

# 자동굴절검사기의 신뢰성 평가 및 Fourier analysis에 의한 정확도 분석

김태훈 · 예기훈 · 김재광 · 성아영

대불대학교 안경광학과

투고일(2008년 4월 30일), 수정일(2008년 5월 22일), 게재확정일(2008년 6월 10일)

**목적:** 본 연구는 자동굴절검사기를 사용하여 측정된 값을 자각적굴절검사 값과 비교하여 그 정확도와 신뢰성을 분석하고자 하였다. **방법:** 99명 198안을 대상으로 조절마비제를 투여하지 않고 굴절검사를 실시하였으며, 자각적굴절검사와 자동굴절검사로 측정된 각각의 굴절력을 분석하여 신뢰도와 정확도를 평가하였다. 또한 Fourier analysis를 사용하여 자동굴절검사기의 정확도를 분석하였다. **결과:** 자동굴절검사기의 신뢰도 계수는 우안의 경우 구면굴절력에서 0.993, 난시굴절력은 0.974, 난시축은 0.925로 나타났으며, 좌안은 구면굴절력의 신뢰도 계수가 0.991, 난시굴절력은 0.948, 난시축은 0.886으로 나타났다. Fourier analysis에 의해 자각적굴절검사와 비교하여  $J_0$  component에서 통계적으로 유의미한 차이가 없었으며( $p>0.05$ ), 자각적굴절검사와 비교하여  $J_{45}$  component의 굴절력 차이 값은  $-0.019$ 와  $-0.164$ 로 나타났다. **결론:** 본 연구에서 사용된 자동굴절검사기는 큰 오차 값을 가지지 않고 굴절력을 측정하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

**주제어:** 자동굴절검사기, 신뢰도, 정확도, Fourier analysis

## 서 론

시력교정을 위한 굴절검사 방법에는 자각적굴절검사(subjective refraction)와 타각적굴절검사(objective refraction) 두 가지가 있다. 타각적굴절검사는 광학적 원리에 기초하여 피검자의 의사와 관계없이 굴절이상도를 측정하는 방법이고, 자각적굴절검사는 피검자의 주관적인 의사표현에 기초를 두고 굴절이상도를 결정하는 방법이다<sup>1</sup>. 타각적굴절검사 중 자동굴절검사기는 전문성을 요하지 않으며, 그 사용에 있어 특별한 기술이 필요하지 않아 널리 보급되어 사용되어 왔다. 최근 안과나 안경원에서 굴절이상을 신속하면서도 정확하게 측정하기 위해 자각적굴절검사 전에 예비검사로서 자동굴절검사기를 이용한 타각적검사를 선행하고 있는 추세로 이런 자동굴절검사기의 중요성은 잘 알려져 있다<sup>2,4</sup>.

그러나 자동굴절검사기는 광선을 눈에 입사시켜 반사된 광선을 읽어내는 장치이므로 검사대상의 눈의 상태에 따라 제한적인 요소를 가지게 된다<sup>5</sup>. 그 중에서도 가성근시나 잠재원시 등 조절을 충분히 이완한 상태에서 검사해야 하는 굴절이상자의 측정에는 자동굴절검사기가 적합하지 않으므로 조절력을 충분히 배제하고 검사를 시행하여야

한다<sup>6,7</sup>. 따라서 자동굴절검사기는 가시광선 대신 적외선을 이용하며, 자동 운무법을 채택하여<sup>8</sup> 조절자극을 최대한 배제하여 정확성을 높이고 있다.

이에 본 연구는 국내 안과 병원 및 안경원에서 일반적으로 사용되고 있는 자동굴절검사기를 사용하여 자동굴절검사기의 신뢰성 및 정확성을 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 검사대상

본 연구는 안질환이나 사시, 약시, 레이저 굴절이상 교정 등 굴절검사에 영향을 줄 수 있는 경우를 제외시키고 단안 교정시력이 1.0 이상이 되는 99명(198안)을 검사대상으로 하였으며 남성이 59명(59.6%), 여성이 40명(40.4%)이었다. 검사대상의 연령은 10세 이상에서 70세 미만으로 하였으며, 10대 25명(50안), 20세 이상에서 40세 미만 49명(98안), 40세 이상에서 70세 미만은 25명(50안)이었다.

### 2. 검사방법

자각적굴절 검사는 선조검영기(WelchAllyn REF-18245)를 이용한 정적검영법(static retinoscopy)를 시행한 후 포

롭터(Shin-Nippon BR-7)와 투영식 시시력표(Shin-Nippon Cp-30)를 이용해 단안 최대시력 1.0 이상으로 교정하였고 시표는 숫자시표를 사용하였다. 이때 endpoint 기준을 적용하여<sup>9</sup> 과교정을 차단하고 최적의 구면굴절력을 검출하였다. 단안최고시력이 1.0 이상으로 교정되지 않는 피검자는 시험테와 잭슨 크로스 실린더 렌즈를 이용하여 더욱 정밀한 검사를 시행하였으며, 그 결과로도 단안 최고시력이 1.0 이상으로 교정되지 않은 경우 연구대상에서 제외시켰다.

