

각막 굴절교정수술 방법에 따른 안압 변화 비교

조형훈¹ · 박명희¹ · 임용우² · 문정일¹

가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학교실¹, 압구정 성모안과의원²

목적: 각막 굴절교정수술방법에 따른 술 후 안압 변화에 차이가 있는지 알아 보고자 하였다.

대상과 방법: 라식(LASIK, Laser *in-situ* keratomileusis), 인트라 라식(Intra-LASIK), 라섹(LASEK, Laser assisted sub-epithelial keratomileusis)수술을 시행받은 환자를 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 술 후 안압, 안압 변화량, 중심각막두께에 따른 안압 분포를 비교하였다.

결과: 수술 방법에 따른 술 전 굴절이상, 각막 절제량에는 차이가 없었으나, 술 전 안압과, 술 전 중심각막두께에 따른 차이는 있었다($p < 0.05$). 세 군간 술 후 3개월째 안압, 안압 변화량은 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 각막 절제량에 따른 술 후 안압 변화량과 술 후 중심각막 두께에 따른 안압 분포는 세 군 모두 양의 상관관계를 보였으나 세 군간 차이는 없었다($p > 0.05$).

결론: 비접촉안압계로 측정된 각막 굴절교정수술 후 안압은 중심각막두께에 따라 양의 상관관계를 보였으나, 수술 방법에 따른 세 군간 뚜렷한 차이는 보이지 않았다.

〈대한안과학회지 2011;52(3):308-314〉

녹내장이란 다양한 임상소견과 병리조직학적 소견을 보이는 여러 가지 양상으로 이루어진 장애군이며 안압뿐만 아니라 다른 여러 가지 위험 요인으로 초래된 녹내장 특유의 시신경병증과 이에 따른 시야결손을 보이는 양상들의 총칭이다.¹ 안압은 녹내장 발병과 관련이 있는 여러 위험요인들 중에서 가장 확실하게 밝혀진 위험 요인이며 녹내장 진단 및 치료에 가장 중요한 검사이다. 현재 임상에서 가장 널리 사용되는 안압 측정 방법은 각막을 통하여 간접적으로 안압을 측정하는 비접촉안압계나 골드만압평안압계이다. 이 두 종류의 안압계는 모두 각막의 일정 면적을 편평하게 하는 데 필요한 압력을 측정하는 원리를 이용하고 있으며, 고안압이나 저안압에서는 오차가 있을 수 있으나, 정상 안압 범위에서는 측정치 사이에 비교적 정확한 것으로 알려져 있다.^{2,3} 이들 안압계는 Imbert-Fick의 법칙을 각막의 특성에 맞게 수정하여 안압을 측정한다. 그러나 수정된 Imbert-Fick의 법칙에서는 중심각막두께를 520 μm 로 가정하고 있으므로 중심각막두께가 변화하면 안압 측정

치에도 오차가 생길 수 있다. Ehlers et al⁴은 각막 두께가 520 μm 을 기준으로 10 μm 마다 0.7 mmHg 차이를 보인다고 하였고, 다른 보고에서는 10 μm 마다 0.19 mmHg라고 하였다.⁵ 각막의 만곡도도 영향을 주는데 각막굴절률의 매 3디옵터 증가마다 안압이 약 1 mmHg 정도 높게 측정된다.⁶

각막 굴절교정수술은 1983년 Trokel이 레이저를 이용한 PRK (Photorefractive keratectomy)를 처음 소개하여 근시에서 교정 효과와 안정성을 인정받은 이후,⁷⁻¹⁰ 좀더 안정적이고, 효과적인 수술 방법들이 다양하게 소개되어 왔으며, 20-40대 젊은 층을 대상으로 최근까지 활발하게 시행되고 있다. 따라서 최근에는 녹내장으로 진단받은 환자 중 각막 굴절교정수술을 시행받은 환자를 드물지 않게 접하게 되었다. 녹내장환자에서 각막굴절교정수술이 녹내장의 발생 및 진행에 관련하여 미칠 수 있는 영향은 다음과 같은 것들이 있다. 첫째, 근시안 자체가 녹내장 발생의 위험 요인이다.¹¹ 둘째, 굴절교정수술 후에는 중심각막이 얇고 편평해지므로, 압평안압계에 의해 측정된 안압은 실제보다 낮게 측정될 것이며, 실제보다 낮게 측정된 안압은 녹내장의 진단을 늦추게 되는 결과를 초래할 수 있다.¹² 셋째, 라식을 받은 경우 수술도중 각막 층판 형성을 위해 90 mmHg 이상의 안압에 적어도 5초 이상 노출되게 된다.¹³⁻¹⁵ 넷째, 술 후 염증방지, 각막혼탁방지, 퇴행방지를 위해 스테로이드를 장기간 사용하는 환자의 경우 스테로이드로 인한 안압 상승이 유발되더라도 측정 안압의 저평가로 인해 이를 인지하지 못하게 되어 치명적인 시신경 손상의 진행을 간과할 수

