

전충각막이식을 시행한 안에서 리바운드 안압계의 임상적 유용성

Clinical Evaluation of a Rebound Tonometer in Patients Who Underwent Penetrating Keratoplasty

김종우 · 정지원

Jong Woo Kim, MD, Ji Won Jung, MD

인하대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Inha University School of Medicine, Incheon, Korea

Purpose: To compare the measurements of the rebound tonometer (RT), Goldmann applanation tonometer (GAT) and non-contact tonometer (NCT) in patients who underwent penetrating keratoplasty (PKP), and to evaluate the reproducibility of the RT measurements.

Methods: This study included 19 PKP eyes and 28 normal eyes. We compared the intraocular pressure (IOP) measurements of the GAT and NCT with the RT in both groups using Spearman's correlation analysis and the Wilcoxon signed-rank test. The IOP, as measured with an RT in each group, was assessed with respect to reproducibility using the intraclass correlation coefficient (ICC).

Results: In normal eyes, there was no significant difference in the measurements obtained with the RT, GAT, and NCT ($p > 0.050$). In the patient group, the RT measurements were not significantly different from those of the GAT ($p = 0.872$), but they were significantly lower than those obtained with the NCT ($p = 0.011$). However, the RT measurements showed a relatively high correlation with those of the GAT and NCT ($r = 0.770$ and 0.879 , respectively). The ICC of the RT was 0.986 for the PKP eye group and 0.961 for the normal eye group, both of which were highly reproducible.

Conclusions: In PKP eyes, the measurements obtained with the RT showed a relatively high correlation with those of the GAT and NCT, and the repeatability of the RT measurements was high and similar to those for normal eyes. The RT can therefore be considered a useful method for measuring the IOP in PKP eyes.

J Korean Ophthalmol Soc 2018;59(12):1122-1128

Keywords: Goldmann applanation tonometer, Noncontact tonometer, Penetrating keratoplasty, Rebound tonometer

각막이식술 후 발생하는 안압상승은 흔히 발생하는 합병증으로 수술 후 안압상승은 녹내장성 시신경 손상을 유발하여 시야 결손 및 영구적으로 시력 저하를 유발할 수 있으며,¹

각막내피세포 수를 감소시켜 이식 각막의 생존에 영향을 미칠 수 있기 때문에 각막이식술 후 정확한 안압 측정은 중요하다.² 하지만 각막이식술 후 발생하는 불균일한 각막표면, 각막부종으로 각막이식 안에서 정확한 안압을 측정하는 데에는 어려움이 있다.³

현재 가장 표준이 되는 안압 측정 방법은 골드만 안압계이나 골드만 안압계의 측정값은 각막 두께와 각막 곡률에 영향을 받으며 각막의 생체공학적(biomechanical) 특성인 점도(viscosity), 단단함(rigidity), 수화(hydration), 탄성(elasticity)에도 영향을 받는다.⁴⁻⁶ 또한 골드만 안압계는 점안 마취제

■ Received: 2018. 5. 3. ■ Revised: 2018. 7. 29.
■ Accepted: 2018. 11. 27.
■ Address reprint requests to Ji Won Jung, MD
Department of Ophthalmology, Inha University Hospital,
#27 Inhang-ro, Jung-gu, Incheon 22332, Korea
Tel: 82-32-890-2400, Fax: 82-32-890-2417
E-mail: panch325@hanmail.net

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

© 2018 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.

가 필요하고 측정 시간이 비교적 오래 걸리며 세극등현미경이 필요하기 때문에 소아나 이동이 어려운 환자에서는 측정이 용이하지 않다.^{7,8} 비접촉 안압계는 점안 마취가 불필요하고 접촉 없이 간편히 측정할 수 있는 장점이 있지만 안구박동에 따라 측정값이 1-4 mmHg까지 변동할 수 있다고 알려져 있으며 골드만 안압계와 비교하여 각막 두께에 더 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다.⁹⁻¹¹ 리바운드 안압계는 직경이 1 mm로 좁은 탐침의 유발과 충돌(inductive/impact) 원리를 이용한 것으로 다른 안압계와 비교하여 각막 표면이 일정하지 않은 원추 각막, 각막부종, 각막궤양, 각막 혼탁 등의 환자에서 정확한 안압을 측정할 수 있다.¹² 또한 비교적 적은 숙련으로 안압을 정확하게 측정할 수 있고 점안 마취가 필요하지 않으며 누워있는 자세에서도 측정할 수 있다는 장점이 있다.^{8,13}

