

전방깊이에 따른 백내장수술 전후의 각막내피세포수의 변화

김성일 · 나경선 · 권형구 · 이현수 · 김만수

가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학교실

목적: 동일한 술자와 수술방법으로 시행된 백내장수술에서 수술 전 전방깊이가 수술 전후의 각막내피세포수의 변화에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

대상과 방법: 단일 술자 및 동일한 수술방법에 의해 백내장수술이 시행된 82명 82안에 대하여 환자의 연령, 핵경화도, 전방깊이, 수술 중 초음파 시간, 초음파 강도, 초음파 에너지, 술 전 각막내피세포밀도, 다양성, 다형성, 수술 후 각막내피세포감소율을 측정하였다. 비접촉식 경면현미경으로 수술 전 및 수술 후의 각막내피세포밀도를 측정하였다.

결과: 초음파유화술을 이용한 백내장수술에서 전방깊이가 깊을수록 각막내피세포의 손실이 적음을 확인하였다. 백내장 초음파유화술시 연령이 높을수록, 백내장 핵성숙도가 높을수록, 전방깊이가 얇을수록 각막내피세포 밀도 감소가 증가하였다.

결론: 초음파유화술 시간 및 에너지가 클수록 각막내피세포의 감소가 증가하였으며 전방깊이가 깊을수록 각막내피세포의 감소가 줄었다. 이는 전방이 깊을수록 초음파 에너지를 더 흡수하여 이에 의한 손상이 줄었기 때문으로 보인다.

〈대한안과학회지 2010;51(12):1568-1572〉

초음파를 이용한 수정체유화술이 개발된 이후 백내장수술은 괄목할만한 발전을 이루었다. 수술 후 시력 개선뿐만 아니라 시력재활도 빨라지게 되었으며 수술 후 발생하는 부작용들도 크게 감소하였다. 하지만 초음파를 이용한 백내장수술에서 발생하는 후안 파열이나 각막내피세포 손상 등에 의하여 심각한 부작용이 발생할 수 있다는 점이 항상 존재한다.

인간의 각막내피세포는 손상을 받게 되면 재생되지 않는다. 손상에 대한 복구 과정은 남아있는 각막내피세포의 거대화, 이동, 로켓 형성 및 육각형세포 비율의 감소의 과정을 거치게 되어 각막내피세포의 밀도가 감소하게 된다.¹ 정상 각막내피세포의 밀도는 2500 cells/mm²이며 손상에 의해 500 cells/mm² 이내로 감소하게 되면 각막 부종과 부전이 발생한다.² 수술을 받지 않은 경우에서도 연간 0.89~1%의 각막내피세포 밀도의 감소가 정상적으로 발생하게 되며 백내장수술을 받은 경우에는 감소 속도가 연간 2% 정도라고 알려져 있다.³

수정체유화술을 이용한 백내장수술에서 각막내피세포의

감소에 영향을 미치는 요인으로는 환자의 연령, 합병증의 유무, 백내장 핵의 경화도 등 환자 관련 요인들과 수정체조각 술기나 술자의 숙련도, 초음파 관련 요인, 점탄 물질 사용, 초음파 유화 시간, 에너지 등의 수술 중 요인들로 나눌 수 있다.^{1,4,5}

각막내피세포의 손상을 최소화시키는 방법이 백내장수술 후 예후 향상을 위해 요구되고 있으며 이를 위하여 각막내피세포밀도에 영향을 미치는 요인들에 대한 분석이 필요하다. 기존의 연구들에서 발표된 위험 요인뿐만 아니라 전방깊이가 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

대상과 방법

2008년 5월에서 2009년 2월까지 동일한 술자 및 술기에 의해 초음파 수정체유화술 및 인공수정체삽입술을 받은 82명 82안을 대상으로 후향적으로 연구하였다. 남자가 34명, 여자가 48명이었으며 당뇨병이 있는 환자는 12명, 고혈압이 있는 환자는 18명이었다.

