

자세에 따른 리바운드 안압계의 안압측정치 비교

Comparison of Intraocular Pressures According to Position Using Icare Rebound Tonometry

김혜진 · 이가영

Hae Jin Kim, MD, Kayoung Yi, MD, PhD

한림대학교 의과대학 강남성심병원 안과학교실

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

Purpose: To evaluate changes in intraocular pressure (IOP) according to position using a portable rebound tonometer.

Methods: We measured the IOP values of 20 healthy volunteers (40 eyes) in the sitting, supine, right lateral decubitus and left decubitus positions with a portable rebound tonometer, and then analyzed using the Wilcoxon signed rank test. IOP in sitting position was also measured with a non-contact tonometer and a Goldmann applanation tonometer, and analyzed with Kruskal-Wallis test and Spearman correlation analysis. Agreement among the 3 tonometers was calculated using the Bland-Altman method.

Results: The IOP measured with rebound tonometer in the supine position was significantly higher than in the sitting position ($p = 0.002$). However, there was no significant difference in IOP between the supine and decubitus positions. In the decubitus position, there was no significant difference in IOP between the dependent and non-dependent eyes. IOP measurement using the rebound tonometer showed positive correlation with that of the noncontact and Goldmann applanation tonometers.

Conclusions: In normal subjects, IOP measurement obtained with a rebound tonometer in the supine position was significantly higher than in the sitting position, but there was no significant difference in IOP between the supine and decubitus positions. A rebound tonometer may be useful for patients whose intraocular pressure measurement with Goldmann applanation tonometer or non-contact tonometer is impossible. When using a portable rebound tonometer in bed-ridden or pediatric patients, we should pay attention to the interpretation of IOP in the supine position.

J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(7):1049-1055

Key Words: Decubitus position, Icare PRO rebound tonometer, Supine position

현재까지 골드만 압평안압계가 임상에서 표준안압계로 사용되고 있으나,¹ 이는 세극등 현미경에 장착되어 있기 때문에 협조가 되지 않는 소아나 거동이 불편한 환자의 경우

측정이 어렵다. 또한, 점안마취제를 이용한 마취가 필요하고 각막에 직접 접촉되는 침습적인 검사로 측정시간이 오래 걸리며, 안압 측정치가 각막 등 여러 인자에 의한 영향을 받는다는 한계가 있다.^{2,3}

리바운드 안압계(ICare® PRO; Icare Finland, Helsinki, Finland)는 유발과 충돌의 원리를 이용한 안압계로 전기로 작동하는 가벼운 일회용 탐침이 각막을 누르고 제자리로 돌아오는 시간을 측정하여 안압으로 환산한다. 탐침이 극히 가볍고 접촉시간이 짧아 마취를 시행하지 않고 안압을 측정할 수 있다는 장점이 있다. 휴대가 가능하고 내장 기울기 센서가 있어 누워 있는 환자도 소수점까지 측정이 가능하며 골드

■ Received: 2013. 9. 28. ■ Revised: 2014. 2. 11.

■ Accepted: 2014. 6. 10.

■ Address reprint requests to **Kayoung Yi, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Kangnam Sacred Heart Hospital, #1 Singil-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-950, Korea
Tel: 82-2-829-5196, Fax: 82-2-848-4638
E-mail: harry92001@naver.com

* This study was presented as a poster at the 109th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2013.

© 2014 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

만 압평안압계와 유사하게 정확한 안압 측정이 가능하다는 보고가 있다.⁴⁻⁸

최근 자세변화에 따른 안압측정치 변화에 대한 여러 가지 논문이 보고되고 있으며 앉은 자세보다 누운 자세에서 측정된 안압이 더 높은 것으로 보고되고 있다.⁹⁻¹¹ Jablonski et al¹⁰에 따르면 누워 있는 자세에서 앉은 자세보다 약 2 mmHg 정도 안압이 높게 측정되었고 누워 있는 자세에서 리바운드 안압계의 안압측정치는 Perkins 압평안압계와 높은 상관관계를 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 리바운드 안압계를 이용하여 자세 변화에 따른 안압측정치를 비교하고 앉은 자세에서의 리바운드 안압계 측정치를 비접촉 안압계, 골드만 압평안압계와 비교해 각 안압계 사이의 상관 관계 및 임상적인 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

대상과 방법

외안부 질환이나 안과 수술의 기왕력이 없는 건강한 지원자 20명, 총 40안에 대해 안압을 측정하였다.

