



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

Goldmann Applanation, Dynamic Contour, Non-contact Tonometer를 이용한 백내장 수술 전후 각막의 변화에 따른 안압 측정 비교

김훈동, 하승주

순천향대학교 의과대학 안과학교실

Comparisons of Intraocular Pressures Using Goldmann Applanation, Dynamic Contour And Non-contact Tonometer in Patients with Cataract Extraction

Hoon Dong Kim, Seung Joo Ha

Department of Ophthalmology, Soonchunhyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Abstract

Background : To evaluate the intraocular pressure using Dynamic contour tonometer (DCT), Goldmann applanation tonometer (GAT), Non-contact tonometer (NCT) according to the changes of corneal biomechanical characteristics for patients with cataract extraction

Methods : From Jan 2007 to Dec 2007, intraocular pressure was evaluated using DCT, GAT and NCT for 48 patients (55 eyes) who underwent phacoemulsification with posterior chamber IOL implantation in this period. And central corneal thickness (CCT) and corneal curvature were examined with ultrasonic pachymetry and autokeratometry.

Results : Intraocular pressures using DCT, NCT and GAT were decreased at postop 1 day, and get back to preop value at postop 7 day. Corneal curvature and CCT were decreased at postop 1 day and restored at postop 7 day. DCT has no correlation with CCT and corneal curvature.

Conclusions : Changes in biomechanical characteristics like corneal thickness, curvature, hysteresis are able to make an error in intraocular pressure evaluation. But DCT can check the intraocular pressure without influence of central corneal thickness and corneal curvature resulted from cataract extraction. DCT is a reliable and useful method to reduce the error during IOP measurement for patients with cataract extraction.

Keywords : cataract extraction, corneal curvature, dynamic contour tonometer, central corneal thickness

교신저자 : 하 승 주

주소 : 140-743 서울시 용산구 대사관길 22, 순천향대학교 서울병원 안과

Tel : 02-709-9354 / Fax : 02-798-7797

E-mail : sjha@hosp.sch.ac.kr

접수일 : 2008년 10월 2일 / 게재확정일 : 2008년 12월 20일

서론

정확한 안압의 측정은 녹내장과 고안압증 환자의 진단 및 경과 관찰에 있어 매우 중요한 역할을 한다. 이러한 안압 측정에 있어 골드만 압평 안압계(Goldmann applanation tonometry, GAT)는 현재까지 gold standard인 방법으로 여겨지고 있다. 하지만, 중심각막두께(central corneal thickness, CCT)와 각막 곡률(corneal curvature)의 변화가 골드만 압평 안압계를 이용한 안압 측정에 영향을 줄 수 있다고 알려져 있다.

각막 굴절 교정 수술과 같이 각막 구조에 변화가 발생하는 경우에는 중심각막두께의 변화뿐만 아니라, 각막 곡률의 변화에 따른 각막 난시도 발생하기 때문에 정확한 안압을 측정하기 어렵다.^{1,2)} 이전의 여러 연구 결과, 골드만 압평 안압계를 이용하여 안압을 측정하는 경우, 중심각막두께가 증가할수록 안압이 높게 측정되는 것으로 나타났다.^{3,4)} 그리고 각막 곡률이 3 디옵터 만큼 증가하는 경우, 안압은 약 1mmHg 정도로 높게 측정될 수 있다고 하였다.⁵⁾

골드만 압평 안압계 뿐만 아니라, 비접촉성 안압계(non-contact tonometer, NCT)도 안압 측정 시에 환자가 긴장하게 되면 외직근이 수축하면서 실제보다 5mmHg 정도 높게 안압이 측정될 수 있다고 하며, 결막낭에 눈물이 고이게 되면, 분사되는 공기와 각막 사이에서 눈물이 완충 역할을 하여 안압이 실제보다 3mmHg 정도 높게 측정되는 단점이 있다.⁴⁾ 골드만 압평 안압계와 비접촉성 안압계 모두 결국에는 각막을 일정 면적을 압평 및 편평하게 하는데 필요한 압력을 측정하는 원리를 이용하기 때문에, 안압 측정에 있어 각막의 생역학적 특성(biomechanical properties)들에 의해 영향을 받게 되는 것은 당연하다고 하겠다.

현재 널리 시행되고 있는 투명 각막 절개창을 이용한 백내장 제거 수술 시에는, 수술 전과 후에 각막 곡률 및 탄성도에 변화가 나타날 수 있으며,^{6,7)} 수술 후 각막 부종으로 인하여 중심 각막 두께도 증가하게 된다.⁸⁾ 이러한 경우 백내장 수술 후 초기에 안압을 측정함에 있어서, 골드만 압평 안압계 혹은 비접촉성 안압계를 사용하면, 안압 측정값에 오차가 발생할 수 있다.

이에 비하여, 최근에 개발된 dynamic contour tonometry (DCT, Pascal®, SMT Swiss Microtechnology AG, Port, Switzerland)는 각막의 contour에 들어맞도록 제작된 안압계 접촉부를 이용하여, 각막의 두께, 곡률, 탄성도와 같은 각막의 생역학적 특성에 영향을 받지 않으면서 안압을 측정할 수 있는 장점이 있다고 알려져 있다. 골드만 압평 안압계 혹은 비접촉성 안압계와는 달리, 각막과 접촉 시 각막 형태에 변화가 거의 일어나지 않기 때문에 각막 특성에 영향을 받지 않는 안압 측정이 가능하다.

