

The Utilization Status of Trial Lenses by Optometrists and Differences in Visual Acuity according to the Insertion Order

Yeong eun Yang^{1,a}, Hyeok Kim^{1,b}, Hyun Dong Choi^{1,c}, So Ra Kim^{2,d}, and Mijung Park^{2,e,*}

¹Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Student, Seoul 01811, Korea

²Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea

(Received May 15, 2026; Revised May 28, 2026; Accepted June 5, 2026)

Purpose: This study investigated whether the insertion order of trial lenses in a trial frame affects visual quality during refraction. **Methods:** A survey was conducted among 39 opticians to examine current lens insertion practices. For the clinical evaluation of 40 eyes, the number of digital optotypes read was compared across various lens sequences involving spherical and cylindrical lenses. The results were analyzed according to changes in optotype size and chart contrast. **Results:** The survey revealed inconsistent lens insertion methods and available lens powers across clinics. Significant differences in the number of optotypes read were observed depending on the overlapping order, regardless of optotype size or chart contrast. Visual performance was the highest with the SC sequence and progressively declined through the SSC, CSS, CS, and SCS arrangements. The subjects with moderate and higher refractive power exhibited the most significant disparities, particularly under low chart contrast and small optotype conditions. **Conclusions:** The overlapping order of trial lenses significantly impacts the number of optotypes read. To minimize errors in subjective refraction, standardized protocols for lens arrangement are essential, especially for patients with high refractive power or those in low-contrast environments.

Key words: Insertion order, Trial lens, Refraction, Chart contrast

서 론

2023년 대한안경사협회의 안경 및 콘택트렌즈 사용률 조사에 따르면 전체 74.0%가 시력보정기구를 착용하는 것으로 나타났으며 지난 2021년 대비 16.0% 증가한 수치이다. 그 중 성인의 안경 사용률은 71.0%, 콘택트렌즈 착용률은 23.0%로 보고되었으며 성인뿐만 아니라 초·중·고등 학생의 안경 및 콘택트렌즈 사용률도 2021년 대비 26.7% 상승해 64.6%로 증가하는 경향을 보였다. 특히 코로나19 팬데믹 이후 시생활 환경의 변화, 디지털 환경 등으로 시력 보정기구 착용률이 급증하는 경향을 보이면서 소비자는 안경의 정확한 처방과 피팅이 더욱 중요시하게 되고, 안경사에게 요구되는 전문적인 검안에 대한 기대가 증가되고 있다.^[1]

안경원에서는 자각적 굴절 검사로 포롭터(phoropter)와 시험렌즈 세트(trial lens set)가 사용되고 있다. 포롭터는 1매부터 최대 5매까지 렌즈의 중첩이 가능하며, 시험렌즈

세트는 1매에서 최대 3매까지 중첩하여 검사가 이루어진다. 그러나 실제로 일상생활에 착용하는 안경의 경우, 1매의 단일 렌즈로 제작되기 때문에 굴절 검사 시 렌즈 중첩으로 인한 처방값 결정에 오류가 생길 수 있다. 렌즈 중첩으로 인해 예상할 수 있는 문제점으로는 굴절력, 수차, 배율, 프리즘 효과, 가성근시 등이 있다.^[2,3,4] Lee 등의 자동 포롭터 내부 렌즈의 합성 굴절력에 대한 신뢰도를 평가한 연구에서는, 구면렌즈와 원주렌즈의 중첩 순서에 따라 굴절력의 차이가 발생하였으며,^[5] 자동 포롭터 및 시험렌즈를 이용한 안경 처방의 신뢰도를 평가한 연구에서는 동일한 굴절력임에도 불구하고 안경, 시험테, 포롭터 순으로 시력이 낮게 측정되는 결과를 보였다.^[6] 또한, 중첩된 시험렌즈의 합성굴절력 신뢰도를 분석한 연구에서는 구면렌즈가 안쪽, 원주렌즈가 바깥에 삽입되었을 경우 굴스트란드 공식에 의해 원주 굴절력만 오차가 발생하지만 원주렌즈를 안쪽, 구면렌즈를 바깥쪽에 대입하면 구면 굴절력과 원주 굴절력 모두 굴절력의 오차를 나타내었다.^[2]

본 논문은 「2024 한국안광학회 동계학술대회」에서 구연으로 발표되었음.

