

## 정상 한국인 각막의 생체역학적 요소의 정상범위와 영향을 미치는 요인 분석

김성욱<sup>1</sup> · 서성관<sup>1</sup> · 허 준<sup>1</sup> · 박수정<sup>2</sup>

인제대학교 부산백병원 안과학교실<sup>1</sup>, 수정안과의원<sup>2</sup>

**목적:** 한국인에서 Ocular Response Analyzer (ORA)로 측정된 인자들의 정상 범위와 비접촉성안압계의 안압측정치(NCT)와의 상관관계, 그리고 중심각막두께(CCT)가 이에 미치는 영향을 분석하였다.

**대상과 방법:** 정상 한국인 301명, 301안을 대상으로 ORA를 이용한 corneal hysteresis (CH), corneal response factor (CRF), corneal compensated IOP (IOPcc), Goldman related IOP (IOPg)를 측정된 후 비접촉성안압계의 안압과 초음파를 이용한 중심각막두께를 측정하여 이들에 미치는 영향 및 상관관계를 분석하였다.

**결과:** 정상 한국인의 CH, CRF의 평균은 각각 10.70 mmHg, 10.40 mmHg이었다. 소아 청소년군과 성인군에 있어 CH와 CRF의 평균은 통계학적으로 유의한 차이값을 가졌다( $p < 0.05$ ). IOPcc와 IOPg는 NCT와 유의한 상관관계를 가지며( $p < 0.01$ ) IOPcc와 IOPg는 CCT와 연관이 없었다( $p < 0.05$ ).

**결론:** 안구의 생체역학적 성질인 CH와 CRF는 소아와 성인에 따른 차이가 존재한다. ORA로 측정된 IOPcc는 일반적인 안압측정에서 보상해야할 인자인 중심각막두께에 독립적이며 안구의 생체역학적 요소의 반영이라는 면에서 그 중요성이 커질 것이라 여겨진다.

〈대한안과학회지 2009;50(11):1605-1610〉

LASIK 혹은 LASEK처럼 각막두께를 얇게 만드는 굴절교정수술이 보편화되면서 각막이 얇으면 실제보다 안압이 낮게 측정되고, 각막이 두꺼우면 실제보다 안압이 높게 측정된다는 사실이 안압을 정확히 측정하려는 사람들에게 더욱 중요하게 여겨지게 되었다. 그러나 정작 중심각막두께 자체와 실제 안압의 상관관계는 그리 높지 않기 때문에 측정오차의 또 하나의 이유로서 각막의 생체 역학적인 성질인 각막의 탄력성에 관심을 기울이게 되었다. 즉, 각막의 탄력성에 따라 실제치와 다른 안압이 측정될 수 있고 이러한 것을 각막의 생체역학적인 방면으로 고찰하기 시작하였다. 학계에서 이러한 각막의 생체역학적 성질(biomechanical property)에 관한 문제들이 논의되면서 이력현상(hysteresis)이란 단어가 언급되기 시작하였는데, 이는 1890년 James Alfred Ewing에 의해 규명되고 확립된 용어로서, 가해진 힘에 즉각적이지는 않지만 천천히 뒤따라오는 반응을 보이면서 원래의 상태로는 완벽히 돌아가지 않거나 늦어지는 물리적 성질을 의미한다.

인체의 각막 조직은 가해진 힘에 대하여 흡수 및 감쇠가

가능한 복잡한 점탄 구조를 지니고 있다.<sup>1,2</sup> 이런 각막의 생체역학적 특징이 병인에 대한 연구나 굴절교정수술 및 안압의 측정에 있어서 중요하게 여겨지는 요소들로 평가받게 되자, corneal hysteresis (CH)라 불리는 각막의 점탄성을 측정할 수 있는 장비인 Ocular Response Analyzer (이하 ORA, Reichert Inc., Depew, NY)가 주목을 받게 되었다.<sup>1-4</sup>

ORA는 기존의 공기안압계(pneumotonometer)의 원리를 변형 및 응용한 기계로서, 공기압을 이용하여 각막에 힘을 가하여 각막을 안쪽으로 이동시키고 편평하게 만든다. 연속하여 각막은 압평 지점을 지나 약간 오목하게 된 후 공기압이 중지되면 다시 본래의 모양으로 돌아오게 되는데, 전 과정에 걸쳐 각막의 모양을 관찰하여 내향과 외향의 압평 지점 동안의 독립적인 압력을 측정하여 생체역학 인자를 산출하는 기계이다(Fig. 1).

