

## 각막굴절교정수술 후 펜타캠을 이용한 안압 보정방법의 비교

홍련화<sup>1</sup> · 이민규<sup>2</sup> · 박창원<sup>1</sup> · 장동진<sup>2</sup> · 리영준<sup>3</sup> · 주천기<sup>1,2</sup>

가톨릭대학교 의과대학 시과학연구소<sup>1</sup>, 가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학교실<sup>2</sup>, 연변대학 부속병원 안과<sup>3</sup>

**목적:** 각막굴절교정수술 후 Pentacam<sup>®</sup>에 내장된 다섯 가지 안압 보정값의 정확성을 알아 보고자 하였다.

**대상과 방법:** 에피라식(epipolis laser in situ keratomileusis)을 받은 62명 124안에 대하여 골드만 압평 안압계로 수술 전 및 술 후 6개월에 안압을 측정하였고, 얻은 안압 측정값을 Pentacam에 내장된 다섯 가지 보정법에 입력하여 안압 보정값을 산출하고 서로 비교하였다.

**결과:** 수술 전과 후 안압은 각각  $15.75 \pm 2.24$  mmHg,  $10.72 \pm 2.31$  mmHg로 술 후 안압이 술 전에 비하여 통계학적으로 유의하게 낮았다( $p < 0.001$ ). Pentacam에 내장된 다섯 가지 보정법 중에서 Ehlers 보정법은 수술 전과 술 후 안압 측정치의 유의한 차이가 없었고( $p = 0.228$ ), 술 후 보정값이 술 전 GAT의 측정값과 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p = 0.413$ ).

**결론:** Pentacam에 내장된 다섯 가지 안압 보정법 중에서 Ehlers 보정법이 다른 방법과 비교하여 가장 정확한 방법으로 판단되며, 각막굴절교정수술 후 실제보다 낮게 측정된 안압을 보정하는 데 유용할 것으로 생각한다.

(대한안과학회지 2013;54(1):26-32)

각막굴절교정수술 후에는 중심각막두께, 전면각막곡률, 각막저항 등 각막의 생체역학적 특성이 변화되어 안압이 실제보다 낮게 측정된다.<sup>1,2</sup> 안압이 정상범위 이내로 측정되더라도, 실제 안압이 그보다 높은 경우, 녹내장의 진단 및 치료의 시기를 놓칠 수 있으며 치명적인 시신경 손상의 진행을 간과하여 결국 시력상실까지도 초래하는 심각한 문제가 발생할 수 있다.<sup>3-5</sup> 이러한 문제점을 해결하기 위하여 각막굴절교정수술 후에 낮게 측정되는 안압을 보정하기 위한 여러 연구가 있었다.<sup>6-8</sup>

최근에는 Pascal Dynamic Contour Tonometry (PDCT; Swiss Microtechnology Switzerland), Ocular Response Analyzer (ORA, Reichert Technologies, Depew, New York)을 이용한 새로운 안압 측정방법도 소개되었다.<sup>9,10</sup> 하지만 이들의 측정원리와 방법이 다르기 때문에 측정치가 서로 다르고, 고가의 장비를 필요로 하여 널리 사용되지 못하고 있다.

Pentacam (OCULUS Pentacam HR Wetzlar, Germany)은 360°로 회전하는 Scheimpflug 카메라를 사용하는 광학

적 화상 측정 도구로서 각막지형도, 백내장 핵 밀도에 대한 평가, 전방척도측정, 고위수차 등 여러 가지 기능을 갖고 있으며, 그 밖에 다섯 가지 안압 보정 기능을 가지고 있어서 추가 비용 없이 굴절교정 수술 후 안압을 보정할 수 있다. 안압 보정 공식들은 기존에 소개된 각막 두께와 각막곡률 반경을 이용한 공식들이 pentacam에 내장되어 있는 것으로 서로 비교가 가능하다. 그러나 현재까지 그중 어느 방법이 더 정확한지에 대해서는 연구가 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 에피라식 후 Pentacam의 다섯 가지 방법에 의한 안압 보정값을 비교함으로써 그 중 가장 효율적인 보정법을 알아보려고 하였다.

