

## 샤임플러그 전안부사진기로 측정된 수술 전 백내장 경화도와 초음파유화술 지표들의 관련성

### The Relationship between the Nuclear Density Using Scheimpflug Imaging with Phacoemulsification Parameters

민성규 · 고병이

Seong Gyu Min, MD, Byung Yi Ko, MD, PhD

건양대학교 의과대학 안과학교실

*Department of Ophthalmology, Konyang University College of Medicine, Daejeon, Korea*

**Purpose:** To evaluate the correlation between nuclear density measured using the Pentacam® (Oculus Optikgerate GmbH, Wetzlar, Germany) Scheimpflug imaging system and phacoemulsification parameters.

**Methods:** The nuclear density was measured using maximal nuclear density with ImageJ, Pentacam® nucleus staging (PNS), average value and maximal value in lens densitometry. Intraoperatively, effective phaco time (EPT) and balanced salt solution (BSS) used were noted and compared with the nuclear density calculation methods. As an index of corneal endothelial cells, the changes in cell density (CD) were compared with the nuclear density.

**Results:** Regarding EPT, maximal nuclear density with ImageJ ( $r = 0.379$ ,  $p < 0.01$ ) and PNS ( $r = 0.367$ ,  $p < 0.01$ ) were correlated positively, but the other methods were not correlated. Concerning BSS used, maximal nuclear density with ImageJ ( $r = 0.279$ ,  $p = 0.03$ ) and PNS ( $r = 0.286$ ,  $p = 0.04$ ) were positively correlated, but the other methods were not correlated. The specular microscopy showed that as the nuclear density increased, the postoperative CD tended to decrease, but without statistical significance.

**Conclusions:** Preoperative nuclear density measurements using maximal nuclear density with ImageJ or PNS were correlated with phacoemulsification parameters.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(10):1552-1557

**Key Words:** Nuclear density, Pentacam® Scheimpflug imaging, Phacoemulsification parameters

백내장 수술은 국내 안과 영역의 수술 중 가장 많은 비율을 차지하는 수술 중 하나이며, 그 중 초음파유화술은 안과 의사의 술기 및 수술 기구의 발전에 힘입어 가장 보편적으로 시행되고 있다.<sup>1</sup> 백내장의 정도를 평가하여 수술 계획을 세우는 것은 술 중, 술 후의 합병증과 수술 중 사용되는

초음파 에너지와 초음파 시간을 줄이는 데 도움이 된다.<sup>2</sup>

백내장의 분류 방법은 Lens Opacities Classification System (LOCS) III 분류, Oxford 분류, Wilmer식 분류, Bonn식 분류, Wisconsin 분류, World Health Organization (WHO) 분류 등의 주관적인 방법들과 Pentacam® (Oculus Optikgerate GmbH, Wetzlar, Germany) Scheimpflug imaging system을 이용한 분류, Optical Quality Analysis System (OQAS™, Visiometrics, Inc., Terrasa, Spain)을 이용한 객관적인 방법들이 있다.

LOCS III 분류는 검사자가 세극등현미경으로 산동상태의 수정체를 관찰하면서 표준사진과 비교하여 등급을 매기

■ Received: 2015. 1. 9.      ■ Revised: 2015. 6. 16.

■ Accepted: 2015. 8. 14.

■ Address reprint requests to **Byung Yi Ko, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Konyang University Hospital,  
#158 Gwanjeodong-ro, Seo-gu, Daejeon 35365, Korea  
Tel: 82-42-600-9258, Fax: 82-42-600-9251  
E-mail: kopupil@hanmail.net

는 주관적인 방법으로 현재 가장 널리 사용되고 있으며, 수정체를 피질, 핵, 수정체후낭의 3부분으로 나누고, 피질과 후낭하혼탁은 5단계로 나누었으며, 핵은 혼탁(Nuclear opalescence, NO) 및 색조(Nuclear color, NC)에 따라 6단계로 나누어 등급을 매긴다. LOCS III 분류는 세극등현미경의 상태나 평가자의 훈련 정도에 따라 그 정확도가 달라지는 단점이 있다는 보고가 있으나,<sup>3,4</sup> Chylack et al<sup>5</sup>에 의하면 95% 신뢰구간에서 0.7 units의 변화를 갖는 정확한 방법으로 현재에도 많은 연구에서 수정체 경화도를 측정하는 데 사용되고 있다.