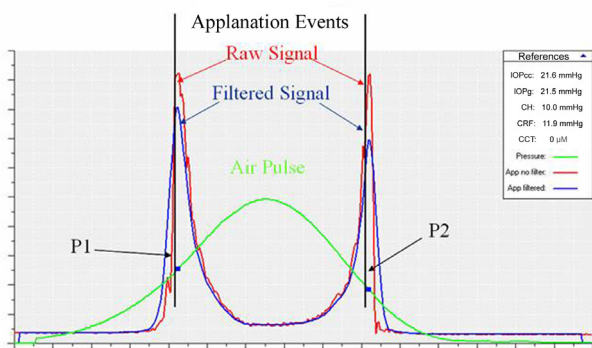
이에 저자는 ORA로 측정 가능한 생체역학 인자로서 Corneal hysteresis (CH), Corneal resistance factor (CRF), Corneal compensated IOP (IOPcc), Goldman related IOP (IOPg), 초음파를 이용한 중심각막두께(Pocket Pachymeter, Quantel Medical, Clermont-Ferrand, France) 등을 측정하였으며 이들과 비접촉성안압계(CT-80 Computerized Auto Tonometer, Topcon, Japan)의 안압을 비교 분석하여 서로의 상관관계 및 정상 한국인에서의 측정치를 알아보고자 하였다.

■ 접 수 일: 2009년 3월 4일 ■ 심사통과일: 2009년 8월 4일

■ 책임저자: 서 성 관

부산시 진구 개금동 633-165  
인제대학교 부산백병원 안과  
Tel: 051-890-6016, Fax: 051-890-6329  
E-mail: seossg@hanmail.net

\* 본 논문의 요지는 2008년 대한안과학회 제100회 추계학술대회에서  
구연으로 발표되었음.



**Figure 1.** The difference between the “inward” applanation and the “outward” applanation is called corneal hysteresis (CH).

## 대상과 방법

안과적으로 특별한 질병이 없는 정상 한국인 301명 301안을 대상으로 하였으며, 19세 이하의 소아 청소년군 57안, 20세 이상의 성인군 244안으로 분류하였다. 현재 각막질환을 앓고 있거나 안과적 수술의 과거력이 있는 안은 대상에서 제외하였다. ORA의 측정에 있어서 콘택트렌즈를 착용한 환자가 있다면 콘택트렌즈를 제거하였고, 측정시 셔츠의 깃과 넥타이를 느슨하게 하였다. 측정 전에 환자에게 안구에 공기가 닿을 것이라고 충분히 설명한 후 환자의 이마를 머리받침대 중앙에 두고 환자의 눈의 양끝을 기기의 표시점에 위치하게 만든 후, 고정된 주시점으로서 공기 구멍에 위치한 초록 불빛을 보게 하였다. 그 후 기계를 이용해 공기를 쏘아서 한 눈을 정확하게 측정하였다. 이때에 전기광학적 압평탐지계(electro-optical applanation detection system)가 전 과정에 걸쳐 각막의 모양을 관찰하여 내향과 외향의 압평 지점 동안의 독립적인 압력을 측정한다. 여기에서 발견되는 녹색의 대칭적 곡선으로 구성된 파형은 공기압을 의미하며, 적색의 비대칭적인 곡선은 각막의 압평 지점에서 압평탐지계가 탐지한 것이다 (Fig. 1). 적색의 곡선은 두개의 주요한 봉우리를 가진다. 이는 녹색 곡선의 P1, P2와 대비되는 것이며 P1은 각막이 내향될 때의 첫 번째의 압평 지점으로 공기압이 증가하는 도중에 측정된 것이다. P2는 두번째 압평 지점으로 오목해진 각막이 원래대로 돌아올 때, 즉 공기압이 감소할 때에 측정된다.

이처럼 각막의 생체역학적 성질(점성에 의한 에너지 흡수)로 인하여 내향 및 외향으로의 압평에 있어 차이를 야기시키고 결과적으로 두 측정값의 불일치가 나타나게 되어 여러 변수를 얻을 수 있는데 예를 들어 P1-P2를 corneal hysteresis라 정의한다(Fig. 1).

