

전충각막이식술과 에피라식술 후 Dynamic Contour Tonometry의 측정

이승진 · 이현수 · 주천기

가톨릭대학교 의과대학 안과 및 시과학교실

목적: 전충각막이식술과 에피라식술 후 골드만 압평 안압계(GAT)와 Pascal Dynamic Contour Tonometry(PDCT)의 임상성적을 비교 분석하고 중심각막두께, 각막굴절력과 관계를 알아보고자 한다.

대상과 방법: 전충각막이식술을 받은 45안과 에피라식술을 받은 63안에 대하여 GAT와 PDCT로 안압을 측정 후, 각막의 굴절력과 각막 두께를 측정하였다. 대조군으로는 안과적 질환이나 수술의 기왕력이 없는 38안을 대상으로 하여 위와 동일한 검사를 시행하였다.

결과: 전충각막이식술을 받은 군에서 GAT에 비해 PDCT로 측정된 결과가 1.22 ± 2.84 mmHg 만큼 유의하게 높았지만($p=0.006$), 두 방법 모두 중심각막두께나 각막굴절값과는 유의한 관련이 없었다. 에피라식술을 받은 군에서는 GAT의 측정값을 중심각막두께 및 각막굴절값에 의해 보정한 값과 PDCT에 의한 측정값 사이에는 유의한 차이가 없었다.

결론: 에피라식술이나 전충각막이식술 후 중심각막두께와 각막의 굴절상태가 변하여 GAT에 의한 안압측정이 부정확한 경우, 각막의 특성에 비교적 영향을 덜 받는 PDCT가 임상적으로 의미 있는 역할을 해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

〈대한안과학회지 2009;50(5):749-755〉

안압측정은 안과 영역에서 시행되는 가장 기본적이고 중요한 검사 중의 하나로 정확한 시행을 위해 여러 가지 방법이 개발되어 사용되고 있다. 그중 골드만압평안압계(GAT)는 임상에서 널리 쓰이고 있으며 그 유용성을 인정받고 있지만, 각막 두께와 각막 곡률, 각막의 탄력성과 경도 등의 요인에 영향을 받을 수 있기 때문에 그 결과가 실제안압과는 다를 수 있다.^{1,2} 따라서 각막굴절수술 후 등 각막의 두께나 굴절력 등이 변화된 상태에서 안압측정에 오차가 생긴다는 것은 이미 널리 보고되어 왔다.³⁻⁵ 특히 중심각막두께와 GAT의 측정치가 반비례적 관계에 있다는 사실이 알려지면서 수식으로 보정하고자 하는 연구 또한 많이 진행되었다.⁶⁻⁸ 하지만 중심각막 두께뿐만 아니라 각막의 경도나 탄력성, 함수율 등 GAT의 측정치에 영향을 미칠 수 있는 요소는 매우 다양하고 아직 충분히 연구되지 않은 특성들도 있다. 이는 각막에 시행되는 많은 시술 후 GAT에 의한 안압 측정 방법을 보정하기 위한 단순한 공식에 의존할 수 없음을 잘 보여준다. 따라서 각막의 특성과 무관하게 정확

하게 안압을 제시할 수 있는 방법을 제시한다면 그 임상적 의의는 크다 하겠다. 하지만 기존의 압평 없이 정확한 안압을 측정할 수 있으며 임상에서 널리 시행될 수 있을 만큼 간편한 방법이 없었던 것이 사실이다.

최근에 소개된 Pascal dynamic contour tonometry (PDCT)는 각막에 접촉하지만 압평 없이 측정하기 때문에 각막의 두께나 구조에 영향 받지 않는다고 하였다.^{9,10} 이 기구의 첨부가 각막에 접촉할 경우 첨부 내에 위치한 압력 감지기가 각막의 왜곡을 최소화한 상태로 안압을 측정할 수 있도록 설계되었다. 또한 PDCT의 경우 디지털화된 숫자로 표시되어 검사자가 별도의 조작을 통해 안압을 결정할 필요가 없기 때문에 검사자의 주관에 의한 오차를 최소화 할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 전충각막이식술과 에피라식술 후 GAT와 PDCT 두 방법의 효용을 비교 분석하였다.