본 연구에서는, 이측 투명각막절개를 통한 수정체 유화술 및 후방 인공 수정체 삽입술 시행 전과 후에 각막의 생역학적 변화에 따른 골드만 압평 안압계, 비접촉성 안압계 및 DCT를 이용한 안압 측정값의 변화를 분석, 비교하여 부종으로 인한 중심각막두께변화와 절개창으로 인한 각막 곡률 변화가 DCT를 이용한 안압 측정에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2007년 1월부터 12월까지 본원 안과에서 이측 투명 각막 절개창을 통한 초음파 유화흡입술 및 후방 인공 수정체 삽입술을 시행 받은 환자들을 대상으로 연구하였다. 대상 환자는 총 48명, 55안이였다. 대상 환자 중 각막 변성이나 염증성 질환으로 현저한 각막 두께 감소가 관찰되거나, 이 시기에 백내장 수술을 시행 받은 것 이외에 과거력 상 안과적 수술을 시행 받았거나 안구 및 안와에 외상을 입은 환자는 대상에서 제외하였다.

모든 환자들에 대하여 수술 전과 수술 후 1일째, 수술 후 7일째에 세 가지 안압계를 이용하여 안압을 측정하였다. 안압 측정은 가장 먼저 국소 마취제 점안 없이 비접촉성 안압계(non-contact tonometer, NCT, CT-50, Topcon, Tokyo, Japan)를 이용하여 안압을 측정하였다. 결막낭에 눈물이 고이지 않도록 주의하면서, 약 5초 간격으로 양안을 3회 연속하여 측정하였으며, 그 평균치를 해당 환자의 비접촉성 안압계의 안압 측정값으로 기록하였다. 그 후 약 20분 후 0.5%

Proparacaine과 형광 염색액이 혼합된 안약으로 양안에 점안 마취를 시행한 후, 골드만 압평 안압계(Goldmann applanation tonometer, GAT, Haag-Streit, Koeniz, Switzerland)를 이용하여, 숙련된 1인의 검사자에 의하여 2회 연속 안압을 측정하였다. 그리고 2회 측정값의 평균을 골드만 압평안압계의 안압으로 기록하였다. 마지막으로 약 20분 후에 다시 양안을 0.5% Proparacaine으로 점안 마취하고, DCT로 안압을 측정하였다. 이 또한 DCT 측정에 숙련된 1인에 의하여 3회 연속 측정하였고, 이의 평균값을 DCT 안압 측정치로 기록하였다. 이 때 DCT 결과창에 나타나는 Q값(quality score)이 3이하인 경우만을 신뢰성 있는 결과값으로 판단하고, 이를 기록하였다.

이러한 방법으로 세 가지 안압계를 이용하여 모든 환자의 안압을 측정한 후, Ultrasonic pachymeter (SP-3000 Ultrasound, Tomey, Nagoya, Japan)를 이용하여 얇아있는 상태에서 양안의 중심 각막 두께를 측정하였고, 5회 연속 측정한 후 그 평균값을 해당 환자의 중심각막두께로 기록하였다. 그리고 중심각막두께로 보정한 골드만 압평 안압계 측정값을 $\text{Corrected IOP} = \text{Measure IOP} - (\text{CCT} - 520) \times (5/70)^{9)}$ 와 같은 공식을 이용하여 구하고, 이렇게 보정된 골드만 압평 안압계 안압을 DCT 안압 측정치와 보정 전 골드만 압평 안압계 측정치들과 비교하였다. 또한 각 내원 시기마다 안압 측정과 동시에, 자동 각막 곡률계 (Auto-keratometry, Zeiss Humphery, Dublin, CA)를 이용하여 각막 곡률을 측정하였고, 3회 연속 측정하여 평균 각막 곡률을 디옵터(D)로 기록하였다. 이와 같은 방법으로 각각의 대상 환자들에 대하여, 수술 전, 수술 후 1일째, 7일째 세 시기 동안, DCT, 골드만 압평 안압계, 비접촉성 안압계를 이용하여 안압을 측정하였고, 동시에 중심각막두께와 각막 곡률을 측정하였으며, 중심각막두께로 보정한 골드만 압평 안압계 안압도 함께 구하였다.

백내장 제거 수술은 본원 수술실에서 한 명의 술자에 의해서 이루어졌으며, 수술 방법은 이측 방향에서 접근한(temporal approach) 3.0mm 길이의 투명 각

막 절개창(clear cornea incision)을 만들었다. 연속적 원형 전방 절개술을 한 후, 초음파 수술 기구(Accurus®, Alcon, Texas, USA)를 이용하여 수정체 유화술을 시행하였고, 후방에 접형 인공수정체 삽입술을 시행하였으며, 각막 봉합은 시행하지 않았다.

