

## 리바운드 안압계를 이용한 트렌델렌버그 자세에서의 안압 변화의 측정

김사강<sup>1</sup> · 고재영<sup>2</sup> · 심준보<sup>2</sup> · 박기호<sup>1</sup>

서울대학교 의과대학 서울대학교병원 안과학교실<sup>1</sup>, 서울대학교 의과대학 의학과<sup>2</sup>

**목적:** 누운 자세, 트렌델렌버그 자세, 역트렌델렌버그 자세에 따른 안압의 변화를 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 건강한 지원자 5명을 대상으로 앉은 자세, 바로 누운 자세, 역트렌델렌버그 자세 및 트렌델렌버그 자세에서 최소 10분 이상 자세를 유지한 후 안압을 리바운드안압계(Icare PRO)를 사용하여 측정하였다.

**결과:** 앉은 자세에 비하여 바로 누운 자세에서 안압이 유의하게 상승하였으며, 바로 누운 자세에 비하여 역트렌델렌버그 자세에서는 안압이 유의하게 감소하였고 트렌델렌버그 자세에서는 바로 누운 자세에 비하여 안압이 유의하게 상승하였다. 트렌델렌버그 자세를 오래 유지할수록 안압 상승은 더 심화되었다.

**결론:** 바로 누운 자세에서 트렌델렌버그 자세로 변환하였을 때 시간이 지날수록 안압이 상승하였다. 운동이나 수술과 관련되어 트렌델렌버그 자세를 취할 때 자세에 따른 안압 상승을 고려해야 한다.

〈대한안과학회지 2014;55(2):247-251〉

안압 측정은 안과의 기본적인 검사이며 안압은 녹내장의 발생 및 진행의 중요한 위험인자이다.<sup>1,2</sup> 기존의 여러 연구에서 자세에 따른 안압의 변화가 보고되었는데, 앉은 자세에 비하여 누운 자세에서 안압이 상승하며, 옆으로 누웠을 경우 아래에 위치한 눈에서 누웠을 때에 비해 안압이 더 높게 측정됨이 보고되었다. 그리고 이러한 안압 변화는 녹내장 환자에서 차이가 더 크다고 보고되었다.<sup>3-5</sup>

트렌델렌버그(Trendelenburg) 자세란 하복부 및 생식기 관수술을 위하여 고안된 자세로, 바로 누운 자세에서 머리 쪽을 아래로 더 낮게 유지하는 자세이다. 삶이 윤택해지면서 국내 건강에 대한 관심도가 높아짐에 따라, 운동인구가 늘어나고 있으며, 운동에 대한 관심도 많아지고 있다. 요가 혹은 피트니스 클럽 등에서 물구나무서기 자세 또는 트렌델렌버그 자세가 혈액순환이나 허리에 도움이 된다고 하여 시행되고 있다. 트렌델렌버그 자세에서는 바로 누운 자세보다 안압이 더 상승하며, 머리를 더 많이 아래로 유지할수록, 자세를 유지하는 시간이 길수록 안압상승의 폭이 더 커진다고 알려졌다.<sup>6,7</sup>

안압을 측정하는 많은 안압계가 개발되었으나, 아직까지 골드만 압평안압계가 안압 측정의 표준으로 인정받고 있다. 골드만 압평 안압계는 안압측정 시 세극등현미경이 필요하며 앉은 자세에서만 측정이 가능한 한계점을 가지고 있다. 새로 개발된 리바운드안압계인 Icare<sup>®</sup> PRO (Icare PRO)는 이전 Icare<sup>®</sup> 리바운드 안압계와 달리 기울임 감지 장치가 내장되어 있어 바로 누운 자세와 같이 중력에 영향을 받는 자세에서도 측정이 가능하다.

이번 연구에서는 Icare PRO 리바운드 안압계로 앉은 자세, 누운 자세, 트렌델렌버그 자세 및 역트렌델렌버그 자세에서 측정한 안압을 비교하여, 각 자세에서 유의한 차이가 있는지 알아보고자 하였다.

