

저밀도내피세포 환자에서 회전진동방식의 초음파유화술을 이용한 백내장 수술 시 단기 임상결과

이은경^{1,2} · 김미금^{1,2} · 위원량^{1,2} · 이진학^{1,3}

서울대학교 의과대학 안과학교실¹, 서울대학교병원 임상의학연구소 인공안구센터², 분당서울대학교병원 안과³

목적: 내피세포밀도가 낮은 백내장 환자에서 회전진동방식의 초음파유화술을 이용한 백내장 수술시 단기 임상결과를 알아보려고 하였다.
대상과 방법: 회전진동방식의 초음파유화술 및 인공수정체 후방삽입술을 시행 받은 환자 52명 57안을 대상으로 하였다. 술 전 내피세포밀도에 따라 2,500/mm² 이상인 대조군, 1,600/mm² 미만인 저밀도 세포군을 비교하였고, 저밀도 세포군을 다시 1,000/mm² 미만인 극저밀도 세포군과, 1,000/mm² 미만이면서 이전에 전층각막이식술을 시행 받은 군으로 세분하여 술 전과 술 후 평균 1달에 각막내피세포의 밀도, 변이계수, 육각세포비율, 중심각막두께를 측정하였다.

결과: 핵경화 정도가 4였던 저밀도 세포군의 1안에서만 각막내피세포부전이 발생하였다. 저밀도 세포군과 대조군 간, 극저밀도 세포군과 전층각막이식술 후 극저밀도세포군 간에 각막내피세포의 특성 및 중심각막두께의 술 전후 변화에 통계학적으로 의미 있는 차이는 없었다.

결론: 저밀도내피세포 환자에서도 중등도 이하의 핵경화 시에 회전진동방식의 초음파유화술을 이용하여 백내장 수술을 시행하면, 단기적으로는 각막내피세포의 변화가 정상군과 비슷하여 단계적 접근수술이 가능함을 시사하였다.

〈대한안과학회지 2011;52(4):434-441〉

초음파를 이용한 수정체 유화술이 개발된 이후 백내장 수술은 괄목할 만한 발전을 이루어 기존의 수술방법에 비해 각막난시의 감소,¹ 더 빠른 시력회복,² 술 후 예측할 수 있는 굴절력¹ 등을 보였다. 하지만 수정체 초음파유화술(Phacoemulsification)시에 발생하는 각막내피세포의 손상은 여전히 우려할 만하여 정상안에서는 수정체 초음파유화술 이후 각막내피세포 소실률이 8-13% 가량으로 보고되고 있다.³ 각막내피세포는 출생 후 거의 분열이 되지 않는 것으로 알려져, 손상이 있는 경우 주위 세포의 활주, 재배열, 확대에 의해 제한적으로만 회복이 된다. 따라서 수술이나 외상, 염증, 연령 증가 등이 원인이 되어 각막내피세포의 심한 손상이 있는 경우 각막부종과 혼탁을 유발할 수 있고,^{4,5} 이에 여러 이유로 인해 각막내피세포 수가 감소되어 있는 환자에 있어 수정체 초음파유화술은 수술 이후 각막부종, 각막내피세포부전(Corneal endothelial decompensation)

등의 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

폭스각막이영양증(Fuch's dystrophy)에서처럼 선천적으로 낮은 각막내피세포 수를 가진 환자, 전층각막이식술(Penetrating keratoplasty)을 시행 받았거나, 수포각막병증(Bullous keratopathy), 각막혼탁 등이 초래되어 후천적으로 각막내피세포 수가 낮아진 환자들에게는 수정체 초음파유화술 이후 각막내피세포 수의 감소율이 더 크고, 술 후 급작스런 각막내피세포 소실에 더 취약할 것이 예상된다. Kim and Kim⁶의 연구에 따르면 이전에 전층각막이식술을 시행 받은 환자에게 초음파유화술을 이용한 백내장 수술을 시행하였을 때 술 후 1개월째 19.03%, 술 후 1년째 44.89%, 술 후 2년째 58.10%의 각막내피세포 소실률이 보고된 바 있다. 이로 인해 저밀도 각막내피세포 수를 가진 환자의 백내장 수술은 술 후 각막부종 등의 위험성이 높아 수술자에게 부담이 큰 수술로 여겨져 왔고, 따라서 수술이 상대적으로 미뤄지는 경향이 있었던 것이 사실이다. 하지만 수술이 미뤄질수록 수정체 핵경화의 정도는 심해지고, 이는 다시 수술 후 각막내피세포 손상을 가속화시키는 위험 인자로 작용하게 되어 술 후 나쁜 임상 경과를 초래하게 된다.

한편, 최근 개발된 회전진동방식(The OZil® torsional system) (Infiniti, Alcon, Fort Worth, TX, USA)의 초음파유화술은 초음파 첨단 끝이 32 kHz의 주파수로 회전 진동함에 따라 흡입력이 향상되었고, 수정체 조각을 밀치는

■ 접 수 일: 2010년 8월 3일 ■ 심사통과일: 2010년 10월 8일
■ 게재허가일: 2011년 1월 27일

■ 책임저자: 김 미 금

서울특별시 종로구 연건동 28
서울대학교병원 안과
Tel: 02-2072-2437, Fax: 02-741-3187
E-mail: kmk9@snu.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제102회 학술대회에서 포스터로 발표되었음.

