

제한성 갑상선 안병증에서 리바운드 안압계와 골드만 안압계로 측정한 안압의 비교

Comparison of Rebound Tonometry and Goldmann Applanation Tonometry in Restrictive Thyroid Eye Disease

박혜원^{1,2} · 김혜영²

Hye Won Park, MD^{1,2}, Hye Young Kim, MD²

연세대학교 의과대학 안과학교실 시기능개발 연구소¹, 국민건강보험 일산병원 안과²

*The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine¹, Seoul, Korea
Department of Ophthalmology, National Health Insurance Service Ilsan Hospital², Goyang, Korea*

Purpose: To compare the intraocular pressure (IOP) measured using the rebound tonometer (RT) and Goldmann applanation tonometer (GAT) in the primary position and upgaze in restrictive thyroid eye disease (TED).

Methods: We measured the IOP in 30 subjects (54 eyes) who visited an ophthalmologist between May 2014 and May 2015. This study included 16 healthy volunteers (32 eyes) and 14 TED patients (22 eyes). The outcome measurements were the comparison of IOP readings; both intergroup and 2 measurements using the RT and the GAT for patients with restrictive TED and the control group. Upgaze IOP was measured on the central cornea with a 20-degree chin-down posture.

Results: Both TED patients and controls showed an increase in IOP in upgaze compared with primary position ($p < 0.001$). There was a significant difference in mean differential IOP between patients and controls measured using RT and GAT, respectively ($p < 0.001$). In the control group, there was no significant difference between the 2 instrument readings in upgaze as well as primary position for patients with restrictive TED ($p = 0.853$ in TED; $p = 0.260$ in controls).

Conclusions: Based on our results, the mean IOP in conventional upgaze was significantly increased in TED patients compared to primary position using both the RT and GAT and no difference in RT readings compared with GAT readings. The RT can be used to establish IOP since no significant difference between the upgaze and the primary position readings was observed in patients with restrictive TED and is a simple and effective diagnostic tool unrelated to the position and the direction of gaze.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(12):1826-1830

Key Words: Goldmann applanation tonometer, Intraocular pressure, Rebound tonometer, Restrictive thyroid eye disease

■ Received: 2015. 7. 30. ■ Revised: 2015. 11. 16.

■ Accepted: 2015. 11. 30.

■ Address reprint requests to **Hye Young Kim, MD**
Department of Ophthalmology, National Health Insurance
Service Ilsan Hospital, #100 Ilsan-ro, Ilsandong-gu, Goyang
10444, Korea
Tel: 82-31-900-0590, Fax: 82-31-900-0049
E-mail: khyeye@hanmail.net

* This study was presented as a poster at the 114th Annual Meeting
of the Korean Ophthalmological Society 2015.

주시 방향에 따른 안압의 변화가 제한성 근육병증에서 동반될 수 있다는 것은 이전에 여러 연구에서 보고된 바 있다.¹⁻³ 안과적 영역에서 제한성 근육병증은 안와 근육염, 안와 하벽 골절로 인한 유착 등에서도 나타날 수 있으나 갑상선 안병증이 가장 흔한 원인으로 알려져 있다.^{1,4,5} 정상안에서 역시 주시 방향에 따른 안압 상승이 있으나 갑상선 안병증이 동반된 군에 비해 상승폭이 작다고 여겨지고 있다.^{1,3}

정확한 안압을 측정하기 위해서 현재까지 골드만 압평안압계가 표준 검사방법으로 알려져 있다.⁶ 그러나 세극등 현

미경에 장착되어 있기 때문에 주시 방향에 따른 안압 측정이 용이하지 않으며, 상방주시에서 각막 중심이 아닌 하부나 주변부에 접촉되게 된다. 또한 Herzog et al⁷은 갑상선 안병증에서 상방주시 시 안압 상승은 각막 중심부가 아닌 주변부에서 측정함으로써 나타나는 오차이며, 실제 안압 상승은 그리 크지 않다고 보고한 바 있다.