### 대상과 방법

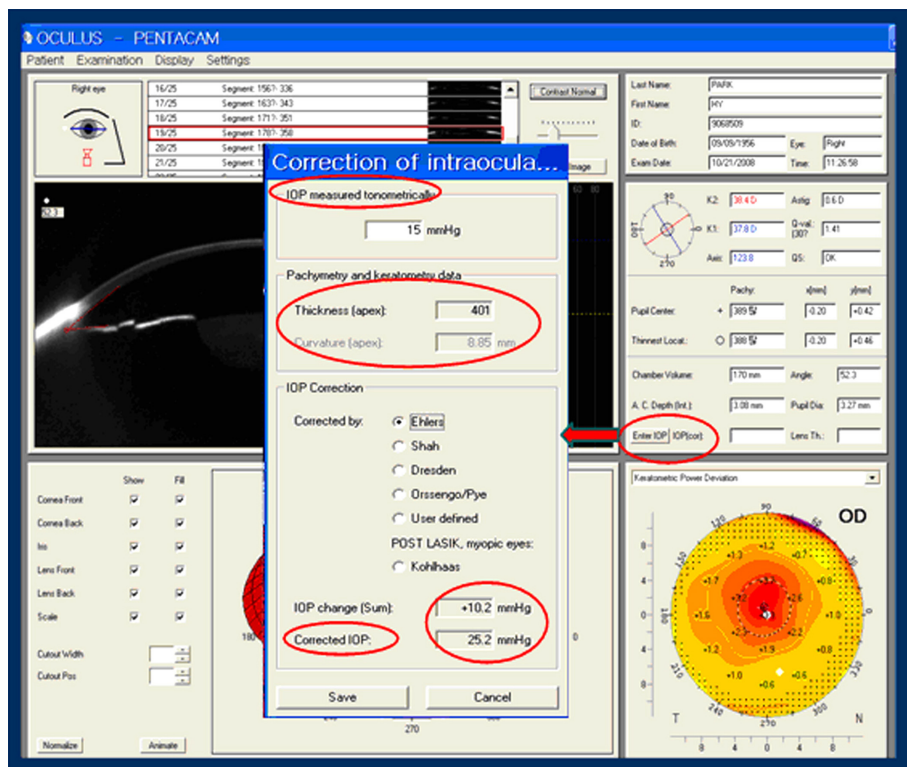
본 연구는 2009년 1월부터 12월까지 본원에서 동일 술자에 의하여 에피라식을 시행 받은 62명, 124안을 대상으로 하였다. 구면렌즈 대응치  $-10.00D$  이상과 난시  $-2.50D$  이상은 대상에서 제외하였으며 각막질환, 백내장, 녹내장, 망막질환, 약시 등의 안과적 질환이나 안과수술 과거력, 동반된 전신질환이 있는 경우에도 연구에서 제외하였다. 본 연구는 가톨릭중앙의료원 생명윤리심의위원회(IRB)의 승인을 받아 시행하였다.

수술 전 검사로 나안 및 최대교정시력, 세극등검사, 현성 및 조절마비 굴절검사, 안저검사 등 기본검사를 시행하였으

■ 접수 일: 2012년 8월 3일 ■ 심사통과일: 2012년 8월 25일  
■ 게재허가일: 2012년 12월 15일

■ 책임저자: 주 천 기

서울특별시 서초구 반포대로 222  
가톨릭대학교 서울성모병원 안과  
Tel: 02-2258-7621, Fax: 02-599-7405  
E-mail: ckjoo@catholic.ac.kr



**Figure 1.** User interface imaging of Pentacam for correction of intraocular pressure.

며 술 전, 술 후 Pentacam을 이용하여 중심각막두께, 각막 곡률반경을 측정하였다. 안압은 골드만 압평 안압계(GAT; Goldmann Applanation Tonometry, Haag-Streit, Switzerland)로 측정하였고 이를 Pentacam에 내장된 Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye, Kohlhaas 다섯 가지 보정법에 입력하여 안압 보정값을 산출하였다. 보정된 술 후 안압은 보정된 술 전 안압 및 술 전 GAT 측정값과 비교하였다. 안압을 측정한 시간은 오전 10시에서 12시 사이였고 한 명의 검사자(Y.S.B)에 의하여 측정되었다.

안압의 보정은 다음과 같이 하였다. Pentacam의 Enter IOP 버튼을 눌러 안압 보정 창을 열면 자체에서 측정된 각막두께와 각막곡률반경이 표시되어 있으며, 안압 칸에 GAT로 측정한 안압을 입력하고 Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye, Kohlhaas 등 보정방법 중 하나를 선택하면 해당 보정방법에 따른 보정치를 구할 수 있다(Fig. 1).