모든 환자는 비접촉 안압계로 안압을 측정 후 20분 뒤 Icare Rebound Tonometer로 자세 변화에 따른 안압을 측정하였고 다시 20분 뒤 마지막으로 골드만 압평안압계로 안압을 측정하였다. 이는 압평안압계에 의한 각막 형태 변화 등의 오류를 최소화하기 위함이었다.

비접촉 안압계(NT-2000[®], NIDEK, Japan)는 양안을 각각 3회씩 측정하였으며 그 평균치를 기록하였다. 환자가 눈을 감거나 기계상 오류가 표시된 경우는 제외하였다.

Icare Rebound Tonometer에 의한 안압은 한 명의 동일한 검사자(H.J.K)에 의해 측정되었으며, 점안마취 없이 앉은 자세로 정면을 주시한 상태에서 양안의 안압을 측정하고, 바로 누운 자세에서 30분 후 안압을 다시 측정하였다. 이어서 우측으로 누운 자세에서 30분 뒤, 그리고 좌측으로 누운 자세에서 30분 뒤 안압을 측정하였다. 옆으로 누웠을 때 상대적으로 밑에 위치하게 되는 눈을 dependent eye, 위쪽에 있게 되는 눈을 non-dependent eye라고 정의하였다. 측와위 자세의 안압을 측정할 때는 베개를 사용하지 않았으며, 계측 화면에 나타나는 6회 측정 평균값의 표준편차가 정상 범주일 때 안압계의 수치를 채택하였다.

골드만 압평안압계에 의한 안압 역시 한 명의 동일한 검사자(H.J.K)에 의해 측정되었으며 0.5% Proparacaine으로 점안마취하고 플루오레신으로 염색한 후 눈 깜빡임을 유도하였다. 두 차례 안압을 측정 후 그 평균값을 대표값으로 하였다. 각 측정 사이에 1분간의 여유를 두었고 두 측정치 간에 2 mmHg 이상 차이가 나는 경우에는 한 번 더 측정을 하여 그 평균값을 기록하였다.

자세에 따른 리바운드 안압계의 측정치분석은 대응 2 표본(Wilcoxon signed rank test)을 시행하였고, 앉은 자세에서 리바운드 안압계, 비접촉 안압계, 골드만 압평안압계로 측정된 안압은 독립 K 표본(Fruskal-Wallis test)과 spearman 상관분석을 시행하였다. 여러 종류의 안압계로 측정된 안압의 상관성을 알아보기 위해 Bland-Altman plot을 시행하였으며 이는 두 안압계의 평균치와 두 안압계 측정치의 차이를 보여준다.

통계학적 분석은 SPSS version 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며 유의수준은 0.05 미만으로 정하였다.

결 과

총 20명의 지원자들의 평균 나이는 25.95 ± 2.28세(23-32세)였고, 남자 14명(28안), 여자 6명(12안)이었고 평균 중심 각막두께는 537.8 ± 29.68 μm였다.

리바운드 안압계로 측정된 안압은 앉은 자세에서 15.82 ± 2.87 mmHg, 바로 누운 자세에서 16.85 ± 3.08 mmHg, 우측으로 누운 자세에서 16.73 ± 2.84 mmHg, 좌측으로 누운 자세에서 16.80 ± 2.80 mmHg였다(Table 1).

바로 누운 자세에서의 안압은 앉은 자세에서보다 평균 1.03 ± 1.95 mmHg 높게 측정되었으며 이는 통계적으로 유의하였다(p=0.002, Wilcoxon signed rank test). 우측과 좌측으로 누운 자세에서의 안압도 앉은 자세에서의 안압보다 통계적으로 유의하게 높게 측정되었다(p=0.008, p=0.001, Wilcoxon signed rank test) (Fig. 1).

하지만 바로 누운 자세와 우측 그리고 좌측으로 누운 자세에서 측정된 안압은 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p=0.744, p=0.185, Wilcoxon signed rank test). 자세변화에 따른 안압 측정 시 모든 자세에서 우안과 좌안의 안압

Table 1. Demographic data, IOP measurements (mm Hg) with 3 tonometers

Age (years)	25.95 ± 2.28
Sex (M:F)	14:6
CCT (μm)	537.8 ± 29.68
IOP NCT (mm Hg)	16.2 ± 3.13
IOP GAT (mm Hg)	15.72 ± 2.49
Sitting IOP RB (mm Hg)	15.82 ± 2.87
Supine IOP RB (mm Hg)	16.85 ± 3.08
Right lateral decubitus IOP RB (mm Hg)	16.73 ± 2.84
Left lateral decubitus IOP RB (mm Hg)	16.80 ± 2.80

Values are presented as mean ± SD.