본 연구에서는, 백내장 수술 전후 중심각막두께와 각막 곡률 변화에 따른 안압계들간의 안압 측정값의 차이를 알아보고자 하였고, 이를 위하여 수술 전, 술 후 1일과 7일에 각각 측정한 DCT, 골드만 압평 안압계, 비접촉성 안압계 측정값과, 중심각막두께로 보정한 골드만 압평 안압계 측정값(corrected GAT)의 변화율을 비교 분석하였다. 이를 바탕으로 DCT를 이용한 안압 측정에 있어 중심각막두께와 각막 곡률과 같은 각막의 생역학적 특성(biomechanical characteristics)이 미치는 영향에 대하여 알아보하고자 하였다.

본 연구의 통계 분석은 SPSS version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며, 세 가지 안압계를 이용한 안압 측정값의 비교에는 일원분산분석(one-way ANOVA)과 Bland-Altman plots를 이용하였고, 상관관계를 분석하는 경우에는 선형회귀분석을 이용하였다. 모든 통계 분석의 경우 p-value가 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 값으로 정의하였다.

결 과

대상 환자는 총 48명 55안이었으며, 남자 20명, 여자 28명으로 조사되었다. 평균 연령은 66.3 ± 10.6 (41~82) 세였다.

수술 전 세 가지 종류의 안압계를 이용하여 측정한 평균 안압은, DCT가 15.60 ± 2.46 (11.47~23.90) mmHg 로 가장 높게 측정되었으며, 그 다음 비접촉성 안압계가 평균 15.14 ± 2.61 (9~21) mmHg로 나타났으며, 골드만 압평 안압계의 측정값이 14.12 ± 2.56 (9~19) mmHg로 가장 낮게 측정되었다 (Table 1). 수술 전 환자들의 평균 중심각막두께는 534.00 ± 40.03 (444~653) μm 로 나타났고, 중심각막두께로 보정한 골드만 압평 안압계 안압은 13.13 ± 3.30 (7.1~21.3)

Table 1. Clinical data before and after cataract extraction

	Preop	Postop 1 day	Postop 7 day
DCT (mmHg)	15.60 $\pm$ 2.46	13.75 $\pm$ 3.57	13.81 $\pm$ 1.74
NCT (mmHg)	15.14 $\pm$ 2.61	13.12 $\pm$ 3.55	13.62 $\pm$ 2.46
GAT (mmHg)	14.12 $\pm$ 2.56	13.41 $\pm$ 3.58	14.23 $\pm$ 3.08
Corrected GAT (mmHg)	13.13 $\pm$ 3.30	8.63 $\pm$ 4.90	12.55 $\pm$ 4.02
CCT (μ m)	534.00 $\pm$ 40.03	581.32 $\pm$ 58.14	547.07 $\pm$ 43.70
Corneal curvature (D)	44.37 $\pm$ 1.54	44.46 $\pm$ 1.59	43.00 $\pm$ 1.80

mmHg로 조사되었으며, 수술 전의 각막 곡률은 평균 44.37 ± 1.54 (40.38~47.63) 디옵터로 측정되었다.

수정체 유화술 및 후방 인공 수정체 삽입술 시행 후 1일째의 안압 측정값은, DCT는 13.75 ± 3.57 (7.30~22.70)mmHg로 나타났고, 비접촉성 안압계는 평균 13.12 ± 3.55 (5~21) mmHg였으며, 골드만 압평 안압계의 경우 13.41 ± 3.58 (7~22) mmHg로 측정되었다. 백내장 수술 후 1일째에는 수술 전보다 안압이 감소하였으며, 세 가지 안압계를 이용한 안압 측정값이 모두 유사한 값을 나타내었다. 그리고 수술 후 1일째 중심각막두께는 581.32 ± 58.14 (504~757) μ m로 증가하였고, 각막 두께의 증가에 따라 보정된 골드만 압평 안압계 값은 8.63 ± 4.90 (-3.90~23.00) mmHg로 크게 감소하였다. 또한 각막 곡률도 수술 후 1일째에 44.46 ± 1.59 (41.50~47.13) 디옵터로 증가하는 것으로 나타났다.

수술 후 7일째 세 가지 안압계를 이용하여 안압을 측정한 결과, DCT는 평균 13.81 ± 1.74 mmHg의 안압을 나타내었으며, 비접촉성 안압계는 13.62 ± 2.46 (10~18) mmHg로 측정되었고, 골드만 압평 안압계는 14.23 ± 3.08 mmHg로 나타났다. 수술 후 7일째 중심각막두께는 547.07 ± 43.70 (491~655) μ m로 수술 후 1일째보다 감소하였고, 각막 곡률도 43.00 ± 1.80 (40.13~46.50)으로 감소한 것으로 나타났다. 그리고 중심각막두께로 보정한 안압은 12.55 ± 4.02 (6.10~21.10) mmHg로 계산되었다.

골드만 압평 안압계, 비접촉성 안압계, DCT를 이용한 안압의 측정값은 수술 전보다 수술 후 1일째에 평균 13mmHg 부근으로 감소하였다가, 수술 후 1주일째에는 다시 안압 측정값이 상승하는 경향을 보였다 (Fig. 1). 그리고 안압과 함께 측정된 중심각막두께는 수술 후 1일에 증가하였다가 수술 후 7일에 다시 감소되는 양상을 나타내었고, 각막 곡률 역시 수술 후 1일에 증가하였고, 수술 후 7일에 다시 감소하였다 (Fig. 2).