에피라식 수술은 0.5% Proparacaine hydrochloride 점안액(Alcaine, Alcon, USA)으로 점안마취 후, 0-4 °C의 평형염류용액(balanced salt solution, BSS, Alcon, USA)을 20초간 세척과 흡입을 반복한 후 에피미세각막절제도(AMADEUS II micro keratome, AMO, Irvine, CA)를 이용하여 50 µm의 두께로 각막절편을 만든 다음, 웨이브프런트 에피라식 각막절제술(VISX STAR S4 IR AMO, USA)을 시행하였다. 얇은 절편을 다시 제 위치로 맞춘 후 연성 치료용 콘택트렌즈로 덮었다. 수술 후 항생제(0.5% Levofloxacin

drop, Cravit®, Santen, Japan)를 하루 4회 7일간 점안하고, 술 후 3일부터 비스테로이드성 소염제(0.1% pranoprofen, Pranopulin®, Choongwae Pharma, Korea)를 하루 4회씩 4주간 점안하는 것을 원칙으로 하였고, 수술 후 경과에 따라 점안 횟수를 줄여나가면서, 술 후 2개월까지 항생제와 비스테로이드성 소염제를 점안하도록 하였다.

통계학적 분석은 SPSS version 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며 각 보정법에서 술 전, 술 후 보정치 비교는 Paired *t*-test로 하였고, 안압 보정법의 안압보정치와 술 전 골드만 안압측정치 사이의 비교는 one way ANOVA를 시행하였으며, 사후검정으로 Dunnett test를 이용하였다. 또한 다섯 가지 보정방법에서 Bland-Altman plot를 이용하여 보정된 술 전과 술 후 안압 사이의 일치(agreement)를 도해하여 분석하였다. 도표는 보정된 술 전과 술 후 안압의 평균(X축)에 대하여 보정된 술 전과 술 후의 안압 차이(Y축)으로 작성하였다. 안압보정치와 각막곡률반경, 중심각막두께와의 연관성은 Pearson correlation을 사용하였으며 *p*-value의 통계학적 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

## 결 과

총 62명 124안이었으며 그중 남자 32명, 여자 30명이었 다. 평균 연령은 29.6 ± 2.4세(20-43세)였으며 구면렌즈

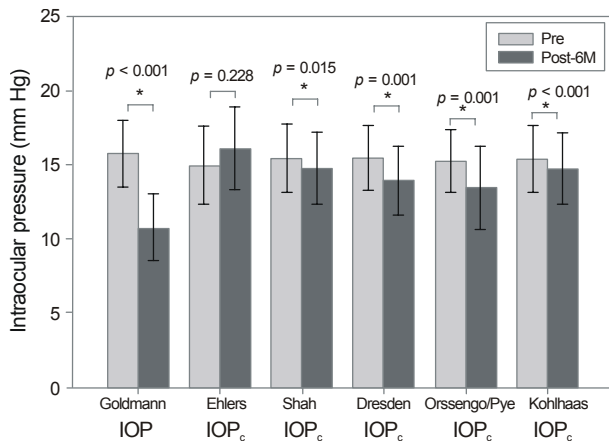
**Table 1.** Subjects' demographic and clinical data

	Preoperative	6 mons Postoperative	Difference*
Number (eyes)	62 (124)		
Age (yrs)	29.6 ± 2.4		
Sex (M:F)	32:30		
Mean ablation depth (μm)	65.3 ± 12.7		
SE (D)	-3.74 ± 1.59	-0.89 ± 0.52	
Goldmann-IOP (mm Hg)	15.75 ± 2.24	10.72 ± 2.31	5.37 ± 1.21
CCT (μm)	557 ± 33	470 ± 32	72 ± 24
Corneal curvature (mm)	7.74 ± 0.24	8.51 ± 0.35	-1.56 ± 0.35

Values are presented as mean ± SD.

SE = spherical equivalent; D = diopter; CCT = central corneal thickness; IOP = intraocular pressure.

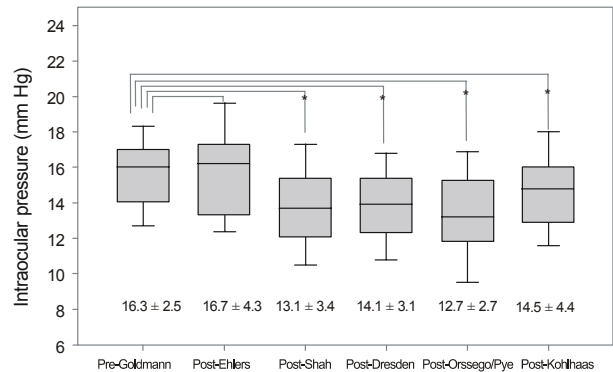
\*Preoperative value - postoperative value.



**Figure 2.** Comparison between preoperative and postoperative IOP and IOP<sub>c</sub>. IOP was checked by Goldmann and IOP<sub>c</sub> was calculated by formula in pentacam. IOP<sub>c</sub> showed significant difference in Shah, Dresden, Orssengo / Pye, Kohlhaas formula ( $p = 0.015$ ,  $p = 0.001$ ,  $p = 0.001$ ,  $p < 0.001$ , respectively), except in Ehlers formula ( $p = 0.228$ ). IOP = intraocular pressure; IOP<sub>c</sub> = corrected intraocular pressure.