현재까지 각막이식수술을 받은 환자에서 여러 종류의 안압계로 측정한 결과값을 비교하는 여러 연구들이 보고되었다.¹⁴⁻¹⁷ 하지만 아직까지 각막이식수술 환자에서 리바운드 안압계에 대한 연구 결과가 많지 않아 이번 연구에서는 전층각막이식술을 시행한 환자에서 리바운드 안압계로 측정한 안압과 골드만 안압계 및 비접촉 안압계로 측정한 안압을 비교하고 상관성 및 재현성을 평가하고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 인하대학교 임상시험윤리위원회의 승인을 받은(승인번호: INHAUH 2018-04-011) 후향적 연구로 2017년 6월부터 2017년 8월까지 본원을 방문한 환자 중 전층각막이식을 시행한 지 6개월 이상 지난 환자 19명(19안)과 고안압증 및 녹내장을 포함한 안과 질환이 없는 건강한 성인 28명(28안)을 대상으로 하여 연구를 진행하였다. 전층각막이식을 시행한 환자 중 기존에 녹내장이 있었던 환자, 전층각막이식 후 거부반응이 있었던 환자, 협조가 되지 않아 안압 측정의 정확도가 떨어질 것으로 생각되는 환자는 대상에서 제외하였다.

안압 측정은 앉은 자세에서 숙련된 검사자에 의해 측정되었으며 각기 다른 검사간에는 최소 10분 이상의 간격을 두고 안압을 측정하였다. 비접촉 안압계(CT-80A, TOPCON, Tokyo, Japan), 리바운드 안압계(Icare[®] PRO, Icare Finland, Helsinki, Finland), 골드만 안압계(GAT 900[®], Haag-Streit, Bern, Switzerland) 순서대로 안압을 측정하였는데 안압 측정 시 각막 형태 변화 등의 오류를 최소화 하기 위하여 각막에 접촉의 기회가 없는 비접촉 안압계를 가장 먼저 시행하였으며 비교적 접촉 면적이 넓은 골드만 안압계를 가장 나중에 시행하였다.

안압은 모두 제일 안위에서 측정하였으며 비접촉 안압계와 골드만 안압계는 1회씩 측정하였고 리바운드 안압계는 제일 안위에서 6회 측정하였다. 리바운드 안압계의 측정값과 다른 안압계의 측정값을 비교할 때는 리바운드 안압계로 6회 측정한 값의 평균값을 이용하여 비교하였다. 비접촉 안압계와 리바운드 안압계는 기계상 오류가 나오거나 환자가 눈을 감아 측정값이 나오지 않은 경우에는 재측정하였으며 골드만 안압계는 0.5% 염산 프로파라카인 과형광 물질이 혼합된 용액을 결막낭에 점안하여 측정하였다.

전층각막이식은 한 명의 술자(JWJ)에 의해 시행되었으며 모든 수술은 전신마취하에 실시되었다. 수술 전 공여 각막은 optisol (Chiron Ophthalmics, Irvine, CA, USA)에 보관하였으며, 수술 시 공여 각막과 수여 각막의 천공에는 Hessberg-Barron 흡입 천공기(Barron Precision Instruments, Grand Blanc, MI, USA)를 사용하였다. 각막의 봉합은 10-0 나일론 봉합사를 이용하여 단순 불연속 봉합법으로 시행하였다.

각각의 안압계로 측정한 안압은 평균 \pm 표준편차로 표기하였다. 리바운드 안압계로 측정한 안압과 다른 두 안압계로 측정한 안압을 Spearman 상관분석을 시행하고 Wilcoxon signed rank test 검정을 사용하여 비교하였으며 리바운드 안압계와 다른 두 안압계 사이 일치도를 확인하기 위해 Bland-Altman plots으로 도식화하였다. 리바운드 안압계의 재현성을 비교하기 위해 6회씩 측정한 값을 intraclass correlation coefficient (ICC)로 확인하였다. 본 논문에 사용된 통계 패키지는 SPSS version 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였다.

