

한국인 정상안을 대상으로 서로 다른 수차계로 측정된 안구 수차 값의 비교

염정훈 · 최석규 · 김진형 · 이도형

인제대학교 의과대학 일산백병원 안과학교실

목적: 한국인 정상안을 대상으로 서로 다른 방식의 수차계로 측정된 안구 수차 값을 비교하고자 한다.

대상과 방법: 한국인 정상안 41안을 대상으로 Zywave와 OPD scan으로 각각 3회 반복하여 안구 수차를 측정하였다. 저위수차는 구면 렌즈대응치를 비교하였고, 고위수차는 6 mm 동공 지름에서 3차에서 5차까지 Zernike 상수 값의 RMS (root mean square) 값을 총고위 수차, 총구면수차, 총코마수차 그리고 총세조각수차로 비교하였다.

결과: 총고위수차의 RMS 값은 Zywave에서 $0.409 \pm 0.144 \mu\text{m}$ 였고, OPD scan에서 $0.436 \pm 0.143 \mu\text{m}$ 으로 통계적 차이를 보이지 않았으며($p=0.11$), 총구면수차, 총코마수차 그리고 총세조각수차 RMS 값은 두 수차계간의 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.01$).

결론: 두 수차계는 모두 재현성이 높은 검사이지만, 측정된 고위수차는 두 수차계 간의 차이를 보여 임상적에서 서로 혼용하여 사용하는 것은 바람직하지 않을 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2009;50(12):1789-1794〉

구면렌즈와 원주렌즈로 교정되지 않는 수차 즉, 고위수차의 개념이 알려지게 되면서 안구 내에서 발생하는 고위수차를 측정하려는 노력이 있어왔다. 20세기에 고위광학수차를 Zernike 다항식으로 산술적으로 정량화하여 표현하는 것이 가능하게 되었고,¹ 안구의 고위수차를 측정하는 다양한 수차계들이 개발되었다. 수차계를 기술적인 방법에 따라 나누어 보면 환자의 feedback을 요구하는 주관적인 방법과 요구하지 않는 객관적인 방법, 데이터 값들을 한번에 하나씩 연속적으로 측정하는 직렬식(serial) 방법과 한번에 동시에 측정하는 병렬식(parallel) 방법, 측정을 위한 빛이 눈의 광학부를 한번 통과하는 방법과 두번 통과하는 방법, 초점을 망막에 영사하여서 측정하는 전향적(forward)방법과 망막에서 반사된 빛을 카메라로 측정하는 후향적(backward)방법이 있다.^{2,3} 또 상용화된 수차계들은 Hartmann Shack,^{4,5} Automatic retinoscope,⁶ Ray tracing,^{7,8} Tscherning⁹로 측정원리에 따라 나눌 수 있다. 현재 수차계는 각막굴절수술에서의 이용뿐만 아니라 저위수차로 알 수 없었던 안구의 상태를 진단함에도 유용하게 응용되고 있으나,

수차계의 재현성 여부에는 아직 연구결과가 미흡한 점이 있으며 또한 측정 원리가 다른 수차계 간의 고위수차 측정치가 차이가 있다는 보고가 있다.¹⁰⁻¹³ 임상에서 치료와 진단 등의 목적으로 상용되고 있는 수차계는 아직 그 정확성과 재현성에 대한 검증이 필요하며 한국인 정상안을 대상으로 한 수차계 간의 측정치를 비교한 연구는 아직 보고된 바 없다. 본 연구에서는 한국인 정상안을 대상으로 현재 상용화 되어있는 수차계 중 Hartmann Shack 방식의 ZywaveTM (Bausch&Lomb, New York, USA)와 Automatic retinoscopy 방식의 OPD scanTM (NIDEK Co.Ltd, Nagoya, Japan)으로 안구 수차를 측정하여 각각의 수차계가 재현성이 있는지를 알아보려고 하였고, 원리를 달리하는 수차계간의 측정치의 차이가 있는지를 알아보려고 한다.