각각의 눈에 대하여 최소 4회씩 시행한 후 CH, CRF, IOPcc, IOPg의 평균값을 산출하였다. 협조가 잘되지 않아 재현성이

떨어지는 환자들은 대상에서 제외하였고, 비접촉성 안압계를 이용한 안압과 초음파를 이용한 중심각막두께 또한 반복적으로 측정된 후 평균값을 산출하였다. 한명의 검사자가 모든 검사를 시행함으로써 검사자 간의 오차를 최소화 하였다.

상관관계의 분석은 SPSS statistics 17.0.0을 사용하였으며, 상관관계에는 Pearson correlation test, 소아청소년군과 성인군의 비교와 같은 생체역학적 요소들 간의 비교에는 paired *t*-test를 사용하였다.

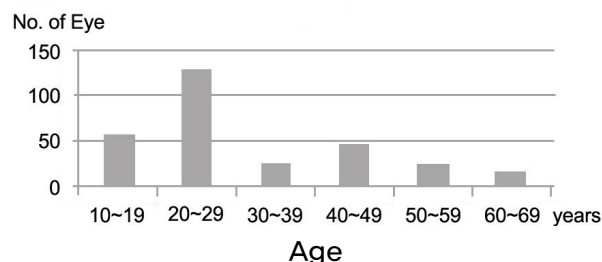
## 결 과

대상환자 301명 301안 중 남자는 183안, 여자는 118안이며, 평균나이는  $31.32 \pm 14.01$ 세였다. 소아청소년군 57안의 평균나이는  $15.52 \pm 2.76$ 세이며, 성인군 244안의 평균나이는  $34.84 \pm 13.24$ 세였다(Fig. 2).

정상인에서 CH의 평균은  $10.70 \pm 1.45$  mmHg이며 그 범위는 7.5~15.8 mmHg이었다. CRF의 평균은  $10.40 \pm 1.61$  mmHg이며 범위는 6.5~15.9 mmHg로 CH와 비슷한 범위를 가졌다. IOPcc의 평균은  $14.90 \pm 2.50$  mmHg, IOPg의 평균은  $14.62 \pm 2.70$  mmHg이며 중심각막두께의 평균은  $542.88 \pm 34.13$  μm였다(Table 1).

19세 이하의 소아 청소년군과 20세 이상 성인군의 비교에 있어 CH의 평균은 각각  $11.06 \pm 1.42$  mmHg,  $10.62 \pm 1.45$  mmHg이며 CRF의 평균은 각각  $11.06 \pm 1.64$  mmHg,  $10.25 \pm 1.57$  mmHg로 두 군 간에는 통계학적으로 차이가 유의하였으나 ( $p < 0.05$ ) (Table 2), 나이에 따른 CH, CRF의 상관관계는 통계학적으로 유의하지 않았다( $p > 0.05$ ). IOPcc, IOPg, 비접촉성안압계의 안압 또한 소아 청소년군과 성인군 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ) (Table 2). 그러나 모든 측정 항목에서 성별에 따른 차이점은 통계학적으로 유의하지 않았다( $p > 0.05$ ).

	Mean Age $\pm$ SD	Range
Juvenile ( $\leq 19$ years)	$15.52 \pm 2.76$	10~19
Adult ( $\geq 20$ years)	$34.84 \pm 13.24$	21~69



**Figure 2.** Demographic data of characterization group.

**Table 1.** Ocular response analyzer parameter range of Korean normal subjects

Parameter	N. of Eye	Ave±St dev (mmHg)	Range (mmHg)
CH*	301	10.70±1.45	7.5~15.8
CRF†	301	10.40±1.61	6.5~15.9
IOPcc‡	301	14.90±2.50	9.2~21.7
IOPg§	301	14.61±2.70	8.3~21.7
NCT	301	14.27±2.47	9.0~21.0
CCT#	301	542.88±34.13 $\mu$ m	470~658 $\mu$ m

\* CH=corneal hysteresis; † CRF=corneal resistance factor; ‡ IOPcc=corneal compensated IOP; § IOPg=Goldmann-correlated IOP; || CCT=central corneal thickness; # NCT=non contact tonometer.