효과(repulsion)와 떨림(chatter)을 감소시킨 바 있다. 이로 인해 기존의 전후운동방식에 비해 초음파 에너지와 사용시간을 줄이면서 각막내피세포 손상을 최소화할 수 있음이 알려져 있다.⁷ 이와 같이 백내장 수술기구와 기법이 발달하면서 각막내피세포 밀도가 낮은 환자에게도 백내장 수술이 다수 시행되고 있으나, 아직까지 각막내피세포 밀도가 낮은 환자에서 회전진동방식을 이용한 백내장 수술 시 임상 결과에 대한 연구가 이루어진 바가 없다. 이에 술자는 이를 분석하여 저밀도내피세포 환자에서 백내장 수술이 필요한 경우 각막이식과 병행하는 게 좋은지, 아니면 각막이식 전에 단계식 접근으로 백내장 수술을 먼저 시행해도 되는지를 확인하고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 2007년 3월부터 2010년 6월까지 서울대학교 병원 안과에서 단일 술자(M.K.K)에게 수정체 초음파유화술 및 인공 수정체 후방 삽입술을 시행 받은 환자 중 내피세포밀도가 $1,600/\text{mm}^2$ 미만으로 낮은 환자군 25명 28안을 대상으로 하였다. 대조군은 내피세포밀도가 $2,500/\text{mm}^2$ 이상으로 정상이면서 동일한 시술을 받은 환자 중 나이와 핵경화 정도를 환자군과 매치시켜 27명 29안으로 선정하였다. 총 52명 57안의 의무기록을 후향적으로 분석하였고, 환자군을 저밀도 세포군(LECD-low endothelial cell density-group)으로 명명하였다.

전층각막이식술 후 발생하는 저밀도내피세포의 환자는 기존의 다른 각막질환에 의한 저밀도내피세포 환자와 비교하여 백내장 수술에 의한 내피세포 손상률에 차이가 있을 수 있다. 따라서 수술 전 내피세포밀도가 $1,000/\text{mm}^2$ 미만으로 낮은 군과 전층각막이식술 후 $1,000/\text{mm}^2$ 미만이 된 저밀도 세포군을 각각 극저밀도 세포군(VLECD-very low endothelial cell density-group) (15명 15안)과, 전층각막이식술 후 극저밀도 세포군(PK-VLECD group) (10명 10안)으로 세분하여 두 군 간의 차이를 검증하였다.

모든 환자에서 수술 전 검사로 나안시력, 최대교정시력, 세극등 검사, 안압측정, 안저검사 등의 일반적인 안과 검사와 각막내피세포검사, 각막두께검사 등을 시행하였다. 각막내피세포검사는 비접촉형 경면현미경(Noncon Robo[®], SP-8800, Konan medical, Nishinomiya, Japan)을 사용하였고, 각막두께검사는 각막후도계(Pachymeter, Pocket-II, Quantel medical, Clermont-Ferrand, France)를 사용하였다. 최대교정시력은 LogMAR (Logarithm of minimal angle of resolution)를 이용하여 나타내었고, 수정체 핵경화(Nuclear sclerosis, NS) 정도는 LOCS III (Lens Opacities Classification

System III) 분류를 이용하였다.

모든 수술은 한 사람의 술자에 의해 시행되었으며, Mydrin-P[®] (0.5% tropicamide and 0.5% phenylephrine hydrochloride, Santen Pharm., Osaka, Japan)로 산동을 한 후 Alcaine[®] (propacaine hydrochloride 0.5%, Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, U.S.A)을 이용한 점안마취와 Lidocaine 2%를 이용한 태논낭하마취를 하였다. 2.75 mm 넓이의 투명각막절개를 시행한 후, 점탄물질인 Viscoat[®] (3% sodium hyaluronate and 4% chondroitin sulfate, Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, U.S.A)를 전방 내로 주입하여 전방을 유지한 상태에서 5.25-5.5 mm 정도의 원형전낭절개술(continuous curvilinear capsulorhexis)을 26 gauge의 주사침과 전낭절개용 집게를 이용하여 시행하였다. 관류액(Balanced salt solution, BSS[®], Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, U.S.A)을 사용하여 수력분리술과 수력분층술을 시행한 뒤, 회전진동방식(Torsional mode phacemulsification)의 초음파 유화기(Infiniti[®], Alcon, U.S.A)를 사용하여 Vertical chop technique으로 수정체 유화술 및 관류 흡입을 시행하고, 인공수정체 주입기를 이용하여 인공수정체를 수정체 낭내 삽입하였다. 수술 후에는 1주간 Flarex[®] (fluorometholone, Alcon Laboratories, Fort Worth, TX, U.S.A) 하루 4회 점안하였고, Cravit[®] (levofloxacin, Santen Pharm., Osaka, Japan) 하루 4회, Decrol[®] (diclofenac, 일양, Korea) 하루 4회를 1달간 점안하도록 하였다.

수술 후 평균 1개월에 수술 전과 동일한 기구에 의해 각막 내피세포검사 및 각막두께검사를 시행하였다. 수술 후 결과는 수술 전후 각막내피세포의 밀도(CD), 세포면적의 변이계수(CV), 육각세포비율(6A)의 변화와 중심각막두께(CCT)의 변화를 각 군 간에 비교 분석하여 평가하였고, 평균 추적 관찰 기간은 31.78일이었다. 통계학적인 처리는 SPSS 17.0 for window (SPSS Inc.)의 Mann-Whitney U-test, Chi-square test를 이용하여 이루어졌으며, p 값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