대상과 방법

대 상

2007년 9월부터 10월까지 본원 안과 진료를 위해 방문한 한국인 환자 중 각결막, 홍채, 수정체, 망막에 안질환, 안외상 및 안수술의 과거력이 없고 최대교정시력이 1.0 이상이며, 현성굴절검사상 구면오차가 $\pm 2.00\text{D}$ 미만, 원주오차가 -1.50D 미만인면서 최근 8주간 콘택트렌즈를 사용하지 않은 정상안을 대상으로 하였다.

■ 접 수 일: 2009년 5월 27일 ■ 심사통과일: 2009년 9월 1일

■ 책임저자 이도형

경기도 고양시 일산서구 대화동 2240
인제대학교 일산백병원 안과
Tel: 031-910-7240, Fax: 031-911-7241
E-mail: eyedr0823@hotmail.com

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

* 본 논문은 인제대학교의과대학 학술연구기금의 연구비 일부를 지원받았음.

Table 1. Comparisons of spherical equivalent of manifest refraction, OPD-ScanTM and ZywaveTM

	MR*	OPD scan TM	Zywave TM	OPD scan TM -MR* (pair <i>t</i> -test)	Zywave TM -MR* (pair <i>t</i> -test)	OPDscan TM -Zywave TM (pair <i>t</i> -test)
Spherical equivalent (Diopters)	-0.26±0.75	-0.21±0.85	+0.11±0.83	0.05±0.36 (<i>p</i> =0.11)	0.37±0.33 (<i>p</i> <0.01)	-0.31±0.15 (<i>p</i> <0.01)

* MR=manifest refraction.

Table 2. Repeatability Coefficient (μm)* of OPD-ScanTM and ZywaveTM

	OPD scan TM	Zywave TM
Total higher order aberration (μm)	0.11	0.06
Total Spherical aberration (μm)	0.12	0.05
Total Coma (μm)	0.13	0.06
Total Trefoil (μm)	0.13	0.08

* Repeatability Coefficient (μm)=95% confidence interval for repeated measurements.

방 법

현성굴절검사를 시행한 후 세극등검사상 각결막과 홍채 및 전안부의 병변이 없음을 확인하고, Mydrin P[®] (phenylephrine chloride+tropicamide, Santen, Japan)를 1회 점안하여 동공을 6 mm 이상 산동한 후 세극등검사와 안저검사를 시행하여 백내장, 망막의 이상소견이 없음을 확인하였다. 안질환의 소견이 보이지 않은 정상안을 대상으로 ZywaveTM와 OPD scanTM을 이용하여 안구의 수차를 연속적으로 각각 3회씩 측정하였다. 현성굴절검사와 안구 수차 측정은 2명의 숙련된 검사자가 무작위로 시행하였고 3회 측정시간은 총 15분을 넘기지 않았다. 현성굴절검사와 두 수차계로 측정된 구면렌즈대응치를 비교하였고, 두 수차계로 측정된 고위수차는 동공 6 mm에서 3차에서 5차항까지 총고위수차(total higher order aberration), 총구면수차(total spherical aberration), 총코마수차(total coma aberration) 그리고 총세조각수차(total trefoil aberration)의 RMS(root mean square) 값을 비교하였다. 두 수차계의 재현 평가하기 위해서 Altman and Bland^{14,15}에 의해서 기술되었던 Repeatability Coefficient를 알아보았다.

통 계

SPSS v12.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL) 프로그램의 paired *t*-test로 비교 분석하였다. 통계분석결과의 *p*값이 0.05 이하인 경우 통계적으로 의미 있는 차이로 간주하였다.

수 차 계

ZywaveTM

ZywaveTM는 Hartmann-Shack 방식으로 황반부에 조사된

레이저가 반사되어 수정체와 각막을 통과하여 안구 밖으로 방출되어 바둑판 모양으로 정렬된 75개의 렌즈들(lenslet array)을 거쳐 CCD 카메라에 점패턴(spot pattern)으로 초점이 맺히게 된다. 이때 수차가 없는 이상적인 안구라면 각각의 점패턴이 정사각형의 격자 안에서 같은 패턴을 보이며, 안구 수차가 있는 경우에는 불규칙한 점패턴을 보이게 되는데 이를 측정하여 수차를 분석하는 수차계이다.