결 과

전층각막이식을 시행한 안은 남자 13명(13안), 여자 6명(6안), 정상안은 남자 8명(8안), 여자 20명(20안)이었으며 전층각막이식을 시행한 환자의 평균 나이는 68.0 ± 12.0 세, 정상 대상자의 평균 나이는 32.8 ± 7.7 세였다. 전층각막이식술을 시행한 환자의 기저 질환으로는 백내장수술 후 발생한 수포각막병증이 7안, 감염성 각막궤양 5안, 외상에 의한 각막 손상 5안, 홍채 각막 내피 증후군에 의한 각막 혼탁 1안, 독성각막병증에 의한 각막 혼탁 1안이 있었다.

정상안에서는 리바운드 안압계로 측정한 결과가 골드만 및 비접촉 안압계로 측정한 결과값과 유의한 차이가 없었다(rebound tonometer-Goldmann applanation tonometer [RT-GAT], $p=0.724$; rebound tonometer-noncontact tonometer [RT-NCT], $p=0.909$). 전층각막이식을 시행한 안에서 리바운드 안압계로 측정한 평균 안압은 13.82 ± 3.61 mmHg 골드

만 안압계의 평균은 14.26 ± 3.80 mmHg, 비접촉 안압계의 평균은 15.26 ± 4.23 mmHg였다(Table 1). 특히 리바운드 안압계의 결과는 비접촉 안압계 측정값에 비해서 유의하게 낮았으나($p < 0.05$), 골드만 안압계의 결과와는 유의한 차이가 없었다($p = 0.872$). 하지만 정상안과 유사하게 리바운드 안압계

의 측정값은 다른 두 안압계로 측정한 결과들과 비교적 높은 상관성을 보였다(RT-GAT, $r = 0.77$, $p < 0.001$; RT-NCT, $r = 0.88$, $p < 0.001$, Fig. 1). 리바운드 안압계와 다른 두 안압계 사이 일치도를 확인하기 위해 Bland-Altman plots을 시행한 결과 전충각막이식을 시행한 안에서 정상안에서 시행한 결

Table 1. Results of IOP measurement obtained by Rebound tonometer with GAT and NCT in PKP eyes and normal eyes

Subjects	RT (mmHg)	GAT (mmHg)	NCT (mmHg)	RT vs. GAT		RT vs. NCT	
				Difference mean	<i>p</i> -value*	Difference mean	<i>p</i> -value*
Normal eye (n = 28)	15.18 ± 1.62	15.11 ± 1.57	15.14 ± 1.58	$+0.07 \pm 0.78$	0.724	$+0.03 \pm 0.66$	0.909
Post PKP eye (n = 19)	13.82 ± 3.61	14.26 ± 3.80	15.26 ± 4.23	-0.44 ± 2.34	0.872	-1.44 ± 2.18	0.011

Values are presented as mean \pm standard deviation unless otherwise indicated.

IOP = intraocular pressure; GAT = Goldmann applanation tonometer; NCT = noncontact tonometer; PKP = penetrating keratoplasty; RT = rebound tonometer.

*Using a Wilcoxon signed rank test.