### 대상과 방법

전신 질환 및 안과적 질환이 없는 20대의 건강한 성인 남자 지원자 5명 10안을 대상으로 앉은 자세에서 기본 안압(T1)을 측정한 후, 바로 누운 자세로 10분간 유지 한 후 안압(T2)을 측정하였다. 각도 조절이 가능한 윗몸 일으키기 기구(Sit-up bench)를 사용하여, 바로 누운 자세에서 45도 각도로 머리 쪽을 세운 역트렌델렌버그 자세로 자세를 변경하여 10분(T3), 20분(T4), 30분(T5), 60분(T6) 동안 유지하면서 3-6번째 안압을 측정하였고, 다시 바로 누운 자세로 10분간 유지한 후 일곱 번째 안압(T7)을 측정하였

■ Received: 2013. 4. 26.

■ Revised: 2013. 11. 27.

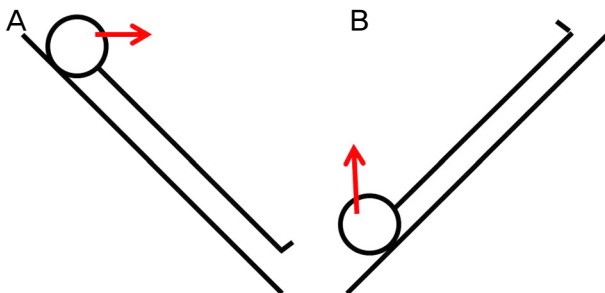
■ Accepted: 2014. 1. 8.

■ Address reprint requests to **Ki Ho Park, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Seoul National University  
Hospital, #101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea  
Tel: 82-2-2072-2438, Fax: 82-2-741-3187  
E-mail: kihopark@snu.ac.kr

**Table 1.** T1-T10 Time points of measurement and mean intraocular pressure of each time point

Time point	Position	Intraocular pressure (mm Hg)
T1	Sitting	15.31 ± 0.86
T2	10 minutes after supine position	18.63 ± 1.34
T3	10 minutes after reverse Trendelenburg position	17.81 ± 1.06
T4	20 minutes after reverse Trendelenburg position	17.34 ± 1.03
T5	30 minutes after reverse Trendelenburg position	16.84 ± 0.69
T6	60 minutes after reverse Trendelenburg position	16.43 ± 0.32
T7	10 minutes after supine position	18.15 ± 1.14
T8	10 minutes after Trendelenburg position	23.03 ± 1.21
T9	20 minutes after Trendelenburg position	25.42 ± 1.95
T10	30 minutes after Trendelenburg position	26.36 ± 1.83

Values are presented as mean ± SD.

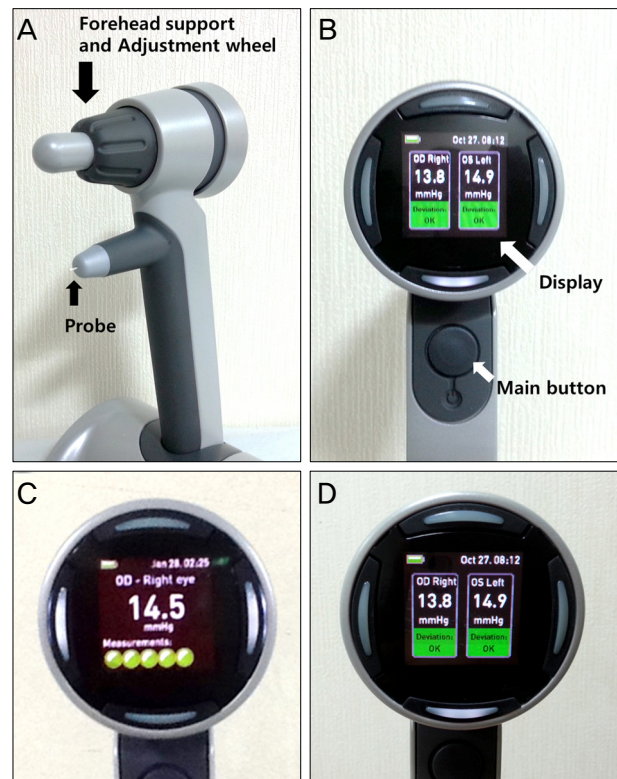


**Figure 1.** Illustration of experimental positions. Reverse Trendelenburg position (T3, 4, 5, 6) (A) and Trendelenburg position (T8, 9, 10) (B). Red arrow indicates the direction of patient's eyes.