OPD scanTM

OPD scanTM은 Automatic retinoscopy 방식으로 LED source가 빠르게 회전하면서 자외선 슬릿빔(slit beam)들을 연속적으로 망막에 조사하고 망막에서 반사되어 나온 슬릿빔이 photo detector에 전위차로 기록된다. 각각의 슬릿빔들은 detector에 기록시 시간차(time lag)가 발생하게 되는데, 1440개 점에서 데이터들의 시간차를 분석하여 수차를 계산하는 방법이다.

결 과

27명의 41안(남자:여자=13명(48%):14명(52%))이 본 연구에 포함되었으며, 평균나이는 37.8±12.4세(13~59세)이었고, 현성굴절검사상 평균 구면렌즈대응치는 -0.26±0.71D(+0.75~-2.38)였으며, 평균 난시량은 -0.72±0.37D(0~-1.5)였다.

현성굴절검사, ZywaveTM 그리고 OPD scanTM에서 측정된 구면렌즈대응치는 각각 -0.26±0.75D, +0.11±0.83D, -0.21±0.85D였다. 측정된 구면렌즈대응치는 현성굴절검사와 OPD scanTM는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나(*p*=0.33), OPD scanTM과 현성굴절검사상에서 ZywaveTM보다 근시쪽으로 측정되었다(*p*<0.01)(Table 1).