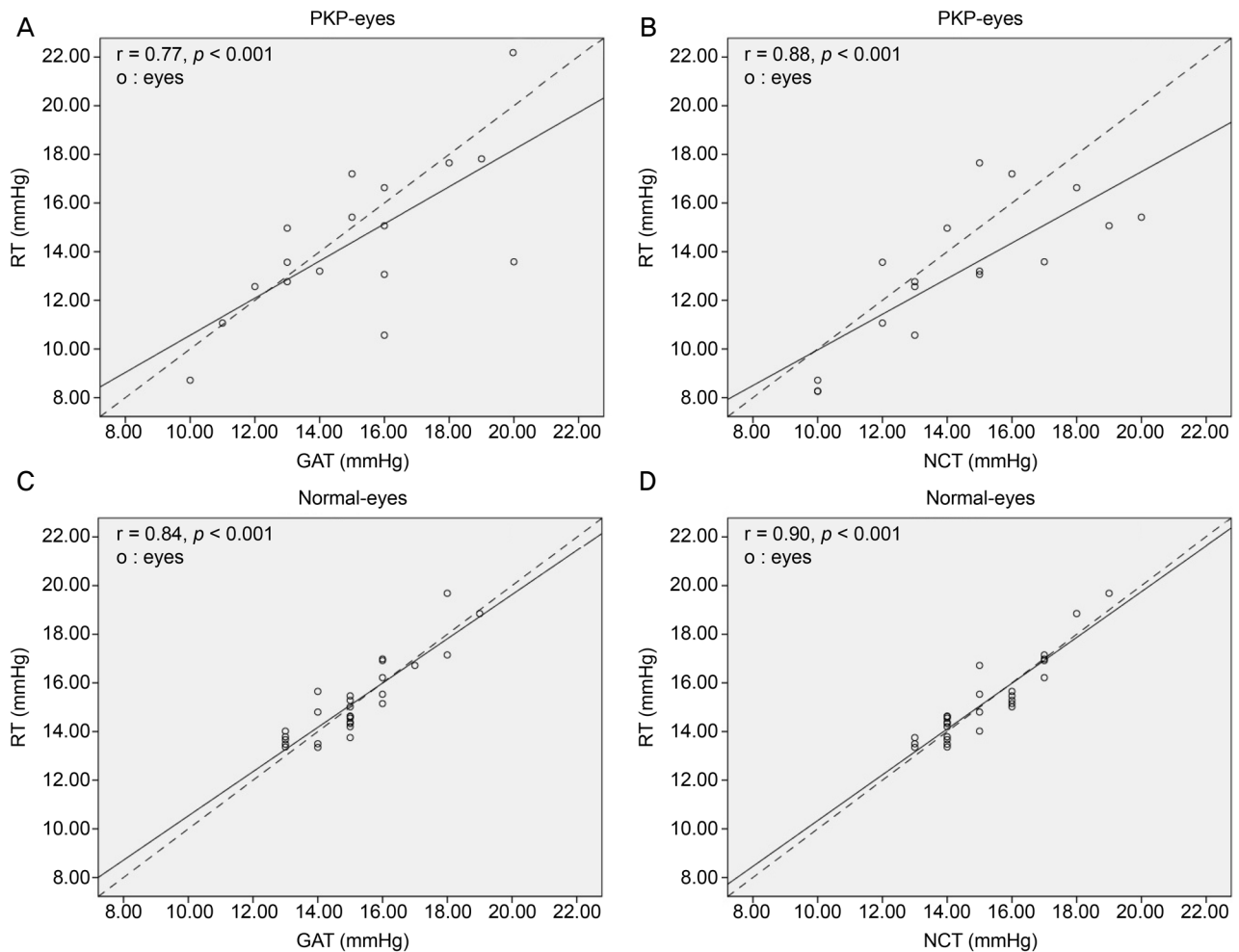


Figure 1. Correlation of IOP obtained by RT, GAT and NCT for PKP eyes and normal eyes. (A) RT and GAT for PKP eyes ($r = 0.77$, $p < 0.001$). (B) RT and NCT for PKP eyes ($r = 0.88$, $p < 0.001$). (C) RT and GAT for normal eyes ($r = 0.84$, $p < 0.001$). (D) RT and NCT for normal eyes ($r = 0.90$, $p < 0.001$). The dashed line represents $y = x$ and the solid line represents the linear regression. IOP = intraocular pressure; PKP = penetrating keratoplasty; RT = rebound tonometer; GAT = Goldmann applanation tonometer; NCT = noncontact tonometer.

과와 비교하여 95% 일치도의 범위가 넓은 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2). 각 그룹에서 6회 측정된 리바운드 안압계의 측정값들의 재현성을 ICC로 확인해 본 결과, 전층각막이식을 시행한 안에서 ICC 0.986, 95% 신뢰구간(confidence interval, CI) 0.973-0.994로 정상안의 ICC 0.961, 95% 신뢰구간(CI) 0.934-0.980과 유사하게 모두 높은 재현성을 보임을 확인하였다.

고 찰

전층각막이식술 후 발생하는 안압상승의 빈도는 이전 연구에서 14%에서 78% 사이로 보고되었으며,^{18,19} 술 후 초기에 9-31%, 만성적으로는 18-35%에서 안압상승이 발생하는 것으로 보고되었다.² 때문에 전층각막이식술 시행 시 수술 직후부터 정기적으로 정확한 안압을 측정하는 것은 성공적

인 이식을 위해서 중요하다.