본 연구의 대상은 총 52명 57안으로, 저밀도 세포군은 25명 28안, 대조군은 27명 29안이었다. 저밀도 세포군은 남자 9명, 여자 16명이었고, 대조군은 남자 12명, 여자 15명으로 두 군 간의 성별의 통계학적 차이는 없었고($p=0.535$), 평균 연령은 저밀도 세포군에서 62.46 ± 12.73 세, 대조군에서 63.62 ± 11.64 세로 두 군 간의 연령의 통계학적 차이도 없었다($p=0.804$). 저밀도 세포군의 평균 술 전 핵경화 정도는 2.21 ± 1.10 , 대조군은 2.31 ± 1.20 으로 통

계학적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.726$). 수술 시 초음파유화술 시간 및 에너지의 기록이 유효했던 저밀도 세포군의 14명과 대조군의 15명을 비교하였을 때, 저밀도 세포군에서는 초음파유화술 시간이 평균 91.94 ± 87.23 초, 대조군은 89.24 ± 68.97 초로 통계학적 차이는 없었고($p=0.856$), 초음파유화술 에너지는 저밀도 세포군에서는 평균 $9.20 \pm 5.56\%$, 대조군은 $11.04 \pm 4.95\%$ 로 역시 통계학적 차이는 없었다($p=0.268$). 수술 시 사용된 관류액의 양은 저밀도 세포군은 134 ± 69 ml, 대조군은 109 ± 52 ml로 역시 통계학적 차이는 없었다($p=0.521$). 또한 수술 시 투명 각막 절개의 방향은 저밀도 세포군에서 상측이 5명, 이측이 23명, 대조군에서 상측이 7명, 이측이 22명으로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p=0.561$). 술 전 평균 최대교정시력이 저밀도 세포군은 1.14 ± 0.56 logMAR, 대조군은 0.7 ± 0.57 logMAR였으며, 두 군 간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p=0.002$). 이는 두 그룹 간 백내장의 핵경화 정도는 비슷하나, 저밀도 세포군은 낮은 각막내피세포 밀도를 초래하는 다양한 각막 질환이 합병되어 있다는 사실을 토대로 대조군에 비해 수술 전 최대교정시력이 낮은 것이라는 해석이 가능하다(Table 1).

저밀도 세포군에서 낮은 각막내피세포 밀도를 초래한 각막 질환으로 전층각막이식술을 시행받은 경우가 13안, 폭스각막이영양증으로 진단된 경우가 4안, 수포각막병증을 진단 받은 경우가 2안, 각막궤양을 진단 받은 경우가 2안이었고, 각막혼탁이 있었던 경우가 4안, 결막-각막 상피내 신생물이 있었던 경우가 1안, 기타 특발성인 경우가 2안 있었다(Table 2). 백내장 수술 중 어느 군에서도 후낭 파열의 합병증 발생은 없었다.

각 군에서 수술 전 후 측정된 각막내피세포 밀도(CD)의

변화는 Figure 1, Table 3에서 보는 바와 같다. 각막내피세포 밀도 변화는 수술 전에 비해 대조군에서 $11.81 \pm 12.87\%$ 감소하였고, 저밀도 세포군에서 $12.51 \pm 26.69\%$ 감소하여 두 군 간의 수술 전 후 각막내피세포 밀도 변화는

Table 2. Preoperative diagnoses of corneas in patients with low endothelial cell density

Diagnosis	No. eyes	(%)
s/p penetrating keratoplasty	13	46.4
Fuch's dystrophy	4	14.3
Bullous keratopathy	2	7.1
Corneal ulcer	2	7.1
Unknown corneal opacity	4	14.3
Conjunctival-corneal intraepithelial neoplasia	1	3.6
None	2	7.1
Total	28	100

s/p = status post.

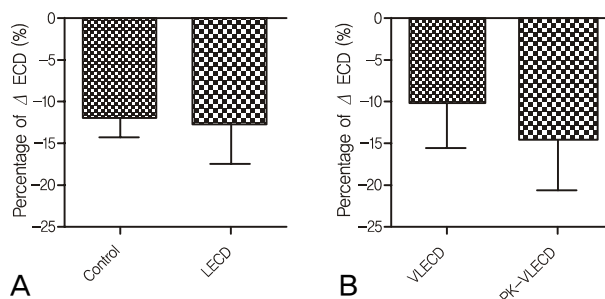


Figure 1. Comparison of endothelial cell loss after cataract surgery in the control and low endothelial cell density group (LECD), very low endothelial cell density group (VLECD) and very low endothelial cell density after penetrating keratoplasty groups (PK-VLECD). There was no statistically significant difference between the control and LECD group, and also between VLECD and PK-VLECD group ($p > 0.05$).

Table 1. Demographics of patients

Variable	LECD	Control	p-value
No. of patients	25	27	-
No. of eyes	28	29	-
Sex (M/F)	9/16	12/15	0.535*
Age (years)			
Mean	62.46 ± 12.73	63.62 ± 11.64	0.804†
Range	34-78	44-84	
Nuclear opacity	2.21 ± 1.10	2.31 ± 1.20	0.726†
Phaco time (s)	91.94 ± 87.23	89.24 ± 68.97	0.856†
Phaco energy (%)	9.20 ± 5.56	11.04 ± 4.95	0.268†
BSS used (ml)	134 ± 69	109 ± 52	0.521†
Incision (Sup/Temp)	5/23	7/22	0.561*
Mean Preop BCVA (log MAR)	1.14 ± 0.56	0.7 ± 0.57	0.002†

LECD = patients with low endothelial cell density; Control = patients with normal endothelial cell density; Preop = preoperative; BCVA = best corrected visual acuity.

Mean \pm SD.

*Chi-square test; †Mann-Whitney U-test.