대상과 방법

본원에서 전충각막이식술을 받은 45안과 에피라식술을 받은 63안을 대상으로 하였고, 특별한 질환이나 시술을 받은 기왕력이 없는 38안을 대조군으로 하여 비교분석하였다. 각막의 병소, 녹내장, 망막병변, 및 기타 안압측정에 영향을 미칠 수 있는 다른 병변이 있을 경우 대상에서 제외하였다. PDCT는 세극등에 고정하여 사용하는 모습이 골드만 안압계와 유사하지만 Imbert-Fick의 법칙에 기반 한 GAT와 달리, 밀폐된 유체의 일부에 압력을 가하면 그 압력이 유체

■ 접 수 일: 2008년 6월 13일 ■ 심사통과일: 2008년 12월 9일

■ 통 신 저 자 주 천 기

서울시 서초구 반포동 505
가톨릭대학교 서울성모병원 안과
Tel: 02-2258-7621, Fax: 02-533-3801
E-mail: ckjoo@catholic.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2007년 대한안과학회 제98회 추계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

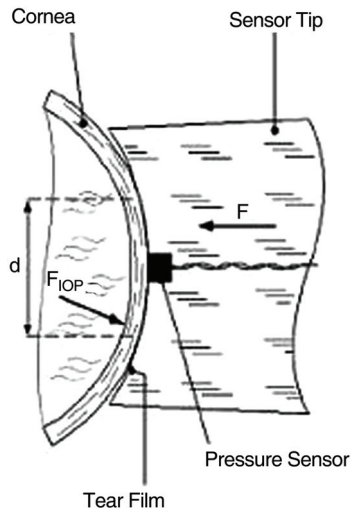


Figure 1. Schematic diagram of Non-applanating contour-matched tip of the Pascal tonometer. When the match is achieved, the sensor tip embedded in tip measures IOP according to the law of Pascal.³⁸

내의 모든 곳에 같은 크기로 전달된다는 파스칼의 원리에 기반하고 있다.⁹ 따라서 각막과 접촉할 경우 각막내부의 압력(안압)과 각막 외부의 압력이 같아지고 이를 안압계가 감지할 수 있다(Fig. 1). 본 연구에서는 골드만 압평 안압계(GAT Haag-Streit, Switzerland), Pascal dynamic contour tonometry (PDCT; Swiss Microtechnology, Switzerland)의 순서로 안압을 측정하여 PDCT로 측정된 수치에 의해 GAT의 검사자가 영향 받지 않도록 하였다. GAT에 의한 측정시 눈금을 6 mmHg 정도에 맞추어 시작하였고 제조사에서 제시한 영점조정 방법을 준수하였으며 안압 측정은 모두 한명의 시술자에 의하여 행해지도록 하였다. PDCT는 측정치의 신뢰성을 1 (optimum)에서 5 (unacceptable) 사이의 값으로 표시하는데, 제조사에서는 3 이하일 경우를 acceptable하다고 하여, 본 연구에서는 1과 2의 값이 나온 경우만을 취하고 나머지 경우는 연구에서 배제하였다. 또한 정확성을 기하기 위하여 GAT로 측정한 후 5분 이내에 PDCT를 이용하여 측정하였고, 2회 측정하여 평균값을 취하였다. 중심각막두께는 초음파 각막두께 측정계(SP-3000, Tomey corporation, Japan)로 측정하였고, 평균각막굴절값은 수동각막곡률계(OM-4, Topcon, Japan)로 측정한 수직방향과 수평방향의 굴절값의 평균으로 정의하였다.

Table 1. Subject characteristics

	Number of cases	Sex (M:F)	Age	CCT (μ m)	Keratometric power (D)
PPKP group	45	21:24	41.55 \pm 18.14	514.80 \pm 46.13	44.20 \pm 2.04
EpiLASIK group	63	21:42	29.82 \pm 7.26	449.14 \pm 44.15	40.00 \pm 1.77
Control group	38	17:21	42.26 \pm 16.40	545.10 \pm 29.24	43.85 \pm 1.22