최근에 개발된 안압계 중 하나인 리바운드 안압계는 탐침이 각막에 충돌되고 튀어나올 때의 감속속도를 환산하여 안압을 측정하는데,⁸ 손에 들고 조작이 가능하기 때문에 자세와 주시 방향에 상관없이 쉽게 각막 중심에서의 안압 측정이 가능하다. 또한 정상안 또는 녹내장안을 대상으로 한 이전의 연구에서 리바운드 안압계가 골드만 압평안압계와 유사하게 정확한 안압 측정이 가능하다고 보고된 바 있다.⁸⁻¹² 하지만 이러한 비교가 갑상선 안병증 환자에서 이루어진 보고가 없기에 저자들은 본 연구에서 제한성 갑상선 안병증이 있는 환자군과 정상안을 대상으로 제일 안위 및 상방주시 시의 안압을 리바운드 안압계와 골드만 압평안압계로 측정하고 비교하여 임상적으로 호환 사용이 가능한지 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2014년 5월부터 2015년 5월까지 본원 안과외래에 내원한 환자를 대상으로 연구를 시행하였다. 상기 기간 중 제한성 갑상선 안병증으로 진단하고 컴퓨터 전산화 단층촬영상 1개 이상의 외안근의 비후가 관찰된 환자 14명(22안)이 환자군에 포함되었으며, 안과적 이상 소견이 없는 16명(32안)을 정상 대조군으로 하여 연구를 진행하였다. 외상의 병력이 있거나 녹내장, 각막 이식 등의 다른 안과적 질환, 안구 표면 질환, 최근 2주 이내 콘택트렌즈를 착용한 경우 등의 안압 측정에 영향을 줄 수 있는 경우는 연구에서 제외하였다.

안압 측정은 앉은 자세에서 시행하였으며, 리바운드 안압계(Icare[®] PRO; Icare Finland, Helsinki, Finland), 골드만 압평안압계(GAT 900[®], Haag-Streit, Bern, Switzerland) 순서대로 진행하였다. 모든 안압은 한 명의 숙련된 검사자에 의해 측정되었다. 골드만 압평안압계는 사용 전 제조사의 지시에 따라 매번 교정(calibration)을 한 후 안압을 측정하였다. 리바운드 안압계는 제일 안위 및 상방주시 시 각각 6회 측정된 값의 평균값을 3회 측정하여 평균값으로 비교하였고, 측정값은 변화의 값이 5% 이내로 차이가 날 때만 허용하였으며 오차의 범위를 넘어서면 반복 측정하였다.

리바운드 안압계로 안압을 측정하고 10분 후 0.5% 염산 프로파라카인 점안 후 동일 검사자에 의해서 골드만 압평안압을 측정하였다. 제일 안위 안압은 환자로 하여금 세극

등 현미경의 턱과 이마를 밀착시킨 자세로 정면을 바라보고 측정하였고, 상방주시 시 안압은 환자로 하여금 고개를 아래쪽으로 약 20도 기울인 채로 고정하여 각막 중심에서 측정하였다.

리바운드 안압계와 골드만 압평안압계로 측정한 환자의 안압은 평균 \pm 표준편차로 표기하였다. 각각의 안압계로 환자군 및 대조군의 주시 방향에 따른 안압을 Box and Whisker plot으로 도식화하였다. 환자군과 대조군 각각의 제일 안위 및 상방주시에서의 리바운드 안압계와 골드만 압평안압계로 측정한 안압을 unpaired *t*-test를 시행하여 비교하였다. 제한성 갑상선 안병증 유무에 따라 상방주시와 제일 안위에서 안압의 차이가 있는지 분석하기 위해 상방주시와 제일 안위에서의 안압 차이를 평균화하여 paired *t*-test로 비교하였고 리바운드 안압과 골드만 안압이 차이가 있는지 unpaired *t*-test로 비교하였다. 본 논문에서 사용된 통계 패키지는 SPSS version 20.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 이용하였고, *p*값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 정의하였다.