난시굴절력 및 난시축은 호롭터에 내장된 Cross-cylinder 렌즈를 이용하여 정밀하게 검사하였다. 구면굴절력과 난시굴절력 모두 0.25 D단위로 측정하였고 난시축은 5도 단위로 측정하였다.

자동굴절검사는 자동굴절검사기(Canon RK-F1)를 이용하여 굴절검사를 실시하였다. 자동굴절검사는 조절마비를 하지 않은 상태에서 실시하였으며, 정간거리는 12 mm, 구면 굴절력과 원주굴절력이 0.12 D 단계로 측정되도록 설정하였다. 검사는 총 5회 측정하여 평균값을 사용하였으며, 우안을 먼저 측정하고 좌안을 측정하였다. 모든 검사가 끝나면 7일 후 자동굴절검사기를 이용한 자동굴절검사를 재 실시하여 Retest 값을 얻었다.

3. 자료분석

자동굴절검사의 재현성을 알아보기 위해 일주일 간격으로 2차 반복 측정한 검사 값이 어느 정도 일치하는지 알아보고자 2회에 걸친 측정값의 신뢰도 검사를 실시하였고, 자동굴절검사의 검사 값과 자각적굴절 검사 값의 상관성을 알아보기 위하여 상관관계분석을 하였다. 모든 분석은 유의수준  $p < 0.05$ 에서 검증하였으며, 통계처리는

SPSS 13.0 for windows 프로그램을 사용하여 분석하였다.

결 과

1. 자동굴절검사의 신뢰도

자동굴절검사의 신뢰성을 알아보기 위해 일주일 간격으로 2차 반복 측정한 검사값이 어느 정도 일치하는지 알아보고자 각 기기의 2회에 걸친 측정값의 신뢰도 검사를 실시한 결과, 우안의 경우 구면굴절력(Spherical component)은 신뢰도 계수가 0.993, 난시굴절력(Cylindrical component)은 0.974, 난시축(Cylindrical Axis)은 0.925로 나타났다. 좌안의 경우는 구면굴절력의 신뢰도 계수가 0.991, 난시굴절력은 0.948, 난시축은 0.886으로 나타났다. 좌안의 난시축을 제외하고 전체적으로 신뢰도 계수가 0.90을 넘어 각 성분별 신뢰도가 높게 나타났다. 자동굴절 검사기로 측정한 각 성분별 평균값과 표준편차, 신뢰도 계수를 Table 1에 나타내었다.

2. 자동굴절검사의 정확도

자동굴절검사의 정확도를 알아보기 위해 검명법에 이은 포롭터를 이용한 자각적굴절검사값과 자동굴절검사기로 측정된 타각적굴절검사값과의 유의성 분석을 통해 자동굴절검사의 정확도를 분석하였다.

1) 구면굴절력(Spherical component)

우안의 경우 구면굴절력의 평균 차이값은 -0.184 D로 측정되었으며, 이는 자동굴절검사가 근시 쪽으로 0.184만큼 더 높게 나타났다. 이 값은 검사 시 최저 기본 단위인 0.25 D 미만의 차이를 보이지만 본 연구의 굴절검사기

Table 1. Analysis of reliability in autorefractor

			Mean	SD	Chronbach's alpha
R	Spherical Component	test	-1.7567	1.9568	0.993
		retest	-1.7237	1.9190	
	Cylindrical Component	test	-0.6408	0.7508	0.974
		retest	-0.6308	0.7797	
	Cylindrical Axis	test	133.5758	64.5431	0.925
		retest	125.0606	64.6405	
L	Spherical Component	test	-1.7024	1.8207	0.991
		retest	-1.6742	1.8495	
	Cylindrical Component	test	-0.7482	0.6391	0.948
		retest	-0.7127	0.6743	
	Cylindrical Axis	test	137.0000	60.7894	0.886
		retest	137.2593	59.1468	

\*SD: Standard Deviation

Table 2. Analysis of spherical power in autorefractor and subjective refraction (Spherical component)

		Mean	SD	Sig	CC	DM	DSD
R	AR	-1.7374	1.9376	0.000	0.980	-0.185	0.060
	SR SC	-1.5530	1.8777				
L	AR	-1.7054	1.8281	0.000	0.979	-0.155	-0.013
	SR SC	-1.5505	1.8413				

\*AR: Autorefractor, \*SR: Subjective refraction, \*SC: Spherical component, \*SD: Standard deviation, \*Sig: Significant probability, \*CC: Correlation coefficient, \*CLC: Cylindrical component, \*DM: Difference of mean between subjective refraction and autorefractor (Auto-sub), \*DSD: Difference of standard deviation between subjective refraction and autorefractor (Auto-sub)