Pentacam® Scheimpflug imaging system을 이용한 분류는 회전하는 카메라가 다양한 경선에서 수정체를 촬영하여 3차원적인 이미지를 만들어 객관적인 수정체의 밀도를 측정할 수 있는 방법이다.<sup>6</sup> 최근 수술 전에 수술 중 각막내피손상 등의 합병증을 더 정확히 예측할 수 있는 객관적인 백내장 분류의 중요성이 대두됨에 따라 Pentacam® Scheimpflug imaging system을 이용한 분류와 초음파유화술 중의 각종 지표들의 연관성에 대한 논문들이 보고되었다. Grewal et al<sup>6</sup>은 ImageJ software (NIH, Bethesda, MD, USA)를 이용한 수정체 핵의 nuclear density 및 수정체 전체의 average lens density를 제시하였고, Kim et al<sup>7</sup>은 Pentacam® lens densitometry program을 이용하여 수정체핵 부위의 maximum value를 사용하였고, Park et al<sup>8</sup>은 Pentacam®에서 average value가 nuclear opacity grade와 관련이 있다고 하였다. Magalhães et al<sup>9</sup>은 Pentacam® lens densitometry program에서 제공되는 값인 Pentacam® nucleus staging (PNS)의 average value와 grading score를 기준으로 하였고, Gupta et al<sup>10</sup>은 ImageJ software를 이용하여 수정체핵의 maximum nuclear density를 제시하였다. 이렇듯 여러 논문들에서 Pentacam® Scheimpflug image로부터 핵경화도를 산출하는 방법들이 달라서 임상적으로 적용하기에는 복잡한 점이 있었고, 각막내피세포에 대한 영향에 대한 평가는 이뤄지지 않았다는 제한점이 있었다.

이에 저자들은 Pentacam® Scheimpflug imaging system으로부터 여러 방법으로 산출된 핵 경화도와 백내장 수술을 시행하면서 측정된 수정체유화술 지표들의 상관관계를 알아보고, 초음파유화술의 대표적인 합병증 중의 하나인 각막내피세포의 변화와의 관계를 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

2014년 1월부터 2014년 6월 사이에 건양대학교병원 안과에서 백내장으로 진단 받고 초음파 수정체 유화술을 시행 받은 38명 54안을 대상으로 하였다. 다른 안수술력이 있

거나 각막이상, 녹내장, 망막이상, 안구내 염증이 있었던 경우와 Pentacam®으로 수정체 경화도를 측정할 수 없는 경우는 연구대상에서 제외하였다.

백내장으로 진단 받은 환자에게 0.5% Tropicamide and 0.5% phenylephrine chloride (Mydrin-P®, Santen, Tokyo, Japan)를 점안하여 산동된 상태에서 조명과 세극등의 밝기를 일정하게 한 조건하에 세극등현미경에 부착된 전안부사진기로 촬영을 한 후, 백내장 분류의 경험이 풍부한 다른 안과전문의가 LOCS III 분류를 이용하여 핵경화도(Nuclear opalescence)에 따라 분류하였다. 동시에 Pentacam®을 이용하여 Scheimpflug image를 촬영 후 Pentacam® nucleus staging (PNS), average and maximum in densitometry를 구하였다. 또한 촬영된 Scheimpflug image 중 대표적인 사진을 선택하고 contrast를 level 4로 조정한 다음 ImageJ software version 1.47 (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)로 전송하였고, 이후에는 Gupta et al<sup>10</sup>이 제시한 방법과 유사하게 하였는데, 촬영된 수정체 이미지에서 최대한 피질을 제외한 핵 부분을 선택하고 그 중 밀도가 가장 높은 부위를 포함하는 타원형의 고리로 영역(region of interest, ROI)을 지정하여 ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’를 측정하였다(Fig. 1). 수정체 핵의 정상 해부학적 구조에 최대한 근접한 모양인 타원형의 고리로 영역을 지정하였고 각 사진들을 분석할 때 타원형 고리의 크기는 일정하게 유지하였다.