골드만 안압계는 현재 임상에서 표준 측정법으로 사용되고 있지만, 일반적인 평균중심각막두께(520 μm)를 기준으로 보정하였기 때문에 중심각막두께가 이 기준으로부터 벗어나게 될수록 정확한 안압을 측정하기 어렵다.⁴ 또한 각막 난시도 골드만 안압계에서 하나의 오차 유발요인으로 이전의 연구에서 각막 난시에 따라 0.25-0.67 mmHg/diopter 정도의 오차가 있다고 알려져 있다.^{20,21}

비접촉 안압계는 Imbert-Fick 법칙을 이용한 것으로, 각막 중심에 공기를 분사하여 반사되는 빛이 최대가 될 때의 안압을 기록하는 방식이다. 각막에 기계적 영향을 적게 주는 장점이 있으나 기존 연구에서 골드만 안압계보다 각막 두께에 더 많이 영향을 받는 것으로 알려져 있다.^{11,22,23}

이와 비교하여 리바운드 안압계는 탐침의 유발과 충돌 원리를 이용한 것으로, 1 mm로 좁은 직경의 탐침을 사용하

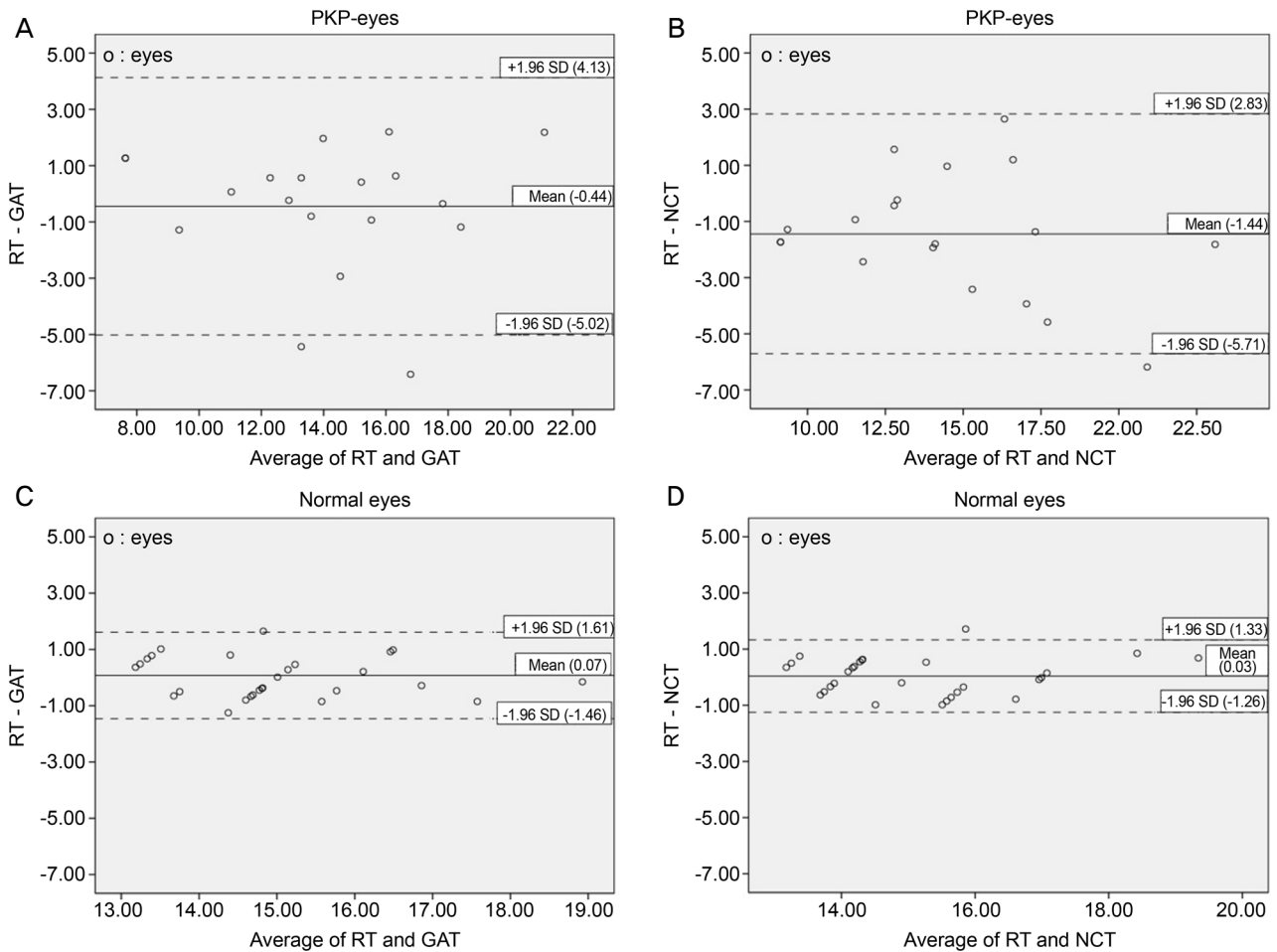


Figure 2. Bland-Altman plot of agreement between RT, GAT and NCT. The differences in IOP of two measurements are plotted against the mean of the two measurements. (A) RT and GAT for PKP eyes. (B) RT and NCT for PKP eyes. (C) RT and GAT for normal eyes. (D) RT and NCT for normal eyes. IOP = intraocular pressure; PKP = penetrating keratoplasty; RT = rebound tonometer; GAT = Goldmann applanation tonometer; NCT = noncontact tonometer; SD = standard deviation.

기 때문에 각막난시나 각막 표면의 요철에 의한 영향을 적게 받아 각막부종, 원추각막, 각막혼탁, 각막꺾양 등의 각막 두께 및 표면이 일정하지 않은 환자에서도 비교적 정확한 안압을 측정할 수 있는 장점이 있다.^{12,24} 때문에 심한 각막 부종이 및 각막난시가 발생하는 전층각막이식술을 시행한 안에서도 비교적 정확한 안압을 측정할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 전층각막이식술을 시행한 안에서 리바운드 안압계로 측정한 평균 안압은 13.82 ± 3.61 mmHg, 골드만 안압계의 평균은 14.26 ± 3.80 mmHg, 비접촉 안압계의 평균은 15.26 ± 4.23 mmHg로 골드만 안압계 및 비접촉 안압계로 측정한 안압이 리바운드 안압계로 측정한 안압보다 높게 측정되었으며 