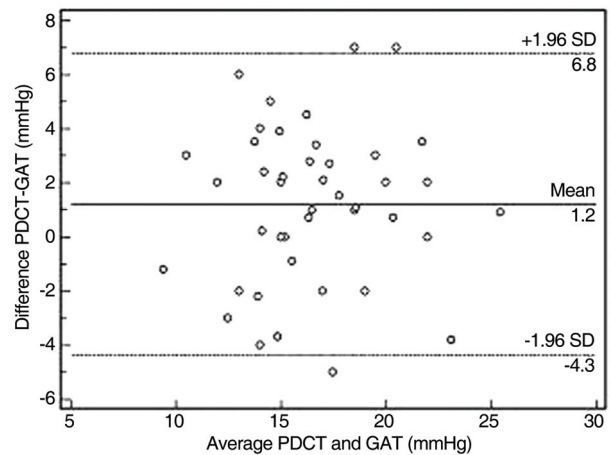


Figure 2. Difference between PDCT and GAT IOP measurements, plotted against the mean of the two measurements. The measurements obtained by these two techniques were found to be within ± 5.61 mm Hg of each other in 95% of cases (PPKP group).

세 군 각각에서 안압 측정 방법 간의 결과 차이를 paired *t*-test로 분석하였고, Pearson correlation으로 각 방법과 평균각막굴절값, 중심각막두께와의 관련성을 측정하였다. 또한 중심각막두께나 각막 굴절값에 의해 골드만 압평 안압계에 의한 측정값을 보정한 다음, 이를 파스칼 안압계로 측정된 값과 비교하였다. 보정은 중심각막두께 70 μ m당 5 mmHg씩 보정하는 방법,⁶ 중심각막두께 1 μ m당 0.027 mmHg씩 보정하는 방법,⁷ 그리고 각막의 두께와 굴절력을 함께 고려한 공식⁸ 등 총 세 가지 방법을 사용하였다. 각막의 두께와 굴절력을 함께 고려한 공식은 다음과 같다.

$$\text{IOP (corrected)} = \text{IOP (measured)} + (540 - \text{CCT}) / 71 + (43 - \text{Kvalue}) / 2.7 + 0.75 \text{ mmHg}^8$$

또한 각 군에서 Bland-Altman plot을 이용하여 방법 간 차이를 도해하여 분석하였다. 도표는 두 안압계의 평균(x축)에 대하여 두 측정치의 차이(y축)으로 작성하였다. 상기 모든 분석에서 *p*-value가 0.05 이하일 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

Table 2. Methods of IOP measurements in PPKP group

Method	GAT	PDCT	Corrected GAT 5 mmHg/70 μ m	Corrected GAT 0.027 mmHg/1 μ m	Corrected GAT Equation [†]
Mean (mm Hg)	15.99 \pm 3.59	17.22 \pm 3.73	16.36 \pm 4.89	16.13 \pm 3.81	16.65 \pm 3.56
<i>t</i> -test with GAT (<i>p</i> -value)		0.006*	0.117	0.010*	0.177

* *p*-value<0.05; [†] Equation: IOP (real)=IOP (measured by GAT)+(540-CCT)/71+(43-Kvalue)/2.7+0.75 mmHg.

Table 3. Correlation of methods and Keratometry or CCT (Pearson correlation)

	GAT coefficient (<i>p</i> -value)	PDCT coefficient (<i>p</i> -value)
Keratometry (<i>p</i> -value)		
PPKP	0.260 (0.084)	0.201 (0.186)
Epi-Lasik	0.488 (0.000)*	0.158 (0.216)
Control	-0.026 (0.875)	-0.100 (0.550)
CCT(<i>p</i> -value)		
PPKP	-0.008 (0.958)	-0.249 (0.098)
Epi-Lasik	0.515 (0.000)*	0.093 (0.469)
Control	0.376 (0.020)	0.185 (0.265)

* *p*-value<0.05.

Table 4. Mean of IOP measurements in Epi-Lasik group

Method	GAT	PDCT	Corrected GAT 5 mmHg/70 μ m	Corrected GAT 0.027 mmHg/1 μ m	Corrected GAT CA equation
Mean (mmHg)	12.60 \pm 2.51	16.06 \pm 2.47	17.64 \pm 2.84	14.50 \pm 2.15	15.72 \pm 2.08
<i>t</i> -test with GAT (<i>p</i> -value)		0.000*	0.000*	0.000*	0.216

* *p*-value<0.05.

