

## 리바운드안압계로 안압측정 시 수직과 수평자세 측정값의 신뢰도 비교

### Reliability Comparison of Rebound Tonometer at the Upright and Supine Position

김경래 · 이가영 · 유영철

Kyoung Lae Kim, MD, Ka Young Lee, MD, Young Cheol Yoo, MD

한림대학교 의과대학 강동성심병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Kangdong Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose:** Rebound tonometer has been used to measure the intraocular pressure (IOP) in the supine as well as normal upright positions. We investigated the reliability of IOP measurements using the rebound tonometer in the upright and supine positions.

**Methods:** IOP was measured in 30 patients (60 eyes) with open-angle glaucoma who had no history of ocular surgery and no anterior segment pathology, in both the upright and supine positions using rebound tonometer (IcarePRO; Icare Finland Oy, Finland). The average IOP value after 6 measurements was recorded. We measured IOP repeatedly until 3 reliable values within normal limits of the measurement's variation were obtained. We calculated the intraclass correlation coefficient (ICC), coefficient of variation, and number of repeated measurements necessary to obtain 3 reliable IOP values in each position as measured by one examiner.

**Results:** ICC values for IOP measurements were 0.852 (95% confidence interval [CI], 0.784-0.903;  $p < 0.001$ ) in the upright position and 0.684 (95% CI, 0.563-0.784;  $p < 0.027$ ) in the supine position. Coefficient of variation was  $8.7 \pm 0.1\%$  in the upright position and  $24.0 \pm 0.1\%$  in the supine position. An average of 3.3 times of repeated measurements in the upright position and 6.2 times in the supine position were necessary to obtain 3 reliable IOP values within the normal range of standard deviation.

**Conclusions:** When measuring IOP using the IcarePRO rebound tonometer, the measurement reliability was different between the upright and supine positions. Reproducibility of IOP measurements was lower in the upright than the supine position.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(1):93-98

**Key Words:** Body position, Rebound tonometer, Reliability, Reproducibility

안압은 녹내장의 발병 및 진행에 중요한 위험인자이며 여러 가지 요인들에 의해서 영향을 받는다. 이 요인들 중에

서 자세도 안압에 영향을 미치는 것으로 알려졌다.<sup>1</sup> 정상안과 녹내장안 모두에서 앉은 자세에서 누운 자세로 변경할 경우 안압이 상승하며, 이러한 변화는 개방각녹내장 또는 정상안압녹내장 환자에서 더 큰 것으로 알려졌다.<sup>1</sup> 바로 누운 자세에서 더 높은 안압은 녹내장 환자에서 녹내장의 진행에 영향을 줄 수 있다.<sup>2</sup> 그러므로 수평자세에서 정확한 안압측정이 녹내장 환자의 경과관찰을 위해 중요하다.

수평자세에서는 안압측정의 표준방법인 골드만압평안압계를 이용할 수 없고, 휴대용 압평안압계인 Tono-pen이나 Perkins 압평안압계 등이 주로 사용되고 있다. 그러나 Perkins 압평안

■ Received: 2014. 1. 25.      ■ Revised: 2014. 4. 7.

■ Accepted: 2014. 12. 20.

■ Address reprint requests to **Young Cheol Yoo, MD**  
Department of Ophthalmology, Hallym University Kangdong  
Sacred Heart Hospital, #150 Seongan-ro, Gangdong-gu, Seoul  
134-701, Korea  
Tel: 82-2-2224-2274, Fax: 82-2-470-2088  
E-mail: demian7435@gmail.com

압계의 경우 수평자세에서 녹내장안을 대상으로 안압을 측정  
한 결과 13%의 표준편차를 보였으며,<sup>3</sup> Tono-pen을 이용  
하여 정상안을 대상으로 수평자세에서 안압을 측정한 연구  
에서 안압측정치의 급내상관계수는 0.819로 보고되어,<sup>4</sup> 수  
평자세에서 기존 안압계로 측정한 결과의 재현성이나 신뢰  
도가 수직자세에서와 비교하여 상대적으로 떨어지기 때문  
에 현재까지 수평자세에서 참고표준치로 활용할 수 있는  
안압계는 아직 확립되지 않았다.