Table 3. Comparison of endothelial cell changes between the control, low endothelial cell density group (LECD), very low endothelial cell density group (VLECD), and very low endothelial cell density after penetrating keratoplasty groups (PK-VLECD)

	Cell density (cells/mm ²)		Cell size variation coefficient		Hexagonality (%)		Central corneal thickness (μm)	
	Pre-op (mean±SD)	Post-op (mean±SD)	Pre-op (mean±SD)	Post-op (mean±SD)	Pre-op (mean±SD)	Post-op (mean±SD)	Pre-op (mean±SD)	Post-op (mean±SD)
Control	2780.76 ± 222.24	2445.83 ± 365.52	35.00 ± 6.53	36.10 ± 7.35	57.97 ± 10.45	56.48 ± 10.51	547.59 ± 41.91	563.07 ± 41.58
LECD	988.44 ± 403.01	836.70 ± 408.21	35.00 ± 9.46	37.56 ± 10.29	52.33 ± 15.07	46.74 ± 14.63	525.33 ± 57.71	545.37 ± 60.06
VLECD	645.14 ± 203.63	563.36 ± 172.74	35.21 ± 9.75	36.64 ± 8.67	51.29 ± 15.05	45.71 ± 12.49	544.36 ± 62.93	572.21 ± 59.37
PK-VLECD	647.40 ± 210.84	540.50 ± 190.97	35.50 ± 10.24	35.90 ± 9.48	54.60 ± 14.45	46.80 ± 9.25	550.00 ± 62.27	580.90 ± 63.49

Control = patients with normal endothelial cell density $\geq 2500/\text{mm}^2$; LECD = patients with low endothelial cell density $<1600/\text{mm}^2$; VLECD = patients with very low endothelial cell density $<1000/\text{mm}^2$; PK-VLECD = patients with very low endothelial cell density ($<1000/\text{mm}^2$) after penetrating keratoplasty.

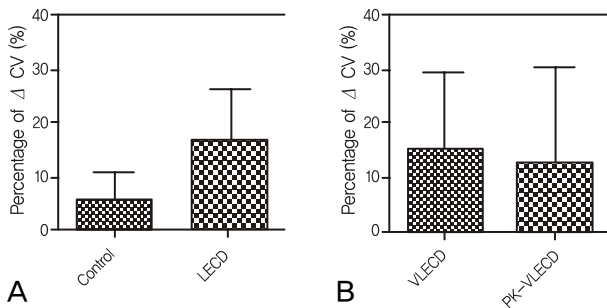


Figure 2. Comparison of cell size variation coefficient (CV) after cataract surgery in the control and low endothelial cell density group (LECD), very low endothelial cell density group (VLECD) and very low endothelial cell density after penetrating keratoplasty groups (PK-VLECD). There was no statistically significant difference between the control and LECD group, and also between VLECD and PK-VLECD group ($p > 0.05$).

통계적으로 의미 있는 차이가 없었다($p=0.64$). 한편, 극저밀도 세포군에서는 수술 이후 $9.78 \pm 22.81\%$, 전층각막이식술 후 극저밀도 세포군에서는 $14.63 \pm 21.01\%$ 감소하여, 전층각막이식군에서 더 감소하는 경향을 보였으나 두 군 간 수술 전 후 각막내피세포 밀도 변화에 통계적인 차이는 없었다($p=0.796$).

각막내피세포의 다면성을 나타내는 세포면적의 변이계수(CV)의 수술 전후 각군에서의 변화는 Figure 2, Table 3을 통해 확인할 수 있다. 세포면적의 변이계수는 수술 전에 비해 대조군에서 $5.74 \pm 26.91\%$ 증가하였고, 저밀도 세포군에서는 $16.70 \pm 49.96\%$ 증가하였으나, 두 군 간의 수술 전 후 세포면적의 변이계수 변화는 통계적으로 의미 있는 차이가 없었다($p=0.85$). 또한 극저밀도 세포군, 전층각막이식술 후 극저밀도 세포군에서는 각각 $15.34 \pm 53.55\%$, $12.70 \pm 56.73\%$ 증가하여, 수술 전 후 세포면적의 변이계수 변화에 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다($p=0.931$).

Fig. 3, Table 3은 각막내피세포 중 육각세포비율(6A)의 변화를 보여주는데 육각세포비율의 변화는 수술 전에 비해 대조군에서 $0.10 \pm 23.15\%$ 감소하였고, 저밀도 세포군에

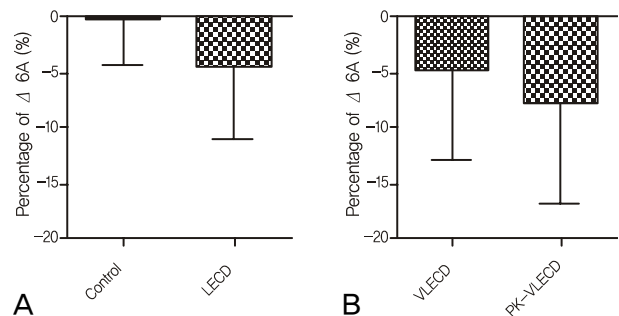


Figure 3. Comparison of hexagonality (6A) after cataract surgery in the control and low endothelial cell density group (LECD), very low endothelial cell density group (VLECD) and very low endothelial cell density after penetrating keratoplasty groups (PK-VLECD). There was no statistically significant difference between the control and LECD group, and also between VLECD and PK-VLECD group ($p > 0.05$).