결 과

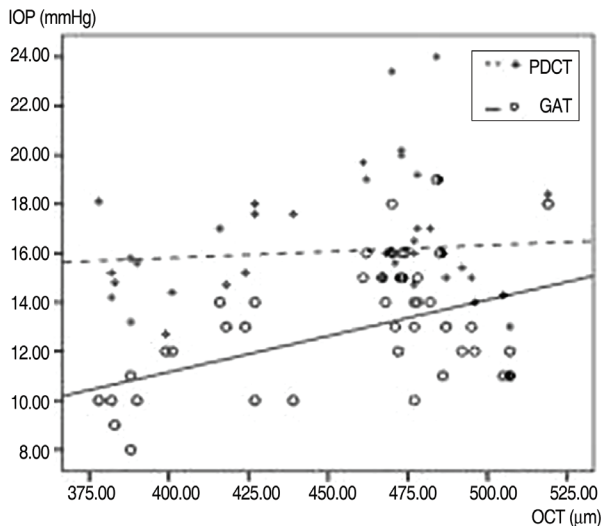


Figure 3. Effect of CCT on PDCT and GAT in Epi-LASIK group Cross and dotted line represents PDCT result and its estimated regression line according to CCT. PDCT does not correlate with CCT in contrast to GAT. Dotted line (PDCT); IOP=0.005 \times CCT+13.725 (R^2 =0.009, *p*-value=2.479), Solid line (GAT); IOP=0.029 \times CCT-0.597 (R^2 =0.266, *p*-value=0.000).

전체 대상 환자는 전층각막이식술을 받은 45안, 에피라식을 받은 63안, 정상 38안이었다(Table 1). 전층각막이식안에서 두 가지 방법으로 측정된 결과를 분석하였을 때 PDCT로 측정된 결과가 유의하게 더 높았다(*p*=0.006). 측정 후 각막 두께와 각막굴절값으로 GAT의 결과를 보정하여 이를 다시 PDCT의 결과와 비교하였다(Table 2). 두 가지 방법 모두 각막굴절값이나 각막두께와는 통계적으로 유의한 관련성이 없었다(Table 3). Bland-Altman plot으로 두 방법을 도해하였을 때 일치의 한계는 측정치 군 95% 내에서 -4.43 \pm 6.79 mmHg였다(Fig. 2).

전층각막이식을 받은 군과 달리 에피라식을 시행받은 군에서는 두 가지 방법 간에 유의한 차이가 있었고(*p*=0.000) 각막단시와 중심각막두께를 함께 고려한 공식으로 GAT를 보정한 값과 PDCT로 측정된 결과 사이에는 유의한 차이가 없었다(*p*=0.160, Table 4). 평균각막굴절값의 경우 GAT와는 유의한 상관관계를 보였으나 PDCT와는 유의한 관계를 보이지 않았다. 중심각막두께가 증가함에 따라 GAT의 경우 유의하게 측정값이 상승하였으나 PDCT의 경우 중심각막두께와 관련성이 없었다(Table 3, Fig. 3). Bland Altman

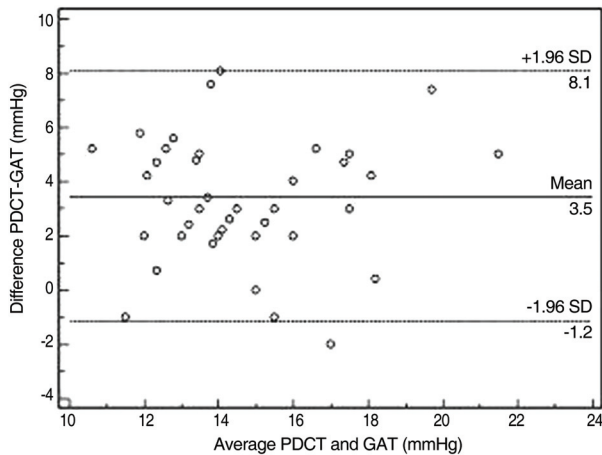


Figure 4. Difference between PDCT and GAT IOP measurements, plotted against the mean of the two measurements. The measurements obtained by these two techniques were found to be within ± 4.62 mmHg of each other in 95% of cases (EpiLasik group).

plot으로 도해한 결과 측정치 군 95% 내에서 일치의 한계는 -1.16 ± 8.08 mmHg였다(Fig. 4).