수술은 백내장으로 인하여 시력이 감소되거나 불편감을 호소하는 경우 시행하였으며 안과적 수술 기왕력이 있거나 외안부의 염증이 있는 경우, 각막내피세포 변성, 포도막염, 녹내장, 안외상, 홍채신생혈관, 안구건조증 등 각막내피세포에 영향을 줄 수 있는 과거력이 있는 경우는 대상에서 제외하였다. 당뇨병망막병증에 의해 레이저 치료를 받은 경우도 대상에서 제외하였다. 그러나 안과적 합병증을 동반하지 않

■ 접 수 일: 2009년 11월 19일 ■ 심사통과일: 2010년 10월 25일

■ 책임저자: 김 만 수

서울시 서초구 반포동 505
가톨릭대학교 서울성모병원 안과
Tel: 02-2258-1188, Fax: 02-599-7405
E-mail: mskim@catholic.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2008년 대한안과학회 제100회 학술대회에서 포스터로 발표되었음.

은 당뇨나 고혈압 등의 질환에 대해서는 배제하지 않았다.

모든 수술은 단일 술자에 의해 이루어졌다. 먼저 수술 전 환자의 각막을 0.5% Proparacaine hydrochloride (Alcaine[®]; Puurs, Belgium)으로 점안마취를 하였으며 이측 각막윤부에 2.8 mm 투명각막절개를 시행하였다. 전방에 점탄물질 (Healon[®]; AMO, Los Angeles, USA)을 채워 넣은 후 원형 전낭절개를 시행하였다. 평형생리식염수(balanced salt solution, BSS[®]; Alcon, Texas, USA)를 사용하여 수력분리술과 수력분층술을 시행한 후, 초음파유화기(Infiniti[®]; Alcon, Texas, USA)을 이용하여 수정체유화술 및 관류/흡입을 시행한 후 인공수정체를 삽입하였다. 절개부는 10-0 nylon으로 한바늘 봉합하거나 무봉합 처리하였다. 수술 후 levofloxacin (Cravit[®]; Santen Pharma, Japan), fluorometholone (Ocumetholone[®]; Samil, Seoul, Korea)을 1일 4회 4주간 투여하였다.

각막내피세포는 술 전 및 술 후 2개월에 자동초점 비접촉성 경면현미경(Noncon Robo-CA; Konan Medical Inc., Hyogo, Japan)을 사용하여 중심 각막내피세포의 밀도, 세포면적의 변이계수(cell size variation coefficient, CV), 육각형세포의 비율(hexagonality, 6A)을 측정하였고 측정 오차를 줄이기 위해 2회 측정하여 평균값을 구하였다.^{6,7} 각막내피세포감소율은 술 전 각막내피세포수에서 술 후 각막내피세포수를 뺀 것을 술 전 각막내피세포수로 나눈 후 100을 곱하여 백분율로 계산하였다. 초음파 시간은 초음파기계에 기록된 초음파유화술 시간을 사용하였으며 관류 및 흡입에 소요된 시간은 포함되지 않았다. 초음파 강도는 초음파 기계에 백분율로 기록된 평균 강도를 사용하였고 초음파 에너지는 초음파유화술 시간과 초음파 강도를 곱하여

산출하였다.

수술 전 전방깊이는 Orbscan (OrbscanIIz[®]; Bausch & Lomb Surgical, Salt Lake City, UT, U.S.A.)를 이용하여 측정하였으며 핵경화도는 동일 술자에 의한 수술 전 평가에 의한 것으로 LOCS III (Lens Opacities Classification System, version III)의 핵 혼탁도 및 핵 색깔에 따라 grade 1~5로 분류하였다.⁸

수술 전 및 수술 중 변수들과 수술 후 2개월째 각막내피세포감소율(%)과 Pearson 상관계수(Pearson product-moment correlation coefficient)를 구하여 연관성을 분석하였다. 또한 여러 독립변수들이 있는 상황에서 종속변수를 설명하는 데 있어서 설명력이 높은 변수들을 찾기 위하여 단계입력분석에 의한 다중회귀분석(stepwise multiple regression analysis)을 시행하였다. 통계분석을 위하여 SPSS ver. 13.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

결 과

대상 환자는 전체 82명(82안)으로 남자는 34명(32안), 여자는 48명(48안)이었다. 평균 연령은 66 ± 13.4 세(30~86세)였다. 평균 초음파 시간은 43.26 ± 34.36 초(12~133초), 초음파 강도는 $18.41 \pm 8.14\%$, 수술 전 각막내피세포의 밀도는 2437.6 ± 554.8 cells/mm² (1290~3344 cells/mm²), 평균 전방깊이는 2.64 ± 0.44 mm (1.80~3.43 mm)였다(Table 1).