특히 비접촉 안압계와는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이전에 발표된 정상안 및 녹내장안을 대상으로 시행한 많은 연구에서 골드만 안압계 및 비접촉 안압계로 측정한 안압과 비교하여 리바운드 안압계로 측정한 안압이 더 높게 측정된 결과를 보였는데,^{7,25-29} 이는 전층각막이식술을 시행한 안을 대상으로 한 본 연구의 결과와는 상반된 결과임을 확인할 수 있었다. 하지만 Salvétat et al³⁰, Brusini et al³¹에서는 본 연구 결과와 같이 리바운드 안압계로 측정한 안압이 골드만 안압계로 측정한 안압보다 더 낮게 측정되었다고 보고하였으며, 리바운드 안압계가 골드만 안압계와 비교하여 각막부종의 영향을 덜 받는 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서 리바운드 안압계로 측정한 안압이 다른 두 안압계보다 낮게 측정된 원인으로는 리바운드 안압계가 전층각막이식술 후 발생한 각막표면의 요철, 각막부종에 영향을 덜 받은 것도 하나의 이유로 생각해 볼 수 있다.

본 연구의 전층각막이식술을 시행한 안에서 리바운드 안압계로 측정한 안압은 골드만 안압계 및 비접촉 안압계로 측정한 안압 모두와 비교적 높은 상관성을 보였으나(RT-GAT, $r=0.77$, $p<0.001$; RT-NCT, $r=0.88$, $p<0.001$, Fig. 1, 2), Wilcoxon signed rank test에서 골드만 안압계로 측정한 안압과는 유의한 차이를 보이지 않았고($p=0.872$, Table 1), 비접촉 안압계로 측정한 안압과는 유의한 차이를 보였다($p=0.011$, Table 1). 또한 Bland-Altman plot에서 리바운드 안압계로 측정한 안압은 골드만 안압계로 측정한 안압과의 평균 차이 값은 -0.44 mmHg, 비접촉 안압계로 측정한 안압과의 평균 차이 값은 -1.44 mmHg로 비접촉 안압계로 측정한 안압에 비하여 골드만 안압계로 측정한 안압과 더 근사한 결과 값을 보이는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2).

본 연구의 정상안과 비교하였을 때 Bland-Altman plot에서 리바운드 안압계로 측정한 안압과 다른 두 안압계로 측정한 안압 사이 95% 일치도의 범위는 넓었으나, 리바운드

안압계의 재현성을 확인하기 위해 시행한 ICC에서는 전층각막이식술을 시행한 안과 정상안 모두 매우 높은 재현성을 확인할 수 있었다. 이는 이전에 정상안에서 리바운드 안압계의 재현성을 평가한 연구 결과와 유사한 결과³²로 전층각막이식술을 시행한 안에서도 재현성이 좋아, 이들 환자의 안압 측정에 있어서 유용한 방법 중 하나로 생각해 볼 수 있다.