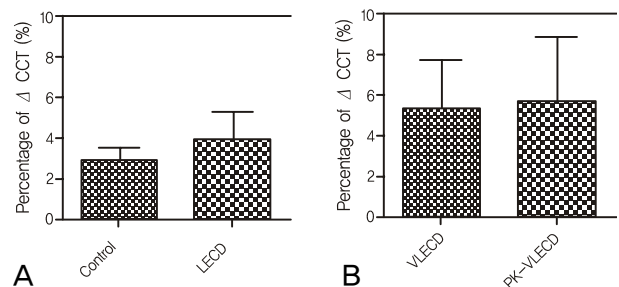


Figure 4. Comparison of central corneal thickness (CCT) after cataract surgery in the control and low endothelial cell density group (LECD), very low endothelial cell density group (VLECD) and very low endothelial cell density after penetrating keratoplasty groups (PK-VLECD). There was no statistically significant difference between the control and LECD group, and also between VLECD and PK-VLECD group ($p > 0.05$).

서는 $4.84 \pm 34.76\%$ 감소하였으나, 두 군 간의 수술 전 후 육각세포비율의 변화는 통계적인 차이는 없었다($p=0.358$). 또한 극저밀도 세포군에서는 $5.26 \pm 32.98\%$ 감소하였고, 전층각막이식술 후 극저밀도 세포군은 $8.95 \pm 30.63\%$ 감소하였으나 두 군 간 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다

($p=0.886$). 통계적으로 의미 있는 차이는 아니었으나, 수술 전 후 육각세포비율의 변화량이 대조군<저밀도 세포군<극저밀도 세포군<전층각막이식술 후 극저밀도 세포군의 경향을 보여, 대조군에 비해 환자군, 특히 각막내피세포 밀도가 $1,000/\text{mm}^2$ 미만으로 낮고, 전층각막이식술을 시행 받은 군에서 수술 후 내피세포의 재배열(remodeling) 및 창상치유과정의 수요(demand)가 더 컸음을 알 수 있었다.

각 군에서의 중심각막두께의 변화는 Figure 4, Table 3을 통해 확인할 수 있다. 평균 중심각막두께는 수술 전에 비해 대조군에서 $2.90 \pm 3.38\%$ 증가하였고, 저밀도 세포군에서 $4.05 \pm 7.41\%$ 증가하여, 두 군 간의 수술 전 후 평균 중심각막두께의 변화는 통계적으로 의미 있는 차이가 없었다($p=0.993$). 또한 극저밀도 세포군에서는 $5.65 \pm 9.53\%$ 증가하였고, 전층각막이식술 후 극저밀도 세포군에서는 $6.16 \pm 10.95\%$ 증가하여, 수술 전 후 중심각막두께 변화에 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다($p=0.977$). 통계학적으로 의미 있는 차이는 없었지만 중심각막두께의 변화 역시 대조군<저밀도 세포군<극저밀도 세포군<전층각막이식술 후 극저밀도 세포군의 경향을 보여 각막내피세포 기능 감소의 정도를 간접적으로 반영하였다고 볼 수 있다.

마지막으로 수술 후 각막부종 발생의 임상 결과를 살펴보면, 저밀도 세포군의 1안(3.6%)에서 각막부종이 발생하였고, 이는 술 후 6개월이 지나도 호전되지 않아 각막내피세포부전이 초래되었음을 알 수 있었다. 이 환자는 술 전 핵경화 정도가 4였으며 각막이식 후 환자로 술 전 내피세포 밀도는 $294 \text{ cells}/\text{mm}^2$ 였다. 그 외의 환자 중 각막부종이 발생한 예는 없었다.

고 찰

아직 각막의 부종은 없으나, 자연 경과 중에 각막부종이 발생할 가능성이 높은 저밀도내피세포 환자에서 백내장이 발생하게 되어 환자가 많은 불편을 호소하게 되면 의사는 많은 고민을 하게 되며, 현재까지 정립된 치료가 있지 않아 수술 선택에 대한 의견 또한 다양한 상태이다. 생각해 볼 수 있는 가능한 선택은 첫 번째로 각막부종이 발생할 때까지 기다려 백내장 수술과 각막이식을 함께 시행하는 방법이 있겠고, 두 번째로 각막부종이 아직 발생하지 않았으나 환자가 많이 불편해 하면 수술 후 각막부종 발생 가능성을 고려하여 백내장 수술을 시행하면서 각막이식을 동시에 고려할 수 있다. 마지막으로 환자에게 추후 각막부종이 발생하였을 때에 각막이식을 시행하기로 하고, 먼저 백내장 수술을 시행하는 단계식 접근수술(Staged-operation) 방법이 있겠다. 본 저자는 이러한 환자들에게 충분히 세 가지

치료 방법의 득실을 설명 및 상의한 후에 단계식 접근수술의 일환으로 백내장 수술을 먼저 진행하기로 환자분과 합의하였다. 본 논문의 취지는 이러한 경우 수술 시행 이후 단기 임상 결과를 확인함으로써, 장기 임상 결과의 예후를 예측하고, 수술 결정 시 환자와 상의할 때 고려할 기본 지표를 마련하고자 하는 것이다.

본 저자들이 확인한 것은 각막내피세포 밀도가 낮은 백내장 환자에서 회전진동방식을 이용한 백내장 수술 시 핵경화 정도가 4였던 저밀도 세포군의 1안(3.6%)에서 각막부종이 발생하였으나, 대조군과 비교하여 저밀도 세포군의 술 후 각막내피세포의 밀도, 세포면적의 변이계수, 육각세포비율, 중심각막두께의 변화에 통계학적으로 의미 있는 차이는 없었다는 점이다. 이는 비록 내피세포밀도가 낮아도 백내장 수술을 핵경화가 중등도 이하일 때 시행하면, 비교적 내피세포의 변화를 적게 일으켜서 단기적으로는 각막부종을 유발하지 않고 백내장 수술이 가능함을 시사하였다.