수술 후 2개월의 평균 각막내피세포밀도는 2138.5 ± 448.8 cells/mm²였고 평균 각막내피세포감소율은 8.77%

Table 1. Baseline patient data (N = 82 eyes)

Characteristic	Mean \pm SD	Minimum	Maximum
Age (yr)	66 ± 13.4	30	86
Sex (male/female)	34/48		
Anterior chamber depth (mm)	2.64 ± 0.44	1.80	3.43
Endothelial cell density (cells/mm ²)	$2,437.6 \pm 554.8$	1,423	3,238
Coefficient of variation (%)	32.14 ± 5.95	24	45
Hexagonality (%)	57.0 ± 12.1	32	77
Phaco time (seconds)	43.26 ± 34.4	12	133
Relative phaco intensity (%)	18.41 ± 8.14	7	49.04
Nucleosclerosis (LOCS III*)	3.32	1	5

*LOCS III = Lens Opacities Classification System, version III.

Table 2. The change of corneal endothelial cell densities (cell/mm²) and endothelial cell loss (%)

	Preoperative	Postoperative 2 months	p-value
Endothelial cell density	$2,437 \pm 554.8$	$2,138.5 \pm 448.8$	0.007
Endothelial cell loss		8.77	

였다(Table 2).

환자의 연령, 수술 전 각막내피세포밀도, 전방깊이, 핵경화도, 초음파 시간, 초음파 강도, 초음파 에너지는 술 후 각막내피세포밀도감소율과 유의한 상관관계를 보였다(Table 3). 연령, 술 전 각막내피세포밀도, 핵경화도, 초음파 강도, 초음파 시간, 초음파 에너지는 양의 상관관계를 보였으며 전방깊이는 음의 상관관계를 보였다($p < 0.05$). 수술 전 각막내피세포의 형태학적 변수들과는 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

단계입력방식에 의한 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 시행한 결과 수술 후 각막내피세포감소율을 설명하는 데 있어서 환자의 연령이 가장 설명력이 높았으며 그 다음으로는 핵경화도, 초음파 시간, 그리고 전방깊이의 순으로 설명력이 유의하게 높았다(Table 4).

고 찰

백내장수술에 있어서 초음파를 이용한 수정체유화술은 1967년 Kelman⁹에 의해 처음 도입된 이후 수술 기법이나 장비에 있어서 많은 발전이 이루어졌다. 최근에는 투명각막 절개를 통한 초음파유화술이 많이 시행되고 있는데 이는 수술 후 회복이 빠르며 합병증이 적고 각막 난시가 적다는 장점이 있다. 따라서 좋은 시력효과를 얻을 수 있지만 초음파를 이용한 수정체유화술에서의 각막내피세포의 손상은 불가피하다. 각막내피세포는 한 번 손상되면 재생되지 않기 때문에 각막내피세포 밀도의 감소는 백내장수술의 예후를 결정하는 중요한 요소가 된다. 특히 환자의 연령이 높거나 백내장 핵 경화도가 높은 경우에는 각막내피세포의 감소가

크다고 알려져 있다.^{2,3,5} 이런 위험군의 경우 백내장수술 후 시력 회복이 느리거나 각막 부전이 발생할 가능성이 크다. 따라서 백내장 초음파유화술에 의한 각막내피세포 손상의 위험도를 예측하는 것은 수술 후 시력예후를 평가하는 데 있어서 매우 중요하며 위험요소가 많은 환자들을 수술할 경우 각별한 주의가 필요하다.

백내장수술 후 각막내피세포 감소에 영향을 미치는 여러 위험인자에 대한 분석이나 예측 모델들이 많이 제시되어왔다. Hayashi et al⁵은 수정체 핵의 경화도가 가장 중요한 위험인자라고 하였고 Bourne et al¹은 환자의 나이가 가장 중요한 위험인자라고 하였다.

Walkow et al⁴은 단계적 입력방식에 의한 다중회귀분석을 통하여 안구 장축 길이와 초음파 시간이 각막내피세포 밀도감소율에 대한 설명력이 높은 변수라고 파악하였다. 한편 Minassian et al¹⁰은 수술 전 각막내피세포의 밀도는 수술 후 각막내피세포 감소 예측에는 별 영향을 주지 않으며 환자의 나이, 핵 경화도가 각막내피세포밀도 감소에 유의한 영향을 준다고 하였다.