**Table 2.** Ocular response analyzer parameter of Korean normal subjects comparing to juveniles and adults (paired *t*-test)

	Juvenile ( $\leq 19$ years)	Adult ( $\geq 20$ years)	<i>p</i> -value
CH*	11.06 mmHg	10.62 mmHg	<0.05
CRF†	11.06 mmHg	10.25 mmHg	<0.01
IOPcc‡	15.52 mmHg	14.76 mmHg	<0.05
IOPg§	15.78 mmHg	14.35 mmHg	<0.01
NCT	15.44 mmHg	14.00 mmHg	<0.01

\* CH=corneal hysteresis; † CRF=corneal resistance factor; ‡ IOPcc=corneal compensated IOP; § IOPg=Goldmann-correlated IOP; || NCT=non contact tonometer.

중심각막두께와 CH, CRF는 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 가지며( $p<0.01$ ,  $r=0.3$ ), 비접촉성안압계의 안압과 비교하였을 때 CH ( $p<0.01$ ,  $r=0.28$ ), CRF ( $p<0.01$ ,  $r=0.58$ ) 또한 양의 상관관계를 가진다. ORA의 안압의 척도인 IOPcc는 중심각막두께에 대해서는 독립적이며 CH와는 유의한 음의 상관관계를 가짐으로써 각막의 생체역학적 성질을 내포하고 있다는 것을 알 수 있다( $p<0.01$ ,  $r=-0.42$ ). 그리고 비접촉성안압계의 안압과 유의한 양의 상관관계를 가진다( $p<0.01$ ,  $r=0.5$ )(Fig. 4).

## 고 찰

물리학적 용어인 이력현상(hysteresis)을 이해하기 위해서는 점성(viscosity)과 탄성(elasticity)에 대한 개념이 필요하다. 탄성을 가진 물질은 적용된 힘에 비례하여 즉각적인 변형을 보이며 시간의 길이나 적용되는 힘의 속도에 독립적인 특성을 지닌다. 또한 점성을 가진 물질은 힘과 변형의 관계에서 시간과 속도에 의존하며 힘에 관계된 저항은 속도와 깊은 연관을 가지고 있다(즉, 속도가 크면 저항이 크다). 흔히 점탄 물질이라 불리는 매체는 이 두 가지 성질을 모두 포함하고 있다.<sup>1</sup>

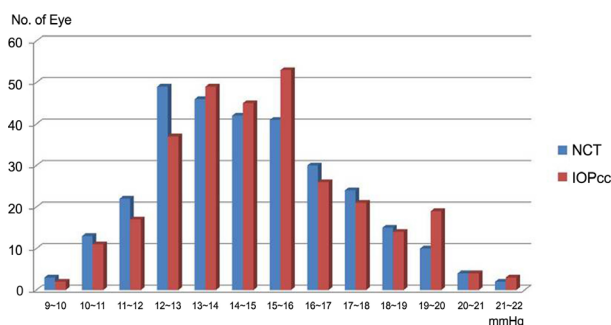
인간의 각막 조직은 가해진 힘에 대하여 흡수 및 감쇠가 가능한 복잡한 점탄 구조를 지니고 있는데, 이런 각막의 생체역학적 특징은 각막질환의 병인이나 굴절교정수술 전후 안압의 측정에 있어서 중요도가 높아지게 되었다. 최근 소개된 Ocular Response Analyzer (ORA; Reichert Inc., Depew, NY)는

동적 양방향성 압평 과정을 가진 측정기계로 각막의 생체역학적 요소들에 대한 독립적인 안압 측정이 가능하다.<sup>2</sup> 점탄의 성질을 가진 각막은 내향(inward)과 외향(outward)의 압력 차이를 가지고 있는데 각막의 생체역학적 성질(점성에 의한 에너지 흡수)로 인하여 측정시 내향 및 외향으로의 압평 과정에서 압력의 차이를 야기 시키고 결과적으로 두 측정값의 불일치가 나타나게 되며, ORA에서는 이를 전기광학적 압평 탐지계(electro-optical applanation detection system)가 전 과정에 걸쳐 각막의 모양을 관찰하여 내향과 외향의 압평 지점 동안의 독립적인 압력을 측정하게 된다. 이 두 측정값의 차이(P1-P2)가 corneal hysteresis (CH)이다(Fig. 1).