각 시기에 따라 각막의 생역학적 특징이 안압 측정에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자, 안압 측정치

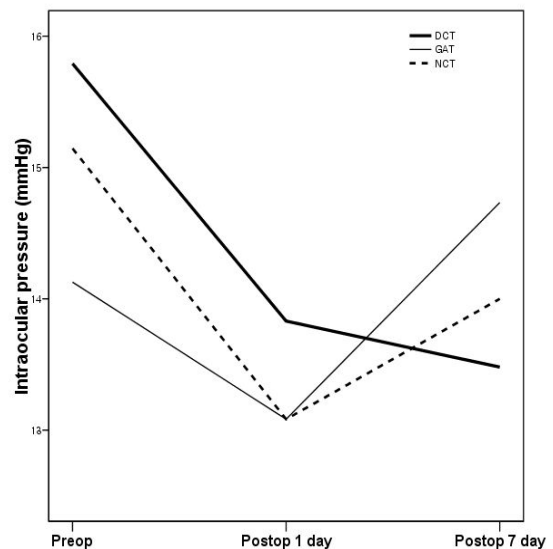


Fig. 1. Mean intraocular pressure using DCT, NCT and GAT after cataract extraction.

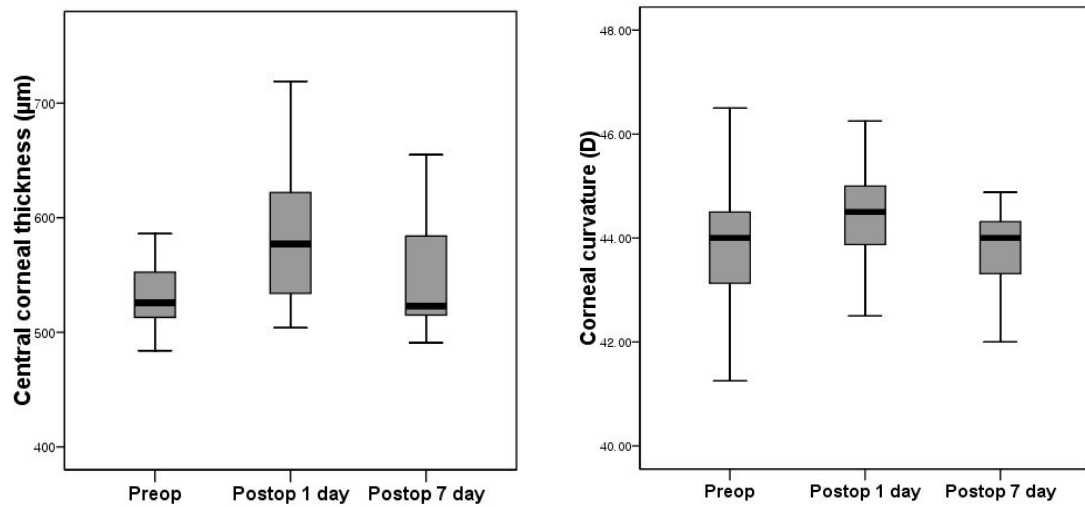


Fig. 2. Changes in central corneal thickness and corneal curvature after cataract extraction.

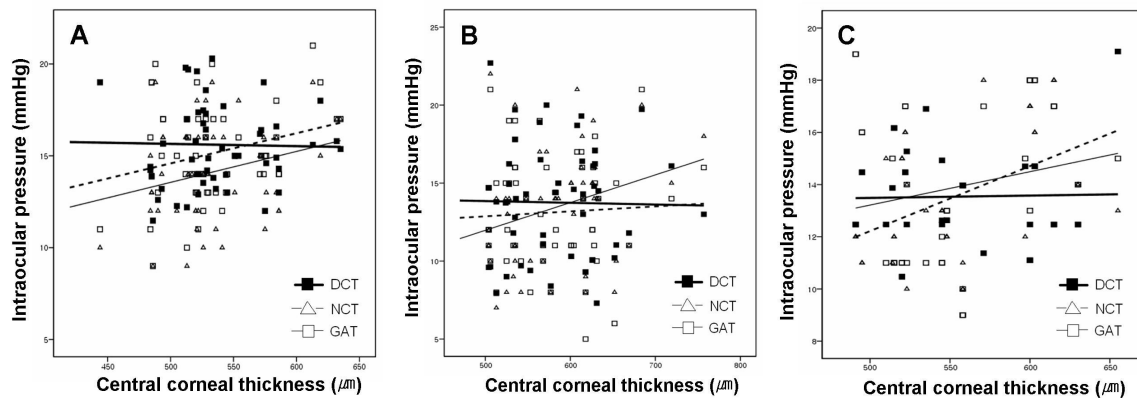


Fig. 3. Correlation between intraocular pressure using DCT, NCT, GAT and central corneal thickness in preoperative time (A), postoperative 1 day (B) and 7 day (C)