저자들의 연구에서도 마찬가지로 환자의 연령, 초음파 유화 시간, 핵의 경화도, 전방깊이 등의 변수들이 초음파유화술을 이용한 백내장수술에서의 각막내피세포밀도감소를 설명하는 유의한 변수임을 알아냈다. 즉 이미 알려진 연령, 초음파 시간, 핵경화도 등의 위험인자 외에 얇은 전방깊이가 각막내피세포밀도 감소의 위험인자가 될 수 있다는 것을 보여준다. 전방깊이가 낮을수록 수술 중 수정체 핵 조각들과 각막과의 마찰, 초음파에 의한 열과 진동 등에 의한 각막내피세포의 손상이 증가할 것이라고 예상할 수 있다. Hayashi et al⁵은 수술 과정 중 수정체 핵 조각들에 의해 각

Table 3. Endothelial cell loss correlations with preoperative and postoperative factors

Factors	Pearson correlation (r)	p value
Age	0.658	0.000
Endothelial cell density (preoperative)	0.183	0.263
Coefficient of variation (preoperative)	0.280	0.057
Hexagonality (preoperative)	-0.103	0.609
Anterior chamber depth (preoperative)	-0.388	0.036
Nucleosclerosis	0.426	0.006
Phaco time	0.566	0.002
Phaco intensity	0.622	0.045
Phaco energy	0.148	0.026

Table 4. Stepwise regression model for predicting endothelial cell loss ($R^2 = 0.633$)

Variables	Beta	t	p value
Age	6.34	3.29	0.003
Nucleosclerosis	4.53	2.84	0.006
Phaco time	2.49	2.23	0.021
Anterior chamber depth	-0.288	-1.53	0.046

막 내피세포가 손상을 입는다고 보고하였으며 McCarey et al¹¹은 수술 기구에 의한 각막내피세포 손상을 보고하였는데 이는 전방이 깊이와 관련이 있다고 하였다. 한편 Walkow et al⁴은 초음파유화술을 이용한 백내장수술에서 안구 장축 길이가 각막내피세포 손상의 위험인자로 밝혔는데 이는 안구 장축 길이가 짧을수록 전방깊이가 줄어들게 되어 수정체 조각과 초음파 침단부의 위치가 각막내피세포와의 거리가 더 가까워지기 때문이라고 설명하고 있다. 그러나 전방 깊이와 각막내피세포 손실과는 유의한 상관관계를 보이지 않았다고 하였다. 이는 수술 전 전방깊이가 얕더라도 수술 중에는 전방이 깊어질 수 있으며 안구 장축 길이가 전방깊이보다 편차가 크기 때문에 통계적인 유의성을 가질 수 있었을 것이라고 설명하고 있다. 반면에 O'brein et al¹²은 전방깊이나 안구 장축 길이는 각막내피세포 밀도의 감소와 연관이 없다고 하였다. 이는 충분히 깊은 곳에서 초음파유화술을 시행하였고 각막 절개창으로의 누출이 적어 수술 중 전방의 유지가 잘 되었으며 와류의 발생이 감소되어 부쉬진 핵 조각들의 움직임에 의한 내피손상이 줄었을 것이라고 해석하고 있다.

Storr-Paulsen et al¹³은 divide-and-conquer 방식과 phaco-chop 방식에 따른 각막내피세포 손상에 대한 연구에서 초음파유화술 시간뿐만 아니라 수정체 조각들이 전방에서 머무르는 시간 및 이를 제거하는 시간이 길수록 각막 내피세포의 손상이 커진다고 하였다. Cho et al¹⁴은 전방깊이에 따라 세 군으로 나눈 후 각 군에서 유의한 위험인자를 찾았는데 각 군에서의 위험인자들에서 차이를 보였다고 하였다.