의 최소측정 단위인 0.12 D 보다 큰 값으로 비교적 차이를 보이는 것으로 나타났다. 상관관계분석 결과 98.0%로 높은 상관성을 나타냈으며, 자각식검사의 구면굴절력과 자동굴절검사기의 우안 구면굴절력(p=0.00)간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

좌안의 경우 구면굴절력의 평균 차이 값은 -0.155 D로 나타났으며, 근시 쪽으로 0.155 만큼 더 높게 나타났다. 상관관계분석 결과 97.9%로 높은 상관성을 나타냈으며, 자각식굴절검사의 구면굴절력과 자동굴절검사기의 좌안 구면굴절력(p=0.00)간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 자각식굴절검사의 구면굴절력과 자동굴절검사기의 구면 굴절력을 통계적으로 분석한 결과를 Table

2에 나타내었으며, 굴절력별 자각식굴절검사와 자동굴절검사의 구면굴절력 차이 값 분포를 Fig. 1에 나타내었다.

2) 난시굴절력(Cylindrical component)

원주굴절력의 평균 차이 값은 우안에서 -0.150 D로 나타났다. 상관관계 분석 결과 88.8%로 구면굴절력에 비해 비교적 낮은 상관성을 나타냈으며, 자동굴절검사와 우안의 원주굴절력(p=0.00)간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

좌안의 경우 원주굴절력의 평균 차이 값은 -0.185 D로 나타났다. 상관관계분석 결과 77.6%로 구면굴절력과 좌안의 원주굴절력 보다 낮은 상관성을 나타냈으며, 자각식굴

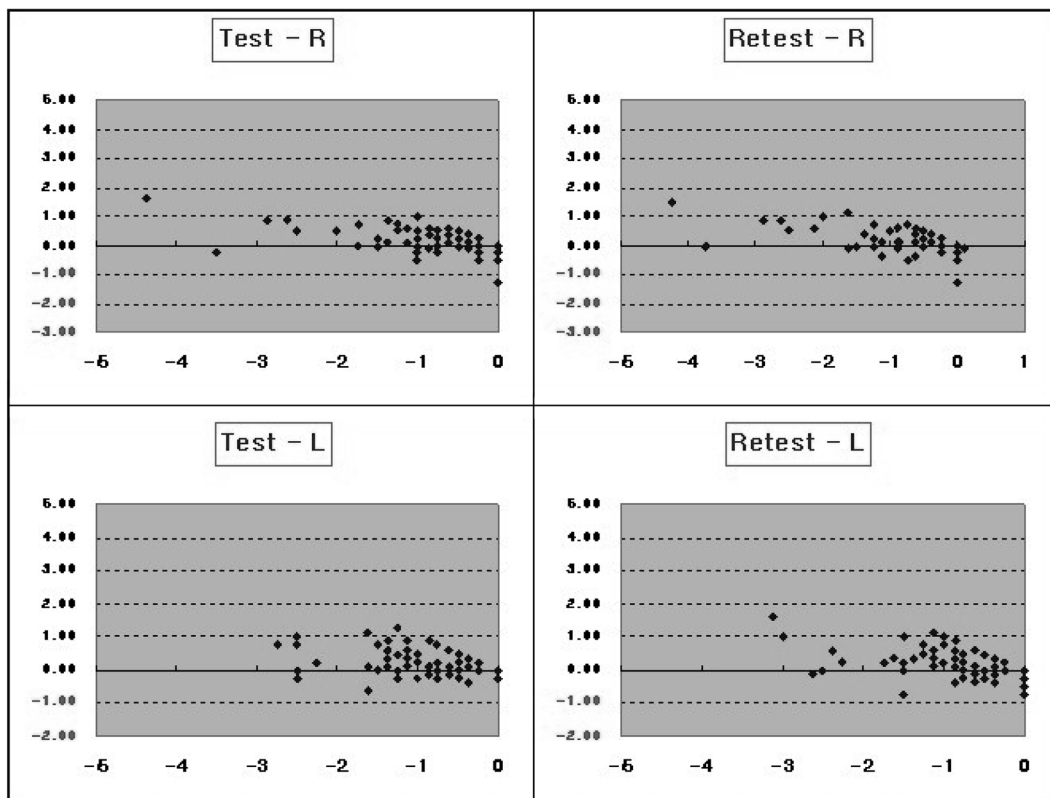


Fig. 1. Distribution of difference of value between subjective refraction and autorefractor (Spherical component)

\*abscissa-Refractive error,

\*ordinate-Difference of value between subjective refraction and autorefractor

Table 3. Analysis of spherical power in autorefractor and subjective refraction (Cylindrical component)