초음파를 이용한 수정체 유화술이 백내장 수술에 도입된 이후⁸ 초음파 에너지에 의해 각막내피세포 손상이 많이 초래되는 것으로 알려져 있다. 초음파 유화기에서 나오는 열과 초음파 진동,^{9,10} 수정체 조각이나 수술기구, 인공 수정체와 각막내피세포의 직접 접촉,^{11,12} 전방 관류액에 의해 형성된 와류로 인한 각막내피세포의 직접적인 충격¹³ 등이 각막내피세포 손상의 원인이 된다. 이러한 각막내피세포의 손상을 줄이기 위해 전방관류액의 발달,¹³ 절개창의 크기를 줄이려는 시도,^{14,15} 인공수정체의 모양과 재질의 발달,¹⁶ 수술 방법의 발달 등이 이루어져 왔다. 회전진동방식의 초음파유화술 또한 그러한 노력의 일환인데, El-Moatasssem Kotb and Gamil¹⁷은 기존의 전후운동방식에 비하여 회전진동방식을 사용했을 시에 초음파 에너지와 사용 시간을 줄임으로써 각막내피세포의 손상을 최소화하고, 각막부종을 유의하게 줄였다고 보고하였다. 본 연구에서 낮은 술 전 각막내피세포 밀도를 가진 환자군의 백내장 수술 후 단기 임상 경과에 있어 대조군과 통계학적 차이가 없었던 것은 이와 같이 수술방법과 수술기구가 발달한 결과라고 해석할 수 있겠다.

하지만 본 연구에서 저밀도 세포군 내의 수술 후 각막내피세포부전이 초래된 환자 1명을 간과하지 말아야 한다. 환자는 헤르페스 각막염 이후 전층각막이식술을 시행 받았던 경우로, 수술 전 각막내피세포 밀도는 $294 \text{ cells}/\text{mm}^2$ 였고, 핵경화 4의 백내장으로 수술을 시행 받았다. 수술 후 1달째 시행한 검사상 각막내피세포 밀도는 $279 \text{ cells}/\text{mm}^2$ 로 5.10% 감소하여 각막내피세포의 변화량은 크지 않은 것처럼 보였으나, 수술 전 $592 \mu\text{m}$ 였던 중심각막두께가 수술 후 $728 \mu\text{m}$ 로 상승하여, 22.97%의 중심각막두께 상승을 보였

다. 수술 전 안전수지(2 logMAR)였던 시력이 수술 후 0.04 (2 logMAR)로 미약한 개선이 있었으나, 결국 각막내피세포 기능부전에 빠졌다. 미약한 시력의 개선이었지만 환자는 수술 이후 어느 정도 일상 생활이 가능한 상태가 되었고, 추후 각막부종이 지속될 경우 각막이식 대기 중에 있다. 내피세포의 손상이 비교적 적은 수정체 낭외 적출술이 또 다른 하나의 선택이 될 수 있으나 고도 난시를 유발하는 단점이 있다. 초음파유화술은 난시가 적게 유발되는 대신 각막 부종이 발생하였을 때 추후 각막이식이 필요할 수 있고, 이때 우리나라의 경우 이식 각막의 접근성이 외국에 비해 낮은 단점이 있다. 그러나 최근 국내 각막 기증자가 증가 추세에 있고, 수입 각막이식 또한 활성화됨에 따라 과거에 비해 각막이식의 접근성은 높아졌다. 따라서 각막부종의 가능성, 고도 난시 발생, 추후 각막이식의 접근성 및 비용에 대해 환자와 충분히 상의한 후 수술 방법을 결정하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

수술 전 각막내피세포 밀도가 $1000/\text{mm}^2$ 미만인 극저밀도 세포군과 전층각막이식술 후 각막내피세포 밀도가 $1,000/\text{mm}^2$ 미만이었던 전층각막이식술 후 극저밀도 세포군 간에도 술 전 후 각막내피세포의 밀도, 세포면적의 변이 계수, 육각세포비율, 중심각막두께의 변화에 통계학적으로 의미 있는 차이가 없었다. 이는 전층각막이식술 후 환자도 중등도 이하의 핵경화 시에 백내장 수술을 시행하면 단기적으로는 각막내피세포의 변화가 전층각막이식술을 받지 않은 극저밀도 세포군과 비슷함을 시사하였다. 그러나 전층각막이식술 후 극저밀도세포군에서 수술 이후 각막내피세포의 밀도, 육각세포비율, 중심각막두께의 변화량이 더 큰 경향을 보였다. 따라서 비록 통계적으로 유의하지는 않았지만, 내피세포 밀도가 낮은 환자 중에서도 각막이식군은 수술 후 내피세포에 대한 영향이 더 클 가능성을 염두에 두어야 할 것으로 생각된다.