결 과

제한성 갑상선 안병증 환자 14명(22안), 대조군 16명(32안)이 연구에 포함되었다. 환자군은 남자 6명(10안), 여자 8명(12안), 대조군은 남자 6명(12안), 여자 10명(20안)이었다. 환자군의 평균 연령은 55.64(43-66)세, 대조군의 평균 연령은 46.81(32-78)세로 환자군에서 약간 높았으나 그 차이는 통계적으로 경계선상에 있었다(*p*=0.049). 환자군 14명(22안) 중 10명(17안)이 컴퓨터 전산화 단층촬영에서 하직근의 비후가 관찰되었고, 4명(5안)은 하직근과 내직근의 비후가 관찰되었다.

Table 1. Mean IOP measured by GAT and RT for the TED and controls in primary position and upgaze

	Primary position	Upgaze	<i>p</i> -value*
TED			
RT (mm Hg)	18.40 \pm 2.76	24.60 \pm 5.52	<0.001
GAT (mm Hg)	18.91 \pm 2.91	25.27 \pm 5.36	<0.001
<i>p</i> -value†	0.554	0.684	
Control			
RT (mm Hg)	14.54 \pm 2.15	16.27 \pm 1.80	<0.001
GAT (mm Hg)	14.13 \pm 2.17	15.53 \pm 2.11	<0.001
<i>p</i> -value†	0.440	0.139	

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

IOP = intraocular pressure; GAT = Goldmann applanation tonometer; RT = rebound tonometer; TED = thyroid eye disease.

**p*-value by paired *t*-test for intraocular pressure between primary gaze and upgaze; †*p*-value by unpaired *t*-test for intraocular pressure between Rebound and Goldmann applanation tonometer.

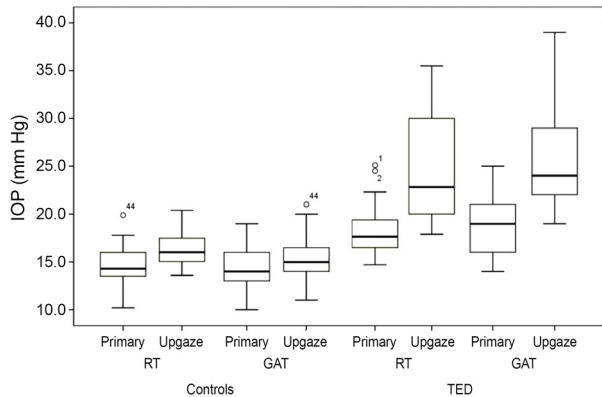


Figure 1. Distribution of IOP using RT and GAT for the TED and controls in primary position and upgaze. The boundary of the box closest to zero indicates the 25th percentile, the line within the box marks the median, and the boundary of the box farthest from zero indicates the 75th percentile. Whiskers above and below the box indicate the maximum and minimum values. And empty circle indicate the outlier. IOP = intraocular pressure; RT = rebound tonometer; GAT = Goldmann applanation tonometer; TED = thyroid eye disease.

Table 2. The difference of IOP between primary position and upgaze

	TED	Control	p-value*
RT (mm Hg)	6.46 ± 4.45	1.72 ± 1.74	<0.001
GAT (mm Hg)	6.36 ± 4.60	1.41 ± 1.01	<0.001
p-value†	0.852	0.260	

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated. IOP = intraocular pressure; TED = thyroid eye disease; RT = mean IOP difference (upgaze IOP-primary position IOP) using rebound tonometer; GAT = mean IOP difference (upgaze IOP-primary position IOP) using Goldmann applanation tonometer. *p-value by unpaired t-test for intraocular pressure between TED and control; †p-value by unpaired t-test for intraocular pressure between Rebound and Goldmann applanation tonometer.

환자군에서 측정된 평균 리바운드 안압은 제일 안위에서 18.40 ± 2.76 mmHg, 상방주시에서 24.60 ± 5.52 mmHg로 상방주시에서 높게 나타났다($p < 0.001$). 이러한 차이는 골드만 안압에서도 유사하게 나타났다($p < 0.001$). 대조군에서 평균 리바운드 안압은 14.54 ± 2.15 mmHg, 상방주시에서 16.27 ± 1.80 mmHg로 역시 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$, Table 1).