수술은 숙련된 안과전문의 한 명에 의해 시행되었으며, 0.5% proparacaine hydrochloride (Alcaine®, Alcon, Fort Worth, TX, USA)로 점안마취 후 2.5 mm의 투명각막 절개창을 상측에 만들고, 전방 내 0.1% sodium hyaluronate (Microvisc®, Bohus BioTech AB, Stromstad, Sweden) 점탄물질을 주입한 후 전방절개도와 continuous curvilinear capsulorhexis (CCC) forceps를 이용하여 약 5.5 mm 크기의 수정체전낭원형 절개술을 시행하였다. 초음파 기계로는 Sovereign Signature Ellips Fx® (Advanced Medical Optics, Santa Ana, CA, USA)를 사용하였고, 수정체핵 제거는 Phaco-chop technique를 사용하였

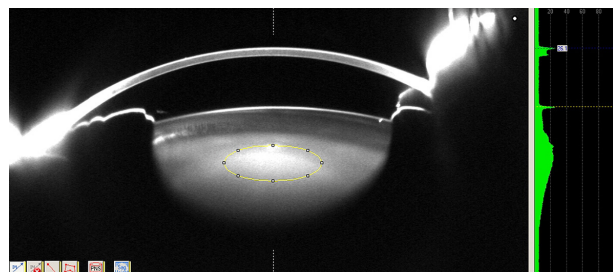


Figure 1. Scheimpflug image of the lens exported to ImageJ software for measuring the maximum nuclear lens density in the region of interest, indicated by the elliptical mask.

다. 낭 내에 남은 수정체 피질은 자동 관류 및 흡인기구로 제거한 다음 수정체낭을 점탄물질로 다시 채운 후 연성 수정체를 인공수정체 주입기를 이용하여 낭 내 삽입하였다. 전방 내 남아있는 점탄물질은 관류 및 흡인으로 제거하였으며 10-0 nylon으로 절개창 봉합을 시행한 후 수술을 종료하였고, 봉합사는 술 후 1주일에 제거하였다.

수술 시 평균 초음파세기(average phaco power, AVG), 초음파 시간(phaco time, UST), 수술 시 사용한 평형염액의 양을 기록하였고, 유효초음파시간(effective phaco time, EPT)은  $EPT = AVG \times UST \times 0.5$ 의 공식으로 산출하였다. 수술 전과 수술 후 2주에 경면현미경검사를 시행하고, 각막내피 세포밀도(cell density, CD)의 수술 전후 변화를 통해 내피 세포에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

통계분석은 SPSS® for Windows software version 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 *p*-value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 판정하였고, 핵경화도, 초음파유화술 지표들, 경면현미경검사의 내피세포밀도 변화 간의 상관관계는 Spearman correlation coefficients로 표시하였다.

## 결 과

총 54안, 환자들의 평균연령은 66.72세(42-88세)였고, 남자가 13명, 여자가 25명이었다. 대상 환자들 중 15명에서는 양안을 수술하였다.

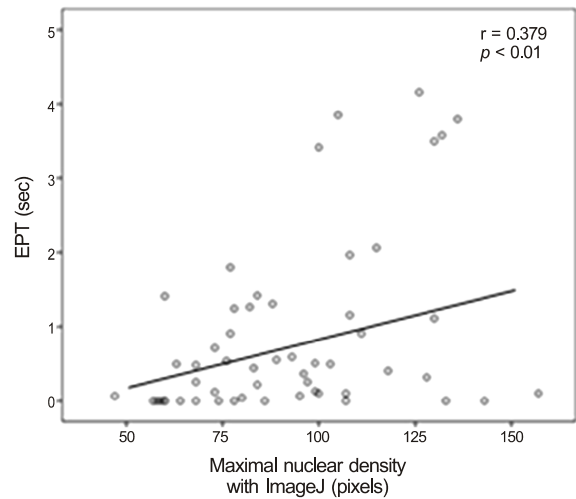
환자들의 평균 LOCS III NO score는  $2.28 \pm 0.97$  (1-4) (Table 1)이며 PNS score는 평균  $1.44 \pm 0.76$  (1-4)이었다. Pentacam® lens densitometry로 측정한 average는 평균  $13.59 \pm 7.45$  (9.47-56.87), maximum은 평균  $34.77 \pm 22.28$  (17.00-99.26)이었다. ImageJ를 이용한 maximal nuclear density는 평균  $92.41 \pm 25.71$  (47.36-157.18)이었다.