다. 이후 45도 각도로 머리 쪽을 낮추는 트렌델렌버그 자세로 10분(T8), 20분(T9), 30분(T10) 동안 유지하면서 8-10번째 안압을 측정하여 총 10차례 안압을 측정하였다(Table 1). 역트렌델렌버그 자세에서는 앞을 향하는 벽면을 주시하게 하고, 트렌델렌버그 자세에서는 천장을 응시하는 상태에서 안압을 측정하였다(Fig. 1).

안압은 두 명의 검사자에 의해 측정 되었고, 각 자세에서 점안마취 없이 Icare PRO (Icare® PRO; Icare Finland Oy, Helsinki, Finland)를 사용하여 각 차례에 3회씩 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

Icare PRO 안압계의 전면은 길이 조절 가능한 이마 부분 지지대와 안압 측정 시 각막에 닿는 1회용 탐침을 삽입할 수 있는 공간 및 플라스틱 탐침으로 이루어져 있고, 후면은 정보를 보여주는 화면 및 조작단추로 구성되어 있다(Fig. 2A, B). 피험자를 원거리 주시하게 하고, 탐침이 각막 중심부에 수직으로 접촉하도록 안압계를 위치시킨 다음 안압 측정 버튼을 누르면, 탐침이 각막을 향해 튕겨 나간다. 이러한 탐침의 운동에 의하여 발생한 전류로 탐침의 속도와 방향을 산출하고, 이를 이용하여 안압을 측정하게 된다.<sup>8</sup> 여섯 번을 측정한 후 최대 최소값을 제외한 네 값의 평균안압이 화면에 표시되며, 표시되는 평균안압 하단에 안압측정의 신



**Figure 2.** Icare PRO rebound tonometer (Icare® PRO; Icare Finland Oy, Helsinki, Finland) Front view (A) and rear view (B) of Icare PRO, (C) display during measuring IOP, (D) display after measuring IOP, showing reliability below IOP. IOP = intraocular pressure.

뢰도가 같이 표시된다(Fig. 2D).

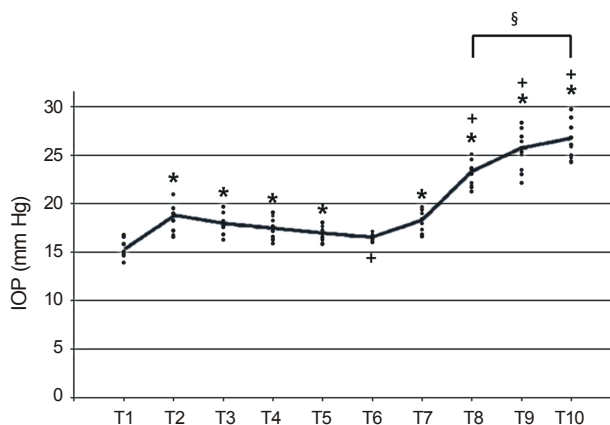
자세에 따른 안압의 차이를 확인하기 위해 비모수적 검정 방식인 Kruskal-Wallis test를 이용하였고, Tamhane's test로 사후검정을 시행하였다. 모든 통계적 분석은 SPSS 19 (IBM SPSS Statistic version 19)을 이용하여 시행하였다.

## 결 과

실험에 참가한 지원자는 전신 및 안과적 기저질환이 없는 20대의 건강한 남성 5명이었고, 5명 10안에서 안압을 측정하였다. 10안의 앉은 자세에서의 평균 안압은  $15.31 \pm 0.86$  mmHg로 1997년부터 2000년까지 부산의 한 병원을 방문한 13,212명을 대상으로 한 정상 안압 조사 보고에서 밝혀진 20대 남성의 평균 안압  $16.0 \pm 3.4$  mmHg, 전체 인구의 평균 안압  $16.0 \pm 3.2$  mmHg와 비교해 보았을 때 정상범위에 속하며, 연구 대상자들이 매우 균질한 집단을 이룬다고 볼 수 있었다.<sup>9</sup> 또한 각 차례마다 3회씩 반복 측정된 측정값의 일치도를 보는 신뢰도 분석(intra-class correlation coefficient, ICC)값을 계산했을 때 급내상관관계는 0.947이었으며 이는 통계적으로 유의하였다( $p < 0.001$ ).

앉은 자세에서 측정한 안압의 평균은 15.31 mmHg였으며 바로 누운 자세에서 안압은 18.63 mmHg로 앉은 자세에 비하여 바로 누운 자세에서 안압이 유의하게 상승함을 확인하였다( $p < 0.001$ , Tamhane's test).