		Mean	SD	Sig	CC	DM	DSD
R	AR	-0.6349	0.7508	0.000	0.881	-0.150	0.113
	SR CLC	-0.4848	0.6377				
L	AR	-0.7002	0.6082	0.000	0.776	-0.185	0.004
	SR CLC	-0.5152	0.6038				

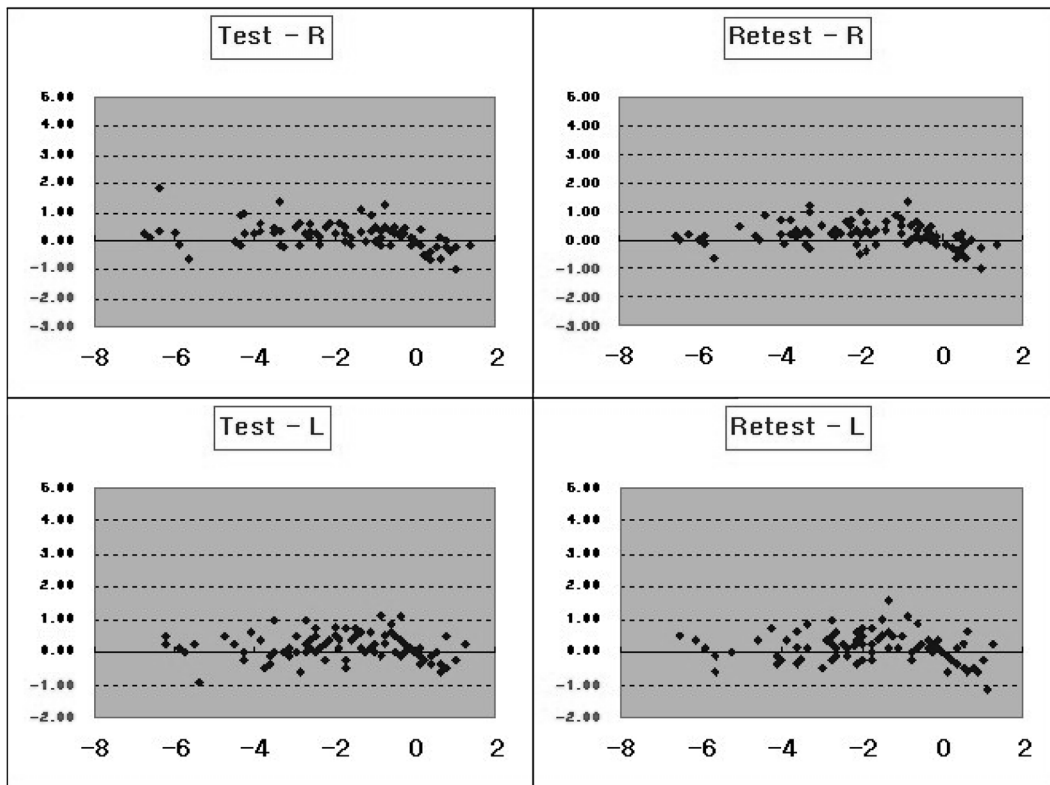


Fig. 2. Distribution of difference of value between subjective refraction and autorefractor (Cylindrical component)

절검사의 원주굴절력과 자동굴절검사기의 원주굴절력 ( $p=0.00$ )간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ( $p<0.05$ ). 전체적으로 원주굴절력이 구면 굴절력에 비해 많은 차이를 보이는 것으로 나타났다.

자각적굴절검사의 원주굴절력과 자동굴절검사기의 원주굴절력을 통계적으로 분석한 결과를 Table 3에 나타내었으며, 굴절력별 자각적굴절검사와 자동굴절검사의 원주굴절력 차이 값 분포를 Fig. 2에 나타내었다.

3) 난시축(Cylindrical axis)

난시축의 평균 차이 값 비교는 자각적굴절검사, 자동굴절검사 검사 값 중 모두에서 난시 값이 측정된 것에 대해서만 분석하였다. 한 가지 검사방법에서라도 난시굴절력이 측정되지 않은 경우 분석의 정확성을 위해 제외시켰다.

자각적굴절검사의 경우 5도 단위로 측정값을 정한 반면 자동굴절검사기는 1도 단위로 측정되었기 때문에 평균을

이용한 통계적 방법으로만 분석하기에는 한계가 있으므로 본 연구는 난시축의 비교 분석 방법으로 난시축의 차이 값별 빈도수와 빈도율을 비교해 분석하였다. 타보(TABO) 각을 채택하여 난시 축을 측정 하였으며, 자각식 굴절검사 값과 자동굴절검사값의 난시축 차이 값이 90도를 넘으면 타보(TABO)각 기준 180도에서 그 차이 값을 뺀 보정 값을 난시 축 차이 값으로 하여 측정분의 오차범위를 줄였다.