CCT = central corneal thickness; IOP = intraocular pressure; NCT = non-contact tonometer; GAT = Goldmann applanation tonometer; RB = rebound tonometer.

Table 2. Intraocular pressure measurements with rebound tonometer during postural change

	Right eye (mm Hg)	Left eye (mm Hg)	<i>p</i> -value*
Sitting	15.85 ± 2.93	15.79 ± 2.89	0.718
Supine	16.91 ± 3.09	16.80 ± 3.14	0.862
Right lateral decubitus	16.75 ± 3.12	16.71 ± 2.61	0.968
Left lateral decubitus	16.62 ± 2.87	16.98 ± 2.79	0.698

Values are presented as mean ± SD.

*Wilcoxon signed rank test.

Table 3. Statistical comparison of intraocular pressure between different body position

Position	<i>p</i> -value*			
	Right lateral decubitus		Left lateral decubitus	
	Right eye (dependent eye)	Left eye	Right eye	Left eye (dependent eye)
Supine				
Right eye	0.616		0.398	
Left eye		0.121		0.331

*Wilcoxon signed rank test.

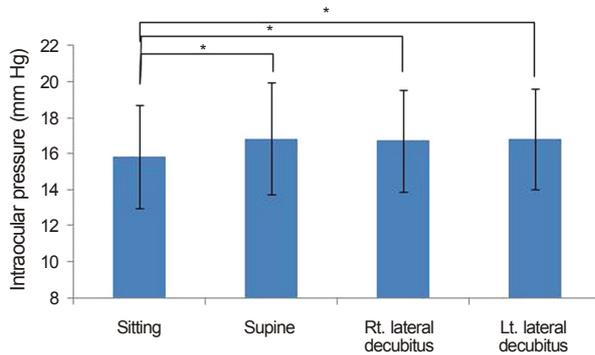


Figure 1. Comparison of intraocular pressures according to body position with rebound tonometer ($p < 0.05$, Wilcoxon signed rank test).

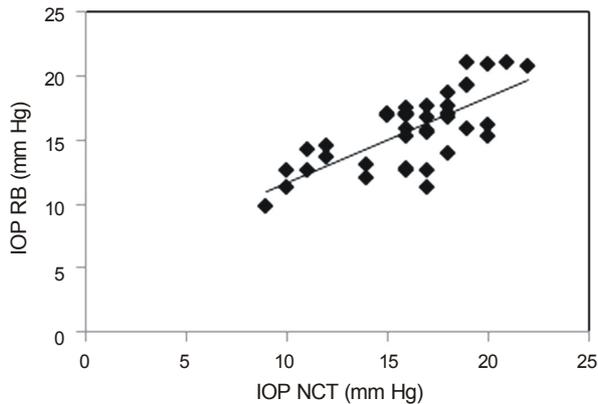


Figure 2. Comparison of intraocular pressure (IOP) measured with non-contact tonometer and Icare rebound tonometer ($r = 0.636$, $p = 0.000$). IOP = intraocular pressure; RB = Icare rebound tonometer; NCT = non-contact tonometer.

은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고(Table 2) 옆으로 누운 자세에서 dependent eye와 non-dependent eye에서

Table 4. Spearman's correlation coefficient among 3 tonometers

	RB	NCT
NCT	0.636 ($p = 0.000$)	
GAT	0.662 ($p = 0.000$)	0.474 ($p = 0.002$)

NCT = non-contact tonometer; GAT = Goldmann applanation tonometer; RB = rebound tonometer.

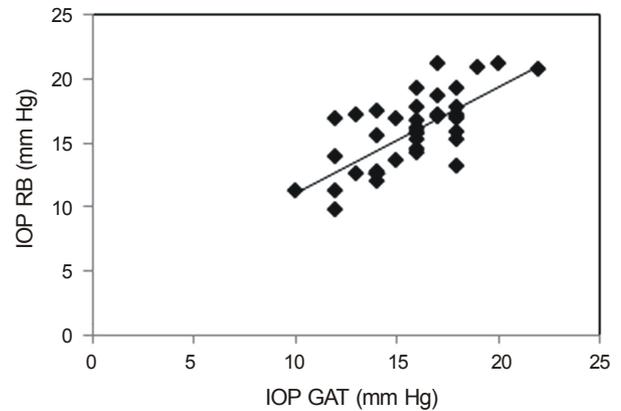


Figure 3. Comparison of intraocular pressure measured with Goldmann applanation tonometer and Icare rebound tonometer ($r = 0.662$, $p = 0.000$). IOP = intraocular pressure; RB = Icare rebound tonometer; GAT = Goldmann applanation tonometer.