바로 누운 자세에서 역트렌델렌버그 자세로 변경한 후, 자세를 유지할수록 안압은 점차 감소는 경향이였으며, 역트렌델렌버그 자세를 60분 유지하였을 때의 안압(T6)은 바로



**Figure 3.** Scatter plot of the IOP with the overlaid line connecting the mean IOP at each time point. IOP = intraocular pressure; T1 = Sitting; T2 = 10 minutes after supine position; T3 = 10 minutes after reverse Trendelenburg position; T4 = 20 minutes after reverse Trendelenburg position; T5 = 30 minutes after reverse Trendelenburg position; T6 = 60 minutes after reverse Trendelenburg position; T7 = 10 minutes after supine position; T8 = 10 minutes after Trendelenburg position; T9 = 20 minutes after Trendelenburg position; T10 = 30 minutes after Trendelenburg position. \*Indicates significant difference compared to T1 ( $p < 0.05$ , Tamhane's test). †Indicates significant difference compared to T2 ( $p < 0.05$ , Tamhane's test). ‡Indicates significant difference between T8 and T10 ( $p < 0.05$ , Tamhane's test).

누운 자세에 비교하여 유의하게 낮았다( $p = 0.03$ , Tamhane's test). 역트렌델렌버그 자세에서 다시 바로 누운 자세로 변동하여 10분간 유지 시 안압이 상승하는 경향이 있으나, 이는 통계적으로 유의하지 않았다(Tamhane's test).

바로 누운 자세에 비하여 트렌델렌버그 자세에서의 안압은 유의하게 높았으며( $p < 0.001$ , Tamhane's test), 이는 10분(T8), 20분(T9) 및 30분(T10) 후 측정 시에도 모두 유의하였다. 트렌델렌버그자세를 유지한 후 10분째(T8)와 30분째(T10) 안압을 비교했을 때, 30분째(T10) 안압이 10분째(T8) 안압에 비하여 유의하게 높았다( $p < 0.02$ , Tamhane's test) (Table 1, Fig. 3).

## 고 찰

골드만 압평안압계가 안압 측정의 표준방법으로 사용되고 있으나, 세극등현미경에서 측정해야 하는 방식으로 앉은 자세 이외의 자세에서 안압측정이 불가능하다. 이전부터 자세에 따른 안압 변화를 보고한 논문에서는 Bigliano-Webb 안압계, Schiotz 안압계, Tono-Pen XL 등이 사용되었으나, 측정오차 및 재현성에 있어서 골드만 압평안압계에 비하여 신뢰도가 낮았고, 이 중 Tono-Pen XL은 오차를 보정하기 위하여 측정 때마다 보정절차를 거치며, 10여회 반복 측정이 필요하였다.<sup>3,6,10</sup> 이에 비하여 Icare 리바운드 안압계는 현재 표준 안압측정방법인 골드만 압평안압계와 높은 상관관계를 보이고 있으며,<sup>8</sup> 사용방법이 간단하여 배우기 쉽고, 기계 자체 보정능력이 있어 측정자내 및 측정자간 재현성이 높다.<sup>11</sup> 또한 안압측정 시 자극이 거의 없어 안압측정을 처음 접하는 피험자도 편하게 안압측정을 받을 수 있다. 이러한 점에서 Icare 안압계는 안압을 처음 측정해보는 정상인에서, 다양한 자세에서 안압측정 시 골드만 압평안압계에 비하여 장점을 가지고 있다.

안압측정에 영향을 미치는 인자로는 각막두께, 안구길이, 나이, 굴절력 등이 알려졌다.<sup>8</sup> 이번 연구에서 피험자들의 각막두께, 안구길이, 굴절력은 측정되지는 않았지만 기존 역학연구에 비추어 볼 때, 평균범위에 속하는 균일한 분포를 가진 집단으로, 이러한 인자에 의하여 큰 영향을 받지 않았다고 미루어 짐작할 수 있다. 하지만 이번 연구결과를 일반화하기 위하여 더 많은 수의 피험자를 대상으로 하는 추가 연구가 필요하며, 추가 연구에는 위의 인자들을 같이 조사하여, 자세에 따른 안압의 변화에 위 인자들이 어떠한 영향을 끼칠지 알아보는 것이 필요할 것이다.