대응치는 술 전과 술 후 6개월째 각각  $-3.74 \pm 1.59D$  ( $-1.63 \sim -6.13D$ ),  $-0.89 \pm 0.52D$  ( $0.00 \sim -1.88D$ )이었으며 평균 각막절삭두께는  $65.3 \pm 12.7 \mu m$  ( $26 \sim 92 \mu m$ )였다. 골드만 압평안압계로 측정한 안압은 술 전과 술 후 6개월째 각각  $15.75 \pm 2.24 \text{ mmHg}$ ,  $10.72 \pm 2.31 \text{ mmHg}$ 였으며 술 후 안압이 술 전에 비해 유의하게 낮게 측정되었다( $p < 0.001$ ). 평균 중심각막두께는 술 전  $557 \pm 33 \mu m$ 에서 술 후 6개월째는  $470 \pm 32 \mu m$ 으로 변화되었으며 각막곡률반경은 술 전  $7.74 \pm 0.24 \text{ mm}$ 였으며 술 후 6개월째는  $8.51 \pm 0.35 \text{ mm}$ 로  $1.56 \pm 0.35 \text{ mm}$  증가를 보였다(Table 1).

GAT로 측정한 안압을 Pentacam의 다섯 가지 방법으로 보정한 결과 Shah, Dresden, Orssengo/Pye, Kohlhaas 네 가지 보정법은 수술 전과 술 후 안압보정치가 통계학적으로 유의한 차이가 있었고( $p = 0.015$ ,  $p = 0.001$ ,  $p = 0.001$ ,  $p < 0.001$ ), Ehlers 보정법은 유의한 차이가 없었다( $p = 0.228$ )