LOCS III NO score와 Scheimpflug image로 측정한 방법들에서 얻어진 핵경화도를 비교하면, ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’ ( $r=0.484$ ,  $p<0.01$ )와 PNS score ( $r=0.488$ ,  $p<0.01$ )는 유의한 양의 상관관계를 보였으나, lens

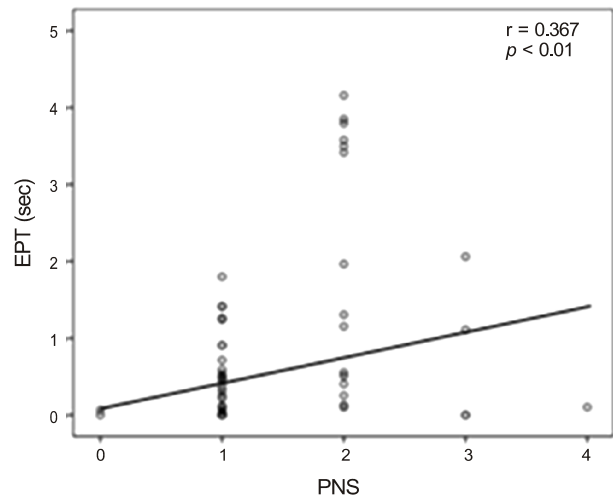
densitometry의 평균과 최대값은 LOCS score와 통계적으로 유의한 관계를 보이지 않았다( $p=0.13$  and  $p=0.06$ ).

Sovereign Signature Ellips Fx®를 이용한 초음파유화술에서 유효초음파시간은 평균  $0.85 \pm 1.16$  seconds (0.00-4.15)이며 평형염액의 사용량은 평균  $74.52 \pm 18.13$  mL (50-125)였다.

유효초음파시간과의 관련성은 ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’ ( $r=0.379$ ,  $p<0.01$ , Fig. 2)와 PNS ( $r=0.367$ ,  $p<0.01$ , Fig. 3)가 양의 상관관계를 보였으나, average in lens densitometry ( $r=0.140$ ,  $p=0.31$ ), maximum in lens densitometry ( $r=0.052$ ,  $p=0.71$ )는 유의한 관계를 보이지 않았다. 평형염액 사용량과의 관련성은 ImageJ를 이용한 ‘maximal



**Figure 2.** Scatter plot and relationship between maximal nuclear density with ImageJ (pixels) and EPT (seconds). EPT = effective phaco time.

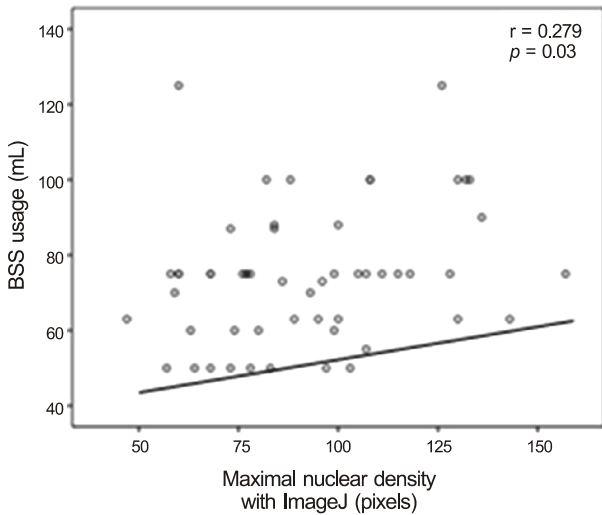


**Figure 3.** Scatter plot and relationship between PNS and EPT (seconds). PNS = Pentacam® nucleus staging; EPT = effective phaco time.