■ 접수 일: 2010년 1월 28일 ■ 심사통과일: 2010년 9월 7일
■ 게재허가일: 2010년 12월 13일

■ 책임저자: 문 정 일

서울시 영등포구 여의도동 62
가톨릭대학교 성모병원 안과
Tel: 02-3779-1243, Fax: 02-761-6869
E-mail: jmoon@catholic.ac.kr

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

도 있다.¹⁶⁻¹⁸ 각막 굴절교정수술은 크게 표면절제술과 절편절제술로 나누어 볼 수 있다. 라섹은 표면절제술로 술 후 콜라겐 반흔 상태를 형성할 수 있다. 라식과 인트라 라식은 절편절제술로 술 후 초기 각막 절편 사이에 경계 낭포 상태를 형성할 수 있다.¹⁹ 라식과 인트라 라식은 각막 절편 제작 방식과 각막 절편 두께에 차이가 있다. 몇몇 연구에서도 각막 굴절교정수술방법에 따른 각막의 구조적, 조직학적 차이가 각막 고유의 생체 특성과 강도에도 차이를 보인다고 하였다.¹¹

따라서, 저자들은 각막 굴절교정수술 방법에 따른 술 후 안압 변화에 차이가 있는지 임상에서 널리 사용되고 있는 라식, 인트라 라식, 라섹에 대한 술 후 안압 변화에 대해 알아보고, 술 후 안압 측정에 있어 유의할 점이 있는지 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2002년 3월부터 2005년 12월까지 압구정 성모안과의원에서 단일 술자에 의해 각막 굴절교정수술을 시행받고 6개월 이상 경과 관찰이 된 환자를 대상으로 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 모든 환자는 수술 전 병력, 나안 및 교정시력, 비접촉안압계를 이용한 안압 측정(Topcon CT-80), 조절마비 및 현성 굴절 검사, 세극등 검사 및 안저 검사, 각막곡률(Canon RK-5), 중심각막두께 측정(Orb scan II, Nidek US-800), 동공크기 측정(Oasis pupillometer), 각막직경도검사(Orbscan II)를 시행받았고 모든 수술은 단일 술자에 의해서 시행되었다. 대상 환자 가운데 안과 검사에서 약시, 각막 및 망막질환 등 다른 안질환이 있는 경우, 동반된 전신질환이 있는 경우, 과거 안질환이나 안과 수술의 과거력이 있는 경우는 제외하였다. LASIK 수술은 0.5% proparacaine hydrochloride 점안액(Alcane[®], Alcon, Texas, TX, USA)으로 점안 마취하고 microkeratome을 이용한 160 μ m 절편을 만들고 Excimer laser (Busch&Lomb, Zyoptix, USA)을 이용하여 각막 절제술을 시행하였다. 수술 후 0.3% Ofloxacin 점안액과 0.1% Fluorometholone을 하루 4번씩

점안하도록 하였고 1개월 동안 점안 횟수를 줄여 나갔다. Intra LASIK은 intra-second laser를 이용한 110 μ m 절편을 만들고 LASIK과 동일방법으로 시행하였다. LASEK 수술은 0.5% Proparacaine hydrochloride 점안액으로 점안 마취하고 Epithelial trephine으로 각막상피에 preincision (8 mm, 70 μ m)을 가한 후 20% 알코올 용액에 30초간 노출시켰다. 차가운 평형 염류 용액(BSS, Alcon, USA)으로 세척한 후 Epithelial microhoe와 박리용 spatula로 각막상피를 박리하고 Excimer laser (Busch&Lomb, Zyoptix100, USA)를 이용하여 각막절제술을 시행한 후 치료용 콘택트렌즈를 착용하게 하였다. 수술 후 0.3% Ofloxacin 점안액과 0.1% Fluorometholone을 하루 4번씩 점안하도록 하였고 상피재생을 확인 후 치료용 콘택트렌즈를 제거하고 점안 횟수를 1개월 동안 줄여 나갔다. 술 후 1개월, 3개월, 6개월째에 나안시력, 교정 시력, 굴절 검사, 안압을 측정하였다. 라식군, 인트라 라식군, 라섹군으로 나누어 나이, 성별, 굴절을 이상, 중심각막두께, 안압의 차이를 분석하였으며 통계 프로그램은 SPSS for Windows, version 13 (SPSS INC., Chicago, IL, USA)를 이용하였다.

결 과

총 150명 296안이 대상이 되었고 평균 연령은 29.68 ± 5.89 세, 남녀비는 남자 32명(64안), 여자 118명(232안)이었으며 평균 구면 대응치는 -5.36 ± 2.29 디옵터, 술 전 중심각막두께는 $535.33 \pm 36.64 \mu$ m, 술 전 안압은 17.13 ± 2.84 mmHg였다. 라식군 48명(96안), 인트라 라식군 50명(98안), 라섹군 52명(102안)이었고, 술 전 안압($p=0.000$)과 술 전 중심각막두께($p=0.000$)는 세 군간에 차이가 있었다(one way ANOVA) (Table 1). 라식군, 인트라 라식군, 라섹군에서 각각 술 후 안압은 술 후 1개월째 12.81 ± 2.69 mmHg, 14.29 ± 4.46 mmHg, 10.52 ± 2.15 mmHg, 술 후 3개월째 12.64 ± 3.18 mmHg, 12.08 ± 3.16 mmHg, 11.46 ± 3.25 mmHg, 술 후 6개월째 11.41 ± 3.13 mmHg, 11.99 ± 3.21 mmHg, 10.61 ± 3.14 mmHg로 술 후 1개월