이번 연구를 통해 저자들은 전층각막이식술을 시행한 안에서 리바운드 안압계로 측정한 안압은 비접촉 안압계로 측정한 안압과 유의한 차이가 있음을 확인하였고, 정상안과 비교하여 리바운드 안압계와 두 안압계 측정값 사이에 95% 일치도의 범위는 넓었지만 측정값 사이에 비교적 높은 상관성을 있음을 확인하였다. 또한 전층각막이식술을 시행한 안에서 리바운드 안압계 측정값의 재현성은 정상안과 유사하게 높음을 확인할 수 있었다. 본 연구의 한계로는 연구 대상자 수가 많지 않은 점과 안압 측정 시 영향을 받는다고 알려진 중심각막두께, 각막난시, 각막이력현상, 각막저항인자 등의 변수를 고려지 못한 점이 있다. 향후 전층각막이식술을 시행한 안에서 이러한 형태학적 변수를 고려한 안압 측정에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Foulks GN. Glaucoma associated with penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 1987;94:871-4.
- 2) Goldberg DB, Schanzlin DJ, Brown SI. Incidence of increased intraocular pressure after keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 1981;92:372-7.
- 3) Irvine AR, Kaufman HE. Intraocular pressure following penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 1969;68:835-44.
- 4) 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.
- 5) Liu J, Roberts CJ. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement: quantitative analysis. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:146-55.
- 6) 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.
- 7) Kageyama M, Hirooka K, Baba T, Shiraga F. Comparison of ICare rebound tonometer with noncontact tonometer in healthy children. *J Glaucoma* 2011;20:63-6.
- 8) Pakrou N, Gray T, Mills R, et al. Clinical comparison of the Icare tonometer and Goldmann applanation tonometry. *J Glaucoma* 2008;17:43-7.
- 9) Shields MB. The non-contact tonometer. Its value and limitations. *Surv Ophthalmol* 1980;24:211-9.
- 10) Vernon SA. Intra-eye pressure range and pulse profiles in normal with the Pulsair non-contact tonometer. *Eye (Lond)* 1993;7(Pt 1):134-7.
- 11) Zhang Y, Zhao JL, Bian AL, et al. Effects of central corneal thickness and corneal curvature on measurement of intraocular pressure