리바운드안압계는 점안마취가 필요하지 않아 편리하고  
환자에게 불편감 없이 안압을 측정할 수 있으나 골드만압  
평안압계와 같이 수직자세에서만 안압을 측정할 수 있었다.  
그러나, 최근에 앉은 자세뿐만 아니라 누운 자세에서도 안  
압측정이 가능한 IcarePRO리바운드안압계가 임상에 이용  
되고 있다. 정상안과 녹내장안을 대상으로 수직자세에서  
IcarePRO리바운드안압계와 골드만압평안압계의 정확도를  
분석한 연구들에서 두 안압계 간의 평균 안압 차이가 0.5-1  
mmHg로 큰 차이가 없다고 보고되었다.<sup>5,6</sup>

그러나, 수평자세에서 리바운드안압계로 안압측정 시 측  
정치의 재현성이나 신뢰도에 대해서는 아직 알려진 바가  
적다. 저자들은 IcarePRO리바운드안압계로 수직과 수평자  
세에서 안압을 반복하여 측정할 때 각 자세에서 안압측정  
치의 재현성과 신뢰도를 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

본 연구는 2013년 6월부터 8월까지 강동 성심병원 안과에  
내원한 환자들 중 세극등현미경 검사상 전안부병변과 수술  
과거력이 없으며, 개방된 전방각을 갖는 환자 30명, 60안을  
대상으로 하였다. 양쪽 눈에서 리바운드안압계(IcarePRO;  
Icare Finland Oy, 핀란드)를 이용하여 수직으로 앉은 자세  
에서 안압을 측정한 후 5분 뒤에 같은 방법으로 수평으로  
누운 자세에서 연속적으로 안압을 측정하였다.

각 자세에서 리바운드안압계로 안압측정 시 피험자는 정  
면을 주시하여 시선이 고정되도록 하기 위해 일직선 상 2 m  
거리 앞의 시표를 보도록 한 후에 탐침이 각막에 수직으로  
접촉하고, 각막과 3-7 mm 간격을 유지하도록 주의를 기울  
였다. 검사실의 조도는 통상적 형광조명 상태를 유지하였  
다. 리바운드안압계는 안압측정 시 6회 측정한 값의 평균값  
을 표시하는데, 이때 6회 측정한 안압의 편차가 정상범위인  
값(LCD화면에 녹색으로 표시됨)을 3회 얻은 때까지 반복하  
여 측정하였다. 수평자세에서의 안압 측정은 검사실에서 환  
자를 침대에 눕힌 후에 측정하였으며, 이때 피험자 얼굴의  
정확한 수평상태를 유지하기 위해 배게는 사용하지 않았다.  
전체 대상자 30명(60안) 중 15명(30안)에서는 5분의 간격

을 두고 두 명의 검사자가 동일한 방법으로 리바운드안압  
계를 이용하여 안압을 반복하여 측정하였다. 수직과 수평  
상태에서 안압측정 시 검사자의 숙련도 차이를 최대한 배  
제하기 위하여, 두 자세 모두에서 안압측정에 숙련된 검사  
자가 안압을 측정하였다. 수직자세에서 안압측정 시 검사  
자는 선 상태에서 피험자는 앉은 자세에서 안압을 측정하  
였다. 수평자세에서는 검사자가 앉은 자세에서 피검자의  
머리부분과 의자 높이를 맞추어, 검사자의 검사자세에 의  
한 피로도에 의한 영향을 배제하고자 하였다. 모든 대상안  
에서 초음파(DGH500; DGH technology, USA)를 이용하여  
중심각막두께를 측정하였다. 관찰자 편향을 줄이기 위하여  
숙련된 한 명의 검사자가 중심각막두께를 측정하였다. 자  
동굴절검사기(KR-8100; TOPCON, JAPAN)를 이용하여 각  
막곡률을 측정하였다. 리바운드안압계로 안압을 측정한 5  
분 뒤에 앉은 자세에서 골드만압평안압계를 이용하여 0.5%  
염산프로파카인과 형광물질이 혼합된 용액을 결막낭에 점  
안하여 점안 마취 후에 안압을 측정하였다.

단일검사자가 수평 및 수직자세에서 반복하여 측정한 안  
압측정치의 재현성 및 신뢰도를 비교하기 위해서 3회 측정  
치의 급내상관계수와 변동계수를 계산하였으며, 3회의 정  
상범위 편차를 갖는 값을 얻기 위하여 필요한 반복안압 측  
정횟수를 기록하였다. 또한, 두 검사자 사이에 수평과 수직  
자세에서 안압측정치의 신뢰도를 비교하기 위하여 각 검사  
자가 얻은 3회 측정치의 평균안압을 이용하여 급내상관계  
수를 계산하였다. 급내상관계수는 이차원 혼합모형과 절대  
동의 유형으로 계산하였으며, 변동계수는 3회 측정치의 표  
준편차를 평균값으로 나누어서 계산하였다.