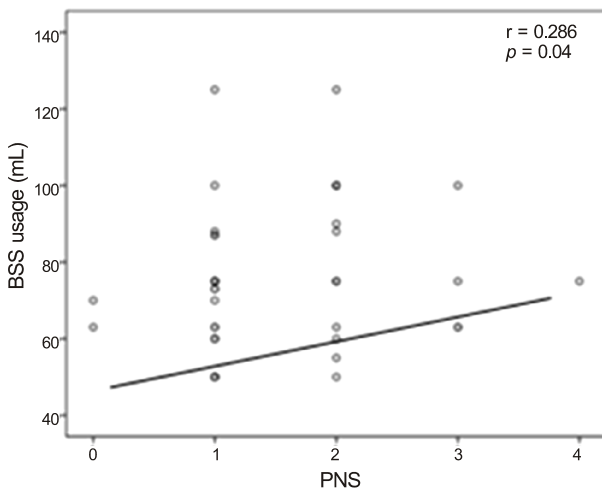
**Table 1.** Distribution of LOCS III NO scores

NO scores	Number of patients
1	11
2	26
3	8
4	9
5	0
Total	54

LOCS = Lens Opacities Classification System; NO = nuclear opalescence.



**Figure 4.** Scatter plot and relationship between maximal nuclear density with ImageJ (pixels) and BSS usage (mL). BSS = balanced salt solution.



**Figure 5.** Scatter plot and relationship between PNS and BSS usage (mL). PNS = Pentacam® nucleus staging; BSS = balanced salt solution.

**Table 2.** Relationship between the lens opacity and index of specular microscopy

Lens opacity	CD	
	r	p-value
Maximal nuclear density with ImageJ	-0.059	0.70
PNS	-0.155	0.30
Average in densitometry	-0.808	0.60
Maximum in densitometry	-0.207	0.17

CD = cell density; PNS = Pentacam® nucleus staging.

nuclear density' ( $r=0.279$ ,  $p=0.03$ , Fig. 4)와 PNS ( $r=0.286$ ,  $p=0.04$ , Fig. 5)에서 양의 상관관계를 보였으나, lens densitometry의 평균 ( $r=0.055$ ,  $p=0.69$ ), lens densitometry의 최대

값( $r=-0.065$ ,  $p=0.64$ )은 유의한 관계를 보이지 않았다. 경면 현미경상의 지표에서는, 모든 방법들에서 핵경화도가 증가할수록 수술 후 각막내피세포밀도가 감소하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 2).

## 고 찰

백내장 수술 방법의 한 종류인 초음파유화술은 1967년 Kelman<sup>11</sup>에 의해 소개되었다. 초음파 유화술이 널리 사용된 이후 초음파에너지에 의한 각막내피세포의 손상이 중요한 합병증으로 알려져 왔고 이를 줄이려는 노력이 계속되고 있다. 이러한 노력의 한 종류로 Nixon<sup>2</sup>은 수술 전 백내장의 경화도를 미리 예측하여 초음파유화기 지표를 조절함으로써 초음파에너지의 총 양과 시간을 줄일 수 있음을 보고하였다.

수술 전 백내장의 경화도를 측정하는 방법으로는 주관적 측정 방법인 LOCS III system 등과 객관적 측정 방법인 Pentacam® Scheimpflug imaging system 등이 있다. 주관적인 측정 방법들 중의 하나인 LOCS III system은 세극등현미경의 상태, 평가자의 훈련도에 따라 영향을 받게 되므로 측정할 때마다 또는 관찰자에 따라서 분류가 달라질 수 있다는 단점이 있으나, Pentacam® Scheimpflug imaging system의 lens densitometer에 의한 백내장 분류는 Scheimpflug 원리에 의해 수정체의 단면 전체에 균일하게 초점을 맞춤으로써 질 좋은 사진을 얻을 수 있고, LOCS III 분류가 불연속적인 단계로 구분되는 것과 달리 연속적인 수치로 정도를 표시할 수 있으므로 수정체 경화도의 진행을 더 민감하게 나타낼 수 있다는 장점이 있다고 한다.<sup>6</sup>