Table 1. Patient's demographics

	Total (eyes) (n = 296)	LASIK (n = 96)	Intra-LASIK (n = 98)	LASEK (n = 102)	p-value
Age (mean \pm SD, yr)	29.68 ± 5.89	30.16 ± 5.44	28.88 ± 5.92	30.00 ± 6.24	0.253
Sex (M:F)	64:232	23:73	17:81	24:78	0.475
SE* (mean \pm SD, Diopter)	-5.36 ± 2.29	-4.97 ± 1.86	-5.58 ± 2.37	-5.53 ± 2.54	0.117
Pre-op CCT† (mean \pm SD, μ m)	535.33 ± 36.64	538.80 ± 38.96	541.21 ± 63.78	504.82 ± 39.89	0.000
Pre-op IOP‡ (mean \pm SD, mmHg)	17.13 ± 2.84	17.65 ± 2.94	17.60 ± 2.62	16.22 ± 2.77	0.000

*SE = spherical equivalent; †CCT = central corneal thickness; ‡IOP = intraocular pressure.

제 안압($p=0.000$)과 술 후 6개월째 안압($p=0.014$)은 세 군간에 차이를 보였으나, 술 후 3개월째 안압($p=0.104$)은 세 군간에 차이를 보이지 않았다(Table 2).

평균 각막 절제량은 라식군 $77.00 \pm 23.38 \mu\text{m}$, 인트라 라식군 $88.28 \pm 28.60 \mu\text{m}$, 라섹군 $78.30 \pm 27.20 \mu\text{m}$ 로 세 군간 차이를 보였고($p=0.038$), 술 후 안압 변화량은 라식군, 인트라 라식군, 라섹군에서 각각 술 후 1개월째 $5.13 \pm 2.94 \text{ mmHg}$, $3.76 \pm 3.80 \text{ mmHg}$, $5.47 \pm 2.84 \text{ mmHg}$, 술 후 3개월째 $5.36 \pm 2.85 \text{ mmHg}$, $5.62 \pm 3.20 \text{ mmHg}$, $4.86 \pm 3.12 \text{ mmHg}$, 술 후 6개월째 $5.76 \pm 3.21 \text{ mmHg}$, $4.76 \pm 3.64 \text{ mmHg}$, $5.84 \pm 2.91 \text{ mmHg}$ 로 술 후 1개월째 안압 변화량($p=0.016$)은 세 군간 차이를 보였으나 술 후 3개월째 안압 변화량($p=0.331$)과 6개월째 안압 변화량($p=0.316$)은 세 군간 차이를 보이지 않았다(Table 3). 본 연구에서는 술 후 1개월째 안압은 각막의 불안정성 때문에 안압 측정의 변동성이 클 것으로 판단하였고, 술 후 6개월째는 추적 관찰 된 대상의 수가 적었기 때문에 술 후 3개월째의 안압만을 비교해 보기로 하였다. 술 후 3개월째 경과 관찰된 환자

들만을 대상으로 술 전 중심각막두께가 $500 \mu\text{m}$ 미만인 경우, $500\text{--}550 \mu\text{m}$ 사이인 경우, $500 \mu\text{m}$ 초과인 경우로 구간을 나누고 각 구간별로 술 후 3개월째 측정 안압을 비교하였다. 라식군은 술 전 중심각막두께가 $500 \mu\text{m}$ 미만인 경우가 없었다. 인트라 라식군과 라섹군에서 술 전 중심각막두께가 $500 \mu\text{m}$ 미만인 경우 술 후 3개월째 측정 안압은 각각 $10.14 \pm 3.89 \text{ mmHg}$, $10.95 \pm 3.60 \text{ mmHg}$ ($p=0.561$)로 두 군간의 차이는 없었다. 술 전 중심각막두께가 $500\text{--}550 \mu\text{m}$ 사이인 경우 술 후 측정 안압은 각각 $11.81 \pm 2.86 \text{ mmHg}$, $10.82 \pm 2.59 \text{ mmHg}$, $11.26 \pm 2.40 \text{ mmHg}$ ($p=0.316$), $550 \mu\text{m}$ 초과인 경우 술 후 측정 안압은 각각 $13.75 \pm 3.31 \text{ mmHg}$, $14.27 \pm 3.04 \text{ mmHg}$, $13.82 \pm 3.09 \text{ mmHg}$ ($p=0.830$)였다. 술 전 중심각막두께가 비슷할 경우 수술 방법에 따른 술 후 측정 안압은 차이가 없었다(Table 4).