통계분석은 SPSS statistics 19 doctor's pack을 이용하였으며  
p 값이 0.05 미만일 때 통계적 유의성이 있는 것으로 하였다.

## 결 과

피험자의 평균연령은  $56.9 \pm 13.9$ 세였고, 13명이 여성이었

Table 1. Demographic characteristics of study subjects

Parameters	Values
Eyes (n)	60
Age (years)	$56.9 \pm 13.9$
Sex (M:F)	17:13
Keratometric value (diopter)	$43.7 \pm 1.5$
Central corneal thickness ( $\mu$ m)	$540.0 \pm 29.6$
GAT (mm Hg)	$12.8 \pm 3.3$
IRT in sitting (mm Hg)	$14.1 \pm 3.5$
IRT in supine (mm Hg)	$17.9 \pm 3.7$

Values are presented as mean  $\pm$  SD unless otherwise indicated.

GAT = goldmann applanation tonometer; IRT = IcarePro rebound tonometer.

**Table 2.** Comparison of intraocular pressure measurement value's reliability at each position which was measured by one examiner

	Sitting position (n = 60)	Supine position (n = 60)
ICC (95% CI, <i>p</i> -value)	0.852 (0.784 to 0.903, <i>p</i> < 0.001)	0.684 (0.563 to 0.784, <i>p</i> < 0.001)
COV (%)	8.7 ± 0.1	24.0 ± 0.1
No. of repeated measurements for 3 reliable IOP* (mean ± SD)	3.3 ± 1.1	6.2 ± 2.2

ICC = intraclass correlation coefficients; CI = confidence interval; COV = coefficient of variation; IOP = intraocular pressure; SD = standard deviation; No = number.

\*Reliable IOP means IOP value which is within normal limit of variation.

**Table 3.** Comparison of intraocular pressure measurement value's reliability at each position which was measured by 2 examiners

	Sitting position (n = 30)	Supine position (n = 30)
ICC (95%-CI, <i>p</i> -value)	0.913 (0.827 to 0.958, <i>p</i> < 0.001)	0.746 (0.530 to 0.871, <i>p</i> < 0.001)

ICC = intraclass correlation coefficients; CI = confidence interval.

다. 중심각막두께는 평균  $540.0 \pm 29.6 \mu\text{m}$ 이었으며, 각막곡률은  $43.7 \pm 1.5$ 디옵터였다(Table 1). 수직자세에서 골드만압평안압계로 측정한 안압은 평균  $12.8 \pm 3.3 \text{ mmHg}$ 였고, 리바운드안압계로 측정한 안압은 평균  $14.1 \pm 3.5 \text{ mmHg}$ 로 측정되었다. 수직자세에서 리바운드안압계로 측정한 안압은 골드만압평안압계로 측정한 안압보다 통계적으로 유의하게 높았다(대응표본 T검정,  $p < 0.001$ ).

수직자세에서 리바운드안압계로 측정한 안압과 골드만압평안압계로 측정한 안압의 차이는 이전에 시행되었던 연구결과와 유사하였다.<sup>5,6</sup> 수평자세에서 리바운드안압계로 측정한 안압은 평균  $17.9 \pm 3.7 \text{ mmHg}$ 로 수직자세에서 측정치보다 통계적으로 유의하게 높았다(대응표본 T검정,  $p < 0.001$ ).

단일검사가 리바운드안압계를 이용하여 안압을 측정하였을 때, 수직자세에서 측정치의 급내상관계수는 0.852 (95% 신뢰구간: 0.784-0.903,  $p < 0.001$ )였고, 수평자세에서는 0.684 (95% 신뢰구간: 0.563-0.784,  $p < 0.001$ )였다. 변동계수는 수직자세에서  $8.7 \pm 0.1\%$ , 수평자세에서  $24.0 \pm 0.1\%$ 였다. 정상범위 편차를 갖는 안압이 3회 측정될 때까지 반복하여 측정한 횟수는 수직자세에서 평균  $3.3 \pm 1.1$ 회, 수평자세에서 평균  $6.2 \pm 2.2$ 회였다(Table 2).