우안의 경우  $\pm 5$ 도 범위 내의 차이는 51.7%,  $\pm 10$ 도 이내에는 20.0%,  $\pm 15$ 도 범위 내에는 11.7%로 나타났다. 93.3%가  $\pm 30$ 도 이내의 차이를 보였으며  $\pm 30$ 도 이상의 차이를 보인 경우는 6.7%로 나타났다. 좌안의 경우  $\pm 5$ 도 범위내의 차이는 54.8%,  $\pm 10$ 도 이내에는 16.1%,  $\pm 15$ 도 범위 내에는 11.3%로 나타났다. 95.2%가  $\pm 30$ 도 이내의 차이를 보였으며  $\pm 30$ 도 이상의 차이를 보인 경우는 4.8%로 매우 낮게 나타났다. 자각적굴절검사와 자동굴절검사

Table 4. Difference of axis between subjective refraction and autorefractor

Cylindrical axis	Refractive error										
	-3.75	-2.75	-2.00	-1.75	-1.50	-1.25	-1.00	-0.75	-0.50	-0.25	total
within ± 5°	1	0	2	1	3	1	3	4	7	9	31
within ± 10°	0	0	0	1	0	1	1	2	3	4	12
within ± 15°	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4	7
within ± 20°	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
within ± 30°	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
more than ± 30°	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	4
total	1	1	2	2	3	2	7	6	15	21	60

값의 난시축 차이를 Table 4에 나타내었다.

4) Fourier analysis에 의한 J<sub>0</sub> Component와 J<sub>45</sub> Component 유의성 분석

다음의 식을 사용하여 J<sub>0</sub> Components와 J<sub>45</sub> Component를 구하고 자동굴절검사와 자각적굴절검사와의 유의성을 분석하였다.

\*Jackson cross - cylinder at axis 0° with power J<sub>0</sub>

$$J_0 = -(\text{cylinder}/2) \times \cos(2 \times \text{axis})$$

\*Jackson cross-cylinder at axis 45° with power J<sub>45</sub>

$$J_{45} = -(\text{cylinder}/2) \times \sin(2 \times \text{axis})$$

Fourier analysis에 의한 J<sub>0</sub> Component와 J<sub>45</sub> Component 분석 방법은 최근 들어 많은 연구자에 의해 사용되고 있으며, 특히 이 방법은 다른 기기나 다른 측정방법으로 검사한 결과를 비교분석하는 데에 유용하기 때문에<sup>4,11</sup> 각 굴

절력과 축 성분 뿐만 아니라 Fourier analysis에 의한 J<sub>0</sub> Component와 J<sub>45</sub> Component 분석 방법을 사용하여 자동굴절검사값과 자각적굴절검사값을 비교 분석하였다.

J<sub>0</sub> Component와 J<sub>45</sub> Component를 분석한 결과 J<sub>0</sub> Component는 자각적굴절검사와 비교하여 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05). 자동굴절검사값과 자각적굴절검사값의 차인 DM이 우안은 0.069, 좌안이 0.001로 매우 작은 차이를 나타냈으며, 자각적굴절검사와 비교하여 자동굴절검사가 더 근시도 높게 측정된 결과를 나타내었다. J<sub>45</sub> Component는 좌안은 유의한 차이를 나타내지 않았으며(p>0.05), J<sub>45</sub> Component의 우안의 경우 p=0.035로 자각적굴절검사와 비교하여 유의한 차이를 나타내는 것으로 나타났다. DM의 경우 우안이 -0.164, 좌안이 0.019로 J<sub>0</sub> Component에 비해 높게 나타났으며, 자동굴절검사가 더 근시도가 적게 측정되는 것으로 나타났다.

Table 5는 J<sub>0</sub> Component와 J<sub>45</sub> Component를 통계적으로 분석한 것을 나타낸 것이다.

Table 5. Statistical analysis and difference of J<sub>0</sub> component and J<sub>45</sub> component between subjective refraction and autorefractor

		Mean	SD	Sig	DM	DSD	
J <sub>0</sub>	R	AR	0.0967	0.4348	0.417	0.069	0.105
		SR	0.0279	0.3299			
	L	AR	0.0308	0.3406	0.980	0.001	0.046
		SR	0.0294	0.2950			
J <sub>45</sub>	R	AR	-0.0703	0.4446	0.035	-0.164	0.070
		SR	0.0936	0.3745			
	L	AR	0.0422	0.4541	0.787	-0.019	0.052
		SR	0.0607	0.4021			

\*AR: Autorefractor, \*SR: Subjective refraction, \*SC: Spherical component, \*SD: Standard deviation, \*Sig: Significant probability, \*CC: Correlation coefficient, \*CLC: Cylindrical component, \*DM: Difference of mean between subjective refraction and autorefractor (Auto-sub), \*DSD: Difference of standard deviation between subjective refraction and autorefractor (Auto-sub)

고 찰

현재 안경원과 안과병원 등 임상에서 널리 활용되고 있는 자외선을 이용하여 조절력의 작용을 최소화한 자동굴절검사기는 Collins에 의해 1973년 개발되어져 지금까지 여러 종류의 다양한 자동굴절검사기가 시력검사에 사용되고 있다<sup>10</sup>.

