관류액의 양과 각막부종이 관련이 없다는 이전 연구와 일치하는 결과 보여준다.²² 또한 통계학적으로 유의하지는 않지만 Signature PRO[®] System을 사용했을 때 수술 후 1주째 중심각막두께 변화량이 더 적은 경향을 보였다.

본 연구의 제한점은 이 연구가 후향적 연구라는 점과 두 가지 수정체유화장치의 설정에 차이가 있다는 점을 들 수 있겠다. 본 연구에서 술자는 두 군에서 같은 Ellips[®] FX 손잡이를 사용하였지만 Signature PRO[®] System의 진공 설정이 비교적 높은 상태에서 수술이 진행되었다. 이러한 기기 설정의 차이는 초음파고출력 도달 시간이 짧고, 초음파고출력 상태에서도 전방이 안정적으로 유지된다는 Signature PRO[®] System의 향상된 측면을 반영하기 위한 목적이었으나 대조군과 임상결과를 비교하기에 제한이 될 수 있다. 본 연구의 결론으로, 기기의 반응속도와 자동마침감지 기능의 향상은 수정체유화술 중 수정체 핵의 흡입력과 절단력을 높이면서도 전방을 안정적으로 유지할 수 있도록 하여 유의하게 짧은 시간 동안 적은 초음파 출력을 사용하면서 효율적인 수술이 가능하게 하는 것으로 나타났다.

REFERENCES

- 1) Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. a new technique of cataract removal. a preliminary report. *Am J Ophthalmol* 1967; 64:23-35.
- 2) Haripriya A, Chang DF, Reena M, Shekhar M. Complication rates of phacoemulsification and manual small-incision cataract surgery at Aravind Eye Hospital. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:1360-9.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) Georgescu D, Kuo AF, Kinard KI, Olson RJ. A fluidics comparison of Alcon Infiniti, Bausch & Lomb Stellaris, and Advanced Medical Optics Signature phacoemulsification machines. *Am J Ophthalmol* 2008;145:1014-7.
- 8) Schmutz JS, Olson RJ. Thermal comparison of Infiniti Ozil and Signature Ellips phacoemulsification systems. *Am J Ophthalmol* 2010;149:762-7.e1.
- 9) Chu YR, Mah FS, Tyson F, et al. Ins and outs. *J Cataract Refract Surg* 2016 Jan. <https://crstoday.com/articles/2016-jan/ins-and-outs/>. Accessed February 7, 2018.
- 10) Wright AJ, Thomson RS, Bernhisel AA, et al. Effect of chamber stabilization software on efficiency and chatter in a porcine lens model. *J Cataract Refract Surg* 2017;43:1464-7.
- 11) Sharif-Kashani P, Fanney D, Injev V. Comparison of occlusion break responses and vacuum rise times of phacoemulsification systems. *BMC Ophthalmol* 2014;14:96.
- 12) Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, et al. The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol* 1993;111:831-6.
- 13) Atas M, Demircan S, Karatepe Haşhaş AS, et al. Comparison of corneal endothelial changes following phacoemulsification with transversal and torsional phacoemulsification machines. *Int J Ophthalmol* 2014;7:822-7.
- 14) Gwin RM, Warren JK, Samuelson DA, Gum GG. Effects of phacoemulsification and extracapsular lens removal on corneal thickness and endothelial cell density in the dog. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1983;24:227-36.
- 15) Tsinopoulos IT, Lamprogiannis LP, Tsaousis KT, et al. Surgical outcomes in phacoemulsification after application of a risk stratification system. *Clin Ophthalmol* 2013;7:895-9.
- 16) Meyer JJ, Kuo AF, Olson RJ. The risk of capsular breakage from phacoemulsification needle contact with the lens capsule: a laboratory study. *Am J Ophthalmol* 2010;149:882-6.e1.
- 17) Lee JE, Choi SH. Comparison of clinical results between Ellips and Ozil modes in phacoemulsification. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:1161-6.
- 18) Tognetto D, D'Aloisio R, Cecchini P, et al. Comparative clinical study of Whitestar Signature phacoemulsification system with standard and Ellips FX handpieces. *Int Ophthalmol* 2018;38:1697-702.
- 19) Walkow T, Anders N, Klebe S. Endothelial cell loss after phacoemulsification: relation to preoperative and intraoperative parameters. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:727-32.
- 20) 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.
- 21) Cameron MD, Poyer JF, Aust SD. Identification of free radicals produced during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:463-70.
- 22) 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.

= 국문초록 =

수정체유화장치의 초음파 출력속도 및 자동막힘감지 기능 향상의 술 후 임상결과 비교

목적: 최근 펌프조절장치와 발판의 반응속도가 빨라지고 자동막힘감지(automatic occlusion sensing) 기능이 향상되어 수술 중 흡입력과 절단력을 향상시킨 수정체유화장치가 소개된 바 있다. 본 연구에서는 수정체유화술 시행 중 여러 매개변수를 비교하여 기기의 반응속도 향상과 자동막힘감지 기능이 수정체유화술의 임상결과에 미치는 영향을 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 단일 술자에게 수정체유화술을 시행받은 68명의 백내장 환자, 총 80안이 본 연구에 포함되었다. 기존의 기기(WhiteStar Signature® system)를 사용하여 초음파유화술을 시행한 40안을 대조군으로 하였으며, 반응속도 향상 및 자동막힘감지 기능 효과를 분석하기 위해서 향상된 기기(WhiteStar Signature® PRO system)를 사용하여 초음파유화술을 시행한 40안을 실험군으로 정하였다. 두 군 모두에서 수술 중 parameter of effective phaco time with a specific coefficient for the transversal movement expressed in seconds (EFX), 총 초음파 사용시간(ultrasound time), 유효 초음파 사용시간(effective phaco time, EPT), 평균 초음파 출력(average phaco power, AVG) 및 평형염액 사용량을 확인하였고 수술 전후 중심각막두께(central corneal thickness)를 확인하여 수술 전후의 상관관계를 독립표본검정을 통하여 분석하였다.

결과: 두 군의 비교에서 수정체혼탁도와 상관없이 Signature PRO® system에서 수술 중 적은 EFX ($p<0.001$), 짧은 유효 초음파 사용시간(EPT, $p<0.001$), 작은 평균 초음파 출력(AVG, $p<0.001$)을 사용함을 확인하였다. 수술 후 중심각막두께는 양 군에서 차이가 없었다.

결론: 수정체유화술을 시행함에 있어 기기의 반응속도 향상 및 자동막힘감지 기능은 수술 중 수정체 핵의 흡입력과 절단력을 높이면 서도 전방을 안정적으로 유지할 수 있도록 하여 유의하게 짧은 시간 동안 적은 초음파 출력을 사용하면서 효율적인 수술이 가능하게 함을 확인하였다.

〈대한안과학회지 2018;59(11):1017-1023〉

김유나 / You Na Kim

울산대학교 의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology,
University of Ulsan College of Medicine