위의 연구 결과들을 종합해 볼 때 각막내피세포 감소에 유의하게 영향을 미치는 환자 요인으로는 환자의 연령, 핵경화도, 전방깊이가 유의한 영향을 미치는 요인으로 볼 수 있으며 수술 과정상의 요인으로는 초음파 시간, 술자의 술기라고 볼 수 있다. 안정된 전방 유지나 전방에서의 조작의 최소화가 유지되는 환경이라면 전방깊이가 각막내피세포 손실에 미치는 영향이 크지 않을 것으로 보인다. 하지만 수술 과정 중 이러한 조건이 만족되지 않는 경우라면 전방깊이가 유의한 변수가 될 수 있을 것이다.

이번 연구 결과를 통해 전방깊이가 초음파를 이용한 백내장수술에서 내피세포 손상과 연관이 있음을 확인할 수 있었으며 전방이 얕으면서 단단한 핵을 가진 고령의 환자

에 대한 백내장수술에서 전방에서의 조작을 최소화하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) Long-term corneal endothelial cell loss after cataract surgery. Results of a randomized controlled trial. Oxford Cataract Treatment and Evaluation Team (OCTET). *Arch Ophthalmol* 1986;104:1170-5.
- 4) 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.
- 5) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1996;22:1079-84.
- 6) Doughty MJ, Fonn D, Trang Nguyen K. Assessment of the reliability of calculations of the coefficient of variation for normal and polymegathous human corneal endothelium. *Optom Vis Sci* 1993;70:759-70.
- 7) Wirbelauer C, Wollensak G, Pham DT. Influence of cataract surgery on corneal endothelial cell density estimation. *Cornea* 2005;24:135-40.
- 8) 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.
- 9) Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol* 1967;64:23-35.
- 10) Minassian DC, Rosen P, Dart JK, et al. Extracapsular cataract extraction compared with small incision surgery by phacoemulsification: a randomised trial. *Br J Ophthalmol* 2001;85:822-9.
- 11) McCarey BE, Polack FM, Marshall W. The phacoemulsification procedure. I. The effect of intraocular irrigating solutions on the corneal endothelium. *Invest Ophthalmol* 1976;15:449-57.
- 12) 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.
- 13) Storr-Paulsen A, Norregaard JC, Ahmed S, et al. Endothelial cell damage after cataract surgery: divide-and-conquer versus phaco-chop technique. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:996-1000.
- 14) Cho YK, Chang HS, Kim MS. Risk factors for cell loss after phacoemulsification: comparison in different anterior chamber depth groups. *Korean J Ophthalmol* 2010;24:10-5.

=ABSTRACT=

Effect of Anterior Chamber Depth on Corneal Endothelial Change After Phacoemulsification

Sung Il Kim, MD, Kyung Sun Na, MD, Hyung Gu Kwon, MD, Hyun Soo Lee, MD, Man Soo Kim, MD

Department of Ophthalmology and Visual Science, The Catholic University of Korea School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the effects of preoperative and postoperative parameters, particularly anterior chamber depth, on corneal endothelial cell loss during cataract surgery.

Methods: Eighty-two eyes of 82 patients who underwent cataract surgery by the same surgeon using the same technique were selected for the present study. Various preoperative and postoperative parameters including age, anterior chamber depth, duration and power of phacoemulsification, preoperative endothelial cell density, coefficient of variation, hexagonality, and grade of nucleosclerosis were evaluated. Endothelial cell densities were recorded preoperatively and at two months postoperatively using a noncontact specular microscope.

Results: After two months, the mean central endothelial cell loss in all eyes was 8.77%. Among the pre- and post-operative parameters, patient' age, anterior chamber depth, duration, power, and energy of phacoemulsification and grade of nucleosclerosis showed significant correlation with endothelial cell loss. Stepwise multiple linear regression analysis identified age, nucleosclerosis, anterior chamber depth, and phacoemulsification time as independent predictors for endothelial cell loss.

Conclusions: The risk of endothelial cell loss increased with increases in patient' age, nucleosclerosis, and phacoemulsification time. However, eyes with a deep anterior chamber showed a significantly lower risk of endothelial cell loss.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(12):1568-1572

Key Words: ACD, Cataract, Cornea, Endothelial cell loss, Phacoemulsification

Address reprint requests to **Man Soo Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital
#505 Banpo-dong, Seocho-gu, Seoul 137-040, Korea
Tel: 82-2-2258-1188, Fax: 82-2-599-7405, E-mail: mskim@catholic.ac.kr