특별한 안과적 시술을 받지 않고 질병이 없는 대조군에서 시행한 결과 GAT와 PDCT로 측정한 값의 평균이 각각 17.68 ± 4.95 , 18.16 ± 4.06 ($p=0.3354$)으로 유의한 차이는 발견되지 않았다. 평균각막굴절값은 두 가지 모든 방법과 유의한 상관성을 보이지 않았고, 중심각막두께는 GAT의 결과와는 상관성을 보였으나 PDCT와는 상관성이 없었다(Table 3).

고 찰

안압 측정은 안과에서 시력검사와 더불어 가장 기본이 되는 검사이기 때문에 각각 다른 원리를 적용한 다양한 검사법이 개발되어 있고 이중 골드만 압평 안압계는 임상에서 쉽게 적용 가능한 방법 중 가장 널리 쓰이는 방법이라 하겠다. 하지만 각막에 접촉하여 압평에 의한 변형을 일으켜 그 정도에 의하여 간접적으로 안압을 측정하기 때문에 각막의 특성에 따라 여러 가지 오차의 가능성이 있음이 지적되어 왔다.^{1,2}

이런 배경에서 최근에 도입된 압평 없이 안압을 측정하는 Dynamic Contour Tonometry에 대한 많은 연구가 행하여졌다. Ismail 등은 전층각막이식술 후 GAT에 비해 PDCT가 실제 안압에 가까울 수 있음을 주장하였다.¹⁶ 하지만 LASIK 후 PDCT와 GAT에 대해 많은 연구가 행해진 것과 달리 전층각막이식술 후 두 안압계의 효용에 대하여는 진행된 연구가 많이 부족한 상태이다. 하지만 전층각막이식술

후 많게는 14%까지도 이차성 녹내장이 발생한다는 보고가 있으며^{17,18} 안압 상승이 이식 거부반응과 내피세포 소실의 원인이 될 수 있음을 생각해 보면¹⁹ 정확한 안압측정은 매우 중요하다. 본 연구에서 전층각막이식술을 받은 군에서 PDCT는 GAT에 비해 유의하게 1.22 ± 2.84 mmHg만큼 높은 측정값을 보여주었는데($p=0.006$), 이처럼 PDCT가 GAT에 비해 높은 결과값을 내는 것은 이미 여러 차례 지적된 바 있다.^{20,21} 이와 관련하여 비록 안압과 관련된 여러 연구들이 GAT를 기준으로 하지만, GAT의 결과는 실제보다 낮게 측정된다는 사실이 알려져 왔다.²²⁻²⁴ 따라서 본 연구에서는 PDCT의 결과치가 GAT에 비해 실제 안압에 좀 더 근접하기 때문이라고 가정하였다. GAT에 의한 안압측정치를 보정하는 공식을 이용하여 보정한 다음 PDCT와 비교해 보았을 때 사용된 세 가지의 보정공식⁶⁻⁸ 모두 PDCT와 유의한 차이가 나지 않았고, GAT는 중심각막두께와 각막굴절값의 변화에 따라 영향 받지만 PDCT는 둘 모두에 상관성이 없었기 때문에($p>0.05$) 각막의 여러 특성에 영향을 덜 받아 진정한 안압에 가까울 것으로 추정할 수 있다.