재현성 평가를 위해 Altman and Bland^{14,15}에 의해서 기술

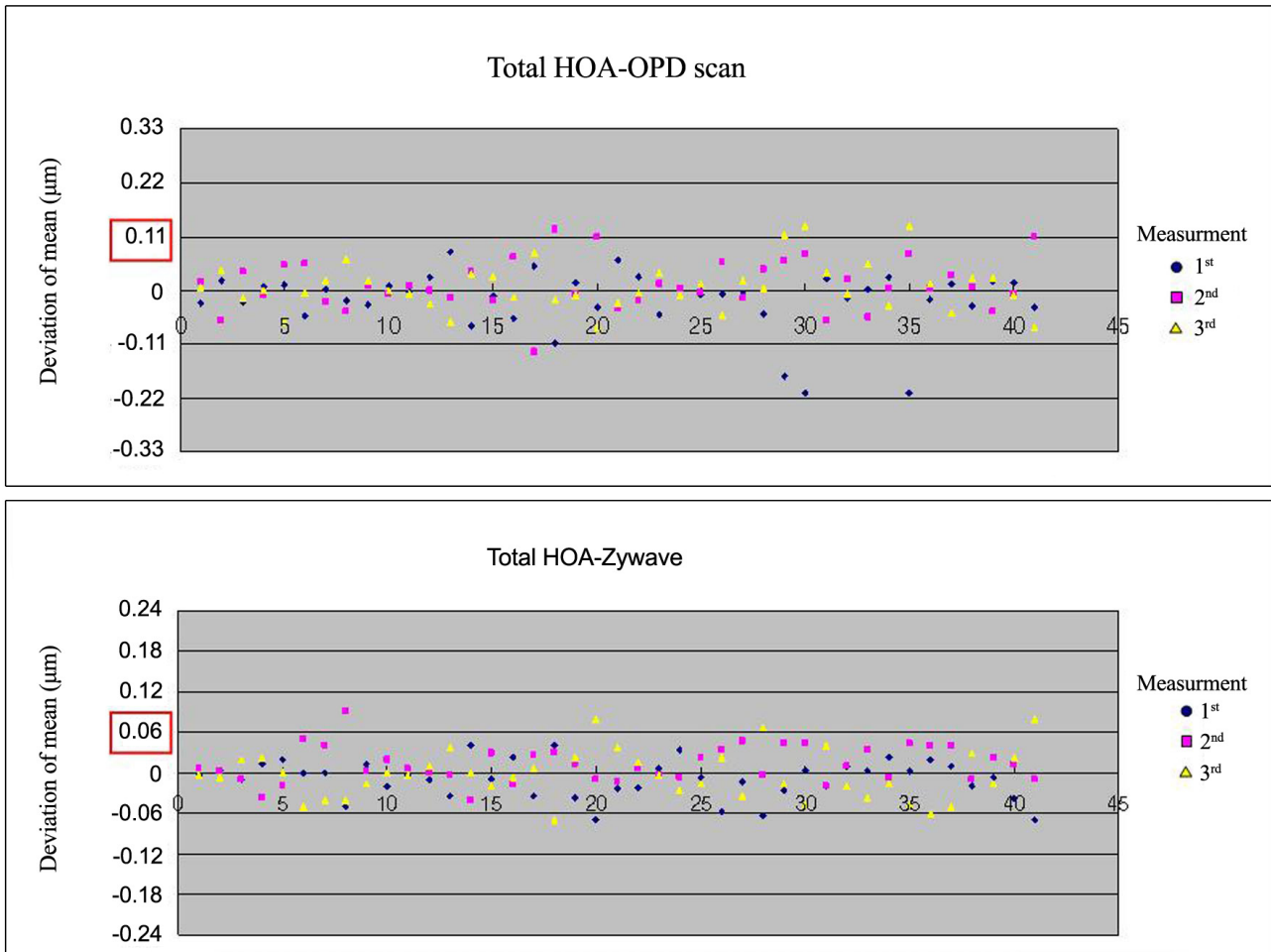


Figure 1. Repeatability Coefficient (μm)* of OPD-ScanTM and ZywaveTM. This graphs show the distribution of the differences between each total higher order aberration measurement and the mean of three consecutive measurements in each of the 41 eyes. (Repeatability coefficient: OPD-ScanTM=0.11 μm and ZywaveTM=0.06 μm)

* Repeatability Coefficient (μm)=95% confidence interval for repeated measurements; HOA=higher order aberration.

되었던 Repeatability Coefficient를 알아보았다. Repeatability Coefficient는 각각의 반복측정치 값과 반복측정치의 평균 값과의 차이 값들의 표준편차에 2배수를 한 값으로, 그 값이 작을수록 반복측정된 값들이 반복측정치의 평균값에 근접한 값을 가지므로 반복측정의 재현성이 높음을 나타낸다. ZywaveTM, OPD scanTM 두 수차계 모두 고위수차 측정치의 Repeatability Coefficient는 작은 값을 보여 재현성이 높은 것으로 나타났다(Table 2)(Fig. 1).

고위수차의 분석을 위하여 6 mm 동공지름에서 3차에서 5차항까지 고위수차의 RMS 값을 비교하였다. 3차항에서 5차항까지의 총고위수차의 RMS 값에는 두 수차계간의 차이가 없었으나($p=0.11$), 총구면수차, 총코마 그리고 총세조각수차의 RMS 값은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.01$). 총구면수차와 총코마수차의 RMS 값은 ZywaveTM에서, 총세조각수차의 RMS 값은 OPD scanTM에서 더 크게 측정되는

것으로 나타났다(Table 3). 측정된 총고위수차, 총구면수차, 총코마수차 그리고 총세조각수차 RMS 값의 수차계 간의 상관계수는 각각 0.70, 0.84, 0.73, 0.70로 높은 상관관계가 있었다(Pearson correlation coefficient, $p<0.01$)(Fig. 2).

고 찰

고위수차의 개념이 알려지고 이를 측정할 수 있는 수차계가 개발되어 발전하면서 이전에 설명할 수 없었던 환자의 시력에 대한 불만을 이해할 수 있게 되었고, 안구에서의 고위수차를 측정하여 분석하며 교정하려는 노력이 있어왔다. 성공적인 각막굴절교정수술을 받은 환자들이 술 후 호소하는 달무리(halo), 현휘(glare)와 대비감도의 감소는 고위수차에 기인하는 것으로 여러 연구에서 밝혀 졌다.^{16,17} 근래에는 라식 등의 굴절교정수술에서 환자의 고위수차를 교정하여 시력의