측정한 안압 사이에도 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p=0.094$, Wilcoxon signed rank test). 바로 누운 자세에서 우안과 우측으로 누웠을 때 우안(dependent eye), 그리고 바로 누운 자세에서 좌안과 좌측으로 누웠을 때 좌안(dependent eye) 사이에 측정한 안압은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.380$, Wilcoxon signed rank test). 또한 바로 누운 자세에서의 우안과 우측으로 누웠을 때 좌안(non-de-

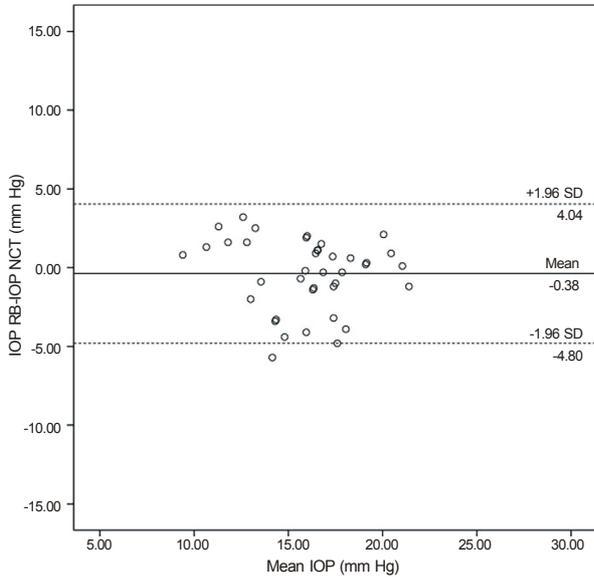


Figure 4. Bland-Altman plot. The differences between IOP measured by RB and NCT are plotted against the mean of the two measurements. IOP = intraocular pressure; RB = rebound tonometer; NCT = non-contact tonometer; SD = standard deviation.

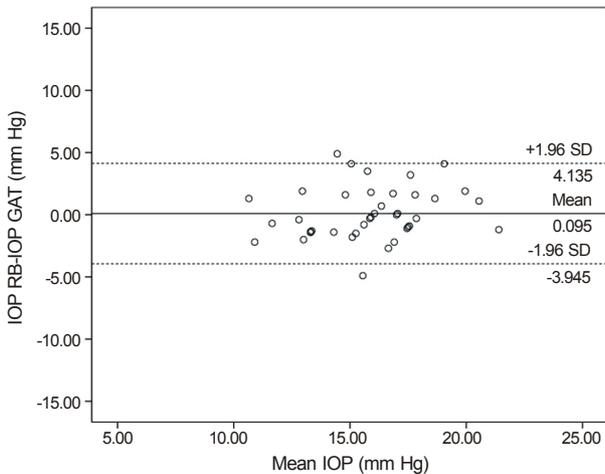


Figure 5. Bland-Altman plot. The differences between IOP measured by RB and GAT are plotted against the mean of the two measurements. IOP = intraocular pressure; RB = rebound tonometer; GAT = Goldmann applanation tonometer; SD = standard deviation.

pendent eye), 그리고 바로 누운 자세에서 좌안과 좌측으로 누웠을 때 우안(non-dependent eye) 사이에서 측정된 안압 역시 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.455$, Wilcoxon signed rank test). 이는 우안과 좌안을 각각 나누어 비교했을 때도 유의한 차이가 없었다(Table 3).

앉은 자세에서 리바운드 안압계로 측정된 안압은 비접촉 안압계 측정치보다 평균 0.38 ± 2.25 mmHg 낮았고 상관계

수 0.636으로 양의 상관관계를 보였으며(Fig. 2), 골드만 압평안압계 측정치보다 평균 0.09 ± 2.08 mmHg 높았고 상관계수 0.662로 높은 양의 상관관계를 보였다(Table 4) (Fig. 3). 앉은 자세에서 비접촉 안압계로 측정된 안압은 평균 16.2 ± 3.13 mmHg, 골드만 압평안압계로 측정된 안압은 15.72 ± 2.49 mmHg이었다(Table 1). 독립 K 표본을 시행한 결과 3가지 안압 측정치 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p=0.529$). 두 가지 안압계로 측정된 안압의 평균과 안압의 차이를 가지고 분석한 Bland-Altman plot에서는 대부분의 값들이 95% 신뢰구간 내에 위치하였다(Fig. 4, 5).