와 중심각막두께, 각막 곡률과의 상관관계를 살펴보았다. 수술 전 중심각막두께의 증가에 대하여 골드만 압평 안압계 ($r^2=0.069$, $p=0.053$)와 비접촉성 안압계 ($r^2=0.063$, $p=0.064$), DCT ($r^2=0.001$, $p=0.884$) 세 가지 안압계 모두 유의한 상관관계를 나타내지 않았다 (Fig. 3-A). 그러나 수술 후 1일째에 골드만 압평 안압계를 이용한 안압 측정값은 중심각막두께의 변화와 유의한 상관관계 ($r^2=0.083$, $p=0.033$)가 있는 것으로 나타났다. 그 외에 비접촉성 안압계 ($r^2=0.003$, $p=0.707$)와 DCT ($r^2=0.001$, $p=0.896$)는 상관관계를 보이

지 않았다. 수술 후 7일째에는, 골드만 압평 안압계가 여전히 중심각막두께와 통계학적으로 유의한 상관관계 ($r^2=0.040$, $p=0.032$)를 갖는 것으로 나타났고, 비접촉성 안압계 역시 중심각막두께가 증가할수록 안압 측정값도 높게 나타나는 것 ($r^2=0.208$, $p=0.001$)으로 밝혀졌다.

각막 곡률과 안압 측정값 사이의 상관관계를 살펴보면, 수술 전 시기에 골드만 압평 안압계 ($r^2<0.001$, $p=0.947$), 비접촉성 안압계 ($r^2<0.001$, $p=0.891$), DCT ($r^2=0.001$, $p=0.845$) 모두 각막 곡률 증가에 따른

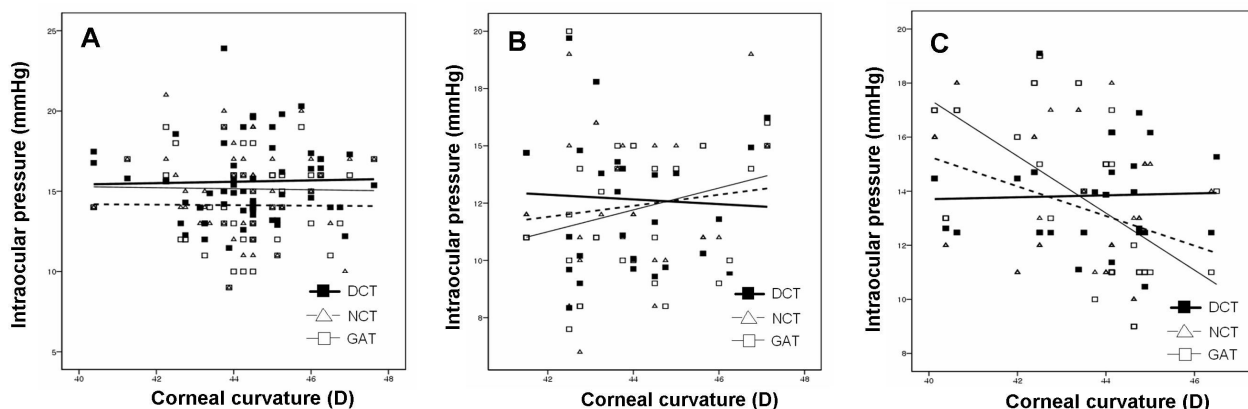


Fig. 4. Correlation between intraocular pressure using DCT, NCT, GAT and corneal curvature in preoperative time (A), postoperative 1 day (B) and 7 day (C)

상관관계를 나타내지 않았다(Fig. 4-A). 수술 후 1 일에도 세 가지 안압계 모두 각막 곡률과는 여전히 상관관계가 없는 것으로 나타났고, 그 중에서도 골드만 압평 안압계 ($r^2=0.066$, $p=0.155$) 혹은 비접촉성 안압계 ($r^2=0.016$, $p=0.495$)에 비하여, DCT가 각막 곡률 증가에 따른 안압 측정값의 변화율($r^2=0.003$, $p=0.767$)이 가장 낮게 나타났다(Fig. 4-B). 수술 후 7 일째에는 골드만 압평 안압계 ($r^2=0.382$, $p<0.001$)와 비접촉성 안압계 ($r^2=0.162$, $p=0.003$)는 각막 곡률의 증가에 대하여 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타내는데 반해, DCT 안압은 수술 후 7일째 시기에도 각막 곡률과의 상관관계가 없는 것으로 나타났다($r^2=0.001$, $p=0.797$). 즉, DCT를 이용한 안압 측정값은 세 시기 모두에서 각막 곡률의 증가와 상관관계가 없는 것으로 나타난 것이다.

Bland-Altman analysis 상에서(Fig. 5), DCT를 이용한 안압 측정값이 골드만 압평 안압계에 비하여 과대평가 되는 것으로 나타났지만, 높은 안압 범위에서는 그 차이가 줄어드는 것을 알 수 있다. 또한 비접촉성 안압계에 대해서도 DCT를 이용한 안압 측정치는 다소 과대평가 되는 경향이 있지만, 저안압 범위와 고안압 범위 모두에서 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 중심각막두께로 보정한 골드만 압평 안압계 측정치는 DCT를 이용한 측정값과 비교하여 보았을 때, 골드

만 압평 안압계 측정값이나 비접촉성 안압계 측정값에 비하여 오차가 많이 발생할 수 있는 것으로 나타났다.