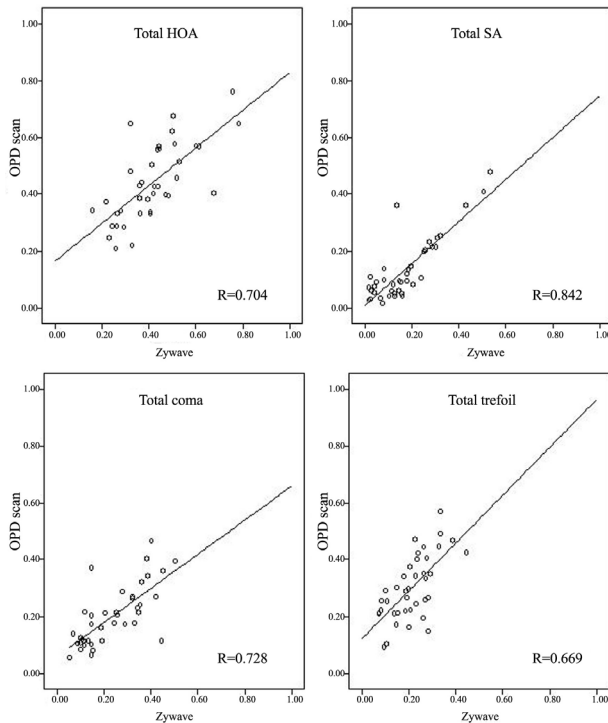


Figure 2. Correlations of OPD-ScanTM and ZywaveTM. HOA=higher order aberration; SA=spherical aberration; r=Pearson correlation coefficient ($p<0.01$).

질을 향상시키려는 목적으로 웨이브프론트라식이 시행되고 있고, 백내장 수술에서도 각막의 구면수차를 보정하는 비구면인공수정체의 개발이 되어 사용되고 있다. 수차계는 환자 안구의 술 전 고위수차를 파악하여 환자에 적합한 수술을 결정하고 술 후의 환자의 시력의 질을 향상시켜 만족도를 높이는데 이용되고 있으며, 각막 및 수정체 등의 이상을 객관적으로 설명하는 것에 유용한 검사이다.

현재 개발되어 상용화된 수차계들은 인공안을 통한 실험에서 정교한 수차계임이 검증되었지만, 임상에서의 결과는 다양하게 보고되고 있다.³⁻¹³ Durrie and Stahl¹²은 안수술에 관계없이 고위수차가 큰 군에 비해 작은 군에서 ZywaveTM과

OPD scanTM에서 모두 재현성이 높다고 하였고, Rozema et al²의 수차계들의 비교 연구에 의하면 각각의 수차계들의 측정치가 대부분은 통계적으로 차이가 없었으나 몇몇 미세한 부분에서는 차이가 있었다고 보고하였다. Ahmet et al¹⁸의 정상안의 고위수차 비교에서도 ZywaveTM과 OPD scanTM 측정치가 재현성은 모두 높으나 총구면수차 RMS 값에서는 차이가 있다고 하였다. 따라서 현재 상용된 수차계들의 재현성과 정밀함에 대한 검증이 아직 필요하며, 측정방식을 달리하는 수차계간의 측정치의 차이에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

고위수차는 그 값이 작고 역동성을 가지고 있으므로 같은 대상을 같은 수차계로 측정하여도 측정시의 눈물막의 상태나 시축의 정렬 상태 등의 조건에 따른 차이가 발생할 수 있다고 하였다.^{12,19} 본 연구에서는 측정시 오차를 줄이기 위해서 두 가지 수차계에 숙련된 검사자 2명에게 이점을 숙지하고 같은 측정조건을 유지하도록 하였으며, 측정시 협조가 안되어 수차 측정이 어려운 환자는 연구에서 제외하였다.

임상에서 수차계에 대한 재현성의 평가를 위해 Altman and Bland^{14,15}에 의해서 기술되었던 Repeatability Coefficient를 알아보았다. 본 연구에서도 동일안을 동일 검사자가 반복하여 3회 측정하였고, 두 수차계로 측정 분석된 총고위수차, 총구면수차, 총코마수차 그리고 총세조각수차의 RMS 값에서 Repeatability Coefficient가 모두가 작은 값을 보였으며, 두 수차계가 모두 타 연구에서와 마찬가지로 재현성이 높은 수차계임이 확인되었다(Table 2).