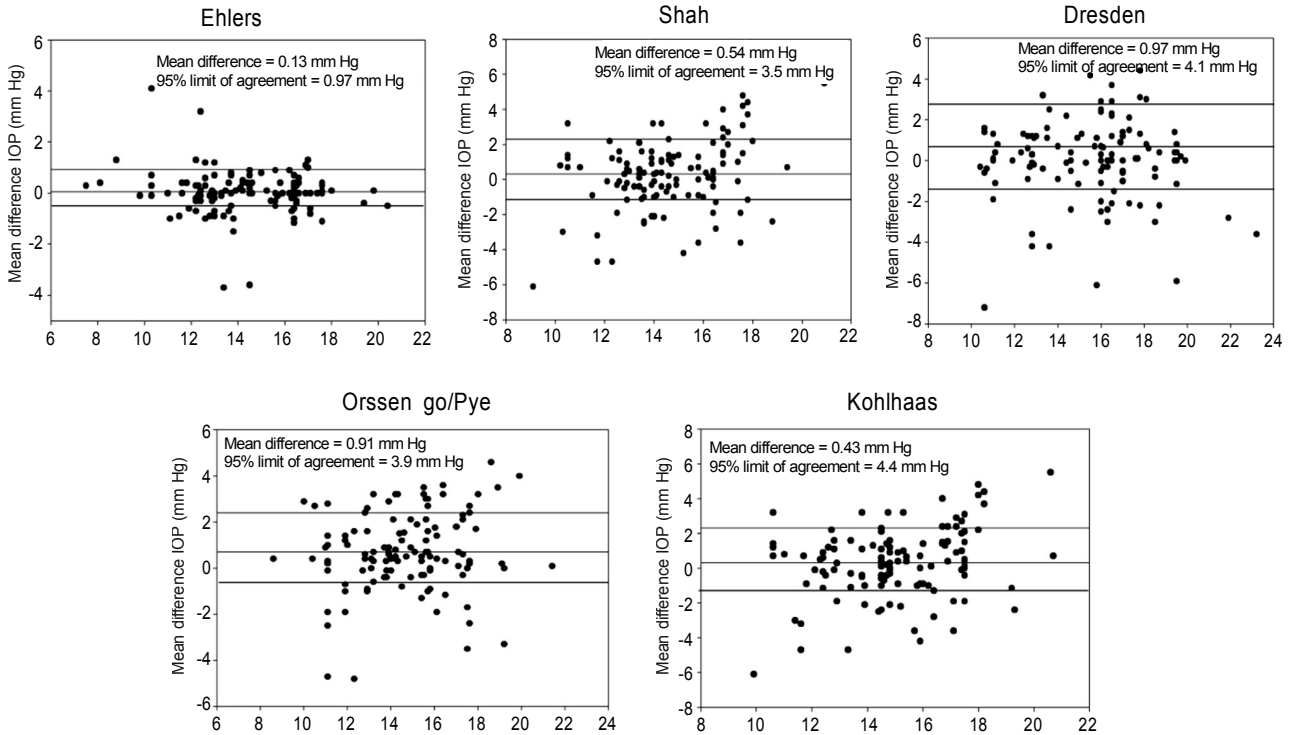


**Figure 3.** Comparison between preoperative GAT with postoperative IOP<sub>c</sub> after epi-LASIK by the 5 correction methods. There is significant difference with IOP<sub>c</sub> (by Shah, Dresden, Orssengo / Pye, Kohlhaas), but no significant difference with IOP<sub>c</sub> by Ehlers. Postoperative IOP<sub>c</sub> by Ehlers is most consistent with preoperative GAT. GAT = Goldmann applanation tonometric intraocular pressure; IOP<sub>c</sub> = corrected intraocular pressure; Epi-LASIK = epipolis laser in situ keratomileusis. \* $p < 0.05$ .

(Fig. 2). Ehlers방법으로 보정한 술 후 안압  $16.7 \pm 4.3 \text{ mmHg}$ 은 GAT로 측정한 술 전 안압  $16.3 \pm 2.5 \text{ mmHg}$ 과 유의한 차이가 없었다( $p = 0.413$ ) (Fig. 3).

Bland-Altman plot에서, 다섯 가지 보정방법으로 보정된 술 전과 술 후 안압의 차이의 평균치는 Ehlers에서  $0.13 \text{ mmHg}$ 로써 제일 작았으며 측정치 군 95% 내에서 일치한 한계도 Ehlers에서  $\pm 0.97 \text{ mmHg}$ 로써 가장 작았다(Fig. 4).

Pentacam의 다섯 가지 안압 보정값과 술 전 술 후 중심각막두께 및 각막곡률반경의 상관성을 분석한 결과 술 전 술 후 모두에서 Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye 보정방법은 중심각막두께와 연관성이 있었으나( $p < 0.05$ ) 각막곡률반경과는 유의한 연관성이 없었다( $p > 0.05$ ). Kohlhaas 보정방법은 중심각막두께 및 각막곡률반경과 모두 연관성이 있었다( $p < 0.05$ ) (Table 2).



**Figure 4.** Difference between corrected preoperative IOP and corrected postoperative IOP, plotted against the mean of the two measurements. The mean difference obtained by Ehlers was 0.13 mm Hg and the 95% limit of agreement was  $\pm 0.97$  mm Hg, among these 5 groups Ehlers is the smallest. Mean difference IOP = corrected preoperative IOP - corrected postoperative IOP.

**Table 2.** Correlation of IOPc by 5 methods with CCT and K

Methods of correction	Preoperation CCT		Preoperation K		Postoperation CCT		Postoperation K	
	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p
Ehlers	0.609	<0.001	0.179	0.282	0.649	<0.001	0.163	0.335
Shah	0.514	0.018	0.184	0.271	0.516	0.014	0.174	0.281
Dresden	0.745	<0.001	0.195	0.254	0.725	<0.001	0.198	0.253
Orssengo/Pye	0.516	0.017	0.223	0.193	0.522	0.016	0.225	0.192
Kohlhaas	0.411	0.039	0.326	0.011	0.413	0.037	0.317	0.013

K = corneal curvature; p = p-value; R<sup>2</sup> = Pearson correlation coefficient; IOP<sub>c</sub> = corrected intraocular pressure; CCT = central corneal thickness.

## 고 찰

각막굴절교정수술은 중심각막두께와 각막곡률반경 등에 변화를 일으켜 수술 후 측정된 안압이 술 전에 비하여 낮은 것으로 보고되어 있으며 이러한 점을 감안하여 여러 가지 안압 보정방법들이 소개되고 있다.<sup>11-13</sup> 하지만 이들의 보정 원리와 방법이 각각 다르기 때문에 보정된 안압은 서로 차이가 있고 어느 방법이 더 정확한지 확실치 않다.<sup>14,15</sup> 이에 본 연구에서는 에피라식 수술 환자에서 Pentacam에 내장되어 있는 Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye, Kohlhaas 다섯 가지 안압 보정방법의 정확성을 비교함으로써 그중 정확한 보정방법을 제공하여 각막굴절수술 후 일으킬 수

있는 녹내장의 조기진단 및 치료에 도움이 되고자 하였다.