자동굴절검사기를 이용한 검사결과는 자각적굴절검사 결과와 비교하여 많이 연구 되었으며, 이러한 자각적굴절검사는 조절마비제를 사용하지 않는 현성검사 결과를 자동굴절검사와 비교하여 자동굴절검사의 유효성 연구로 진행되어왔다<sup>11-13</sup>. 본 연구에서도 현재 임상에서 가장 많이 사용하고 있는 타각적굴절검사방법인 자동굴절검사기를 이용하여 조절마비를 실시하지 않고 굴절력을 측정할 굴절력과 자각적굴절검사로 측정한 굴절검사 값을 비교 분석하였다. 그러나 자동굴절검사를 자각적굴절검사와 비교

하는 것이 적절한가에 대해서는 의문의 여지가 있으며<sup>7</sup>, French와 Jennings<sup>14</sup>는 자각적굴절검사가 더 많은 오류를 나타낸다고 하였다. 그러나 임상에서 최종교정굴절력을 결정하는 방법으로 자각적굴절검사가 사용되고 있는 점과 그런 자각적굴절검사의 예비성격을 지닌 타각적굴절검사 방법으로 자동굴절검사법을 보편적으로 사용하고 있다는 점을 고려할 때 자각적굴절검사값과 비교하는 것은 타당한 것으로 판단된다. 또한 자동굴절검사기로 굴절력을 측정할 때 조절마비제를 사용하지 않고 측정할 경우 조절력의 영향을 받아 근시경향으로 측정된다는 기존 연구 결과들이 있다<sup>15,16</sup>. 본 연구에서도 조절마비제를 사용하지 않고 자동굴절검사를 실시한 결과 우안의 경우 구면굴절력의 0.1844 D, 좌안의 경우 구면굴절력의 0.1549 D 정도 더 근시로 이동하여 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 또한 원주굴절력의 경우 역시 우안에서 0.1501 D, 좌안의 경우 0.1850 D 더 근시도로 이동하여 측정되었으며, 통계적으로도 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 하지만 Charman<sup>17</sup> 등의 경우 조절마비로 인한 동공크기의 확대가 오히려 굴절검사시 0.5 D 정도 더 근시로 이동한다고 주장하였고, 본 연구의 결과 구면굴절력과 원주굴절력의 차이에 있어 굴절교정 최저 처방단위인 0.25 D를 모두 초과하지 않는 범위로 나타나 그 차이가 현저하지 않는 결과를 나타내었다. 따라서 조절마비제를 사용하지 않는 자동굴절검사는 자각적굴절검사의 예비단계인 타각적굴절검사의 방법 중 정확하고 매우 유용한 방법으로 판단된다.

난시축의 정확도 분석에 있어 자각적굴절검사의 경우 5도 단위로 측정값을 정한 반면 자동굴절검사는 1도 단위로 측정되었기 때문에 평균을 이용한 통계적 방법만으로 분석하기에는 한계가 있었으며,  $\pm 5$ 도 ~  $\pm 10$ 도 범위내의 차이를 보인 경우가 우안은 71.7%, 좌안 70.9%로 비교적 높은 정확도를 보였지만  $\pm 30$ 도 이상의 많은 차이를 보인 경우도 좌·우안 각각 6.7%로 나타났다. 대부분의 기존 연구에서는 구면굴절력, 난시굴절력, 축에 대해 비교 분석하는 임상적 방법들을 사용하였지만<sup>9</sup> 이는 검사방법이나 기기마다 측정되는 축이 다르기 때문에 난시굴절력을 비교하더라도 동일축의 난시굴절력의 비교가 아니므로 정확한 양적 분석이 어렵다. 따라서 본 연구는 1997년 Thibos<sup>18</sup>에 의해 권고되어진 Fourier analysis에 의해 벡터를 설명하는 Jackson cross-cylinder의 0도 축 굴절력( $J_0$ )과 Jackson cross-cylinder의 45도 축 굴절력( $J_{45}$ )으로 분석하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 최근 들어 많은 연구자에 의해 사용되고 있으며, 특히 이 방법은 다른 기기나 다른 측정방법으로 검사한 결과를 비교분석하는 데에 유용하다<sup>4,11</sup>. Fourier analysis의 한 Jackson cross-cylinder의 0도

축 굴절력( $J_0$ )과 Jackson cross-cylinder의 45도 축 굴절력( $J_{45}$ )으로 분석한 결과  $J_{45}$  Component의 우안의 경우를 제외하고 자각적굴절검사와 비교하여 유의한 차이를 나타내지 않았으며,  $J_0$  Component의 좌·우안 각각 경우 자각적굴절검사와 비교하여 0.001과 0.069의 차이를 나타냈으며  $J_{45}$  Component는 좌·우안 각각  $-0.019$ 와  $-0.164$ 로 매우 작은 차이를 나타내어 자각적굴절검사와 비교하여 자동굴절검사의 정확도가 높은 것으로 나타났다.