에피라식을 받은 군에서 각막 두께가 얇아짐으로 인해 안압이 낮게 측정된다는 것은 이미 널리 지적된 바이다.³⁻⁵ 이에 대하여 Kaufmann et al²⁵의 62안을 대상으로 한 연구와 동양인 60안을 대상으로 Liu et al²⁶이 한 연구에서도 LASIK 후 GAT에 의한 측정값은 유의하게 감소하지만 PDCT의 경우 수술 전후로 차이가 없음을 밝힌 바 있다. Siganos et al도 LASIK 후 PDCT의 측정값이 시술전과 동일한 반면, GAT의 측정값이 감소함을 지적하였고, 각막의 두께뿐만 아니라 정도에 의해서도 영향 받기 때문인 것으로 추측하였다.²⁷ 국내에서도 Choi et al은 PRK 전후의 안압을 측정하여 PDCT는 GAT와는 달리 중심각막두께에 영향을 받지 않음을 보고하였다.²⁸ Choi et al은 또한 중심각막두께를 이용한 공식을 사용해 PRK 후의 GAT 측정치를 보정하였는데, PRK 후 변하는 여러가지 특성 중 중심각막 두께만이 고려된 것을 한계점으로 지적하였다. 각막절삭 굴절 수술 후 각막 두께의 변화뿐 아니라 보우만막의 파괴, 임상적으로 측정되기 어려운 기질의 부종, 스테로이드 점안 약제의 사용 등이 모두 안압 측정의 오차를 일으킬 수 있다.²⁹⁻³⁶ 본 연구에서는 여러 요인 중 중심각막두께와 각막 굴절값을 정량화하여 조사하였다.

본 연구에서 에피라식 시술 후 PDCT는 GAT에 비해 3.45 ± 2.35 mmHg 만큼 유의하게 크게 측정되었다($p=0.000$). 이에 GAT에서 측정된 값을 보정하는 공식 세 가지를 이용해 보정한 결과 중심각막두께와 각막굴절값을 이용한 공식이 PDCT의 측정치와 유의하게 일치하였다($p=0.216$).⁸ 중심각막두께만을 이용한 공식은 두 가지 모두 PDCT의 측정치와 일치하

지 않았다. 또한 GAT의 경우는 중심각막두께와 각막 굴절값에 영향을 받았지만 PDCT는 영향받지 않았다. 이를 좀 더 쉽게 이해하기 위해 중심각막두께와 두 가지 측정치를 회귀분석하여 나타낸 그래프에서 GAT의 경우는 중심각막두께에 영향 받지만 PDCT는 영향 받지 않는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2).

또한 에피라식 시술군에서 Bland-Altman plot으로 확인한 결과 PDCT의 측정치의 95%가 GAT의 측정치 ± 4.62 mmHg 내에 위치하는데, 이는 전층각막이식술군의 95% 범위인 ± 5.61 mmHg보다는 다소 작으며, 압평압계와 manometric을 비교한 Feltgen et al의 연구와 유사한 결과이다.³⁷