전층각막이식술을 받은 이후의 각막내피세포는 다른 각막 질환에 의해 각막내피세포 기능이 떨어진 경우보다 더욱 손상이나 자극 등에 취약한 상태임이 알려져 있다.¹⁸ Ing et al¹⁹에 의하면 전층각막이식술 후 1년 후에 약 33%의 각막내피세포 손실이 보이고, 3년 후에는 52%, 5년 후에는 59%, 10년 후에는 67%의 손실이 보였다. 또한 Kim et al²⁰에 의하면 전층각막이식술 후 3개월, 6개월에 각각 25%, 30%의 각막내피세포 손실률이 보고 된 바 있다. 포식 각막 이영양증이나 국소적인 각막 혼탁 등의 여타 각막 질환에서는 중심부 각막내피세포 기능이 떨어져 있더라도 주변부 각막내피세포 기능은 보존되어 있을 가능성이 높아,^{21,22} 백내장 수술 이후 주변부 세포에서의 활주, 재배열, 확대에 의해 각막내피세포 기능의 일부 회복 가능성이 있다. 하지만

전층각막이식술을 받은 이후에는 중심부 각막내피세포 기능에 주변부의 각막내피세포 기능까지 반영될 가능성이 높고, 각막내피세포 기능의 저하가 관찰될 때 이미 주변에서 재배열 될 여분의 각막내피세포까지 소진되었음을 뜻하는 경우가 많다. 이는 각막내피세포 검사가 주로 각막 중심부 내피세포 기능을 반영함을 고려할 때, 같은 각막내피세포 밀도의 결과가 나왔어도 전층각막이식술을 시행 받은 환자의 전체적인 각막내피세포 밀도는 다른 각막질환자에 비해 더 낮을 가능성이 있음을 의미한다. 또한 수정체 핵경화의 정도는 수정체 초음파유화술 시 각막내피세포의 손상을 더 유발하는 가장 큰 위험 인자로 알려져 있다. 따라서 앞서 각막부종이 발생한 환자의 핵경화가 4임을 고려하면, 이는 각막내피세포밀도가 낮은 환자, 그 중에서도 특히 전층각막이식술을 시행 받은 환자에게는 수정체 핵경화가 이토록 진행되기 이전에 조금 일찍 백내장 수술을 시행하는 것이 보다 내피세포의 손상을 적게 일으킬 것이라는 결론을 이끌어낸다.

본 연구의 한계로는 첫째, 각막내피세포 밀도가 낮은 환자의 백내장 수술 한 달 후 단기 임상 결과만을 보고한 점이 있다. 장기간의 추적 관찰시 각막내피세포가 어느 정도 원래의 기능을 회복한다는 이전의 연구 결과들^{23,24}을 고려할 때, 각막내피세포 밀도가 낮았던 환자에서 백내장 수술 후 정상 각막내피세포 밀도를 가진 환자군과 비교하여 장기간 경과가 어떠할지에 대한 추가 연구가 필요하리라 생각된다. 하지만 백내장 수술로 손상 받은 각막내피세포의 회복은 수술 후 평균 3개월 정도면 안정화된다는 보고²⁵ 등을 참고할 때 술 후 초기의 각막내피세포 기능의 평가가 장기적인 각막내피세포 손실 정도를 예측하는 데 또한 그 중요성이 있다고 하겠다. 둘째로 각막내피세포검사 및 각막두께검사는 모두 각막 중심만을 반영한 결과라는 데에 그 한계가 있다. 앞에서 소개된 내피세포 기능 부전에 빠진 환자의 경우에서와 같이 위의 검사들이 실제 환자의 총체적인 각막 상태를 정확히 반영하지 못했을 가능성이 있다. 셋째로 백내장의 정도를 수정체의 핵경화 정도만을 가지고 평가했다는 데에 한계가 있다. 각 군간에 백내장 핵경화 정도는 매치를 통해 맞추어 주었으나, 수정체의 핵 이외에 피질 혼탁 및 후낭하피질 혼탁의 정도 차이도 결과에 영향을 주었을 수 있다.

결론적으로 백내장 수술방법과 수술기구의 발전에 힘입어 수술 전 각막내피세포밀도가 낮은 환자에서도 중등도 이하의 핵경화 시에 백내장 수술을 시행하면, 정상인에 비해 통계학적으로 유의한 각막내피세포 기능 변화의 차이 없어, 단계식 접근으로 백내장 수술을 시행 할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 각막내피세포밀도가 낮은 환자, 그 중

에서도 특히 전층각막이식술을 시행 받은 환자에게는 수정체 핵경화가 진행하기 전에 조기에 백내장 수술을 시행해주는 것이 수술 후 각막내피세포부전을 예방하는 데에 도움이 될 것이다. 이러한 임상 관찰은, 저밀도각막내피세포 환자에서 백내장이 진행하여 생활의 불편이 발생할 때, 이 환자에게 각막이식술과 백내장 수술을 동시에 권할 것인지, 아니면 백내장 수술을 시행하고 이후 각막부종이 발생하였을 시에 각막이식술을 고려하는 단계식 수술법을 권할 것인지를 상의하는 데에 도움을 줄 수 있어 의의가 있다고 생각한다. 또한 단계식 접근법으로 백내장 수술을 시행하기로 하였다면, 이 후 백내장 수술의 시기를 고려할 때 조기 수술을 시행할 것인지, 백내장 경화가 심화된 뒤에 수술할 것인지를 결정할 수 있는 하나의 지표가 될 수 있을 것으로 생각한다. 저밀도 내피세포 환자에서 백내장 수술 후 내피세포의 변화는 백내장 수술의 단계식 접근의 활용 가능성을 밝히고, 내피세포의 장기 안정성을 확인하기 위해 추후 장기간 관찰을 통한 연구가 더 필요하다 하겠다.