술 후 3개월째 경과 관찰된 환자들만을 대상으로 각막 절제량이 $50 \mu\text{m}$ 미만인 경우, $50\text{--}100 \mu\text{m}$ 사이인 경우, $100 \mu\text{m}$ 초과인 경우로 구간을 나누고 각 구간별로 술 후 측정 안압을 비교하였다. 각막 절제량이 $50 \mu\text{m}$ 미만인 경우 술

Table 2. Post-operative intraocular pressure in three groups

	LASIK (n = 96)	Intra LASIK (n = 98)	LASEK (n = 102)	p-value
	(mean \pm SD)	(mean \pm SD)	(mean \pm SD)	
Preop IOP* (mmHg)	17.65 ± 2.94	17.60 ± 2.62	16.22 ± 2.77	0.000
POD† 1 month	12.81 ± 2.69	14.29 ± 4.46	10.52 ± 2.15	0.000
POD 3 months	12.64 ± 3.18	12.08 ± 3.16	11.46 ± 3.25	0.104
POD 6 months	11.41 ± 3.13	11.99 ± 3.21	10.61 ± 3.14	0.014

*IOP = intraocular pressure; †POD = post operative date.

Table 3. Post-operative intraocular pressure change in three groups

	LASIK (n = 96)	Intra LASIK (n = 98)	LASEK (n = 102)	p-value
	(mean \pm SD)	(mean \pm SD)	(mean \pm SD)	
ΔCCT^* (μm)	77.00 ± 23.38	88.28 ± 28.60	78.30 ± 27.20	0.038
POD† 1 month (mmHg)	5.13 ± 2.94	3.76 ± 3.80	5.47 ± 2.84	0.016
POD 3 months	5.36 ± 2.85	5.62 ± 3.20	4.86 ± 3.12	0.331
POD 6 months	5.76 ± 3.21	4.76 ± 3.64	5.84 ± 2.91	0.316

* ΔCCT = corneal ablation amount; †POD = post operative date.

Table 4. Comparison of intraocular pressure at post operative 3 months according to pre operative central corneal thickness (mmHg)

		LASIK	Intra LASIK	LASEK	p-value
IOP* (mean \pm SD, mmHg)		12.64 ± 3.18 (n = 56)	12.08 ± 3.16 (n = 67)	11.46 ± 3.25 (n = 80)	0.104
CCT† ((mean \pm SD, μm)	<500	- (n = 0)	10.14 ± 3.89 (n = 7)	10.95 ± 3.60 (n = 42)	0.561
	500-550	11.81 ± 2.86 (n = 32)	10.82 ± 2.59 (n = 34)	11.26 ± 2.40 (n = 27)	0.316
	>550	13.75 ± 3.31 (n = 24)	14.27 ± 3.04 (n = 26)	13.82 ± 3.09 (n = 11)	0.830

*IOP = intraocular pressure; †CCT = central corneal thickness.

후 측정 안압은 각각 14.33 ± 2.50 mmHg, 12.86 ± 4.34 mmHg, 14.54 ± 3.23 mmHg ($p=0.569$)로 세 구간 차이를 보이지 않았다. 각막 절제량이 50-100 μ m 사이인 경우 술 후 측정 안압은 각각 12.30 ± 3.23 mmHg, 13.44 ± 2.92 mmHg, 10.95 ± 3.13 mmHg ($p=0.003$)로 세 구간에 차이가 있었다. 각막 절제량이 100 μ m초과인 경우 술 후 측정 안압은 각각 13.00 ± 3.23 mmHg, 10.11 ± 1.98 mmHg, 10.65 ± 2.66 mmHg ($p=0.011$)로 세 구간 차이를 보였다. 각막 절제량 50-100 μ m일 경우 라섹군, 각막 절제량 100 μ m 초과일 경우는 인트라 라식군과 라섹군에서 술 후 안압이 다른 군 보다 낮게 측정 되었다(Table 5). 술 후 3개월째 경과 관찰된 환자들은 대부분이(46%) 500-550 μ m의 술 전 중심각막두께를 가지고 있었다. 또한 Table 5에서 나타나듯이 각막 절제량이 50 μ m 이상일 경우에 술 후 측정 안압이 세 구간에 차이가 있었다. 따라서 저자들은 술 전 중심각막두께가 500-550 μ m이고 각막 절제량이 50 μ m 이상인 경우만을 선별하여 세 구간 술 후 3개월째 측정 안압을 비교하여 보았다. 술 후 3개월째 안압은 각각 11.37 ± 2.69 mmHg, 10.80 ± 2.46 mmHg, 11.26 ± 2.40 mmHg ($p=0.660$)로 세 구간 차이를 보이지 않았다. 다시 절제량을 50-100 μ m 사이인 경우, 100 μ m 초과인 경우로 나누고 각 구간별로 술 후 측정 안압을 비교하였다. 각막 절제량이 50-100 μ m 사이인 경우 술 후 안압은 각각 11.09 ± 2.72 mmHg, 13.00 ± 2.19 mmHg, 11.29 ± 2.58 mmHg

($p=0.104$)로 세 구간 차이를 보이지 않았다. 각막 절제량 100 μ m 초과인 경우 12.60 ± 2.40 mmHg, 9.53 ± 1.54 mmHg, 11.20 ± 2.74 mmHg ($p=0.011$)로 세 구간의 차이를 보였으며 인트라 라식군에서 다른 군보다 측정 안압이 낮았다(Table 6).