고 찰

리바운드 안압계는 2000년에 처음으로 동물실험에서 소개된 뒤^{12,13} 현재까지 발전을 거듭해왔다. 이 안압계는 전기로 작동하는 가벼운 일회용 탐침이 각막으로부터 튕겨져 제자리로 돌아올 때 감속되는 정도를 측정하여 안압으로 환산한다. 즉, 안압이 높으면 탐침이 각막과 더 짧게 접촉하고 탐침이 더 빨리 감속된다. 리바운드 안압계는 작고 가벼우며 세극등현미경이 필요치 않고, 휴대가 가능하며 사용법이 간단하여 검사가 용이하다. 또한 점안마취제가 필요하지 않아 환자의 불편감이 적고 내장 기울기 센서가 있어 누운 상태에서도 시행할 수 있기 때문에 세극등현미경으로 이동하기 힘든 환자에서도 편안한 자세에서 시행할 수 있는 장점이 있다. 탐침은 일회용이기 때문에 감염의 위험성이 적고, 말단부의 직경이 1 mm 정도이므로 원추각막, 각막부종, 각막궤양, 각막흔타 등의 각막질환이 있는 경우에도 사용될 수 있다.

누운 자세에서의 안압 측정 시 현재 Perkins 압평안압계가 표준 안압계로 되어 있고 골드만 압평안압계와 높은 상관관계가 보고되었다.^{14,15} Perkins 압평안압계는 골드만 압평안압계와 같은 이중프리즘을 사용하며 전원은 전지를 이용하고 압평하는 힘은 손으로 조절한다. 이외에 누운 자세에서의 안압 측정이 가능한 휴대용 안압계로는 토노펜(Tonopen XL; Medtronic Solan, Jacksonville, FL), Diaton transpalpebral tonometer (BICOM Inc., Long Beach, NY), KOWA handheld applanation tonometer (HAT; Kowa Company, Ltd., Nagoya, Japan) 등이 있다.

현재까지 많은 연구에서 자세 변화에 의한 안압 측정치의 변화가 보고되고 있지만 리바운드 안압계로 측정된 눈문은 많지 않다. 대부분의 논문에서 앉은 상태에서 누운 상태로 자세 변화 시 안압이 상승함을 보고하였고, 옆으로 누웠을 때 dependent eye의 안압이 유의하게 증가하였음을 보고하였다.^{11,16,17} Kim et al¹⁷과 Lee et al¹⁸은 건강한 성인들

대상으로 측정된 결과, 앉은 자세에서 누운 자세로 변경하고 각각 10분 후, 5분 후 리바운드 안압계로 측정된 안압이 통계적으로 유의하게 증가하였음을 보고하였다. 또한 누워 있는 자세에서 좌측 혹은 우측으로 눕는 자세로 변경하였을 때 상대적으로 밑에 위치한 dependent eye의 안압이 통계적으로 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 이전에 보고된 여러 연구에서와 같이 리바운드 안압계를 이용하여 측정된 누운 자세에서의 안압측정치가 앉은 자세보다 통계적으로 유의하게 높은 측정치를 보였다. 하지만 바로 누운 자세와 우측 그리고 좌측으로 누운 자세 사이에서 측정된 안압은 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 자세변화 후 안압을 다시 측정할 시간과 옆으로 누운 자세에서 안압을 측정할 때 베개 사용 유무 등 안압 측정방법의 차이로 인한 것으로 해석될 수 있다.