자동굴절검사가 자각적굴절검사와 비교하여 신뢰성과 정확성이 높게 나타났더라도 자동굴절검사만으로 굴절 이상을 교정을 할 경우 조절에 따른 과교정의 위험을 완전히 배제할 수 없으며, 양안균형검사의 문제점 등으로 인해 자동굴절검사로 측정된 타각적굴절검사값을 기초로 하여 자각적굴절검사를 반드시 시행하여야 한다.

위 결과를 통해 자동굴절검사는 신속성과 효율성 뿐만 아니라 더불어 정확도와 신뢰성을 갖추고 있으므로 비숙련 검사자에게는 객관적 자료를 제공함으로써 자신감을 갖고 검사에 임할 수 있도록 하는데 자동굴절검사의 의의가 있으며, 타각적굴절검사 방법으로 앞으로도 많이 이용될 수 있는 유용한 방법으로 판단된다.

## 결론

본 연구는 안질환이나 사시, 약시, 레이저 굴절이상 교정 등 굴절검사에 영향을 줄 수 있는 경우를 제외시키고 단안 교정시력이 1.0 이상이 되는 99명(189안)을 검사 대상으로 자동굴절검사의 2회에 거친 측정값의 신뢰도 검사를 실시하였고, 자동굴절검사의 검사값과 자각적굴절검사값의 상관분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

### 1. 자동굴절검사의 신뢰도

우안의 경우 구면굴절력(Spherical component)은 신뢰도 계수가 0.993, 난시굴절력(Cylindrical component)은 0.974, 난시축(Cylindrical axis)은 0.925로 나타났다. 좌안은 구면굴절력의 신뢰도 계수가 0.991, 난시굴절력은 0.948, 난시축은 0.886으로 나타났다. 좌안의 난시축을 제외하고 전체적으로 신뢰도 계수가 0.90을 넘어 각 성분별 신뢰도가 높게 나타났다.

### 2. 구면굴절력(Spherical component)의 정확도

구면굴절력의 평균 차이값은 좌·우안 각각  $-0.1549$  D,  $-0.1844$  D로 나타났으며, 좌·우안 모두 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 상관관계분석 결과 97.9%로 높은 상관성을 나타냈다.

**3. 난시굴절력(Cylindrical component)**

원주굴절력의 평균 차이 값은 우안에서 -0.1501 D, 좌안 -0.1850 D로 나타났으며, 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 상관관계분석 결과 우안 88.8%, 좌안 77.6%로 구면굴절력과 비교하여 낮은 상관성을 나타내었다. 자각적굴절검사의 원주굴절력과 자동굴절검사기의 원주굴절력(p=0.00)간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 전체적으로 원주굴절력이 구면 굴절력에 비해 많은 차이를 보이는 것으로 나타났다.

**4. 난시축(Cylindrical axis)**

우안의 경우 ±5도 범위내의 차이는 51.7%, ±10도 이내에는 20.0%, ±15도 범위 내에는 11.7%로 나타났다. 93.3%가 ±30도 이내의 차이를 보였으며 ±30도 이상의 차이를 보인 경우는 6.7%로 나타났으며, 좌안의 경우 ±5도 범위내의 차이는 54.8%, ±10도 이내에는 16.1%, ±15도 범위 내에는 11.3%로 나타났다. 95.2%가 ±30도 이내의 차이를 보였으며 ±30도 이상의 차이를 보인 경우는 4.8%로 매우 낮게 나타났다.

**5. Fourier analysis에 의한 J<sub>0</sub> Component와 J<sub>45</sub> Component 유의성 분석**

J<sub>45</sub> Component의 우안의 경우를 제외하고 자각적굴절검사와 비교하여 유의한 차이를 나타내지 않았으며, J<sub>0</sub> Component의 좌·우안 각각 경우 자각적굴절검사와 비교하여 0.001과 0.069의 차이를 나타냈으며 J<sub>45</sub> Component는 좌·우안 각각 -0.019와 -0.164로 매우 작은 차이를 나타내어 자각적굴절검사와 비교하여 자동굴절검사의 정확도가 높은 것으로 나타났다.