환자군과 대조군에서 제일 안위 및 상방주시에서 측정된 리바운드 안압 및 골드만 안압을 Box and Whisker plot으로 살펴보면 환자군과 대조군 모두에서 제일 안위에 비해 상방주시 시 안압이 상승하는 것을 보여주고 있으며, 특히 상방주시 시 대조군에 비해 환자군에서 평균 안압의 범위가 큰 것을 알 수 있다(Fig. 1).

두 군에서 상방주시 안압과 제일 안위 안압의 차이를 비

교하였는데, 환자군에서 대조군보다 그 차이가 통계적으로 유의하게 컸으며($p < 0.001$), 이는 골드만 안압계와 리바운드 안압계에서 동일한 결과를 보였다. 이러한 주시 방향에 따른 안압의 차이는 안압계에 따라서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(환자군 $p = 0.853$; 대조군 $p = 0.260$, Table 2).

연구 기간 중 14명의 환자군 중 2명(3안)은 안와감압술을 시행하였으며, 2명의 환자에서는 사시 수술을 시행하였다. 수술을 시행한 4명을 포함한 6명의 환자는 급성기에 스테로이드 정맥 주사 치료를 시행하였다.

고 찰

다양한 안압 측정 방법 중에서도 표준으로 인정되는 골드만 안압은 직경이 3.06 mm인 면적을 편평하게 만드는데 필요한 안압을 측정하는 것이 그 측정 원리이다. 각막이 말단부로 갈수록 중심부에 비해 두꺼워지고 편평한 곡률을 갖기 때문에 반드시 각막 중심에서 측정해야 한다. 그리고 중심각막두께가 520 μ m로부터 벗어나게 되면 측정의 정확성에 영향을 받게 된다. 또한 각막 질환이 있거나 굴절교정 수술 유무 등에 따라 오류가 발생할 수 있다. 특히, 세극등 현미경을 통해서만 측정이 가능하기 때문에 거동이 불편한 환자나 소아를 대상으로 혹은 정면 주시가 아닌 다른 주시 방향에서 안압을 측정하는 것은 쉽지 않다.^{7,13,14}

갑상선 안병증 환자의 경우 안검후퇴 및 부종, 안구돌출, 제한성 근육병증 그리고 시신경 병증 등이 동반될 수 있다. 제일 안위와 비교할 때 상방주시에서의 안압 상승은 제한성 외안근 병증을 시사하는 간단하면서 효과적인 소견으로 알려져 있는데,^{2,3} 그 기전으로 두꺼워지거나 섬유화된 직근에 의해 구형의 안구가 압박되기 때문이라고 알려져 있다.^{2,7} Nardi et al¹은, 제일 안위보다 약 20도 상방주시 시 측정된 골드만 안압이 3 mmHg 이상 상승하면 제한성 갑상선 안병증 환자의 진단 기준이 될 수 있다고 하였다.

그러나 실제 임상에서 제한성 안병증 환자의 상방주시 시 골드만 안압을 측정하는 데는 어려움이 있다. Herzog et al⁷은 두 가지 방법으로 상방주시 시 골드만 안압을 측정하였는데, 즉, 세극등 현미경의 턱 받침대를 뒤로 후퇴시켜 약 20도의 경사를 주어 중심 각막에서 측정된 안압과 통상적인 방법으로 상방주시 시 측정된 안압을 비교하였다. 정상안에서 통상적인 방법으로 측정된 상방주시 안압은 제일 안위보다 평균 2.9 mmHg 상승하였으나 머리를 기울여 각막 중심에서 측정된 상방주시 안압은 0.4 mmHg 상승에 불과하였다. 갑상선 안병증에서도 상방주시 시 안압 상승은 통상적인 방법으로는 4.9 mmHg, 머리를 기울여 측정된 안

압은 1.8 mmHg였음을 보고하였다. 정상군과 갑상선 안병증 환자에서 상방주시 시 안압 상승 정도는 넓은 범위에 분포하기 때문에 각막 중심에서 정확하게 안압 측정을 한다면, 주시 방향에 따른 안압의 변화가 가지는 갑상선 안병증의 진단적 가치는 제한적이지만 제일 안위와 비교하여 상방주시 시 안압 상승은 여전히 통계적으로 의미 있는 차이가 있음을 확인하였다.⁷ 본 연구에서도 상방주시 안압을 각막 중심에서 측정하기 위하여 고개를 20도 아래로 기울인 자세에서 측정하였다.