현재 가장 널리 사용되고 있는 골드만 압평안압계와 비접촉성 안압계는 안구가 이상적인 구형이고, 두께가 무한대로 얇으며 건조하고 또한 완전한 유연성을 가지는 가정하에 Imbert-Fick 법칙에 근거를 두고 측정하며 각막두께, 각막곡률반경 등 여러 각막인자의 영향을 받는다.<sup>16,17</sup> Schipper et al<sup>18</sup>은 엑시머레이저 각막절제술(PRK) 후 1년째에 GAT로 측정한 안압은 술 전보다 2.1 mmHg 낮아졌다고 하였다. Lee<sup>19</sup>는 라식 수술 후 3개월째 GAT로 측정한 안압이 술 전에 비교하여 중심각막 두께가 100  $\mu$ m 감소할 때마다 4.3 mmHg씩 낮게 측정되고, 각막곡률은 술 후 안압과 유의한 상관관계가 있다고 보고하였다. 본 연구에서는

에피라식 수술 후 중심각막두께가 술 전에 비해 71.53  $\mu\text{m}$  얇아지고 각막곡률반경이 1.56 mm 증가했으며 술 후 GAT로 측정된 안압은 술 전에 비하여 평균 5.37 mmHg 낮게 측정되었는데 100  $\mu\text{m}$ 당 7.5 mmHg 낮게 측정되었다.

Ehlers et al<sup>20</sup>은 안구 내 밀폐된 시스템을 사용하여 중심각막두께와 안압 사이의 상관관계를 연구하였는데 GAT의 측정치가 중심각막두께 10  $\mu\text{m}$ 당  $\pm 0.71$  mmHg씩 오차가 생기는 것을 관찰하여  $\text{IOP}_{\text{change}} = 0.071 \times (545 - \text{CCT})$  보정식을 제시하였다. Shah et al<sup>21</sup>은 중심각막두께가 10  $\mu\text{m}$ 씩 변화할 때마다 GAT의 측정치는 0.19-1 mmHg의 오차가 생긴다고 하였으며,  $\text{IOP}_{\text{change}} = 0.050 \times (550 - \text{CCT})$ 로 보정하였다. Kohlhaas et al<sup>22</sup>에 의하면 Shah보정방법이 고안압증 환자와 정상인을 GAT의 수치에 근거하여 나누어 연구하였기에 안구 내에 관을 삽입하여 측정한 실제 안압과 일정한 차이가 존재한다고 하였다. Dresden et al은 정상인에서 GAT로 측정된 안압의 보정공식을  $\text{IOP}_{\text{change}} = 0.040 \times (550 - \text{CCT})$ 로 제시하였으며 Kohlhaas et al<sup>23</sup>은 라식 수술 후 환자에서 공식  $\text{IOP}_{\text{(corrected)}} = \text{IOP}_{\text{(measured)}} + (540 - \text{CCT})/71 + (43 - K_{\text{value}})/2.7 + 0.75$  mmHg를 제시하였다. Orssengo와 Pye<sup>24</sup>는 환자의 각막 두께를 정상인 545  $\mu\text{m}$ 를 기준으로 하여 50  $\mu\text{m}$ 의 각막 두께의 변화마다 2.5 mmHg의 안압을 보정하는 공식으로  $\text{Corrected IOP} = \text{Measured IOP} - [(\text{CCT} - 545) \times 2.5 \text{ mmHg}] / 50$ 을 제안하였다. Kirstein and Hüsler<sup>25</sup>는 Orssengo/pye 보정법이 Ehlers 보정법과 비슷하나, LASIK 수술 이후 중심각막두께의 변화량에 따라 오차가 더 잘 생길 수 있다고 하였다.

각막굴절교정수술 후 중심각막두께와 각막곡률반경 등의 변화가 있지만 술 후 전방 내 실제 안압은 술 전과 차이가 없을 것으로 여겨진다.<sup>26,27</sup> 본 연구에서는 Pentacam의 다섯 가지 방법으로 보정한 술 전과 술 후 안압을 비교하였는데 Ehlers 보정방법이 술 후 보정치가 술 전과 비교하여 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며 술 전 골드만 측정치와 유의한 차이가 없었다. 또 Bland-Altman plot로 한 분석을 보면 Ehlers보정방법으로 보정된 술 전과 술 후 안압 차이의 평균이 0.13 mmHg로 가장 작았으며 대부분의 값들이 보정된 술 전과 술 후 안압 차이의 평균에서  $\pm 0.97$  mmHg 내에 위치하여 좋은 동등성(comparability)을 보여 주었다. 이 결과는 Fan et al<sup>28</sup>이 라식수술 후 환자에서 ORA의 IOPcc와 cGAT의 일치(agreement)를 Bland-Altman plot로 본 연구에서 평균 차이가 0.63 mmHg이고 일치의 한계가 +3.2~-1.9 mmHg였다고 한 결과보다 좋았다. 다섯 가지 안압보정 방법과 중심 각막두께(혹은 각막두께, 각막곡률)의 상관관계 분석에서 술 전 술 후 각막두께만 고려한 공식은 각막두께와, 그리고 각막두께와 곡률을

고려한 공식은 두께와 곡률과 상관관계가 있는 것으로 나왔다. 이는 다섯 가지 안압보정 방법이 각막두께 혹은 각막두께와 각막곡률에 의존하여 원래 근시수술 후 각막두께(각막두께와 각막곡률) 변화 때문에 낮게 측정된 안압을 보정하는 것임을 알 수 있었다.