전체 60안 중 30안에서 두 명의 검사자가 같은 방법으로 수직과 수평자세에서 각각 안압을 측정하였을 때, 수직자세에서 두 검사자 간의 급내상관계수는 0.913 (95% 신뢰구간: 0.827-0.958,  $p < 0.001$ ), 수평자세에서는 0.746 (95% 신뢰구간: 0.530-0.871,  $p < 0.001$ )였다(Table 3).

## 고 찰

안압측정을 포함하여 모든 검사의 결과는 정확도와 신뢰도로 평가될 수 있다. 정확도는 측정된 결과가 얼마나 실제 값과 가까운지를 나타내며, 신뢰도는 여러 번 측정하였을 때

각각의 측정치가 동일하게 나오는 정도를 말한다. 정확도는 참고표준치와 비교하여, 신뢰도는 반복된 측정으로 비교하여 평가할 수 있다. 안압측정과 관련하여 얇은 수직자세에서 참고표준치는 골드만압평안압계 측정치이며 이와 비교한 다양한 안압계 측정치의 정확도가 알려졌으며,<sup>7,8,9</sup> 앞서 언급한 대로 리바운드안압계의 경우 수직자세에서 안압측정 시 골드만압평안압계와 정확도에서 큰 차이를 보이지 않음이 알려졌다.

IcarePRO리바운드안압계는 기울기센서가 내장되어 있어 환자가 누운 자세에서 안압계를 아래쪽으로 향하게 하여 안압을 측정할 수 있으며, 다양한 연구에서 이 안압계를 이용하여 수직자세와 비교한 누운 자세에서의 안압측정치들이 발표되었다.<sup>4,10,11</sup> 그러나 수평자세에서 참고표준치로 활용할 수 있는 안압계는 아직 확립된 바가 없으며, 침습적인 방법인 안내삽관을 통하여 전방의 압력을 조절하고 이를 실제 안압으로 환산하여, 이 값을 IcarePRO리바운드안압계를 이용한 안압측정치와 비교해 수평자세에서 IcarePRO리바운드안압계를 이용하여 측정한 안압의 정확도를 밝혀낸 연구는 아직 없다.

본 연구에서는 수평자세에서 IcarePRO리바운드안압계로 안압측정 시 각 반복측정치의 재현성과 신뢰도를 알아보고자 하였으며, 동일한 환자를 두 명의 검사자가 같은 방법으로 검사하여 검사자 간 재현성도 알아보았다.

단일측정자에서 수평자세에서 안압측정 시 급내상관계수는 수직자세에서보다 낮았고 95% 신뢰구간에서도 차이를 보여 그 차이는 통계적으로도 의미가 있었다(Table 2). 수평자세에서 반복측정치의 변동계수는 수직자세에서보다 높았으며, 3회의 정상범위 편차를 갖는 안압측정치를 얻기 위한 반복측정도 수직자세보다 수평자세에서 평균 2.9회 더 많이 필요하였다. 따라서, 수평자세에서 IcarePRO리바운드안압계의 신뢰도가 수직자세에서보다 상대적으로 떨어

어짐을 알 수 있었다. 또한, 동일한 환자를 두 측정자가 측정하였을 때의 결과에서도 수직과 수평자세에서 급내상관계수의 차이는 단일측정자가 측정하였을 때와 비교하여 유사한 결과를 보였다(Table 3).