LOCS III에서 NO와 NC score는 선형 상관관계를 갖는다. 또한 Davison and Chylack<sup>12</sup>에 의하면 수정체 유화술 시 사용되는 초음파 에너지는 NO, NC score에 비례하고 C, P score와는 통계적 유의성이 없다고 하였으며, NO와 NC score에 따른 초음파 에너지의 사용량은 비슷한 통계적 유의성을 갖는다고 하였다. 이에 본 연구에서는 LOCS III의 다양한 지표 중 수정체 경화도 측정을 위하여 NO score를 채택하였다.

Pentacam® Scheimpflug imaging system을 이용하여 수정체 경화도를 측정할 때도 다양한 방법들이 제시되고 있다. Pei et al<sup>13</sup>은 Scheimpflug image로 측정한 수정체 경화도의 single peak 값이 LOCS III와 상관관계가 있으며 수정체 전체의 경화도를 대표할 수 있다고 보고하였으나, Robman et al<sup>14</sup>은 single peak 값보다 mean lens density 값이 더 정확한 수정체 경화도의 표지자라고 하였다. Grewal et al<sup>6</sup>은 ImageJ를 이용하여 측정한 average lens density와 nuclear lens

density 모두 LOCS III NO score와 양의 상관관계를 가지나 nuclear lens density가 더 강한 상관관계를 갖는다고 하였다. Gupta et al<sup>10</sup>은 ImageJ를 이용하여 측정된 maximum nuclear density가 LOCS III NO 또는 NC score와 양의 선형 상관관계를 가지며, cumulative dissipated energy (CDE), 전체 초음파 시간, 평형염액 사용량과 선형 상관관계를 갖는다고 하였다.

본 연구에서 저자들은 Scheimpflug image를 이용한 다양한 수정체 경화도 산출 방법들과 유효초음파시간, 평형염액 사용량 등의 초음파유화술 지표들과의 상관관계를 분석하였는데, 여러 방법들 중 타원형으로 수정체를 지정하여 밀도를 계산한 ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’와 PNS 방법이 동등하게 초음파유화술 지표들과 양의 상관관계를 보였다. 이는 본 연구에서 LOCS III NO score와 ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’ ( $r=0.484, p<0.01$ )가 유의한 양의 상관관계를 보였다는 점과 Davison and Chylack<sup>12</sup>이 제시한 LOCS III NO score가 증가할수록 초음파유화술 에너지를 많이 사용하게 된다는 보고와 일치하고, Gupta et al<sup>10</sup>이 제시한 결과와도 동일하다. 저자의 임상적인 경험에 비춰 봐도 백내장 수술 시 가장 초음파를 많이 사용하는 단계가 수정체의 내핵을 유화시키는 단계이므로, 수정체의 내핵을 포함하는 영역을 region of interest (ROI)로 지정한 상태에서 이미지 도구로 밀도를 계산하는 것이 초음파 사용량과 상관관계가 높은 방법이라 하겠다. 본 연구에서 PNS 방법도 ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’ 방법과 같이 초음파유화술 지표들과 양의 상관관계를 보였으므로, PNS 방법을 이용하면 Pentacam의 Scheimpflug 이미지를 ImageJ로 전송하는 단계를 거치지 않고 간편하게 적용할 수 있는 장점이 있겠다. 그러나 LOCS III 분류와 같이 PNS 방법도 불연속적인 단계로 구분하므로 수정체 경화도의 진행을 더 민감하게 확인하려면 ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’ 방법을 이용하는 것이 더 바람직할 것이다.<sup>6</sup> 따라서 수술 전 수정체의 경화도를 Pentacam® Scheimpflug imaging system을 이용하여 측정하고자 할 때는 ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’와 PNS 방법이 유용하다고 생각한다.