각막 절제량에 따른 술 후 안압 변화량은 절제량이 커질수록 안압 감소 변화량도 증가하게 나타났다($R^2=0.012$, $p<0.05$) (Fig. 1).

술 후 중심각막두께에 따른 술 후 안압 변화량은 술 후

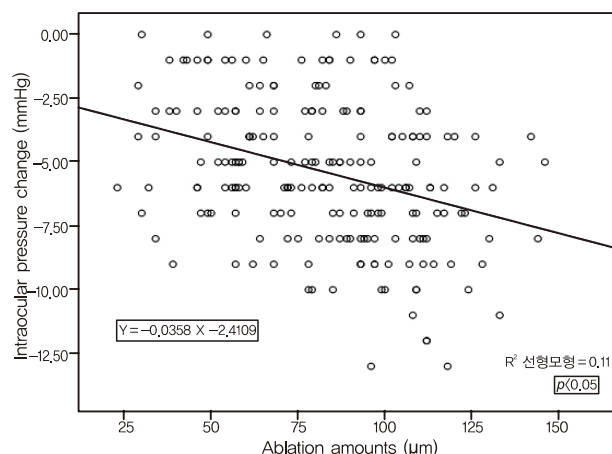


Figure 1. Plot of change in intraocular pressure to change in corneal ablation amount at post operative 3 months ($R^2 = 0.112$, $p < 0.05$ regression analysis).

Table 5. Comparison of intraocular pressure at post operative 3 months, according to corneal ablation amount (mmHg)

	LASIK (mean \pm SD)	Intra LASIK (mean \pm SD)	LASEK (mean \pm SD)	p-value
IOP* (mmHg)	12.64 ± 3.18 (n = 56)	12.08 ± 3.16 (n = 67)	11.46 ± 3.25 (n = 80)	0.104
Δ CCT† (μ m)				
<50	14.33 ± 2.50 (n = 6)	12.86 ± 4.34 (n = 7)	14.54 ± 3.23 (n = 13)	0.569
50-100	12.30 ± 3.23 (n = 40)	13.44 ± 2.92 (n = 34)	10.95 ± 3.13 (n = 44)	0.003
>100	13.00 ± 3.23 (n = 10)	10.11 ± 1.98 (n = 26)	10.65 ± 2.66 (n = 23)	0.011

*IOP = intraocular pressure; †CCT = central corneal thickness.

Table 6. Comparison of intraocular pressure at post operative 3 months according to corneal ablation amount in pre operative central corneal thickness 500-550 μ m

	LASIK (mean \pm SD)	Intra LASIK (mean \pm SD)	LASEK (mean \pm SD)	p-value
IOP* (mmHg)	11.37 ± 2.69 (n = 27)	10.80 ± 2.46 (n = 30)	11.26 ± 2.40 (n = 27)	0.660
Δ CCT† (μ m)				
50-100	11.09 ± 2.72 (n = 22)	13.00 ± 2.19 (n = 11)	11.29 ± 2.58 (n = 17)	0.104
>100	12.60 ± 2.40 (n = 5)	9.53 ± 1.54 (n = 19)	11.20 ± 2.74 (n = 10)	0.011

*IOP = intraocular pressure; † Δ CCT = corneal ablation amount.

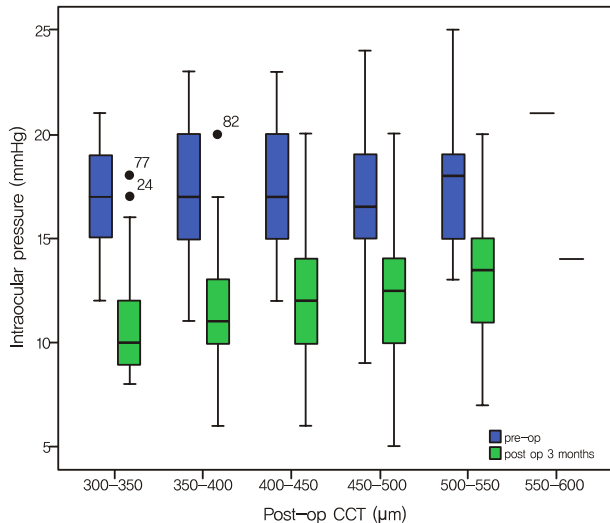


Figure 2. Pre and Post-op mean intraocular pressure in CCT 3 months after refractive surgery; CCT = central corneal thickness.

중심각막두께가 얇아질수록 안압 변화폭이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 술 후 중심각막두께의 구간에 따라 술 후 안압 변화량은 300-350 μm 일 때 5.91 mmHg, 350-400 μm 일 때 5.72 mmHg, 400-450 μm 일 때 5.21 mmHg, 450-500 μm 일 때 4.33 mmHg, 500-550 μm 일 때 4.42 mmHg로 술 후 중심각막두께가 450-500 μm 일 때를 기준으로 이보다 작을수록 안압 변화폭이 더욱 급격하게 증가하는 양상을 볼 수 있었다(Fig. 2).