이상의 결과에서처럼 자동굴절검사기는 비교적 높은 신뢰도와 정확도를 나타내었으며, 더욱이 신속성과 효율성 가지고 있기 때문에 향후 임상에서 타각적굴절검사의 방법으로 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

**참고문헌**

1. Theodore Grosvenor, "Primary Care Optometry", 4th Ed, Butterworth-Heinemann, London, UK, p. 223(2001).
2. Kim Y. S., An H. S., and Jin Y. H., "A Study about the Accuracy of Automated Refraction", J. Korean Ophthalmol. Soc., 36(12):2207-2212(1995).
3. McBrien N. A. and Millodot M., "Clinical evaluation of

- the Canon Autorefractor R-1", Am. J. Optom. Physiol. Opt., 62:786-792(1985).
4. Mallen E. A., Wolffsohn J. S., Gilmartin B., and Tsujimura S., "Clinical evaluation of the Shin-Nippon SRW-5000 autorefractor in adults", Ophthalmic Physiol. Opt., 21(2): 101-107(2001).
5. Kinge B., Milelfart A., and Jacobsen G., "Clinical evaluation of the Allergan Humphrey 500 autorefractor and the Nidek AR-1000 autorefractor", Br. J. Ophthalmol., 80:35-39(1996).
6. Bullmore M. A. et al., "The repeatability of automated and clinician refraction", Optom. Vis. Sci., 75(8):617-622 (1998).
7. McCaghrey G. E. and Matthiws F. E. "Clinical evaluation of a range of autorefractors", Ophthal. Physiol. Opt., 13(2): 129-137(1993).
8. David B. Henson, "Optometric Instrumentation", Butterworth-Heinemann, London, UK, pp. 157-184(1983).
9. Davies L. N., Mallen E. A. et al., "Clinical evaluation of the Shin-Nippon NVision-K5001/Grand Seiko WR-5100K Autorefractor", Optom. Vis. Sci., 80:320-324.
10. Charman W. N., "A pioneering instrument, the Collins electronic refractionometer", Ophthalmic Optician, 16:345(1976).
11. Wood J. C., Papas E., Burghardt D., and Hardwick G., "A Clinical evaluation of the Nidek Autorefractor", Ophthalmic and Physiological Optics, 4(2):169-178(1984).
12. Reeves B. C. et al., "Evaluation of two infrared autorefractors in pseudophakia", Ophthalmic. Physiol. Opt., 12(4): 405-410(1992).
13. Elliott M., Simpson T., Richter D., and Fonn D., "Repeatability and accuracy of automated refraction: a comparison of Nikon NRK-8000, the Nidek AR-1000, and subjective refraction", Optom. Vis. Sci., 74(6):434-438(1997).
14. French C. N. and Jennings J. A. M., "Errors in subjective refraction: an exploratory study", Ophthalmic. Physiol. Opt., 14:797-806(1974).
15. Goss D. A. and Grosvenor T., "Reliability of refraction - aliterature review", J. Am. Optom. Assoc., 67:619-630 (1986).
16. Kinge B., Milelfart A., and Jacobsen G., "Clinical evaluation of the Allergan Humphrey 500 autorefractor and the Nidek AR-1000 autorefractor", Br. J. Ophthalmol., 80(1): 35-39(1996).
17. Charman W. N., Jennings J. A. M., and Whitefoot H., "The refraction of the eye in relation to spherical aberration and pupil size", Br. J. Physiol. Opt., 32:78-93(1978).
18. Thibos L. N., Wheeler W., and Horner D., "Power vectors:an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error", Optom. Vis. Sci., 74(6):367-375(1997).

## Repeatability Assessment of Autorefractor and Accuracy Analysis of Refraction Measurements by Fourier Analysis

Tae-hun Kim, Ki-Hun Ye, Jae-Kwang Kim and A-Young Sung

Department of Ophthalmic Optics, Daebul University

(Received April 30, 2008; Revised May 22, 2008; Accepted June 10, 2008)

**Purpose:** We have evaluated both the reliability and accuracy of refractive measurement from autorefractor by comparing with subjective refraction data. **Methods:** Measurements of refractive error were performed on 198 eyes of 99 subjects in noncycloplegic condition. Also we analyzed refraction results and evaluated repeatability and accuracy of subjective refraction and autorefraction. Furthermore we analyzed accuracy of autorefractor by Fourier analysis. **Results:** Reliability coefficient of the autorefraction for the right eye were determined to be 0.993, 0.974 and 0.925 respectively, in the spherical, cylindrical component and cylindrical Axis. Also, the reliability coefficient of the autorefraction for the left eye were found to be 0.991, 0.948 and 0.886, respectively, in the spherical, cylindrical component and cylindrical Axis. From the Fourier analysis no statistically significant differences in  $J_0$  component were found between the auto and subjective refraction measurements ( $p>0.05$ ) whereas difference of refractive power of  $J_{45}$  component when compared with the subjective refraction were  $-0.019$ ,  $-0.164$ . **Conclusions:** We conclude that autorefractormeter can be effectively used to measure the refractive power within the error limits.

**Key words:** autorefractor, repeatability, accuracy, Fourier analysis