참고문헌

- 1) Lundström M, Stenevi U, Thorburn W. The Swedish National Cataract Register: A 9-year review. *Acta Ophthalmol Scand* 2002; 80:248-57.
- 2) Edwards M, Rehman S, Hood A, et al. Discharging routine phacoemulsification patients at one week. *Eye* 1997;11: 850-3.
- 3) 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.
- 4) Yee RW, Matsuda M, Schultz RO, Edelhauser HF. Changes in the normal corneal endothelial cellular pattern as a function of age. *Curr Eye Res* 1985;4:671-8.
- 5) Bourne WM, Kaufman HE. Cataract extraction and the corneal endothelium. *Am J Ophthalmol* 1976;82:44-7.
- 6) Kim EC, Kim MS. A comparison of endothelial cell loss after phacoemulsification in penetrating keratoplasty patients and normal patients. *Cornea* 2010;29:510-5.
- 7) 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.
- 8) Kelman CD. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol* 1967;64:23-35.
- 9) Polack FM, Sugar A. The phacoemulsification procedure. III. Corneal complications. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1977;16:39-46.
- 10) 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.
- 11) Sugar A, Fetherolf EC, Lin LL, et al. Endothelial cell loss from intraocular lens insertion. *Ophthalmology* 1978;85:394-9.
- 12) Kaufman HE, Katz JI. Endothelial change from intraocular lens insertion. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1976;15:996-1000.
- 13) Edelhauser HF, Van Horn DL, Hyndiuk RA, Schultz RO. Intracapsular irrigating solutions, their effect on the corneal endothelium. *Arch Ophthalmol* 1975;93:648-57.
- 14) Kim HJ, Kim JH, Lee DH. Endothelial cell damage in microincision cataract surgery and coaxial phacoemulsification. *J Korean Ophthalmol Soc* 2007;48:19-26.
- 15) Alió J, Rodríguez-Prats JL, Galal A, Ramzy M. Outcomes of microincision cataract surgery versus coaxial phacoemulsification. *Ophthalmology* 2005;112:1997-2003.
- 16) Barrett G, Constable IJ. Corneal endothelial loss with new intraocular lenses. *Am J Ophthalmol* 1984;98:157-65.
- 17) El-Moatassem Kotb AM, Gamil MM. Torsional mode phacoemulsification: effective, safe cataract surgery technique of the future. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2010;17:69-73.
- 18) Armitage WJ, Dick AD, Bourne WM. Predicting endothelial cell loss and long-term corneal graft survival. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:3326-31.
- 19) Ing JJ, Ing HH, Nelson LR, et al. Ten-year postoperative results of penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 1998;105:1855-65.
- 20) Kim SH, Ahn BC, Chung YT. Endothelial cell changes after penetrating keratoplasty. *J Korean Ophthalmol Soc* 2000;41:1124-31.
- 21) Wilson SE, Bourne WM, Maguire LJ, et al. Aqueous humor composition in Fuchs' dystrophy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1989;30:449-53.
- 22) Giasson CJ, Solomon LD, Polse KA. Morphometry of corneal endothelium in patients with corneal guttata. *Ophthalmology* 2007; 114:1469-75.
- 23) Sugar J, Mitchelson J, Kraff M. The effect of phacoemulsification on corneal endothelial cell density. *Arch Ophthalmol* 1978;96:446-8.
- 24) Matsuda M, Miyake K, Inaba M. Long-term corneal endothelial changes after intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol* 1988;105:248-52.
- 25) Schultz RO, Glasser DB, Matsuda M, et al. Response of the corneal endothelium to cataract surgery. *Arch Ophthalmol* 1986; 104:1164-9.

=ABSTRACT=

Short-Term Outcome of Cataract Surgery Using Torsional-Mode Phacoemulsification for Patients with Low Endothelial Cell Counts

Eun Kyoung Lee, MD,^{1,2} Mee Kum Kim, MD, PhD,^{1,2} Won Ryang Wee, MD, PhD,^{1,2} Jin Hak Lee, MD, PhD^{1,3}

*Department of Ophthalmology, Seoul National University College of Medicine¹, Seoul, Korea
Seoul Artificial Eye Center, Seoul National University Hospital Clinical Research Institute², Seoul, Korea
Department of Ophthalmology, Bundang Seoul National University Hospital³, Seongnam, Korea*

Purpose: To evaluate the short-term clinical outcome of cataract surgery using torsional mode phacoemulsification for patients with low endothelial cell density.

Methods: Fifty-seven eyes of 52 patients who underwent torsional phacoemulsification and intraocular lens insertion were included in the present study. Patients were divided into groups according to endothelial cell density (ECD). The control group was comprised of patients with more than 2500/mm² of ECD and was compared with the low ECD group (LECD) comprised of patients with less than 1600/mm² of ECD. The LECD group was further divided into a very low ECD group (VLECD) comprised of patients with less than 1000/mm² of ECD, and a PK-VLECD group comprised of patients with less than 1000/mm² of ECD after penetrating keratoplasty. Measurement of ECD, cell-size variation coefficient, hexagonality, and central corneal thickness were performed preoperatively and 1 month after surgery.

Results: The only one patient who had undergone penetrating keratoplasty with remaining low endothelial density and grade 4 nuclear sclerosis developed overt corneal edema after cataract surgery. No statistically significant differences in the change of endothelial cell characteristics and central corneal thickness before and after surgery were observed between the control and LECD group and between the VLECD and PK-VLECD group.

Conclusions: Even in patients with low ECD, torsional phacoemulsification appears to have a similar effect on the short-term change of endothelial cells, suggesting cataract surgery can be conducted with a staged approach when the density of nucleus is moderate or less dense.

J Korean Ophthalmol Soc 2011;52(4):434-441

Key Words: Cataract surgery, Corneal endothelial cell, Fuch's dystrophy, Penetrating keratoplasty, Torsional phacoemulsification

Address reprint requests to **Mee Kum Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Seoul National University Hospital
#28 Yeongon-dong, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea
Tel: 82-2-2072-2437, Fax: 82-2-741-3187, E-mail: kmk9@snu.ac.kr