본 연구에서 유효초음파시간과 ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’의 상관관계를 보면 상관계수( $r$ ) 값이 0.379로 다른 연구에 비하여 상대적으로 약한 양의 상관관계를 보였다.<sup>7,9</sup> 저자들은 그 이유로 본 연구에서는 술자가 백내장 수술을 할 때 phaco-chop technique를 사용하였고, phaco-chop technique는 chopper를 이용하여 수정체를 기계적으로 쪼개는 과정을 통해 다른 술기에 비해서 상대적으로 초음파를 적게 사용하기 때문인 것으로 생각한다.<sup>15</sup>

한편 본 연구에서 유효초음파시간이 평형염액 사용량보다 ImageJ를 이용한 ‘maximal nuclear density’에 더 강한 상관관계를 보였는데, 저자들은 평형염액은 백내장 수술의 모든 단계에서 지속적으로 사용하게 되지만 유효초음파시간은 maximal nuclear density에 해당하는 핵 부위를 수술할 때 집중적으로 사용되기 때문이라고 생각한다.

초음파를 이용한 수정체유화술에서 각막내피세포 손상은 불가피하며, 각막내피세포 손상은 불가역적인 변화로 백내장수술의 예후를 결정하는 중요한 인자가 되므로 그동안 많은 저자들이 초음파유화술과 각막내피세포에 관련성에 대한 연구들을 보고하였다. 각막내피세포 감소에 있어 Hayashi et al<sup>16</sup>은 수정체 핵경화도가 가장 중요한 위험인자라고 하였고, Bourne et al<sup>17</sup>은 환자의 나이가 가장 중요한 위험인자라고 하였다. 또한 Walkow et al<sup>18</sup>은 안축장과 초음파의 시간이 각막내피세포 밀도 감소율에 중요한 변수라고 하였다.

본 연구에서도 비록 통계적인 유의성은 없었으나 핵경화도가 증가할수록 수술 후 각막내피세포밀도가 감소하는 경향을 보여 핵 경화도가 각막내피세포 손상에 가장 중요한 요소라는 Hayashi et al<sup>16</sup>의 연구 결과와 일치한다. 통계적인 유의성이 나타나지 않은 것은 대상 환자의 숫자가 적고, 경면현미경검사를 장기적으로 추적 검사한 자료가 없다는 것을 이유로 생각할 수 있겠다.

본 연구의 장점은 여러 문헌에서 다양하게 제시된 Scheimpflug imaging system을 이용한 수정체경화도 산출 방법들을 모두 사용하여 초음파유화술 지표들과의 상관관계를 분석함으로써 그 중에서 임상적으로 유용한 방법을 제시한 점에 있다. 본 연구의 제한점은 대상 환자의 숫자가 적고, 수정체경화도와 각막내피세포 변화와의 관계를 유의하게 분석하지 못하였다는 점이다.

결론적으로 수술 전 백내장의 경화도를 측정할 때 Scheimpflug imaging system을 이용한 방법들 중 ImageJ를 이용한 maximal nuclear density value와 PNS가 수술 시 초음파유화술 지표와 상관성이 있음을 알 수 있었다. 향후에 더 많은 환자를 대상으로 한 장기적인 연구가 필요하리라 사료된다.

## 참고문헌

- 1) Paik HJ, Song HJ, Shyn KH. 2007 Survey for KSCRS members-current trends in cataract surgery in Korea. J Korean Ophthalmol Soc 2009;50:1624-31.
- 2) Nixon DR. Preoperative cataract grading by Scheimpflug imaging and effect on operative fluidics and phacoemulsification energy. J Cataract Refract Surg 2010;36:242-6.
- 3) Kirwan JF, Venter L, Stulting AA, Murdoch IE. LOCS III examination at the slit lamp, do settings matter? Ophthalmic Epidemiol