자세에 따른 안압 변화는 정상인에 비하여 녹내장환자에서 더 크다고 알려졌다.<sup>3-5</sup> 녹내장 환자에서는 이번 연구에서 밝혀진 트렌델렌버그 및 역트렌델렌버그 자세에서 안압

변화가 더 크게 나타날 가능성이 있으며, 이러한 안압 변화가 급격히 일어나거나, 안압상승이 일정시간 이상 지속될 경우 녹내장성 시신경 손상을 진행시킬 가능성이 있다. 이러한 측면에서 녹내장 환자 군을 대상으로 하는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

바로 누운 자세와 관련된 안압상승의 기전은 기존의 여러 논문에서도 정확히 밝히지는 못하였으나, 맥락막 혈류증가, 상공막정맥압 변화 등이 기여할 것으로 추측하고 있다.<sup>3</sup> 트렌델렌버그 자세에서의 안압상승 역시 중력에 의한 체액 분포의 변화, 상공막정맥압의 변화 등에 의할 것으로 추측할 수 있다. 트렌델렌버그 자세에서는 중력에 의하여 중심정맥압이 상승하는데, 이러한 중심정맥압이 안구주변정맥압의 상승을 유발하여 안압상승에 기여할 것으로 추측된다.<sup>12</sup>

트렌델렌버그 자세는 소화기계, 생식기계 수술에 필요한 자세로 임상적으로 대장암 및 전립선암 등의 수술에서 필요한 자세이다. 눈과 관련이 없는 로봇을 이용한 미세침습 전립선제거수술 후 허혈성시신경병증 등의 안과적 합병증이 보고된 적이 있으며, 이러한 합병증에 트렌델렌버그 자세가 일부 기여를 했을 것이라 생각된다.<sup>13</sup> 안관류압(Ocular perfusion pressure)은 혈압이 낮을수록, 안압이 높을수록 낮아지며, 안관류압의 저하가 녹내장성 시신경변화에 관여할 것으로 여겨진다. 트렌델렌버그 자세를 이용한 수술에서는 자세 외에도 수술 중 실혈에 의한 혈압 변화, 전신마취 약제와 관련된 혈압 변화 등의 요인이 같이 작용할 수 있어 안압상승에 의한 시신경 손상이 더 심화될 수 있으며, 안압상승의 폭이 더 클 것으로 예상되는 녹내장 환자에서는 더 많은 주의가 필요할 것이다.<sup>12</sup>

이번 연구에서 누운 자세에서 머리를 45도 높인 역트렌델렌버그 자세로 자세를 변동한 후 60분을 유지하였을 때 유의하게 안압이 낮아지는 점을 관찰할 수 있었다. Moraine et al.<sup>14</sup>의 연구에 따르면 45도 머리를 세우는 자세를 유지 시 뇌 혈류속도(cerebral blood flow) 및 뇌관류압(cerebral perfusion pressure)이 줄어드는 변화가 있었다. 이러한 점에서 보면 45도 머리를 높인 자세에서도 혈액학적인 변화에 의하여 안압이 하강할 것이라 가설을 세워볼 수 있겠다. 최근 들어 옆으로 눕는 자세 여부 및 방향에 따른 안압 변화에 대한 연구가<sup>3,4</sup> 진행되면서 녹내장환자의 수면자세에 따라 녹내장 진행속도가 변할 수 있다는 주장이 제기되고 있다. 이번 연구를 바탕으로 향후 머리를 높인 자세로 자는 것과 수평으로 누워 자는 상황에 대한 비교연구를 시행해 볼 수 있겠으며, 머리를 높인 자세에서 안압이 유의하게 낮다는 것이 밝혀진다면 녹내장 환자에서 이러한 점이 유리할 지 아니면 안관류압이 낮아지는 영향에 의하여 불리할 지 추가적인 연구를 진행해볼 필요가 있겠다.

이번 연구는 정상인을 대상으로 한 연구로, 적은 수를 대상으로 하였다는 점에서 제한점을 가지고 있다. 하지만 본 연구 결과 중 비교적 차이가 크지 않은 앉은 자세(T1, 15.31 ± 0.86 mmHg)에서 바로 누운 후 10분간 유지했을 때(T2, 18.63 ± 1.34 mmHg) 두 시점의 안압 변화의 통계적 차이에 대한 검정력 값이 1이 나오는 것을 확인할 수 있는데, 이는 측정값의 표준편차가 작고, 대응표본(paired sample)이기 때문에 적은 수의 대상 군으로 높은 검정력을 얻을 수 있다고 본다. 정면 주시에 비하여 하방 주시 시 안압이 평균 0.52 (± 0.8) mmHg 하강했음을 밝힌 이전 연구에서<sup>15</sup> 보듯이 이후 시행할 연구에서는 주시 방향에 따른 미세한 차이 또한 고려하여 안압 변화에 영향을 미치는 변수를 고정할 필요성이 있다.