두 수차계로 측정된 고위수차 값을 비교하기 위하여 본 연구에서는 측정된 안구의 수차를 Zernike Coefficient 값들의 5차항까지 RMS 값을 구하여 양적 비교하여 보았는데, 두 수차계로 측정된 값들 중 총고위수차의 RMS 값을 제외한 총구면수차, 총코마수차 그리고 총세조각수차의 RMS 값에는 차이를 보였다(Table 3).

Ahmet et al¹⁸의 정상안을 대상으로한 ZywaveTM와 OPD scanTM의 측정치 비교 연구에서 총고위수차에서는 통계적 차이를 보이지 않았으며 본 연구에서도 같은 결과를 보였다.

Table 3. Comparisons of higher order aberrations between OPD-ScanTM and ZywaveTM

	OPD scan TM	Zywave TM	OPD scan TM -Zywave TM (paired <i>t</i> -test)
Total higher order aberration (μm)	0.436±0.143	0.409±0.144	0.027±0.097 ($p=0.11$)
Total Spherical aberration (μm)	0.133±0.126	0.168±0.128	-0.335±0.097 ($p<0.01$)
Total Coma (μm)	0.199±0.123	0.233±0.129	-0.034±0.113 ($p<0.01$)
Total Trefoil (μm)	0.306±0.131	0.217±0.096	0.089±0.120 ($p<0.01$)

Root mean square value (μm) of aberration from 3rd to 5th order in the central 6-mm area was calculated.

그러나 총구면수차의 RMS 값에서는 OPD scanTM ($0.13 \pm 0.09 \mu\text{m}$)에서 ZywaveTM ($0.12 \pm 0.17 \mu\text{m}$)보다 높은 값으로 측정되었으나, 본 연구에서는 총구면수차의 RMS 값이 ZywaveTM ($0.17 \pm 0.13 \mu\text{m}$)에서 OPD scanTM ($0.13 \pm 0.13 \mu\text{m}$)보다 더 크게 측정되어 반대의 결과로 나타났다. 본 연구의 고위수차 RMS의 Repeatability Coefficient 값은 Ahmet et al¹⁸의 결과에서처럼 작은 값을 보여 재현성이 높은 검사임에는 일치하였다(Table 2). 그러나 총고위수차 RMS의 Repeatability Coefficient 값은 ZywaveTM ($0.06 \mu\text{m}$)가 OPD scanTM ($0.11 \mu\text{m}$)에서 보다 작은 값으로 Ahmet et al¹⁸ (ZywaveTM, OPD scanTM 각각 $0.08 \mu\text{m}$, $0.12 \mu\text{m}$)와 같은 결과를 보였고, 총구면수차 RMS의 Repeatability Coefficient에서는 ZywaveTM ($0.05 \mu\text{m}$)가 OPD scanTM ($0.12 \mu\text{m}$)보다 작은 값으로 Ahmet et al¹⁸ (ZywaveTM, OPD scanTM 각각 $0.04 \mu\text{m}$, $0.03 \mu\text{m}$)와는 차이가 있었다. 이번 연구의 결과로 두 수차계가 모두 재현성이 높은 검사이지만 고위수차의 측정치에서 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 어느 수차계가 재현성이 더 우수한지를 알 수 없으며, 어느 수차계에서 수차 값이 크게 혹은 작게 측정되는 것인지를 판단하기는 어렵다.