한국인 301안을 대상으로 시행한 본 연구에서 CH의 평균은  $10.70\pm1.45$  mmHg, 분포는 7.5~15.8 mmHg이며 Luce에 의한 339명의 정상안(white 62%, Black 8%, Hispanic 2%, Asian 28%)에서의 CH의 평균은 9.6mmHg이었다.<sup>2</sup>

CH와 각막중심 두께의 관계에 대한 연구 또한 활발한데, 상반된 의견이 많아 혼동을 준다. Touboul et al<sup>3</sup>은 낮은 CH는 안압이 낮게 측정이 되는 위험인자 중의 하나로 생각할 수 있지만 중심각막두께와는 관련이 없다고 하였다. 반면 Hager et al,<sup>4</sup> Broman et al,<sup>5</sup> Lam et al<sup>6</sup>의 연구에서는 중심각막두께와 CH가 통계학적으로 의미 있는 양의 상관관계를 가진다고 하였다.

본 연구에 의하면 중심각막두께와 CH는 통계학적으로 의미 있는 양의 상관관계를 가지나 그 연관성은 미약하다고 말할 수 있겠다( $p<0.01$ ,  $r=0.30$ ). 앞서 언급한 바, 중심각막 두께는 CH, CRF, 비접촉성안압계의 안압 측정에 영향을 미치긴



**Figure 3.** Histogram of corneal compensated IOP measured by Ocular Response Analyzer (IOPcc) and non contact tonometer (NCT) for normal eyes.

하나 미약한 정도라고 해석할 수 있다(Fig. 4).

나이에 관련한 보고에 따르면 Kirwan et al<sup>7</sup>는 어린이 81 안에서 평균 CH 측정값은 12.5 mmHg로 어른과 비슷한 값이었으므로, 나이와 CH 간의 연관관계는 없다고 주장하고 있는 반면 Moreno-Montan et al<sup>8</sup>은 CH가 미약하나마 나이에 따라 감소한다고 보고하고 있다.

본 연구에서도 나이와 관련하여 19세 이하의 소아청소년군과 20세 이상 성인군으로 분류하여 두 군을 각각 비교해 보았을 때는 CH를 비롯하여 CRF, IOPg, 비접촉성 안압계의 안압이 성인보다 소아청소년군에서 유의하게 높은 값을 가지는 것을 발견할 수 있다( $p < 0.05$ )(Table 2). 이는 나이에 따른 어떤 비례적인 변화는 아닐지라도 노화 과정에 따른 분명한 생체역학적 변화가 존재한다는 것을 의미한다.

CH가 가해지는 공기압의 변화에 반응하는 각막의 고유한 점성적 감쇠로 인하여 발생하는 결과라고 볼 때, Corneal Resistance Factor (CRF)는 공기압에 의해서 각막이 변형하는 동안 발생하는 반작용, 즉 점성적 감쇠에 탄성이 가중된 개념

이다[ $CRF = P1 - (0.7 * P2)$ ].

CRF는 CH와 상응하는 관계로써 그 정상범위 또한 CH와 유사하다. 본 연구에서 CRF는 중심각막두께와는 미약하나마 양의 상관관계가 있으나 나이 또는 성별과는 무관한 것으로 관찰되었다( $p > 0.05$ ).

본 연구 역시 CRF의 평균은  $10.40 \pm 1.61$  mmHg이며 범위는 6.5~15.9 mmHg로 CH와 유사한 평균값을 가진다(Table 1).