고 찰

안압의 측정은 녹내장의 진행과 관련된 요인 중에 가장 중요한 역할을 차지한다.²⁾ 그리고 현재까지의 역학적 연구 결과, 안압 측정에 있어서 연령, 성별, 인종, 비만도, 흡연 및 음주력, 고혈압 및 당뇨 과거력, 육체적 활동량, 중심 각막 두께, 홍채 색조, 백내장 및 근시 등이 영향을 주는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁻¹²⁾ 이러한 여러 가지 요인들에 영향을 받지 않고 초기 안압을 측정하고, 추후 정기적인 안압을 측정하는 것은, 녹내장 진단과 경과 관찰에 있어 더할 나위 없이 중요한 과정이라 하겠다. 현재 안압 측정에 있어 gold standard로 여겨지고 있는 것은 골드만 압평 안압계를 이용한 안압 측정이다. 그러나 중심각막두께와 각막 곡률과 같은 각막과 관련된 인자들이 골드만 압평 안압계를 이용한 안압 측정에 영향을 줄 수 있고, 오차가 발생할 수 있다는 것이 여러 연구에서 밝혀지고 있다.^{3,11,12)}

그리고 비접촉성 안압계를 이용한 안압 측정은 현재 임상에서 가장 흔하게, 그리고 가장 손쉽게 이용되는 방법이다. 각막에 직접 접촉하지 않기 때문에, 점안 마취가 필요 없으며, 접촉에 의한 안구 질환의 전파 위험도

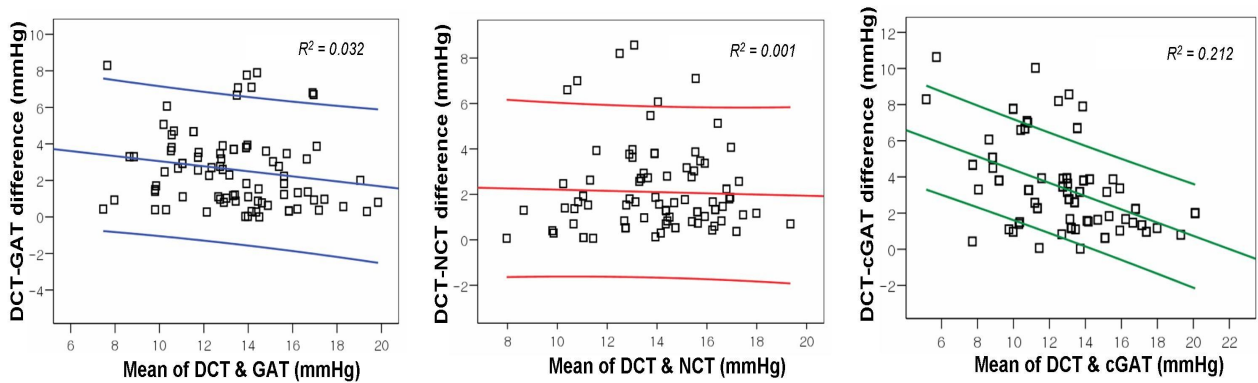


Fig. 5. Bland-Altman plot of intraocular pressure using DCT, NCT, GAT and corrected GAT (cGAT).

났다. 그리고 검사자가 안압계를 직접 각막에 직접 접촉시켜 안압을 측정하는 골드만 압평 안압계에 비하여 객관적인 검사 방법이라 할 수 있으며, 검사 시간도 짧다는 장점이 있다.¹³⁾ 골드만 압평 안압계에 비하여 정확성과 재현성이 낮지만, 비접촉성 안압계를 이용한 안압 측정도 정상 안압 범위에서는 신뢰성 있는 안압 측정값을 얻을 수 있다고 여러 연구들에서 밝혀졌다.¹³⁾

최근 많이 시행되고 있는 백내장 제거 수술 및 레이저 굴절 교정술과 같은 안과적 수술로 인하여 각막의 생역학적 특징(biomechanical properties)은 많은 변화가 발생하게 된다. 이러한 각막의 생역학적 특징의 변화에는 각막 중심 두께(central corneal thickness, CCT), 각막 곡률(corneal curvature), 탄성도(hysteresis)의 변화 등이 포함된다. 이러한 각막 생역학적 특징의 변화는 골드만 압평 안압계를 이용한 안압 측정에 영향을 주게 되고, 안압 측정값에 오차를 일으키게 될 가능성이 높다. 실제 각막에는 표면 장력이 존재하게 되며, 개인에 따른 각막두께의 차이도 다양하게 존재하게 된다. 그럼에도 불구하고 골드만 압평 안압계를 이용하여 안압을 측정하는 과정에서는, 각막이 500 μ m로 일정한 두께를 가지며, 무한히 얇고 완전한 탄성력을 지닌 막이라는 가정 하에 안압을 측정하게 된다. 그리고 골드만 압평 안압계의 접촉부가 외부에서 일정한 힘을 가하여 일정한 면적의 각막을 편평하게 만드는 힘을 안압으로 나타내기 때문에 각막의 생역학적

특성이 골드만 압평 안압계를 이용한 안압 측정에 영향을 미치게 된다.