고 찰

각막 굴절교정수술은 1980년대 이후로 현재까지 활발하게 시행되고 있다. 각막 굴절교정수술은 중심부의 상측 각막 간질을 레이저로 절삭하여 굴절 이상을 교정한다. 따라서 중심각막두께와 각막 만곡도, 각막 난시 등 안압 측정에 영향을 주는 인자들이 변화하게 된다.^{11,21} 안압계는 각막두께나 각막 형태에 따라 안압이 실제와 다르게 측정될 수 있다. 즉, 중심각막두께가 두꺼우면 실제 안압보다 높게 측정되고, 얇으면 낮게 측정되며, 각막 곡률치가 증가하면 안압이 높게 측정된다고 알려져 있다.^{22,23} 각막 굴절교정수술 후 저평가된 안압의 위험성은 높은 안압을 정상으로 잘못 간주하여 녹내장에 대한 조기 진단 및 치료의 시기를 놓칠 수 있다는 데 있다. 더욱이 근시 자체가 녹내장 발생과 진행의 위험인자이며, 각막굴절교정수술 과정에서 안압 상승과 술 후 스테로이드 안약을 점안했을 때 발생할 수 있는 안압 상승등은 각막 굴절교정수술을 받은 환자에서 녹내장 발생의 위험요소로 작용한다.

본 연구에서는 안압 측정에 비접촉안압계를 이용하였다.

비접촉안압계는 골드만압평안압계에 비해 정확도는 다소 떨어지지만, 각막 굴절교정수술 후 각막이 안정화되지 않은 상태에서 각막 절편에 대한 기계적 영향과 감염의 기회가 골드만압평안압계보다 적은 장점이 있다. 한편, 각막 굴절교정수술 후 안압이 각막중심부에서 주변부보다 더 낮게 측정 되는 경향이 있기 때문에 골드만압평안압계로 각막의 주변부 안압을 측정하는 것이 한 방법이 될 수 있다는 보고가 있는데, 라식후의 안압을 골드만압평안압계와 비접촉성안압계로 측정했을 때 비접촉성안압계 보다 골드만압평안압계에서 안압이 더 낮게 측정되었으며 비접촉성안압계에 의해 측정된 각막 중심부와 주변부에서의 안압은 통계학적으로 유의성은 없으므로 LASIK 후 안압 측정은 비접촉성안압계가 골드만압평안압계보다 유용하다는 보고가 있다.^{24,25} 따라서 각막 굴절교정술 후 안압 측정을 하는 경우 비접촉성안압계가 골드만압평안압계보다 더 안전하고 정확한 방법이 될 가능성이 있다.

저자들은 술 전 안압이 라식군, 인트라 라식군, 라섹군 사이에 차이를 보였던 이유가 라섹의 경우 다른 수술 방법보다 더 얇은 중심각막두께를 가진 경우까지 수술 적응증을 잡을 수 있기 때문에 생긴 차이로 생각하였다. 각막 인자를 고려한 보정 안압은 Ehlers et al⁴이 각막 중심각막두께가 평균 70 μm 감소할 때 측정 안압은 평균 5 mmHg만큼 낮고, 두꺼운 각막에서 안압이 과측정되고, 얇은 각막에서는 저측정되는 것을 연구하였다. 이후 각막 두께, 각막 곡률, 각막 고유 특성 등을 고려한 여러 보정 안압 공식들이 변형되고 간소화되면서 소개되고 있다. Ehler에 의한 보정 안압은 중심각막두께 520 μm 를 기준으로 이보다 크거나 작은 경우 중심각막두께 1 μm 마다 약 0.07 mmHg를 측정 안압에 가감하여 적용하였고, Shimmyo, Kohlhaas에 의한 보정 안압은 Ehlers와 유사한 방법으로 각각 중심각막두께 520 μm 와 540 μm 를 기준으로 중심각막두께 1 μm 마다 약 0.02 mmHg와 0.04 mmHg를 측정 안압에 가감하여 적용하였다. Ehlers에 의한 술 전 보정 안압은 세 군간에 차이가 보였으나 Shimmyo, Kohlhaas에 의한 술전 보정 안압은 세 군간에 차이가 없었다. 이 세 가지 보정 안압은 중심각막두께만을 고려한 것으로 안압에 영향을 줄 수 있는 각막 만곡도, 각막 굴절률, 각막 고유의 생체 특성(corneal hysteresis) 등 다른 각막 인자를 고려한 보정 안압을 적용 해 볼 필요가 있으리라 본다.²⁶

Kirwan and O'Keefe²⁷는 굴절교정술 후 3개월째 골드만압평안압계로 측정한 안압은 라식에서 평균 절제량 90.1 μm 에 약 3.7 mmHg의 안압 감소(0.041 mmHg/ μm)를 보이며, 라섹군에서는 평균 절제량 4.5 μm 에 3.9 mmHg의 안압 감소(0.052 mmHg/ μm)를 보인다고 하였다. Sánchez-