같은 눈에서 안압의 반복적 측정은 안압 측정치가 감소하는 결과를 가져올 수 있다.^{19,20} 본 연구에서는 앞서 짚은 안압 측정이 다음 번 안압 측정에 주는 영향을 최대한 배제하기 위해 30분의 시간 간격을 두었다. Smith and Lewis²¹는 자세변화에 따른 체액의 재분배에 의한 맥락막 혈관의 울혈이 안압의 변화를 초래한다고 보고하였다. 이러한 체액 증가에 의한 안압 상승의 효과는 시간이 지나면서 감소할 수 있기 때문에, 본 연구에서 자세 변화 후 안압 측정까지의 시간을 다른 연구들보다 좀 더 길게 설정하였다. Lee et al¹⁶은 옆으로 누운 자세에서 dependent eye의 안압이 유의하게 증가하고 이 효과가 적어도 30분까지 지속되었다고 보고하였다. 자세 변화 후 안압 측정 사이에 간격을 두는 것이 좀 더 정확한 분석에 필요할 것으로 생각한다. 또한 옆으로 누운 자세에서는 베개를 사용하지 않았기에 추가적인 안압 상승 요인을 배제하였다. Malihi and Sit²²도 정상인에서 우측으로 누웠을 때 dependent eye에서 안압이 높게 측정되었지만 좌측으로 누웠을 때는 통계적으로 유의한 상승을 보이지 않았다고 보고한 바 있다. 이 연구에서는 자세 변화에 따른 안압 측정의 순서를 무작위로 시행하여, 안압을 반복적으로 측정하여 결론을 도출하는 다른 연구들과 차이를 두었다. 우측으로 누웠을 때만 상승하는 안압의 원인으로서는 심장의 위치에 따른 상공막정맥압 차이를 제시했지만, 실제로 dependent eye에서 유의한 안압의 증가가 있는지는 추가적인 연구가 필요할 것이다. 또한, 리바운드 안압계는 내장 기울기 센서를 이용한 탐침을 이용하기에 누웠을 때와 옆으로 누웠을 때 탐침의 위치 변화가 안압 측정에 영향을 주었을 수 있다.

체위에 따라 안압의 변화가 생기는 이유에 대해서는 아직 명확히 밝혀진 것은 없지만 상공막압의 변화에 의한 것,²³ 신경학적, 생리학적 요인들이 분석되고 있다.^{24,25} 또한 녹내

장이나 고안압증, 고혈압이나 당뇨와 같은 기저질환이 있을 때는 자세 변화에 따른 안압 상승의 폭이 정상인에 비해 보다 크게 나타난다.^{26,27} Kim et al²⁸은 옆으로 누운 자세에서 상승하는 안압이 녹내장 환자에서의 시야결손을 초래할 수 있다고 보고하였다.

현재까지 리바운드 안압계를 다른 안압계와 비교한 여러 논문이 보고되고 있고 소아나 거동이 불편한 환자, 각막 질환을 가진 환자 등 특수한 안과적 상황에서 리바운드 안압계의 유용성이 제기되고 있다.^{29,30} 대부분의 연구에서 리바운드 안압계는 골드만 압평안압계와 높은 일치도를 보여주고 있다.^{7,31-33} Suman et al³¹이 녹내장 환자 71명 142안을 대상으로 한 연구에서 정상안압범위에서는 리바운드 안압계로 측정된 안압이 비접촉안압계보다는 1-3 mmHg, 골드만 압평안압계보다는 2-3 mmHg 정도 높았고, 21 mmHg 이상의 높은 안압범위에서는 이러한 안압계 간의 안압측정치 차이가 커지는 경향을 보인다고 보고하였다. 또한 이 연구에서 시행한 Bland-Altman plot에서 리바운드 안압계는 골드만 압평안압계보다 통계적으로 유의하게 높게 측정되는 경향을 보여주었고 높은 상관관계를 보여주었다. 8가지 안압계와 골드만 안압계의 일치도를 비교한 최근의 메타분석 연구에 따르면 리바운드 안압계 측정치의 52%가 골드만 안압계 측정치와 2 mmHg 이내의 차이를 보인 것으로 보고되었다.³⁴ 본 연구에서도 리바운드 안압계, 비접촉 안압계, 골드만 압평안압계로 앉은 자세에서 측정된 안압 측정치 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한 리바운드 안압계와 골드만 압평안압계는 높은 양의 상관관계($r=0.662$)를 보여 비접촉 안압계와 골드만 압평안압계 간 상관관계($r=0.474$)보다 높은 상관관계를 보였다. 따라서, 골드만 안압계를 사용할 수 없는 환자나 소아에서 리바운드 안압계가 임상적으로 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구는 표본수가 20명, 40안으로 적다는 제한점이 있지만, Lee et al¹⁸ 역시 20명 40안으로 자세 변화에 따른 유의한 안압의 변화를 보고한 바 있다. 이 연구에서는 자세 변화에 따른 안압 측정 사이의 시간 간격이 5분으로 짧았고, 옆으로 누운 자세에서는 머리 밑에 베개를 사용하였다. 본 연구에서는 자세 변화 후 안압 측정까지의 간격을 30분으로 늘리고 옆으로 누운 자세에서는 베개를 사용하지 않아 안압 측정에 영향을 미치는 다른 요인들을 통제했다는 데 의의가 있다. 또한, 본 연구는 건강한 정상 성인에서만 측정을 수행하였기에 실질적으로 휴대용 안압계를 이용하여 누운 자세에서 안압을 측정하게 되는 소아나 거동이 불편한 녹내장 환자에서의 안압측정치와 차이가 있을 수 있다. 마지막으로, 본 연구에서는 누운 자세에서의 안압을 리바운드 안압계가 아닌 다른 종류의 휴대용 안압계와 비교