접형 인공 수정체 제조 기술의 발달로 인하여 최근 백내장 수술은 봉합이 필요 없는 투명 각막 절개를 이용하고, 소절개창을 통하여 백내장을 제거하는 방향으로 발전하고 있다. 투명 각막 절개술은 결막을 절개하지 않기 때문에 환자의 안구 불편감도 적고, 출혈도 적게 나타나므로 전기 소작을 통한 지혈이 필요하지 않아 수술 후 난시가 적게 발생할 수 있는 장점이 있다.¹⁴⁾ 하지만 백내장 제거술 시행 후 일시적 각막 부종과 수술 후 초기 각막 난시는 여전히 피할수 없는 난제이다. 백내장 제거 수술 후에 발생하는 각막부종에 대해서는, 수술 1주일 후에 수술 전보다 약 17% 정도 중심 각막 두께가 증가한다는 보고가 있다.⁸⁾ Masket 등⁶⁾은 초음파 유희술 시행 후 8주까지 직난시가, 그 이후에는 도난시가 관찰되었다고 보고하였으며, Axt 등⁷⁾도 투명 각막 절개창을 이용한 백내장 제거 수술에서도 직난시가 유발된다고 하였다. Edward 등¹⁵⁾은 각막 봉합을 시행하지 않은 백내장 수술 후 환자들을 관찰한 결과, 초기 80% 이상에서 2.00 디옵터 이하의 난시가 유발된다고 보고하였다. 국내의 연구에서도 수술 전에 비하여 수술 후 1일에 평균 0.73 $\pm$ 1.01 디옵터, 술후 7일에는 0.75 $\pm$ 1.01 디옵터의 직난시가 발생하였다고 보고하였다.¹⁸⁾ 백내장 수술 기법이 발달하고 있어도, 이처럼 수술 후 각막 부종과

수술 후 초기 각막 난시는 필연적으로 발생하는 것으로 보인다. 이와 같이 백내장 수술 후 환자에 있어서 각막 두께가 증가하고, 각막 난시가 심해지는 경우, 골드만 압평 안압계 혹은 비접촉성 안압계를 사용하여 안압을 측정하는 경우, 실제 안압과의 오차가 발생할 수 있다. 반면에 DCT는 중심 각막 두께의 영향을 적게 받고, 각막 곡률의 변화에 관계없이 안압을 측정할 수 있도록 제작되었다.¹⁾ DCT는 각막을 압박하지 않고 각막의 형태를 유지한 상태로 안압을 측정할 수 있는 비압평 안압계로서, 각막의 정점에 안압 측정에 필요한 압력 센서를 접촉시키기만 하면 안압이 측정되도록 고안되어 있다. 이러한 DCT의 각막 접촉부는 각막의 contour와 유사하도록 10.5mm의 곡률 반경을 갖는 오목한 형태를 나타내고 있다. 그리고 이 접촉부 중앙에 각막에 작용하는 압력을 감지해낼 수 있는 1.2 × 1.2mm 크기의 사각형 형태의 압력 센서가 존재한다. 즉, 이론적으로 DCT는 기존의 골드만 압평 안압계 혹은 비접촉성 안압계와는 달리, 각막의 contour에 잘 맞는 접촉부를 각막에 접촉시키고, 각막의 곡률에 최소한의 변화를 주면서 안압을 측정할 수 있는 기구이다. 이에 따라 본 연구에서는, 백내장 수술 후 일시적인 각막 부종으로 인하여 중심각막두께가 증가하고, 각막 절개에 의하여 각막 곡률에 변화가 발생한 상태에서, 각각의 안압계를 이용한 안압 측정값의 차이가 어떠한 양상으로 나타나는지 알아보고자 하였다. 그래서 수정체 유화술 및 후방 인공 수정체 삽입술 시행 전, 수술 후 1일째, 그리고 수술 후 7일째에 각각 골드만 압평 안압계와 비접촉성 안압계, DCT를 이용하여 안압을 측정하였고, 동시에 초음파 pachymetry를 이용하여 중심 각막 두께를 측정하였으며, 자동 각막 곡률계를 이용하여 각막 곡률을 측정하였다.

본 연구 결과, 안압 측정값은 수술 후 1일에 감소하였다가 수술 7일째에는 다시 상승하는 경향을 보였고, 중심각막두께와 각막 곡률은 수술 후 1일에 모두 증가하였다가 수술 후 7일째에 수술 전 측정값 부근으로 돌아가는 양상을 나타내었다. 이 세 시기 동안 DCT를 이용한 안압 측정값은 중심각막두께와 상관관

계가 없었고, 각막 곡률의 증가와도 통계학적으로 유의한 상관관계는 관찰되지 않았다. 백내장 수술 후 각막의 구조와 형태에 변화가 발생한 것에 대하여 골드만 압평 안압계와 비접촉성 안압계는 영향을 받지만, DCT의 경우 백내장 수술 전과 후 모든 시기에서 일정한 안압 측정이 가능하였다. 백내장 수술 후 중심각막두께와 각막 곡률과 같은 각막의 생역학적 특성 (biomechanical properties)에 변화가 발생하더라도, DCT를 이용하면 이러한 생역학적 특성의 변화에 영향을 받지 않고 안압을 측정할 수 있다고 말할 수 있다. 이전의 각막 굴절 교정 수술을 시행 받은 환자에 대한 안압 측정에 있어서 DCT의 유용성은 증명되어 있지만,^{1,2,10)} 본 연구 결과에 의하면 백내장 수술 후 초기 안압 평가에 있어서도 DCT가 유용하다고 생각할 수 있겠다.