구면렌즈대응치의 측정치는 OPD scanTM ($-0.21 \pm 0.85\text{D}$)과 현성굴절검사($-0.26 \pm 0.75 \text{D}$)에서 통계적 차이를 보이지 않았고, ZywaveTM ($+0.11 \pm 0.83\text{D}$)서 더 원시쪽으로 측정되는 차이를 보였다. 본 연구에서는 굴절오차를 측정할 때 ZywaveTM는 기계적으로 3.5 mm PPR로 정해져 있고, OPD scanTM에서는 3 mm, 5 mm의 분석만이 가능하기 때문에 OPD scanTM에서 3 mm, ZywaveTM에서는 3.5 mm의 구면렌즈대응치 값을 비교하였다. ZywaveTM에서는 굴절오차의 단위가 0.01D이나 OPD scanTM과 현성굴절검사에서는 0.25D인 차이가 있다. 이러한 차이들로 인한 두 수차계 간의 굴절오차의 측정치의 차이가 발생하였음을 배제할 수 없다.

안구의 수차 중 고위수차는 그 값이 작아서 정밀한 측정이 필요하다. 본 연구의 측정치의 차이에도 앞서 언급되었던 측정시마다 다른 각막의 표면 상태, 안구의 움직임에 의해서 시축의 변화로 인한 오차가 있었을 것으로 생각된다. 측정기기 간의 차이에서 흥미로운 것은 같은 원리가 구현되는 현성굴절검사와 OPD scanTM으로 측정한 구면대응치가 차이가 없었다는 점이며, 이는 측정원리에 따라 측정결과가 달라질 수 있음을 반증한다고 할 수 있다. 두 수차계간 고위수차 측정치 차이는 측정시 사용되는 빛의 파장과 data 갯수가 다르고 data를 저장하고 분석하는 방법이 다른 것이 원인 중의 하나로 생각되나 같은 측정원리의 수차계 간에도 고위수차 측정치가 차이가 있다는 보고가 있어서 앞으로 실험적 연구가 더 필요하다.²⁰⁻²²

결론적으로 측정원리가 다른 두 수차계는 모두 높은 재현성을 보였지만 측정된 고위수차에서는 5차항까지의 고위수차

의 총 RMS 값을 제외한 총구면수차, 총코마수차 그리고 총 세조각수차의 RMS 값에는 차이가 있었다. 현재 상용화되어 있는 두 수차계들은 재현성이 높은 기기이지만 수차계간 고위수차 측정치에 차이를 보이므로 임상적으로 서로 혼용하지 않아야 하겠으며, 아직 측정치의 표준(gold standard)이 없는 상태로 향후 수차계 간의 차이에 대한 연구와 분석이 더 필요할 것으로 생각된다.

현재 수차계의 개발로 고위수차를 객관적 수치로 정량화 할 수 있게 되었고, 환자의 시력의 질에 대한 이해와 평가가 가능하여 졌으며, 임상에서 응용하여 사용하고 있다. 수차계로 안구의 수차를 좀더 정확하게 측정할 수 있는 방법이 개발되고 수차계 간의 차이에 대한 원인, 분석 그리고 보정이 가능해진다면, 수차계는 안과적 질환의 진단과 치료의 도구로 그 활용 가치가 높을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) Born M. Principles of optics. New York: Pergamon Press, 1975:464-6.
- 2) Rozema JJ, Van Dyck DE, Tassignon MJ. Clinical comparison of 6 aberrometers. Part 1: Technical specifications. J Cataract Refract Surg 2005;31:1114-27.
- 3) Rozema JJ, Van Dyck DE, Tassignon MJ. Clinical comparison of 6 aberrometers. Part 2: statistical comparison in a test group. J Cataract Refract Surg 2006;32:33-44.
- 4) Liang J, Grimm B, Goelz S, Bille JF. Objective measurement of wave aberrations of the human eye with the use of a Hartmann-Shack wavefront sensor. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 1994;11:1949-57.
- 5) Thibos LN. Principles of Hartmann-Shack aberrometry. J Refract Surg 2000;16:563-5.
- 6) MacRae S, Fujieda M. Slit Skiascopic-guided ablation using the Nidek Laser. J Refract Surg 2000;16:576-80.
- 7) Molebny V, Pallikaris IG, Naoumidis LP, et al. Retina ray-tracing technique for eye refraction mapping. SPIE Proc 1997;2971:175-83.
- 8) Navarro R, Moreno-Barriuso E. Laser ray-tracing method for optical testing. Opt Lett 1999;24:951-3.
- 9) Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, et al. Principles of Tscherning aberrometry. J Refract Surg 2000;16:570-1.
- 10) Mirshahi A, Bühren J, Gerhardt D, Kohnen T. In vivo and in vitro repeatability of Hartmann-Shack aberrometry. J Cataract Refract Surg 2003;29:2295-301.
- 11) Hament WJ, Nabar VA, Nuijts RM. Repeatability and validity of Zywave aberrometer measurements. J Cataract Refract Surg 2002;28:2135-41.
- 12) Durrie DS, Stahl ED. Comparing wavefront devices. In: Krueger RR, Applegate RA, MacRae SM, eds. Wavefront Customized Visual Correction: The Quest for Super Vision II. Thorofare, NJ: SLACK Inc; 2004; v. 1. chap. 21.
- 13) Jeong JH, Kim MJ, Tchah HW. Clinical Comparison of Laser Ray Tracing Aberrometer and Shack-Hartmann Aberrometer. J Korean Ophthalmol Soc 2006;47:1911-9.
- 14) Altman DG, Bland JM. Measurements in medicine: the analysis of method comparison studies. Statistician 1983;32:307.