하지 못하였기에 추후 휴대용 안압계 간의 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결론적으로, 리바운드 안압계는 골드만 압평안압계나 비접촉 안압계와 비교적 높은 일치도를 보이기에 소아나 거동이 불편한 환자들에서 임상적으로 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 생각한다. 또한 누운 자세에서의 안압측정치가 앉은 자세보다 통계적으로 유의하게 높아 골드만 압평안압계나 비접촉 안압계로 안압을 측정하기 힘든 환자에서 리바운드 안압계를 이용할 경우, 누운 자세에서의 안압 해석에 주의가 필요할 것이다.

REFERENCES

- 1) Goldmann H, Schmidt T. [Applanation tonometry]. *Ophthalmologica* 1957;134:221-42.
- 2) Whitacre MM, Stein R. Sources of error with use of Goldmann-type tonometers. *Surv Ophthalmol* 1993;38:1-30.
- 3) Rosentreter A, Neuberger M, Jordan JF, et al. [Factors influencing applanation tonometry - a practical approach]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2011;228:109-13.
- 4) Lee K, Lee JY, Moon JL, Park MH. Comparison of Icare rebound tonometer with Goldmann applanation tonometry. *J Korean Ophthalmol Soc* 2013;54:296-302.
- 5) Martinez-de-la-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Castillo A, Garcia-Sanchez J. Reproducibility and clinical evaluation of rebound tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:4578-80.
- 6) Fernandes P, Diaz-Rey JA, Queiros A, et al. Comparison of the ICare rebound tonometer with the Goldmann tonometer in a normal population. *Ophthalm Physiol Opt* 2005;25:436-40.
- 7) Garcia-Resua C, Gonzalez-Mejome JM, Gilino J, Yebra-Pimentel E. Accuracy of the new ICare rebound tonometer vs. other portable tonometers in healthy eyes. *Optom Vis Sci* 2006;83:102-7.
- 8) Vincent SJ, Vincent RA, Shields D, Lee GA. Comparison of intraocular pressure measurement between rebound, noncontact and Goldmann applanation tonometry in treated glaucoma patients. *Clin Experiment Ophthalmol* 2012;40:e163-70.
- 9) 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.
- 10) Jablonski KS, Rosentreter A, Gaki S, et al. Clinical use of a new position-independent rebound tonometer. *J Glaucoma* 2013;22:763-7.
- 11) Anderson DR, Grant WM. The influence of position on intraocular pressure. *Invest Ophthalmol* 1973;12:204-12.
- 12) Kontiola AI. A new induction-based impact method for measuring intraocular pressure. *Acta Ophthalmol Scand* 2000;78:142-5.
- 13) 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.
- 14) Krieglstein GK, Waller WK. Goldmann applanation versus hand-applanation and schiötz indentation tonometry. *Albrecht Von Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1975;194:11-6.
- 15) Baskett JS, Goen TM, Terry JE. A comparison of Perkins and Goldmann applanation tonometry. *J Am Optom Assoc* 1986;57:832-4.
- 16) Lee JY, Yoo C, Jung JH, et al. The effect of lateral decubitus position on intraocular pressure in healthy young subjects. *Acta Ophthalmologica* 2012;90:e68-72.
- 17) Kim HS, Park KH, Jeoung JW. Can we measure the intraocular pressure when the eyeball is against the pillow in the lateral decubitus position? *Acta Ophthalmol* 2013;91:e502-5.
- 18) Lee TE, Yoo C, Kim YY. Effects of different sleeping postures on intraocular pressure and ocular perfusion pressure in healthy young subjects. *Ophthalmology* 2013;120:1565-70.
- 19) Almubrad TM, Ogbuehi KC. On repeated corneal applanation with the Goldmann and two non-contact tonometers. *Clin Exp Optom* 2010;93:77-82.
- 20) Gatton DD, Ehrenberg M, Lusky M, et al. Effect of repeated applanation tonometry on the accuracy of intraocular pressure measurements. *Curr Eye Res* 2010;35:475-9.
- 21) Smith TJ, Lewis J. Effect of inverted body position intraocular pressure. *Am J Ophthalmol* 1985;99:617-8.
- 22) Malihi M, Sit AJ. Effect of head and body position on intraocular pressure. *Ophthalmology* 2012;119:987-91.
- 23) Blondeau P, Tétrault JP, Papamarkakis C. Diurnal variation of episcleral venous pressure in healthy patients: a pilot study. *J Glaucoma* 2001;10:18-24.
- 24) Miyamoto S, Tambara K, Tamaki S, et al. Effects of right lateral decubitus position on plasma norepinephrine and plasma atrial natriuretic peptide levels in patients with chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol* 2002;89:240-2.
- 25) Miyamoto S, Fujita M, Sekiguchi H, et al. Effects of posture on cardiac autonomic nervous activity in patients with congestive heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:1788-93.
- 26) Parsley J, Powell RG, Keightley SJ, Elkington AR. Postural response of intraocular pressure in chronic open-angle glaucoma following trabeculectomy. *Br J Ophthalmol* 1987;71:494-6.
- 27) Williams BI, Peart WS, Letley E. Abnormal intraocular pressure control in systemic hypertension and diabetic mellitus. *Br J Ophthalmol* 1980;64:845-51.
- 28) Kim KN, Jeoung JW, Park KH, et al. Effect of lateral decubitus position on intraocular pressure in glaucoma patients with asymmetric visual field loss. *Ophthalmology* 2013;120:731-5.
- 29) Lee CM, Yu YC. Intraocular pressure measurement with the non-contact tonometer and rebound tonometer through plano soft contact lenses. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:662-7.
- 30) Rosentreter A, Athanasopoulos A, Schild AM, et al. Rebound, applanation, and dynamic contour tonometry in pathologic corneas. *Cornea* 2013;32:313-8.
- 31) Suman S, Agrawal A, Pal VK, Pratap VB. Rebound tonometer: Ideal tonometer for measurement of accurate intraocular pressure. *J Glaucoma* 2013 [E-pub ahead of print].
- 32) Lee JH, Seong MC, Kang MH, et al. Comparison of rebound tonometer, non-contact tonometer, goldmann applanation tonometer and the relationship to central corneal thickness. *J Korean Ophthalmol Soc* 2012;53:988-95.
- 33) Lee K, Lee JY, Moon JI, Park MH. Comparison of Icare rebound tonometer with Goldmann applanation tonometry. *J Korean Ophthalmol Soc* 2013;54:296-302.
- 34) Cook JA, Botello AP, Elders A, et al. Systemic review of the agreement of tonometers with Goldmann applanation tonometry. *Ophthalmology* 2012;119:1552-7.