리바운드 안압계는 휴대성이 좋고 점안마취제 없이도 간편하게 안압 측정이 가능하다.⁸⁻¹² 골드만 안압 측정과 비교하여 탐침의 말단부의 직경이 1 mm 이내로 좁기 때문에 원추각막이나 각막 표면이 일정하지 않은 각막질환이 있는 환자에서도 오차가 적다는 장점이 있다.^{15,16} 또한, 정상안에서 비접촉 안압, 토노펜 안압, 리바운드 안압을 골드만 안압을 기준으로 비교한 연구에서 리바운드 안압이 골드만 안압과 가장 우수한 일치도를 보여 대체 검사법으로의 가능성이 높다고 보고된 바 있다.¹⁷ Moreno-Montañés et al¹⁵은 리바운드 안압계의 일종인 IOPen[®] (Medicel AG, Wolfhalden, Switzerland)과 골드만 안압계를 각막의 생체 역학적 특성에 대해 비교한 연구에서 IOPen[®]은 각막 두께보다 각막이력현상(hysteresis)과 각막저항인자의 영향을 더 받는다고 보고한 바 있다.

본 연구에서는 갑상선 안병증 환자에서 자세와 주시 방향에 관계없이 안압 측정이 용이한 리바운드 안압을 골드만 안압과 비교하여 통계적으로 유의한 차이가 있는지 알아보려고 하였다. 환자군과 대조군 모두에서 제일 안위에 비해 상방주시 시 안압이 상승하였으며, 특히 상방주시 시 대조군에 비해 환자군에서 평균 안압의 범위가 크게 나타났다(Fig. 1). 이러한 결과는 제한성 갑상선 근병증에서 외안근의 비후나 섬유화의 정도에 따른 안압의 상승폭이 다양하기 때문으로 생각할 수 있다.

환자군과 대조군에서 주시 방향에 따른 안압 차이는 Herzog et al⁷의 연구 결과와 같이 통계적으로 유의하였고, 이는 골드만 안압뿐만 아니라 리바운드 안압에서도 확인되었다. 또한, 환자군의 골드만 안압과 리바운드 안압 그리고 대조군의 골드만 안압과 리바운드 안압은 주시 방향의 변화에 따라 모두 통계적으로 의미있는 차이는 없었다(환자군 $p=0.853$; 대조군 $p=0.260$).

본 연구의 이러한 결과로부터 정상안 또는 녹내장안뿐 아니라, 주시 방향에 따라 골드만 압평안압계로 안압 측정이 용이하지 않은 제한성 갑상선 근병증에서도 리바운드 안압계가 골드만 안압계와 호환하여 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구의 제한점으로는 연구 대상자 수가 많