Navés et al²⁸은 라식에 있어 술 후 각막 절편 형성만으로 약 1.6 mmHg 안압 감소를 보이고, 각막 절제량에 의해 중심각막두께 약 1 μ m 마다 0.029 mmHg의 안압 감소를 보인다고 하였다. 본 연구에서 술 후 3개월째 세 가지 레이저 각막 굴절교정수술 방법에 따른 비접촉안압계로 측정된 평균 안압 변화량은 라식군에서 평균 각막 절제량 77.00 μ m에 5.36 mmHg의 안압 감소(0.069 mmHg/ μ m)를 인트라라식군에서 88.28 μ m에 5.62 mmHg (0.064 mmHg/ μ m), 라섹군에서 78.30 μ m에 4.86 mmHg (0.062 mmHg/ μ m)에 안압 감소를 보였다. 세 군 평균 각막 절제량 1 μ m당 약 0.065 mmHg 안압 감소를 보였고, 술 후 안압 감소량은 약 평균 4.8-5.8 mmHg을 보이며 세 군간 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 굴절교정수술 후 안압 변화는 각막 절제량에 비례하였으며 술 후 안압은 술 후 중심각막두께가 클수록 증가하는 양의 상관관계를 유지하였다.

인트라 라식과 라섹의 경우 라식보다 각막 절편이 더 얇게 제작되므로 절제되어 약해진 각막 간질의 고유 특성이 안압계에 보다 더 가까이 전달 되기 때문에 술 후 측정 안압이 더 낮아진 것으로 판단된다(Table 5). 인트라 라식의 경우 술 후 초기에 기저 각막 간질과 각막 절편 사이에 형성되는 미세 낭종 때문에 술 후 안압이 라섹보다 더 낮게 측정되었으리라 생각된다(Table 6).²⁹⁻³¹ 각막 절제량이 클수록 각막 간질의 강도는 보다 더 약해지고 술 후 중심각막 두께도 보다 얇아져 술 후 측정 안압을 더욱 낮게 평가되는데 영향을 줄 것이다. 따라서 술 후 중심각막두께가 보다 적을수록 술 전 안압과의 안압 변동폭은 더욱 증가되어 나타날 것이다. 본 연구에서는 술 후 중심각막두께가 450 μ m를 기준으로 이보다 두께가 얇아질 때 안압 감소폭이 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있었는데 아마도 술 후 중심각막 두께 450 μ m가 술 후 안압 감소폭 증가에 임계점(critical point)으로 작용하는 것이 아닌가 추측된다(Fig. 2).^{30,32}

한편, 본 연구에서는 중심각막두께만을 고려한 굴절교정수술 방법에 따른 세 군간에 차이를 살펴보았으나 술 후 안압에 영향을 줄 수 있는 다른 각막 인자에 대한 추가적인 조사도 필요하리라 생각된다.

참고문헌

- 1) Albert DM, Jakobiec FA. Principles and Practice of Ophthalmology. Philadelphia: WB Saunders Co., 1994;1291.
- 2) Wolfs RC, Klaver CC, Vingerling JR, et al. Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure: The Rotterdam Study. Am J Ophthalmol 1997;123:767-72.
- 3) Whitacre MM, Stein RA, Hassanein K. The effect of corneal thickness on applanation tonometry. Am J Ophthalmol 1993;115:592-6.
- 4) Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and cen-

- tral corneal thickness. Acta Ophthalmol 1975;53:34-43.
- 5) Dohadwala AA, Munger R, Damji KF. Positive correlation between Tono-Pen intraocular pressure and central corneal thickness. Ophthalmology 1998;105:1849-54.
- 6) Mark HH. Corneal curvature in applanation tonometry. Am J Ophthalmol 1973;76:223-4.
- 7) Trokel SL, Srinivasan R, Braren B. Excimer laser surgery of the cornea. Am J Ophthalmol 1983;96:710-5.
- 8) Seiler T, Holschbach A, Derse M, et al. Complications of myopic photorefractive keratectomy with the excimer laser. Ophthalmology 1994;101:153-60.
- 9) Gartry DS, Kerr Muir MG, Marshall J. Excimer laser photorefractive keratectomy: 18 months follow-up. Ophthalmology 1992;99:1209-19.
- 10) Seiler T, Wollensak J. Myopic photorefractive keratectomy with excimer laser: one-year followup. Ophthalmology 1991;98:1156-63.
- 11) Shields MB, Ritch R. Glaucoma, Intraocular Pressure and Tonometry, 2nd ed. St. Louis: Mosby, 1996;407-28.
- 12) Dimitrios SS, Georgios IP, Carlos M. Assessment of the Pascal dynamic contour tonometer in monitoring intraocular pressure in unoperated eyes and eyes after LASIK. J Cataract Refract Surg 2004;30:746-51.
- 13) Bissen-Miyajima H, Suzuki S, Ohashi Y, Minami K. Experimental observation of intraocular pressure changes during microkeratome suctioning in laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2005;31:590-4.
- 14) Suzuki CR, Farah ME. Retinal peripheral changes after laser in situ keratomileusis in patients with high myopia. Can J Ophthalmol 2004;39:69-73.
- 15) Mirshahi A, Kohnen T. Effect of microkeratome suction during LASIK on ocular structures. Ophthalmology 2005;112:645-9.
- 16) Hamilton DR, Manche EE, Rich LF, Maloney RK. Steroid-induced glaucoma after laser in situ keratomileusis associated with interface fluid. Ophthalmology 2002;109:659-65.
- 17) Shaikh NM, Shaikh S, Singh K, Manche E. Progression to end-stage glaucoma after laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2002;28:356-9.
- 18) Levy Y, Hefetz L, Zadok D, et al. Refractory intraocular pressure increase after photorefractive keratectomy. J Cataract Refract Surg 1997;23:593-4.
- 19) Samuelson TW. Refractive surgery in glaucoma. Curr Opin Ophthalmol 2004;15:112-8.
- 20) Chihara E. Assessment of true intraocular pressure: the gap between theory and practical data. Surv Ophthalmol 2008;53:203-18.
- 21) Koh SI, Kim SD, Kim JD. The effect of the changes in central corneal thickness and curvature on measurement of intraocular pressure after LASIK. J Korean Ophthalmol Soc 1999;40:2464-72.
- 22) Wittenberg S, Green MK. The effect of tears in intraocular pressure as measured with the NCT. Invest Ophthalmol 1976;15:139-42.
- 23) Kwon GR, Kang SW, Kee C. The influence of central corneal thickness on intraocular pressures measured with Goldmann applanation tonometer and non-contact tonometer. J Korean Ophthalmol Soc 1998;39:1494-8.
- 24) Schipper I, Senn P, Thomas U, Suppinger M. Intraocular pressure after excimer laser photorefractive keratectomy for myopia. J Refract Corneal Surg 1995;11:366-70.
- 25) Zadok D, Tran DB, Twa M, et al. Pneumotonometry versus