## REFERENCES

- 1) Heijl A, Leske MC, Bengtsson B, et al; Early Manifest Glaucoma Trial Group. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol* 2002;120:1268-79.
- 2) Kass MA, Heuer DK, Higginbotham EJ, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2002;120:701-13; discussion 829-30.
- 3) Lee JY, Yoo C, Jung JH, et al. The effect of lateral decubitus position on intraocular pressure in healthy young subjects. *Acta Ophthalmol* 2012;90:e68-72.
- 4) Lee JY, Yoo C, Kim YY. The effect of lateral decubitus position on intraocular pressure in patients with untreated open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2013;155:329-35.e2.
- 5) Tsukahara S, Sasaki T. Postural change of IOP in normal persons and in patients with primary wide open-angle glaucoma and low-tension glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1984;68:389-92.
- 6) Carlson KH, McLaren JW, Topper JE, Brubaker RF. Effect of body position on intraocular pressure and aqueous flow. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1987;28:1346-52.
- 7) Gartner S, Beck W. Ocular tension in the trendelenburg position. *Am J Ophthalmol* 1965;59:1040-3.
- 8) 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.
- 9) Lee JS, Kim CM, Choi HY, Oum BS. A relationship between intraocular pressure and age and body mass index in a Korean population. *J Korean Ophthalmol Soc* 2003;44:1559-66.
- 10) Anderson DR, Grant WM. The influence of position on intraocular pressure. *Invest Ophthalmol* 1973;12:204-12.
- 11) 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.
- 12) Awad H, Santilli S, Ohr M, et al. The effects of steep trendelenburg positioning on intraocular pressure during robotic radical prostatectomy. *Anesth Analg* 2009;109:473-8.

- 13) Weber ED, Colyer MH, Lesser RL, Subramanian PS. Posterior ischemic optic neuropathy after minimally invasive prostatectomy. *J Neuroophthalmol* 2007;27:285-7.
- 14) Moraine JJ, Berré J, Mélot C. Is cerebral perfusion pressure a major determinant of cerebral blood flow during head elevation in comatose patients with severe intracranial lesions? *J Neurosurg* 2000; 92:606-14.
- 15) 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.

=ABSTRACT=

## Postural Intraocular Pressure Change at Trendelenburg Position Measured by Rebound Tonometer

Sa Kang Kim, MD<sup>1</sup>, Jae Young Ko<sup>2</sup>, Jun Bo Sim<sup>2</sup>, Ki Ho Park, MD, PhD<sup>1</sup>

*Department of Ophthalmology, Seoul National University Hospital, Seoul National University College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Korea*  
*Department of Medicine, Seoul National University College of Medicine<sup>2</sup>, Seoul, Korea*

**Purpose:** This study was carried out to evaluate the postural intraocular pressure (IOP) change in Trendelenburg, reverse Trendelenburg, and supine positions in healthy young males.

**Methods:** We measured the IOP values of 5 healthy young male volunteers (10 eyes) using an Icare PRO rebound tonometer in sitting, Trendelenburg, reverse Trendelenburg, and supine positions.

**Results:** The mean IOP in the supine position (18.63 mm Hg) was significantly higher ( $p < 0.01$ ) than in the sitting position (15.31 mm Hg). When maintaining the Trendelenburg position, IOP gradually increased.

**Conclusions:** In our study, the Trendelenburg position significantly increased the IOP compared to that in the supine position. The effects of increased IOP should be considered in situations that require Trendelenburg positioning, such as exercise or surgery.

*J Korean Ophthalmol Soc* 2014;55(2):247-251

**Key Words:** Icare Pro, Intraocular pressure, Reverse Trendelenburg position, Supine position, Trendelenburg position

---

Address reprint requests to **Ki Ho Park, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Seoul National University Hospital  
#101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea  
Tel: 82-2-2072-2438, Fax: 82-2-741-3187, E-mail: kihopark@snu.ac.kr