수직자세와 수평자세에서 IcarePRO리바운드안압계와 골드만압평안압계, Tono-pen으로 측정한 안압측정치의 재현성에 관한 기존 연구들이 있으나 연구들 사이에서 서로 상이한 결과를 보였다. 36명의 정상안을 대상으로 수직과 수평자세에서 IcarePRO리바운드안압계와 Tonopen을 이용하여 측정한 안압측정치를 비교한 연구에서<sup>10</sup> 리바운드안압계의 수직과 수평자세에서의 급내상관계수가 각각 0.866, 0.819의 값을 보여 큰 차이를 보이지 않은 반면, 127명의 정상안을 대상으로 비슷한 방법으로 측정한 연구에서는<sup>4</sup> 리바운드안압계의 수직과 수평자세에서의 급내상관계수가 각각 0.863, 0.656의 값을 보여 본 연구와 비슷한 결과를 보였다. Schweier et al<sup>10</sup>의 연구결과와 본 연구결과 차이가 있는 이유는 명확하지는 않으나, 인종의 차이나 피험자의 평균연령 차이가 연구결과에 차이에 영향을 주었을 가능성은 적을 것으로 생각한다. 또한 결과의 차이를 줄 수 있는 검사자의 측면에서도 검사자의 안압측정의 숙련도에 관한 명확한 언급이 없기 때문에 판단하기가 어렵다. 다만, 본 연구에서 수평자세에서 안압측정 시 얼굴의 수평자세를 보다 더 정확하게 유지하기 위하여 피험자의 머리 크기에 맞는 베개 등을 사용하였다면 수평자세의 신뢰도가 좀 더 향상되었을 가능성을 배제할 수 없을 것으로 생각한다. 앞서 언급한 연구들에서는 수평자세에서 측정 가능한 다른 안압계들의 안압측정치와 비교하여 IcarePRO리바운드안압계의 수평자세에서 정확도와 신뢰도를 판단하였으나, 본 연구에서는 동일한 환자군을 대상으로 단일측정자의 수직과 수평자세에서의 안압측정치와 두 명의 측정자가 같은 방법으로 측정한 수직과 수평자세에서의 안압측정치를 비교하여 IcarePRO리바운드안압계로 수평자세에서 안압측정 시 신뢰도와 재현성을 알아보았다.

IcarePRO리바운드안압계를 이용하여 수평자세에서 안압을 반복하여 측정하였을 때 수직자세에서보다 재현성 및 신뢰도가 저하되는 원인에 대해서는 다음과 같은 점들을 생각해 볼 수 있겠다. 리바운드안압계는 유발과 충돌의 원리를 이용하여 안압계 내의 탐침이 각막 표면에 접촉하면서 발생하는 속도의 감속을 전기적인 신호로 변환하여 안압측정치로 환산한다. 안압이 낮으면 탐침이 돌아오는 시간이 오래 걸리고 반대로 안압이 높으면 짧게 걸리는 원리를 이용한다.<sup>5,12</sup> 수평자세에서 안압을 측정할 경우 각막 표면에 접촉하기 위한 리바운드안압계 탐침의 상하운동에 중력이 영향을 미치는데, 기울기센서로 중력의 영향을 보정

한다 하더라도 완벽할 수는 없기에, 이와 같은 중력보정의 불완전성이 수평자세에서 안압측정치의 신뢰도 저하에 기여할 것으로 생각한다.<sup>13-15</sup> 즉, 리바운드안압계의 탐침과 각막 표면 사이의 거리, 접촉 각도의 오차가 일반적인 수직자세에서의 안압측정치에 영향을 준다고 알려졌는데,<sup>16,17</sup> 아래쪽으로 기울여서 탐침이 수직으로 운동하게 되며 중력의 영향에 직접적으로 노출되는 수평자세에서는 탐침의 거리, 기울기, 위치 등의 변수들이 탐침이 수평으로 움직이며 중력의 영향에 비교적 자유로운 수직자세에서보다 안압측정치에 좀 더 많은 영향을 줄 가능성이 있다. 환자의 측면에서는 수평자세에서는 수직자세와는 다르게 리바운드안압계가 각막에 수직이 되도록 그리고 리바운드안압계의 탐침이 각막과 일정한 거리를 유지하도록 하기 위해 검사자의 머리가 피험자의 시야를 불가피하게 가리는 경우가 많기 때문에, 환자들이 원거리에 한 점을 주시하는 데 더 어려움을 겪게 되어 오류발생의 원인이 될 수 있겠다. 검사자 측면에서도 수평자세에서 안압측정을 위해 리바운드안압계를 아래로 기울여서 안압을 측정해야 하는데 이때 검사자가 리바운드안압계의 탐침과 각막 표면에 접촉하는 거리를 일정하게 유지하거나, 탐침이 각막표면에 수직으로 접촉하게 하는 것이 수직자세에서의 측정 시보다 더 어렵기 때문에 앞서 언급된 측정오류가 발생할 가능성이 상대적으로 더 많을 것으로 생각한다. 이와 같은 피험자 및 검사자 요인들이 리바운드안압계에 탐침이 각막 표면에 접촉하는 각도와 거리에 영향을 주고 수평자세에서 반복 안압측정치의 변동성 증가에 기여할 것으로 생각한다.