- Goldmann tonometry after laser in situ keratomileusis for myopia. J Cataract Refract Surg 1999;25:1344-8.
- 26) Qazi MA, Sanderson JP, Mahmoud AM, et al. Postoperative changes in intraocular pressure and corneal biomechanical metrics: Laser in situ keratomileusis versus laser-assisted subepithelial keratectomy. J Cataract Refract Surg 2009;35:1774-88.
- 27) Kirwan C, O'Keefe M. Measurement of intraocular pressure in LASIK and LASEK patients using the Reichert Ocular Response Analyzer and Goldmann applanation tonometry. J Refract Surg 2008;24:366-70.
- 28) Sánchez-Navés J, Furfaro L, Piro O, Balle S. Impact and permanence of LASIK-induced structural changes in the cornea on pneumotonometric measurements: contributions of flap cutting and stromal ablation. J Glaucoma 2008;17:611-8.
- 29) Samuelson TW. Refractive surgery in glaucoma. Curr Opin Ophthalmol 2004;15:112-8.
- 30) Cronemberger S, Guimarães CS, Calixto N, Calixto JM. Intraocular pressure and ocular rigidity after LASIK. Arq Bras Oftalmol 2009;72:439-43.
- 31) Roy AS, Dupps WJ Jr. Effects of altered corneal stiffness on native and postoperative LASIK corneal biomechanical Behavior: a whole-eye Finite Element Analysis. J Refract Surg 2009;25:875-87.
- 32) Kohli PG, Randhawa BK, Singh KD, et al. Relation between central corneal thickness and intraocular pressure in Punjabi population. J Med Eng Technol 2010;34:1-6.

=ABSTRACT=

Comparison of Measured Intraocular Pressure Change According to the Methods of Corneal Refractive Surgery

Hyung Hun Cho, MD¹, Myoung Hee Park, MD¹, Yong-Woo Im, MD², Jung-Il Moon, MD¹

*Department of Ophthalmology, The Catholic University of Korea School of Medicine¹, Seoul, Korea
Apgujung St. Mary's Eye Center², Seoul, Korea*

Purpose: To evaluate differences in intraocular pressure change after three different methods of corneal refractive surgery.

Methods: The medical records of 296 eyes of 150 patients who underwent corneal refractive surgery were reviewed. Spherical equivalent, central corneal thickness (CCT), and intraocular pressure before surgery, and one month, three months and six months after surgery were analyzed.

Results: The patients included those having undergone laser-assisted *in situ* keratomileusis (LASIK; 96 eyes), IntraLASIK (98 eyes), laser assisted sub-epithelial keratomileusis (LASEK; 102 eyes). Post operative intraocular pressure in ablated corneal depth and in CCT showed a meaningful correlation. Intraocular pressure decreased significantly after refractive surgery; however, there were no differences among the three groups.

Conclusions: Post operative intraocular pressure after corneal refractive surgery is influenced by CCT. There were no differences in intraocular pressure change among the three groups.

J Korean Ophthalmol Soc 2011;52(3):308-314

Key Words: Central corneal thickness, Intraocular pressure, Refractive surgery

Address reprint requests to **Jung-Il Moon, MD**

Department of Ophthalmology, St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea
#62 Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-713, Korea
Tel: 82-2-3779-1243, Fax: 82-2-761-6869, E-mail: jimoon@catholic.ac.kr