본 연구결과에서는 에피라식 수술 후 다섯 가지 보정방법 중에서 Ehlers방법이 술 전과 술 후 안압 차이가 유의하지 않아 임상적 의의가 가장 큰 것으로 보인다. 본 연구에서는 정도와 중등도의 근시 환자를 주 대상으로 하였기 때문에, 각막 절삭 양이 큰 경우에 발생하는 오차를 반영하지는 않는다. 따라서 추후 다양한 정도의 각막 절삭 양에 따른 안압의 정확한 보정 여부를 검토해야 할 것이다. 또한, 굴절교정 수술 후 각막의 생체역학적 특성이 변화되었을 수 있어, 각막두께 외에 아직 충분히 연구되지 않은 또 다른 특성들이 관여함을 배제할 수 없다.<sup>29,30</sup>

결론적으로, Pentacam이 제시한 다섯 가지 안압 보정방법 중에서 Ehlers 보정법은 일정한 각막두께 범위 내에서 기타 보정방법에 비교하여 정확성이 있는 것으로 판단되며 각막굴절수술 후 낮게 측정된 안압의 실제 값을 예측하는데 유리하며 술 후 발생할 수 있는 녹내장의 조기진단 및 치료에 유용할 것으로 생각한다. 또한 Pentacam은 비접촉성 검사이고 중심각막두께와 각막곡률반경을 직접 얻을 수 있어 점안마취가 필요 없고 검사수치가 시간순위로 자동적으로 저장되는 등 장점이 있어 조기 녹내장의 선별검사에도 유용할 것으로 생각한다.

## 참고문헌

- 1) Faucher A, Grégoire J, Blondeau P. Accuracy of Goldmann tonometry after refractive surgery. J Cataract Refract Surg 1997;23: 832-8.
- 2) Shah S. Accurate intraocular pressure measurement--the myth of modern ophthalmology? Ophthalmology 2000;107:1805-7.
- 3) Siganos DS, Papastergiou GI, Moedas C. 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.
- 4) Shrivastava A, Madu A, Schultz J. Refractive surgery and the glaucoma patient. Curr Opin Ophthalmol 2011;22:215-21.
- 5) Najman-Vainer J, Smith RJ, Maloney RK. Interface fluid after LASIK: misleading tonometry can lead to end-stage glaucoma. J Cataract Refract Surg 2000;26:471-2.
- 6) Hornová J, Sedlák P, Hloušková B. [Refractive procedures--LASIK and intraocular pressure in myopic eyes]. Cesk Slov Oftalmol 2000;56:98-103.
- 7) Cheng AC, Fan D, Tang E, Lam DS. Effect of corneal curvature and corneal thickness on the assessment of intraocular pressure using noncontact tonometry in patients after myopic LASIK surgery. Cornea 2006;25:26-8.