지 않은 점과 IOPen[®]에서 영향을 받는다고 알려진 각막이력현상이나 각막저항인자 등의 변수를 고려하지 못한 점 등이 있다. 향후에 이러한 변수뿐 아니라 각막굴절력, 안축장 길이 등 안구의 형태학적 변수를 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Nardi M, Bartolomei MP, Romani A, Barca L. Intraocular pressure changes in secondary positions of gaze in normal subjects and in restrictive ocular motility disorders. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1988;226:8-10.
- 2) Saunders RA, Helveston EM, Ellis FD. Differential intraocular pressure in strabismus diagnosis. *Ophthalmology* 1981;88:59-70.
- 3) Zappia RJ, Winkelman JZ, Gay AJ. Intraocular pressure changes in normal subjects and the adhesive muscle syndrome. *Am J Ophthalmol* 1971;71:880-3.
- 4) Helveston EM, Bick SE, Ellis FD. Differential intraocular pressure as an indirect measure of generated muscle force. *Ophthalmic Surg* 1980;11:386-91.
- 5) Fishman DR, Benes SC. Upgaze intraocular pressure changes and strabismus in Graves' ophthalmopathy. *J Clin Neuroophthalmol* 1991;11:162-5.
- 6) Goldmann H, Schmidt T. Applanation tonometry. *Ophthalmologica* 1957;134:221-42.
- 7) Herzog D, Hoffmann R, Schmidtmann I, et al. Is gaze-dependent tonometry a useful tool in the differential diagnosis of Graves' ophthalmopathy? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008;246:1737-41.
- 8) Jorge J, Fernandes P, Queirós A, et al. Comparison of the IOPen and iCare rebound tonometers with the Goldmann tonometer in a normal population. *Ophthalmic Physiol Opt* 2010;30:108-12.
- 9) 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.
- 10) Nakamura M, Darhad U, Tatsumi Y, et al. Agreement of rebound tonometer in measuring intraocular pressure with three types of applanation tonometers. *Am J Ophthalmol* 2006;142:332-4.
- 11) Brusini P, Salvat ML, Zeppieri M, et al. Comparison of iCare tonometer with Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients. *J Glaucoma* 2006;15:213-7.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) Grieshaber MC, Schoetzau A, Zawinka C, et al. Effect of central corneal thickness on dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry in primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2007;125:740-4.
- 15) Moreno-Montañés J, Gosende I, Caire J, García-Granero M. Comparison of the new rebound tonometer IOPen and the Goldmann tonometer, and their relationship to corneal properties. *Eye (Lond)* 2011;25:50-6.
- 16) Moreno-Montañés J, García N, Fernández-Hortelano A, García-Layana

A. Rebound tonometer compared with goldmann tonometer in normal and pathologic corneas. Cornea 2007;26:427-30.
17) Lee KS, Kim SK, Kim EK, Kim TI. Comparison of intraocular

pressure measured by non-contact tonometer, rebound tonometer, tono-pen, and Goldmann applanation tonometer. J Korean Ophthalmol Soc 2014;55:47-53.

= 국문초록 =

제한성 갑상선 안병증에서 리바운드 안압계와 골드만 안압계로 측정된 안압의 비교

목적: 제한성 갑상선 안병증 환자에서 제일 안위 및 상방주시 시에 안압을 리바운드 안압계로 측정한 후 골드만 압평안압계로 측정한 안압과 비교하였다.

대상과 방법: 2014년 5월부터 2015년 5월까지 내원한 30명(54안)을 대상으로 하였다. 14명(22안)은 제한성 갑상선 안병증, 16명(32안)은 정상 대조군이었다. 대상 환자에서 제일 안위 및 상방주시 시 안압을 리바운드 안압계와 골드만 압평안압계로 측정하여 그룹 간 그리고 두 기계 사이의 안압을 비교하였다. 상방주시 시 안압은 환자의 고개를 아래쪽으로 약 20도 기울인 채로 고정하여 각막 중심에서 측정하였다.

결과: 갑상선 안병증 환자군과 정상군 모두에서 상방주시 시 안압은 제일 안위 안압에 비해 통계적으로 의미있게 높았다($p < 0.001$). 주시 방향에 따른 안압 차이의 평균값은 각각의 안압계에서 환자군과 정상군 간에 의미있는 차이가 있었으나($p < 0.001$), 리바운드 안압계와 골드만 안압계 사이에는 의미있는 차이가 없었다(환자군 $p = 0.853$; 대조군 $p = 0.260$).

결론: 골드만 압평안압계와 리바운드 안압계를 이용하여 제한성 갑상선 안병증 환자에서 상방주시 시 안압 상승을 확인할 수 있었고, 두 안압계 사이의 안압 측정값은 차이가 없었다. 그러므로 제한성 갑상선 안병증에서 안압 측정은 자세나 주시 방향에 따라 측정이 용이한 리바운드 안압계가 골드만 안압계와 호환하여 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

〈대한안과학회지 2015;56(12):1826-1830〉