- 15) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet* 1986;1:307-10.
- 16) Bailey MD, Mitchell GL, Dhaliwal DK, et al. Patient satisfaction and visual symptoms after laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology* 2003;110:1371-8.
- 17) Marcos S. Aberrations and visual performance following standard laser vision correction. *J Refract Surg* 2001;17:596-601.
- 18) Burakgazi AZ, Tinio B, Bababyan A, et al. Higher order aberrations in normal eyes measured with three different aberrometers. *J Refract Surg* 2006;22:898-903.
- 19) Rodriguez P, Navarro R, Gonzalez L, Hernández JL. Accuracy and reproducibility of Zywave, Tracey and experimental aberrometers. *J Refract Surg* 2004;20:810-7.
- 20) Cerviño A, Hosking SL, Montés-Micó R. Comparison of higher order aberrations measured by NIDEK OPD-Scan dynamic skiascopy and Zeiss WASCAL Hartmann-Shack aberrometers. *J Refract Surg* 2008;24:790-6.
- 21) Kim DS, Narváez J, Krassin J, Bahjri K. Comparison of the VISX wavescan and NIDEK OPD-scan aberrometers. *J Refract Surg* 2009;25:429-34.
- 22) Liang CL, Juo SH, Chang CJ. Comparison of higher-order wavefront aberrations with 3 aberrometers. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2153-6.

=ABSTRACT=

Comparison of Aberrations in Korean Normal Eyes Measured With Two Different Aberrometers

Jung Hoon Yum, MD, Suk Kyue Choi, MD, Jin Hyoung Kim, MD, Do Hyung Lee, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Ilsan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Goyang, Korea

Purpose: To compare ocular higher order aberrations measured by two different aberrometers in a sample of normal eyes.

Methods: We included 41 normal eyes of Koreans in this study. Ocular aberration data were obtained through three measurements per eye using Zywave and OPD-Scan devices. Spherical equivalent and higher order aberrations calculated in the central 6 mm zone and expressed as root mean square (RMS) values were analyzed.

Results: A comparison of measurements between the Zywave and OPD-Scan devices demonstrated no statistically significant differences in the RMS values of total higher order aberration ($p=0.11$), but significant differences were detected in the RMS values of total spherical aberration, total coma and total trefoil ($p<0.01$).

Conclusions: The two different aberrometers that we tested are suitable for taking repeated measurements and are internally consistent, but not interchangeable.

J Korean Ophthalmol Soc 2009;50(12):1789-1794

Key Words: Aberrometer, Higher order aberration, Normal eye

Address reprint requests to **Do Hyung Lee, MD, PhD**

Department of Ophthalmology, Ilsan Paik Hospital, College of Medicine, Inje University

#2240 Daehwa-dong, Ilsanseo-gu, Goyang 411-760, Korea

Tel: 82-31-910-7240, Fax: 82-31-911-7241, E-mail: eyedr0823@hotmail.com