- 8) Lee DH, Seo S, Shin SC, et al. Accuracy and predictability of the compensatory function of Orbscan II in intraocular pressure measurements after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:259-64.
- 9) Lee SJ, Lee HS, Joo CK. Measurements of dynamic contour tonometry after penetrating keratoplasty and EpiLASIK. *J Korean Ophthalmol Soc* 2009;50:749-55.
- 10) Choi HJ, Kim SW, Kim TI, Kim EK. Intraocular pressure measurements using dynamic contour tonometer after photorefractive keratectomy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:577-82.
- 11) Mardelli PG, Piebenga LW, Whitacre MM, Siegmund KD. The effect of excimer laser photorefractive keratectomy on intraocular pressure measurements using the Goldmann applanation tonometer. *Ophthalmology* 1997;104:945-8.
- 12) Faucher A, Grégoire J, Blondeau P. Accuracy of Goldmann tonometry after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:832-8.
- 13) Fournier AV, Podtetenov M, Lemire J, et al. Intraocular pressure change measured by Goldmann tonometry after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:905-10.
- 14) 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.
- 15) Gunvant P, O'Leary DJ, Baskaran M, et al. Evaluation of tonometric correction factors. *J Glaucoma* 2005;14:337-43.
- 16) Schottenstein EM. Intraocular pressure and tonometry. In: Ritch R, Shields MB, Krupin T, eds. *The Glaucomas*, 2nd ed. St Louis: Mosby, 1996; v. 1. chap. 20.
- 17) Whitacre MM, Stein RA, Hassanein K. The effect of corneal thickness on applanation tonometry. *Am J Ophthalmol* 1993;115:592-6.
- 18) Schipper I, Senn P, Thomann U, Suppiger M. Intraocular pressure after excimer laser photorefractive keratectomy for myopia. *J Refract Surg* 1995;11:366-70.
- 19) Lee DH. Relationship between corneal thickness and intraocular pressure after laser in-situ keratomileusis. *J Korean Ophthalmol Soc* 1999;40:1829-33.
- 20) Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1975;53:34-43.
- 21) Shah S, Chatterjee A, Mathai M, et al. Relationship between corneal thickness and measured intraocular pressure in a general ophthalmology clinic. *Ophthalmology* 1999;106:2154-60.
- 22) Kohlhaas M, Boehm AG, Spoerl E, et al. Effect of central corneal thickness, corneal curvature, and axial length on applanation tonometry. *Arch Ophthalmol* 2006;124:471-6.
- 23) Kohlhaas M, Spoerl E, Boehm AG, Pollack K. A correction formula for the real intraocular pressure after LASIK for the correction of myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2006;22:263-7.
- 24) Orssengo GJ, Pye DC. Determination of the true intraocular pressure and modulus of elasticity of the human cornea in vivo. *Bull Math Biol* 1999;61:551-72.
- 25) Kirshtein EM, Hüsler A. Evaluation of the Orssengo-Pye IOP corrective algorithm in LASIK patients with thick corneas. *Optometry* 2005;76:536-43.
- 26) Lee DH, Seo SJ, Shin SC, Oh JY. The usefulness of compensatory function of Orbscan II in intraocular pressure(IOP) after laser assisted in situ keratomileusis(LASIK). *J Korean Ophthalmol Soc* 2000;41:2625-32.
- 27) Munger R, Hodge WG, Mintsoulis G, et al. Correction of intraocular pressure for changes in central corneal thickness following photorefractive keratectomy. *Can J Ophthalmol* 1998;33:159-65.
- 28) Fan F, Li C, Li Y, et al. Intraocular pressure instrument reading comparisons after LASIK. *Optom Vis Sci* 2011;88:850-4.
- 29) Ryan DS, Coe CD, Howard RS, et al. Corneal biomechanics following epi-LASIK. *J Refract Surg* 2011;27:458-64.
- 30) 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.

=ABSTRACT=

## Comparison of Intraocular Pressure Correction Programs in Pentacam after Corneal Refractive Surgery

Lian Hua Hong, MD<sup>1</sup>, Min Kyu Lee, MD<sup>2</sup>, Chang Won Park, MS<sup>1</sup>, Dong Jin Chang, MD<sup>2</sup>,  
Ying Jun Li, MD, PhD<sup>3</sup>, Choun-Ki Joo, MD, PhD<sup>1,2</sup>

*Catholic Institute of Visual Science, The Catholic University of Korea College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Korea*  
*Department of Ophthalmology and Visual Science, The Catholic University of Korea School of Medicine<sup>2</sup>, Seoul, Korea*  
*Department of Ophthalmology, Yanbian University<sup>3</sup>, Jilin, China*

**Purpose:** To evaluate the accuracy of Pentacam<sup>®</sup> built-in 5 intraocular pressure (IOP) correction programs used to measure the IOP of patients who received corneal refractive surgery.

**Methods:** IOP of 124 eyes from 62 patients who underwent epipolis laser in situ keratomileusis was measured with Goldmann applanation tonometry (GAT) at 6 months pre- and post-operatively. The collected data was input into Pentacam<sup>®</sup>, calculated by 5 correction programs, Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo / Pye, Kohlhaas, and compared.

**Results:** The GAT-based pre- and post-operative IOP was  $15.75 \pm 2.24$  mm Hg, and  $10.72 \pm 2.31$  mm Hg, respectively, revealing the post-operative IOP to be significantly lower than the pre-operative IOP ( $p < 0.001$ ). Among the 5 correction programs within Pentacam<sup>®</sup>, Ehlers program showed little difference between pre- and post-operative IOP values ( $p = 0.228$ ) and the post-operative correction value showed no significant difference with the pre-operative GAT value ( $p = 0.413$ ).

**Conclusions:** The Ehlers program is the most accurate among the 5 Pentacam<sup>®</sup> correction programs evaluated in the present study, and can be a useful tool for correcting the true IOP of patients which tends to be higher after corneal refractive surgery.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(1):26-32

**Key Words:** Corneal refractive surgery, Correction program, Intraocular pressure, Pentacam<sup>®</sup>

---

Address reprint requests to **Choun-Ki Joo, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea  
#222 Banpo-daero, Seocho-gu, Seoul 137-701, Korea  
Tel: 82-2-2258-7621, Fax: 82-2-599-7405, E-mail: ckjoo@catholic.ac.kr