- 2003;10:259-66.
- 4) Tan AC, Loon SC, Choi H, Thean L. Lens Opacities Classification System III: cataract grading variability between junior and senior staff at a Singapore hospital. J Cataract Refract Surg 2008;34:1948-52.
  - 5) 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.
  - 6) Grewal DS, Brar GS, Grewal SP. Correlation of nuclear cataract lens density using Scheimpflug images with Lens Opacities Classification System III and visual function. Ophthalmology 2009;116:1436-43.
  - 7) Kim JS, Chung SH, Joo CK. Clinical application of a Scheimpflug system for lens density measurements in phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2009;35:1204-9.
  - 8) Park CW, Kim GY, Kim HJ, et al. Objective clinical evaluation of ocular optical instrument according to the type of lens opacity. J Korean Ophthalmol Soc 2014;55:79-84.
  - 9) Magalhães FP, Costa EF, Cariello AJ, et al. Comparative analysis of the nuclear lens opalescence by the Lens Opacities Classification System III with nuclear density values provided by Oculus Pentacam: a cross-section study using Pentacam Nucleus Staging software. Arq Bras Oftalmol 2011;74:110-3.
  - 10) Gupta M, Ram J, Jain A, et al. Correlation of nuclear density using the Lens Opacity Classification System III versus Scheimpflug imaging with phacoemulsification parameters. J Cataract Refract Surg 2013;39:1818-23.
  - 11) Kelman CD. The history and development of phacoemulsification. Int Ophthalmol Clin 1994;34:1-12.
  - 12) Davison JA, Chylack LT. Clinical application of the lens opacities classification system III in the performance of phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 2003;29:138-45.
  - 13) Pei X, Bao Y, Chen Y, Li X. Correlation of lens density measured using the Pentacam Scheimpflug system with the Lens Opacities Classification System III grading score and visual acuity in age-related nuclear cataract. Br J Ophthalmol 2008;92:1471-5.
  - 14) Robman LD, McCarty CA, Garrett SK, et al. Comparison of clinical and digital assessment of nuclear optical density. Ophthalmic Res 1999;31:119-26.
  - 15) Pirazzoli G, D'Eliseo D, Ziosi M, Acciarri R. Effects of phacoemulsification time on the corneal endothelium using phacofracture and phaco chop techniques. J Cataract Refract Surg 1996;22:967-9.
  - 16) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. J Cataract Refract Surg 1996;22:1079-84.
  - 17) 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.
  - 18) 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.

## = 국문초록 =

# 샤임플러그 전안부사진기로 측정된 수술 전 백내장 경화도와 초음파유화술 지표들의 관련성

**목적:** Pentacam® (Oculus Optikgerate GmbH, Wetzlar, Germany)의 샤임플러그 전안부사진기를 이용한 핵경화도와 초음파유화술 지표들 간의 상관관계를 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** Pentacam®을 이용한 ImageJ를 이용한 'maximal nuclear density', Pentacam® nucleus staging (PNS), lens densitometry에서의 average value, maximal value 등으로 산출한 수술 전 백내장의 핵경화도와 유효초음파시간, 평형염색 사용량과의 상관관계를 조사였다. 또한 각막내피세포밀도의 수술 전후의 변화와 핵경화도와와의 상관관계를 알아보았다.

**결과:** 유효초음파시간과의 관련성은 ImageJ를 이용한 'maximal nuclear density' ( $r=0.379, p<0.01$ )와 PNS ( $r=0.367, p<0.01$ )는 양의 상관관계를 보였으나 나머지 방법들은 유의한 관계를 보이지 않았다. 평형염색 사용량과의 관련성은 ImageJ를 이용한 'maximal nuclear density' ( $r=0.279, p=0.03$ )와 PNS ( $r=0.286, p=0.04$ )는 양의 상관관계를 보였으나, 나머지 방법들은 유의하지 않았다. 경면현미경검사에서는 핵경화도가 증가할수록 수술 후 각막내피세포밀도가 감소하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

**결론:** 수술 전 백내장의 경화도를 측정할 때 ImageJ를 이용한 'maximal nuclear density' 또는 PNS 방법을 이용하는 것이 초음파유화술의 지표들과 연관성을 보임을 알 수 있었다.

<대한안과학회지 2015;56(10):1552-1557>