Corneal-compensated IOP (IOPcc)는 ORA의 특별한 매커니즘을 이용하여 수학적으로 산출되는 것으로써 각막의 두께 뿐만 아니라 생체역학적 성질을 보상한다. 본 연구에서의 CH와 IOPcc가 통계학적으로 유의한 음의 상관관계를 가지는 것으로 보아 각막의 에너지 흡수 능력이 떨어날수록 IOPcc가 낮게 측정된다고 생각할 수 있다. IOPcc는 각막의 두께와는 독립적인 것으로 알려져 있으며, 본 연구 또한 이를 뒷받침하고 있다.<sup>4,6</sup> 그러나 비접촉성안압계의 안압의 경우 중심각막 두께와 비교하여 낮지만 유의한 상관관계를 가지며( $p < 0.01$ ,  $r = 0.32$ ), 비접촉성안압계의 안압과 IOPcc를 전체적으로 보았을 때에 그 분포는 비슷하며(Fig. 3) 통계학적으로 유의하지만 강하지는 않은 상관관계를 지니고 있으나, 각각의 개인에서는 차이가 존재하기 때문에(paired  $t$ -test,  $p < 0.01$ ) 비접촉성안압계의 안압과는 일치도가 떨어진다고 생각할 수 있다(Fig. 4). 본 연구에서 IOPcc의 평균은  $14.90 \pm 2.50$  mmHg이며 범위는 9.2~21.7 mmHg로 현재 정립되어 있는 비접촉성안압계의 안압의 범위를 크게 벗어나지 않았다(Table 1).

Goldmann-Related IOP (IOPg)는 P1과 P2의 평균값으로  $[(P1 - P2)/2]$  임상적으로 전문가가 실시한 골드만 압평안압의 측정과 강한 연관관계를 가진다. 비접촉성안압계의 안압 측정(NCT)은 공기압에 의해서 각막을 안쪽으로 이동시키고 각막의 모양이 편평해지면 공기압이 기록되고 mmHg로 변환

	Age	IOPcc	IOPg	CRF	CH	CCT	NCT
Age		-0.16	-0.1	0.03	0.11	0.11	-0.17
IOPcc	-0.16		0.79 (<0.01)	0.07	-0.42 (<0.01)	-0.07	0.50 (<0.01)
IOPg	-0.1	0.79 (<0.01)		0.67 (<0.01)	0.22 (<0.01)	0.13	0.73 (<0.01)
CRF	0.03	0.07	0.67 (<0.01)		0.87 (<0.01)	0.30 (<0.01)	0.58 (<0.01)
CH	0.11	-0.42 (<0.01)	0.22 (<0.01)	0.87 (<0.01)		0.30 (<0.01)	0.28 (<0.01)
CCT	0.11	-0.07	0.13	0.30 (<0.01)	0.30 (<0.01)		0.32 (<0.01)
NCT	-0.07	0.50 (<0.01)	0.73 (<0.01)	0.58 (<0.01)	0.28 (<0.01)	0.32 (<0.01)	

**Figure 4.** Statistical correlations between parameters (Pearson correlation test). The yellow squares indicate significance with a high level of correlation,  $r \geq \pm 0.7$ . The blue squares indicate significance with a moderate correlation,  $r \geq \pm 0.4$ . The gray squares indicate statically not significance with correlation,  $p > 0.05$ .

(CH=corneal hysteresis; CRF=corneal resistance factor; IOPcc=corneal compensated IOP; IOPg=Goldmann-correlated IOP; CCT=central corneal thickness; NCT=non contact tonometer)

된다. ORA는 이와 비슷한 원리로 작용하나 양방향성을 가지고 있다. 공기압이 작용하여 내향과 외향의 압력을 모두 측정하며 측정값의 평균이 mmHg로 변환된다. 이 평균값은 각막의 생체역학적인 성질로 인한 측정값의 오류를 감소시킬 수 있다. 본 연구에서 한국인의 IOPg의 평균은  $14.61 \pm 2.7$  mmHg이며 범위는 8.3~21.7 mmHg로 IOPcc와 유사하다.

본 연구에서 ORA의 안압의 척도인 IOPcc와 IOPg 그리고 다른 측정방법인 비접촉성안압계의 안압 사이에서는 서로간의 연관관계를 가지고 있다(Fig. 4). 결과적인 분포와 범위는 비슷할지라도 각 개인에서의 수치차는 존재하며, 본 연구에서는 비정상군이 대상에서 제외된 까닭에 서로간의 우월성이나 대체 여부는 입증될 수 없다. 그럼에도 불구하고 ORA의 IOPcc 및 여러 인자들은 기존의 비접촉성 안압계의 안압과는 다른 개념에서 접근해야 할 것이며 단독적인 수치로 의미를 찾기보다는 모든 측정 인자들을 통합하여 평가를 내리는 것이 필요하다. 추후 녹내장이나 병적인 안구에서의 ORA의 측정인자들에 대한 추가적인 연구가 필요하며 파생되는 파형의 분석 또한 많은 도움을 줄 것으로 기대된다. 아울러 생체역학이란 새로운 개념의 시발점으로서 한국인에서 정상범위의 규명 자체로 본 연구는 많은 의미를 가진다 하겠다.