마지막으로 특별한 시술을 받지 않은 대조군에서 조사하였을 때 PDCT와 GAT의 측정치 간에는 유의한 차이가 없었다. 대조군의 평균 중심각막두께는 545.10 ± 29.24 μ m이고 평균각막굴절값은 43.85 ± 1.22 D로써, 두 실험군에 비해 정상범위에 가까우며 그 편차 또한 적었다. 대조군에서도 중심각막두께가 GAT의 측정치에 유의한 영향을 끼치기는 했지만 두 군에서 유의한 차이가 나지 않는 것으로 볼 때 정상안에서는 PDCT가 GAT에 비해 특별히 장점을 가진다고는 생각되지 않는다. 하지만 각막의 특성이 정상 범주에서 벗어나 안압측정에 오차가 생길 수 있는, 에피라식시술이나 전층각막이식을 받은 군에서는 GAT가 가지는 한계에 대한 대안으로서의 역할을 PDCT에 기대해 볼 수 있다. 그러나 Bland Altman plot에서 알 수 있는 바와 같이, 비록 대부분의 값들이 두 측정치 차이의 평균에서 ± 1.96 표준편차 내에 위치하여 좋은 동등성(comparability)을 보여주었다고는 하지만, 이 차이가 임상적인 처치의 향방을 달리 결정지을 수 있을 만큼 크다는 점에서 PDCT가 GAT를 대체한다는 결론을 낼 수는 없고, 향후 추가적인 신중한 연구를 통해 결론지어야 할 것이다. 또한 전층각막이식수술후 GAT에 의한 측정값을 보정하는 공식이 LASIK수술안을 대상으로 연구된 것이고, 안압 측정에 영향을 줄 수 있는 각막의 여러 가지 특성 중 중심각막두께와 평균각막굴절값에 초점을 맞추어 연구를 진행한 점 등을 고려할 때 좀 더 다양한 각막의 특성에 대한 연구 또한 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Allingham RR, Damji KF, Freedman S, et al. Shield's Textbook of Glaucoma, 5th ed. Philadelphia: Lippincott, 2005;41-4.
- Whitacre MM, Stein R. Sources of error with use of Goldmann type tonometers. Surv Ophthalmol 1993;38:1-30.
- Mardelli PG, Piebenga LW, Whitacre MM, Siegmund KD. The effect of excimer laser photorefractive keratectomy on intraocular pressure measurements using the Goldmann applanation tonometer. Ophthalmology 1997;104:945-8.
- Fournier AV, Podtetenev M, Lemire J, et al. Intraocular pressure change measured by Goldmann tonometry after laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 1998;24:905-10.
- Kniestedt C, Lin S, Choe J, et al. Clinical comparison of contour and applanation tonometry and their relationship to pachymetry. Arch Ophthalmol 2005;123:1532-7.
- Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. Acta Ophthalmol (Copenh) 1975;53:34-43.
- Emara B, Probst LE, Tingey DP, et al. Correlation of intraocular pressure and central corneal thickness in normal myopic eyes and after laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 1998;4:1320-5.
- Kohlhaas M, Spoerl E, Boehm AG, Pollack K. A correction formula for the real intraocular pressure after LASIK for the correction of myopic astigmatism. J Refract Surg 2006;22:263-7.
- Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YC. Dynamic contour tonometry: presentation of a new tonometer. J Glaucoma 2005;14:344-50.
- Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Accuracy of dynamic contour tonometry compared with applanation tonometry in human cadaver eyes of different hydration states. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2005;243:359-66.
- Kao SF, Lichter PR, Bergstrom TJ, et al. Clinical comparison of the Oculab Tono-Pen to the Goldmann applanation tonometer. Ophthalmology 1987;94:1541-4.
- Frenkel RE, Hong YJ, Shin DH. Comparison of the Tono-Pen to the Goldmann applanation tonometer. Arch Ophthalmol 1988;106:750-3.
- Geyer C, Mayron Y, Lowenstein A, et al. Tono-Pen tonometry in normal and post-keratoplasty eyes. Br J Ophthalmol 1992;76:538-40.
- Jiang B, Jiang Y. Clinical comparison of the Tono-Pen tonometer to the Goldmann applanation tonometer. Yan Ke Xue Bao 2002;18:226-9.
- Frenkel RE, Hong YJ, Shin DH. Comparison of the Tono-Pen to the Goldmann applanation tonometer. Arch Ophthalmol 1988;106:750-3.
- Ismail AR, Lamont M, Perera S, et al. Comparison of IOP measurement using GAT and DCT in patients with penetrating keratoplasties. Br J Ophthalmol 2007;91:980-1.
- Kirkness CM, Ficker LA. Risk factors for the development of postkeratoplasty glaucoma. Cornea 1992;11:427-32.
- Redbrake C, Arend O. Corneal transplantation and glaucoma. Ophthalmologie 2000;97:552-6.
- Aldave AJ, Rudd JC, Cohen EJ, et al. The role of glaucoma therapy in the need for repeat penetrating keratoplasty. Cornea 2000;19:772-6.
- Viestenz A, Langenbucher A, Seitz B, et al. Evaluation of dynamic contour tonometry in penetrating keratoplasties. Ophthalmologie 2006;103:773-6.
- Meyenberg A, Iliev ME, Eschmann R, et al. Dynamic contour tonometry in keratoconus and postkeratoplasty eyes. Cornea 2008;27:305-10.
- Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Dynamic contour tonometry: a comparative study on human cadaver eyes. Arch Ophthalmol 2004;122:1287-93.
- Madjlessi F, Marx W, Reinhard T, et al. Impression and appla-