- with Goldmann applanation tonometer and non-contact tonometer. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2009;45:713-8.
- 12) 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.
- 13) Sahin A, Basmak H, Niyaz L, Yildirim N. Reproducibility and tolerability of the ICare rebound tonometer in school children. *J Glaucoma* 2007;16:185-8.
- 14) Moreno-Montañés J, Olmo N, Zarranz-Ventura J, Heras-Mulero H. Dynamic contour tonometry in eyes after penetrating keratoplasty. *Cornea* 2009;28:836-7.
- 15) Rao VJ, Gnanaraj L, Mitchell KW, Figueiredo FC. Clinical comparison of ocular blood flow tonometer, Tonopen, and Goldmann applanation tonometer for measuring intraocular pressure in post-keratoplasty eyes. *Cornea* 2001;20:834-8.
- 16) Shemesh G, Waisbourd M, Varssano D, et al. Measurements of intraocular pressure by Goldmann tonometry, Tonopen XL, and the transpalpebral tonometer, TGDc-01, after penetrating keratoplasty: a comparative study. *Cornea* 2009;28:724-28.
- 17) Geyer O, Mayron Y, Loewenstein A, et al. Tono-Pen tonometry in normal and in post-keratoplasty eyes. *Br J Ophthalmol* 1992;76:538-40.
- 18) Kirkness CM, Ficker LA. Risk factors for the development of post-keratoplasty glaucoma. *Cornea* 1992;11:427-32.
- 19) Fan JC, Chow K, Patel DV, McGhee CN. Corticosteroid-induced intraocular pressure elevation in keratoconus is common following uncomplicated penetrating keratoplasty. *Eye (Lond)* 2009;23:2056-62.
- 20) Holladay JT, Allison ME, Prager TC. Goldmann applanation tonometry in patients with regular corneal astigmatism. *Am J Ophthalmol* 1983;96:90-3.
- 21) Rask G, Behndig A. Effects of corneal thickness, curvature, astigmatism and direction of gaze on Goldmann applanation tonometry readings. *Ophthalmic Res* 2006;38:49-55.
- 22) Matsumoto T, Makino H, Uozato H, et al. The influence of corneal thickness and curvature on the difference between intraocular pressure measurements obtained with a non-contact tonometer and those with a Goldmann applanation tonometer. *Jpn J Ophthalmol* 2000;44:691.
- 23) Babalola OE, Kehinde AV, Iloegbunam AC, et al. A comparison of the Goldmann applanation and non-contact (Keeler Pulsair EasyEye) tonometers and the effect of central corneal thickness in indigenous African eyes. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009;29:182-8.
- 24) 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.
- 25) Scuderi GL, Cascone NC, Regine F, et al. Validity and limits of the rebound tonometer (ICare[R]): clinical study. *Eur J Ophthalmol* 2011;21:251-7.
- 26) 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.
- 27) Poostchi A, Mitchell R, Nicholas S, et al. The iCare rebound tonometer: comparisons with Goldmann tonometry, and influence of central corneal thickness. *Clin Exp Ophthalmol* 2009;37:687-91.
- 28) Martinez-de-la-Casa JM, Jimenez-Santos M, Saenz-Frances F, et al. Performance of the rebound, noncontact and Goldmann applanation tonometers in routine clinical practice. *Acta Ophthalmol* 2011;89:676-80.
- 29) 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.
- 30) Salvétat ML, Zeppieri M, Miani F, et al. Comparison of ICare tonometer and Goldmann applanation tonometry in normal corneas and in eyes with automated lamellar and penetrating keratoplasty. *Eye (Lond)* 2011;25:642-50.
- 31) Brusini P, Salvétat ML, Zeppieri M, et al. Comparison of ICare tonometer with Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients. *J Glaucoma* 2006;15:213-7.
- 32) Davies LN, Bartlett H, Mallen EA, Wolffsohn JS. Clinical evaluation of rebound tonometer. *Acta Ophthalmol Scand* 2006;84:206-9.

= 국문초록 =

전충각막이식을 시행한 안에서 리바운드 안압계의 임상적 유용성

목적: 전충각막이식을 시행받은 환자에서 리바운드 안압계의 임상적 유용성을 골드만 안압계 및 비접촉 안압계와 비교하여 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 전충각막이식을 시행한 19안, 정상 대상자의 28안을 대상으로 하였다. 전충각막이식을 시행한 안과 정상안 각각에서 리바운드 안압계로 측정된 안압 결과를 골드만 안압계와 비접촉 안압계로 측정된 결과와 Spearmann 상관분석을 시행하고 Wilcoxon signed rank test 검정을 사용하여 비교하였다. 또한 각 그룹에서 리바운드 안압계로 측정된 안압 결과를 급내상관계수를 이용하여 재현성을 평가하였다.

결과: 정상안에서는 리바운드 안압계로 측정된 결과가 골드만 및 비접촉 안압계로 측정된 결과값과 유의한 차이가 없었다($p>0.050$). 전충각막이식을 시행한 안에서는 리바운드 안압계로 측정된 안압은 골드만 안압계로 측정된 안압과 유의한 차이를 보이지 않았으나($p=0.872$), 비접촉 안압계로 측정된 안압에 비하여 유의하게 낮았다($p=0.011$). 하지만 리바운드 안압계로 측정된 안압과 골드만 및 비접촉 안압계로 측정된 안압은 비교적 높은 상관성을 보였다($r=0.770, 0.879$). 리바운드 안압계 측정치의 급내상관계수는 전충각막이식을 시행한 안에서는 0.986, 정상안에서는 0.961로 두 군 모두 높은 재현성을 보였다.

결론: 전충각막이식을 시행한 안에서 리바운드 안압계 측정값은 골드만 및 비접촉 안압계 측정값과 비교적 높은 상관성을 보였으며 정상안과 유사하게 높은 재현성을 보여 이들 환자의 안압 측정에 있어서 유용한 방법 중 하나로 생각해 볼 수 있다.

〈대한안과학회지 2018;59(12):1122-1128〉

김종우 / Jong Woo Kim

인하대학교 의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology, Inha
University School of Medicine