## 참고문헌

- 1) Dupps WJ Jr. Hysteresis: new mechanospeak for the ophthalmologist. J Cataract Refract Surg 2007;33:1499-501.
- 2) Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. J Cataract Refract Surg 2005;31:156-62.
- 3) Touboul D, Roberts C, Kérautret J, et al. Correlations between corneal hysteresis, intraocular pressure, and corneal central pachymetry. J Cataract Refract Surg 2008;34:616-22.
- 4) Hager A, Schroeder B, Sadeghi M, et al. The influence of corneal hysteresis and corneal resistance factor on the measurement of intraocular pressure. Ophthalmology 2007;114:484-9.
- 5) Broman AT, Congdon NG, Bandeen-Roche K, Quigley HA. Influence of corneal structure, corneal responsiveness, and other ocular parameters on tonometric measurement of intraocular pressure. J Glaucoma 2007;16:581-8.
- 6) Lam A, Chen D, Chiu R, Chui WS. Comparison of IOP measurements between ORA and GAT in normal Chinese. Optom Vis Sci 2007;84:909-14.
- 7) Kirwan C, O'Keefe M, Lanigan B. Corneal hysteresis and intraocular pressure measurement in children using the Reichert ocular response analyzer. Am J Ophthalmol 2006;142:990-2.
- 8) Moreno-Montañés J, Maldonado MJ, García N, et al. Reproducibility and clinical relevance of the ocular response analyzer in nonoperated eyes: corneal biomechanical and tonometric implications. Invest Ophthalmol Vis Sci 2008;49:968-74.

=ABSTRACT=

## Factors Affecting the Ocular Response Analyzer Parameters in Normal Korean

Seong-Wook Kim, MD<sup>1</sup>, Sung-Gwan Seo, MD<sup>1</sup>, Jun Her, PhD<sup>1</sup>, Soo-Jeong Park, PhD<sup>2</sup>

Department of Ophthalmology, Inje university, Pusan Paik Hospital<sup>1</sup>, Busan, Korea  
Crystal Eye Hospital<sup>2</sup>, Busan, Korea

**Purpose:** To identify the normal range of factors which can be measured with Ocular Response Analyzer (ORA, Reichert Inc., Depew, NY, USA) in normal Korean, and to analyze factors affecting ORA by measuring intraocular pressure (IOP) of noncontact tonometer (NCT) and central corneal thickness (CCT).

**Methods:** Three hundred and one normal Korean subjects who did not have specific ophthalmological diseases and surgeries in the past were recruited for this study. Corneal hysteresis (CH), corneal response factor (CRF), corneal-compensated IOP (IOPcc), and Goldmann correlated IOP (IOPg) were measured using ORA. In addition, IOP of NCT and CCT were measured and the results and factors analyzed.

**Results:** The mean CH measured among normal Korean subjects in this study was 10.70 mmHg. The mean CRF was 10.40 mmHg. CH and CRF were significantly higher in the juvenile group. IOPcc and IOPg as measures of IOP using the ORA had significant correlation with IOP of NCT. In particular, IOPcc appeared to be independent of CCT.

**Conclusions:** CH and CRF were different according to age, indicating a difference in biomechanical properties of the cornea. In particular, IOPcc is more important as it is independent of corneal thickness and should be compensated in general measurements of IOP reflecting biomechanical properties.

J Korean Ophthalmol Soc 2009;50(11):1605-1610

**Key Words:** Central corneal thickness, Corneal hysteresis, Intraocular pressure, Non contact tonometer, Ocular response analyzer (ORA)

---

Address reprint requests to **Sung-Gwan Seo, MD**

Department of Ophthalmology, Pusan Paik Hospital Inje University College of Medicine

#633-165 Gaegeum-dong, Busanjin-gu, Busan 614-735, Korea

Tel: 82-51-890-6016, Fax: 82-51-890-6329, E-mail: seossg@hanmail.net