앞서 언급한 대로 정확도와 신뢰도를 통해 검사법을 평가하는데, 정확도 평가를 위해서는 실제값을 대변하는 참고표준치가 필요하나 가장 정확한 방법인 안내삽관을 통하여 전방의 압력을 직접 측정하는 방법은 너무 침습적이어서 시도할 수가 없었다. 이러한 수평자세에서의 참고표준치와 IcarePRO리바운드안압계를 이용한 안압측정치를 함께 비교하여 수평자세에서 Icare PRO리바운드안압계의 정확도를 비교하지 못한 것이 가장 큰 한계점이라고 생각한다.

이전 연구에서 IcarePRO리바운드안압계는 중심각막두께보다는 각막이력현상이나 각막저항인자의 영향을 더 많이 받는다는 보고가 있었다.<sup>18-21</sup> 본 연구에서 전안부 병변과 수술 과거력이 있는 환자들을 배제하고, 초음파를 이용하여 중심각막두께를 측정하고 자동굴절검사기를 이용하여 각막곡률을 측정하였으나, 각막이력현상이나 각막저항인자가 리바운드안압계의 측정치에 미칠 수 있는 영향을 고려하지 못한 점도 제한점이라고 생각한다. 본 연구에서 중심각막두께가 각 자세에서 안압측정치의 변동계수에 미치는 영향을 추가로 분석하였을 때 수직과 수평자세에서 모두 유의한 상관

관계를 보이지는 않았다.

결론적으로, 리바운드안압계인 IcarePRO를 이용하여 안압측정 시 수직과 수평자세에서 측정값의 신뢰도에 차이가 있었으며, 수평자세에서 안압측정치의 재현성이 수직자세에서보다 상대적으로 나빴다. 따라서, IcarePRO리바운드안압계를 이용하여 수평자세에서 안압측정 시 이와 같은 신뢰도와 재현성의 저하를 고려하여 그 측정치를 임상에 적용해야 할 것으로 생각한다. 또한, 수평자세에서 안내삽관을 통하여 측정한 실제 안압과 리바운드안압계를 이용한 안압측정치를 비교하여 IcarePRO리바운드안압계의 수평자세에서 정확도를 판단할 수 있는 연구가 필요할 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- Kriegelstein G, Langham ME. Influence of body position on the intraocular pressure of normal and glaucomatous eyes. *Ophthalmologica* 1975;171:132-45.
- Kiuchi T, Motoyama Y, Oshika T. Relationship of progression of visual field damage to postural changes in intraocular pressure in patients with normal-tension glaucoma. *Ophthalmology* 2006;113:2150-5.
- Gudmundson LE. The pneumatonograph and Perkins' tonometer. A clinical study of the reproducibility in glaucomatous eyes. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1984;62:731-8.
- Nakakura S, Mori E, Yamamoto M, et al. Intradevice and Interdevice Agreement Between a Rebound Tonometer, Icare PRO, and the Tonopen XL and Kowa Hand-held Applanation Tonometer When Used in the Sitting and Supine Position. *J Glaucoma* 2013 Oct 17. [Epub ahead of print]
- Fernandes P, Diaz-Rey JA, Queirós A, et al. Comparison of the ICare rebound tonometer with the Goldmann tonometer in a normal population. *Ophthalmic Physiol Opt* 2005;25:436-40.
- Sahin A, Niyaz L, Yildirim N. Comparison of the rebound tonometer with the Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients. *Clin Experiment Ophthalmol* 2007;35:335-9.
- Hessemer V, Rössler R, Jacobi KW. [Tono-pen, a new position-independent tonometer. Comparison with the Goldmann tonometer by applanation measurement]. *Klin Monbl Augenheilkd* 1988;193:420-6.
- Yücel AA, Stürmer J, Gloor B. [Comparison of tonometry with the Keeler air puff non-contact tonometer "Pulsair" and the Goldmann applanation tonometer]. *Klin Monbl Augenheilkd* 1990;197:329-34.
- Gräf M, Wassill H, Dick B. [A new site-independent tonometer (ProTon) in comparison with the Goldmann applanation tonometer]. *Klin Monbl Augenheilkd* 1995;206:255-61.
- Schweier C, Hanson JV, Funk J, Töteberg-Harms M. Repeatability of intraocular pressure measurements with Icare PRO rebound, Tono-Pen AVIA, and Goldmann tonometers in sitting and reclining positions. *BMC Ophthalmol* 2013;13:44.
- Jablonski KS, Rosentreter A, Gaki S, et al. Clinical use of a new position-independent rebound tonometer. *J Glaucoma* 2013;22:763-7.
- Kontiola AI, Goldblum D, Mittag T, Danias J. The induction/impact tonometer: a new instrument to measure intraocular pressure in the rat. *Exp Eye Res* 2001;73:781-5.
- Davies LN, Bartlett H, Mallen EA, Wolffsohn JS. Clinical evaluation of rebound tonometer. *Acta Ophthalmol Scand* 2006;84:206-9.
- Prashar A, Guggenheim JA, Erichsen JT, et al. Measurement of intraocular pressure (IOP) in chickens using a rebound tonometer: quantitative evaluation of variance due to position inaccuracies. *Exp Eye Res* 2007;85:563-71.
- Schild AM, Rosentreter A, Hermann MM, et al. [Comparison of Rebound tonometry versus Perkins tonometry in the supine glaucoma patient]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2011;228:125-9.
- Takenaka J, Mochizuki H, Kunihara E, et al. Evaluation of rebound tonometer for measuring intraocular pressure at deviated angle and position. *Curr Eye Res* 2011;36:422-8.
- Takenaka J, Mochizuki H, Kunihara E, et al. Intraocular pressure measurement using rebound tonometer for deviated angles and positions in human eyes. *Curr Eye Res* 2012;37:109-14.
- Moreno-Montañés J, Gosende I, Caire J, et al. Comparison of the new rebound tonometer IOPen and the Goldmann tonometer, and their relationship to corneal properties. *Eye (Lond)* 2011;25:50-6.
- Muttuvelu DV, Baggesen K, Ehlers N. Precision and accuracy of the ICare tonometer - Peripheral and central IOP measurements by rebound tonometry. *Acta Ophthalmol* 2012;90:322-6.
- Chui WS, Lam A, Chen D, Chiu R. The influence of corneal properties on rebound tonometry. *Ophthalmology* 2008;115:80-4.
- Beasley IG, Loughton DS, Coldrick BJ, et al. Does rebound tonometry probe misalignment modify intraocular pressure measurements in human eyes? *J Ophthalmol* 2013;2013:791084.