- nation tonometry in irregular corneas. Comparison with intraocular needle tonometry. *Ophthalmologie* 2000;97:478-81.
- 24) Feltgen N, Leifert D, Funk J. Correlation between central corneal thickness, applanation tonometry, and direct intracameral IOP reading. *Br J Ophthalmol* 2001;85:85-7.
- 25) Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA. Intraocular pressure measurements using dynamic contour tonometry after laser in situ keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:3790-4.
- 26) Liu L, Lei C, Li X, Dong J. Measurement of intraocular pressure after LASIK by dynamic contour tonometry. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci* 2006;26:372-3, 377.
- 27) Siganos DS, Papastergioiu GI, Moedas C. Assessment of the Pascal dynamic contour tonometer in monitoring intraocular pressure in unoperated eyes and eyes after LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:746-51.
- 28) Choi HJ, Kim SW, Kim TI, Kim EK. Intraocular Pressure Measurements Using Dynamic Contour Tonometer After Photorefractive Keratectomy. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:577-82.
- 29) Emara B, Probst LE, Tingey DP, et al. Correlation of intraocular pressure and central corneal thickness in normal myopic eyes and after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:1320-5.
- 30) Mills RP. If intraocular pressure measurement is only an estimate then what? *Ophthalmology* 2000;107:1807-8.
- 31) Rosa N, Cennamo G. Goldmann applanation tonometry after PRK and LASIK. *Cornea* 2001;20:905-6.
- 32) Gimeno JA, Munoz LA, Valenzuela LA, et al. Influence of refraction on tonometric readings after photorefractive keratectomy and laser assisted in situ keratomileusis. *Cornea* 2000;19:512-6.
- 33) Park HJ, Uhm KB, Hong C. Reduction in intraocular pressure after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:303-9.
- 34) Montes-Mico R, Charman WN. Intraocular pressure after excimer laser myopic refractive surgery. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001;21:228-35.
- 35) Garzozzi HJ, Chung HS, Lang Y, et al. Intraocular pressure and photorefractive keratectomy: a comparison of three different tonometers. *Cornea* 2001;20:33-6.
- 36) Liu J, Roberts CJ. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement: quantitative analysis. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:146-55.
- 37) Feltgen N, Leifert D, Funk J. Correlation between central corneal thickness, applanation tonometry, and direct intracameral IOP readings. *Br J Ophthalmol* 2001;85:85-7.
- 38) Pepose JS, Feigenbaum SK, Qazi MA, et al. Changes in corneal biomechanics and intraocular pressure following LASIK using static, dynamic, and noncontact tonometry. *Am J Ophthalmol* 2007;143:39-47.

=ABSTRACT=

Measurements of Dynamic Contour Tonometry After Penetrating Keratoplasty and EpiLASIK

Seung-Jin Lee, MD, Hyun Soo Lee, MD, PhD, Choun-Ki Joo, MD, PhD

Department of Ophthalmology and Visual Science, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Purpose: To analyze the clinical results of Goldmann applanation tonometry (GAT) and Pascal dynamic contour tonometry (PDCT) and the influences of central corneal thickness and keratometric power in eyes that underwent EpiLASIK or penetrating keratoplasty.

Methods: Measurements of intraocular pressure by GAT and PDCT as well as keratometric power and central corneal thickness were measured in 45 eyes that underwent penetrating keratoplasty and 63 eyes that underwent EpiLASIK. These parameters were also measured in healthy eyes with no specific disorders to create a control group.

Results: In the keratoplasty group, the PDCT results were significantly higher than the GAT results by 1.22 ± 2.84 mmHg ($p=0.006$), but neither method showed a significant correlation with CCT or keratometric power. In the EpiLASIK group, PDCT was higher as 3.45 ± 2.35 mmHg than GAT, and the corrected results of GAT were not different from the results of PDCT. In the control group, GAT was affected by central corneal thickness and keratometric power, but PDCT showed no significant relationship with these two factors.

Conclusions: After EpiLASIK or penetrating keratoplasty, both of which change CCT and keratometric power, IOP cannot be accurately measured by GAT. In these patients, PDCT may play an important clinical role since it is less affected by corneal properties.

J Korean Ophthalmol Soc 2009;50(5):749–755

Key Words: EpiLASIK, Intraocular pressure, Keratoplasty, Pascal dynamic contour tonometry

Address reprint requests to Choun-Ki Joo, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital

#505 Banpo-dong, Seocho-gu, Seoul 137-701, Korea

Tel: 82-2-2258-7621, Fax: 82-2-533-3801, E-mail: ckjoo@catholic.ac.kr