= 국문초록 =

자세에 따른 리바운드 안압계의 안압측정치 비교

목적: 누운 자세에서 안압을 측정할 수 있는 리바운드 안압계로 자세 변화에 따른 안압측정치를 비교하고자 한다. 또한 리바운드 안압계 측정치를 비접촉 안압계, 골드만 압평안압계와 비교해 상관 관계를 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 건강한 지원자 20명, 총 40안에 대해 앉은 자세와 바로 누운 자세, 옆으로 누운 자세에서 리바운드 안압계로 안압을 측정하고 이를 대응 2 표본으로 비교하였다. 앉은 자세에서의 안압은 리바운드 안압계, 비접촉 안압계, 골드만 압평안압계로 측정하여 독립 K 표본과 spearman 상관분석을 시행하였다. 세 가지 안압계로 측정된 안압의 상관성을 알아보기 위해 Bland-Altman plot을 시행하였다.

결과: 리바운드 안압계로 측정한 누운 자세에서의 안압은 앉은 자세보다 통계적으로 평균 1.03 ± 1.95 mmHg 높았다. 바로 누운 자세와 옆으로 누운 자세에서 측정한 안압은 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 옆으로 누운 자세에서 dependent eye와 non-dependent eye에서 측정한 안압 사이에도 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 앉은 자세에서 측정한 리바운드 안압계의 안압은 비접촉 안압계, 골드만 압평안압계의 안압과 높은 양의 상관관계를 보였다.

결론: 정상인에서 리바운드 안압계로 측정한 안압은 누운 자세에서 앉은 자세보다 높게 측정되었지만, 바로 누운 자세와 옆으로 누운 자세 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 거동이 불편하거나 협조가 되지 않는 환자에서 리바운드 안압계가 임상적으로 유용할 것으로 생각하며, 자세에 따른 안압 해석에 주의가 필요하다.

<대한안과학회지 2014;55(7):1049-1055>