= 국문초록 =

## 리바운드안압계로 안압측정 시 수직과 수평자세 측정값의 신뢰도 비교

**목적:** 앉은 자세뿐만 아니라 누운 자세에서도 안압측정이 가능한 리바운드안압계가 임상에 이용되고 있다. 이러한 리바운드안압계로 수직과 수평자세에서 안압을 측정할 때 각 반복 측정치의 신뢰도를 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 전안부 병변과 수술 과거력이 없으며, 개방각인 30명(60안)의 환자들을 대상으로 리바운드안압계(IcarePRO; Icare Finland Oy, 핀란드)를 이용하여 수직과 수평자세에서 연속적으로 안압을 측정하였다. 매 안압측정 시 6회 측정값의 평균값이 기록 되는데, 이렇게 6회 측정된 안압의 편차가 정상범위인 값을 3회 얻을 때까지 반복하여 측정하였다. 각 자세에서 단일검사자가 측정한 안압의 신뢰도를 비교하기 위해서 급내상관계수, 변동계수, 3회의 정상범위 편차를 갖는 안압측정값을 얻기 위한 반복측정횟수를 계산하였다.

**결과:** 안압측정치의 급내상관계수는 수직자세에서 0.852 (95% 신뢰구간, 0.784–0.903;  $p < 0.001$ )였고 수평자세에서 0.684 (95% 신뢰구간, 0.563–0.784;  $p < 0.001$ )였다. 수직 및 수평자세에서 안압측정치의 변동계수는 각각  $8.7 \pm 0.1\%$ 와  $24.0 \pm 0.1\%$ 였다. 정상범위 편차를 갖는 안압측정치를 3회 얻기 위하여 수직자세에서는 평균 3.2회의 반복측정이 필요하였으며, 수평에서는 평균 6.2회의 측정이 필요하였다.

**결론:** IcarePRO리바운드안압계를 이용하여 안압측정 시 수직과 수평자세에서 측정값의 신뢰도에 차이가 있었으며, 수평자세에서 안압측정치의 재현성이 수직자세에서의 측정치보다 나빴다.

〈대한안과학회지 2015;56(1):93–98〉