Bland-Altman plot 결과에서도 DCT와 골드만 압평 안압계 간에는 DCT 안압이 과대평가 되는 경향이 있었지만, 고안압 범위에서는 그 차이가 점점 줄어드는 것을 알 수 있었다. 그리고 DCT와 비접촉성 안압계를 비교하였을 때에도 DCT로 측정한 안압이 다소 과대평가 되었지만, 저안압과 고안압 범위 구분 없이 그 차이가 일정하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 즉, 백내장 수술 후 안압 측정에 있어서 DCT를 이용한 안압 측정이 골드만 압평 안압계, 비접촉성 안압계를 대체할 수 있는 유용하고, 신뢰성 있는 검사라고 할 수 있다. 그에 반해 중심각막두께 변화를 반영하여 보정된 골드만 압평 안압계 측정값을 이용하는 것은 안압 측정의 오차가 커질 수 있으므로, 백내장 수술 전후 환자의 안압 측정에 있어서 보정된 골드만 압평 안압계 측정값을 이용하는 것은, 안압오차의 가능성을 염두에 두고 시행해야 하겠다.

본 연구의 한계점으로는, 대상 환자 수가 적었다는 점과, 백내장 수술 소요 시간이나 백내장의 정도에 따라 중심각막두께의 변화가 달라질 수 있다는 점, 각막 난시의 축과 방향을 고려하지 않았다는 점들을 들 수 있겠다. 따라서 앞으로 백내장 수술 후 장기간 동안 안압 측정값들이 어떻게 변하는지 많은 연구가 필요할

것으로 생각하며, 중심각막두께 및 각막 곡률 이외에 DCT 측정에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대하여 연구가 더 필요하겠다.

결론적으로, 투명 각막 절개창을 통한 백내장 수술 후 초기에는 각막인자의 변화에 따른 안압 측정의 오차를 줄이기 위하여, DCT를 이용하여 안압을 측정하는 것이 유용하다고 생각한다.

참고 문헌

1. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA : Intraocular pressure measurements using dynamic contour tonometry after laser in situ keratomileusis. Invest Ophthalmol Vis Sci 44:3790-3794, 2003.
2. Koh SI, Kim SD, Kim JD : The effect of the changes in central corneal thickness and curvature on measurement of intraocular pressure after LASIK. J Korean Ophthalmol Soc 40:2464-2472, 1999.
3. Francis BA, Hsieh A, Lai MY et al. : Effects of Corneal Thickness, Corneal Curvature, and Intraocular Pressure Level on Goldmann Applanation Tonometry and Dynamic Contour Tonometry. Ophthalmology 114:20-26, 2007.
4. Choi HJ, Kim SW, Kim TI, et al. : Intraocular pressure measurements using dynamic contour tonometer after photorefractive keratectomy. J Korean Ophthalmol Soc 49:577-582, 2008.
5. Ehlers N, Hansen FK, Aasved H : Biometric correlations of corneal thickness. Acta Ophthalmol 53:652-656, 1975.
6. Masket S : Nonkeratometric control of postoperative astigmatism. Am Intra-Ocular Implant Soc J 11:148-155, 1985.
7. Axt JC, McCaffery JM : Reduction of postoperative against-the-rule astigmatism by lateral incision technique. J Cataract Refract Surg 19:380-386, 1993.
8. Park C, Rhee SW : Changes of the corneal thickness according to the corneal site after cataract operation. J Korean Ophthalmol Soc 22:513-517, 1981.
9. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S : Applanation tonometry and central corneal thickness. Acta Ophthalmol 53:34-43, 1975.
10. Pepose J, Feigenbaum S, Qazi M et al. : Changes in Corneal Biomechanics and Intraocular Pressure Following LASIK Using Static, Dynamic, and Noncontact Tonometry. Am J Ophthalmol 143:39-47, 2007.
11. Schneider E, Grehn F : Intraocular Pressure Measurement-Comparison of Dynamic Contour Tonometry and Goldmann Applanation Tonometry. J Glaucoma 15:2-6, 2006.
12. Salvat ML, Zeppieri M, Tosoni C et al. : Comparisons between Pascal Dynamic Contour Tonometry, the TonoPen, and Goldmann Applanation Tonometry in Patients with Glaucoma. Acta Ophthalmol Scand 85:272-9, 2007.
13. Lin HY, Hsu WM, Chou P et al. : Intraocular Pressure Measured with a Noncontact Tonometer in an Elderly Chinese Population. Arch Ophthalmol 123:381-386, 2005.
14. Kim NK, Tchah HW : Corneal astigmatism after cataract surgery : the effect of electrocautery. J Korean Ophthalmol Soc 36:1462-1466, 1995.
15. Edward CK : Keratometric cylinder and visual recovery following phacoemulsification and intraocular lens implantation using a self-sealing cataract incision. J Cataract Refract Surg 17:731-733, 1991.
16. Seo JB, Joo CK : Long-term course induced astigmatism after temporal clear corneal

incision in cataract surgery. J Korean Ophthalmol Soc 40:3038~3043, 1999.