*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-6228, E-mail: mjpark@seoultech.ac.kr

Authors ORCID: ^a<https://orcid.org/0009-0000-6328-124X>, ^b<https://orcid.org/0009-0000-7441-4060>, ^c<https://orcid.org/0000-0003-0947-888X>, ^d<https://orcid.org/0000-0002-4645-741>,

^e<https://orcid.org/0000-0001-8786-2815>

시험렌즈 중첩 과정에서 발생하는 렌즈 중심 두께 및 시험테의 간극에 의한 오차는 전체적인 기하광학적 특성에 영향을 줄 수 있다. 특히 안경배울 공식에 따르면 시험렌즈 중첩에 따른 정간거리의 증가는 상배울 및 망막상의 크기의 변화를 발생시킬 수 있으며,^[7] 이는 최종적인 교정굴절력에도 영향을 미치게 된다.^[8] 또한 시험렌즈 중첩 과정에서 중심 위치가 달라질 경우에는 광학 중심이 일치하지 않게 되면서 광학적 왜곡이 발생할 수 있다. Moodley 등에 따르면 안경 렌즈의 광학 중심이 일치하지 않을 경우 의도하지 않은 프리즘 효과가 발생되게 되어 눈의 피로와 안정피로를 유발해 시각적 피로감에도 직접적인 영향을 미칠 수 있다.^[9] 이처럼 렌즈의 중첩은 물리적인 광학적 오차부터 굴절력 측정의 신뢰도가 저하될 수 있으며 이는 시각적 피로의 증가로 이어질 수 있다. 특히 발생된 왜곡은 높은 굴절력 보정이 필요할수록 불편감이 증가할 수 있어 시험렌즈 중첩으로 인한 착용자의 시력을 정량적으로 분석할 필요가 있다. 현재 시험렌즈 배열 방식에 따른 굴절력 차이와 시력에 대한 연구는 다수 보고되었으나 실제 임상에서 발생하는 다양한 중첩 방식에 관한 연구는 아직 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 안경사를 대상으로 시험렌즈의 중첩순서에 대한 실태조사를 실시하였으며, 구면도수를 절반으로 나눠 2매의 구면렌즈로 합성 굴절력을 만들었을 때 순서 변화에 따라 시력의 차이가 발생되는지를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2024년 3월부터 10월까지 안경사 총 39명을 대상으로 구글 문서 도구(Google Docs, Google Inc. USA)를 활용하여 시험렌즈 중첩 방식에 대한 설문조사를 실시하였다. 설문 내용은 0.25 D 단위의 렌즈 보유현황, 2매 시험렌즈 중첩순서, 3매 시험렌즈 중첩순서, 근용 도수 가입 시 시험렌즈 중첩순서 등 총 4문항으로 구성되었다.

실험 대상자는 안질환 및 안과적 수술 경험이 없고 단안 교정시력이 1.0 이상인 21명(남자 10명, 여자 11명)으로 시

험렌즈 중첩 순서에 따른 읽은 시표의 개수를 평가하였다. 총 42안 중 단안최대교정시력이 0.8 이하인 2안을 제외하여 최종 40안을 대상으로 분석하였다(Table 1).

2. 실험방법

자동안굴절력계(HRK-8000A, Huvitz, Korea)와 포롭터를 사용하여 완전교정 굴절력을 측정하였다. 검사거리는 3 m에서 측정되었으며 검사조도는 약 60 lx의 조건에서 진행되었다.

피험자와 시험렌즈 사이 정점간거리를 12 mm로 맞추고 후 시험테(HASEGAWA 580 Univ model, Japan)에 완전교정값을 시험렌즈(Lianyungang tiannuo optical, PL232BI, China)의 배열 순서를 조정하며 중첩을 추가하였다. 또한 3매의 렌즈 중첩 시에는 구면렌즈의 경우 완전교정 구면굴절력/2 렌즈 2매를 사용하였다. 시험렌즈의 배열 평가는 단안으로 진행되었으며, 대비감도는 디지털차트(HDC-9000PF, Huvitz, Korea)에 내장된 숫자시표를 사용해 고대비(100%), 중대비(50%), 저대비(25%)로 변화시켜 측정하였다. 고대비(100%)의 숫자시표를 0.9, 1.0, 1.2 시표크기의 순으로 각각 5개씩 읽게 하였고, 이후 중대비(50%), 저대비(25%)로 낮추어 다시 동일한 순으로 서로 다른 숫자시표들을 읽게 하였다. 모든 숫자들은 무작위로 제시되었으며 안구 피로에 따른 오차를 최소화하기 위해 각 시표 대비 평가 간 1분의 쉬는 시간을 가졌다.

3. 통계분석

각각의 조건 간 완전교정 값과 읽은 시표의 개수들 간의 통계적 유의성은 SPSS(version 23.0 for windows) 프로그램을 사용하여 수행되었다. 자동안굴절력계와 포롭터 검사 방법 간 완전교정값의 통계적 유의성은 Paired T-test를 사용하여 분석하였으며, 읽은 시표의 개수를 종속변수로 설정하고, 교정방법과 시표의 크기 및 시표의 대비를 고정요인으로 하여 일원배치분산분석(ANOVA)을 수행하였으며 Bonferroni test를 통해 사후검정을 진행하였다. 대상자의 굴절력을 분류하여 세 개 이상의 조건과 독립된 집단 간 렌즈 장입 순서에 따른 읽은 개수의 차이는 Friedman test와 Kruskal-Wallis test를 실시하였다. 두 독립된 집단 차이를 비교하기 위해 Mann-Whitney U test를 실시하였다. 사후검정은 Wilcoxon signed-rank test를 사용하였으며, $p < 0.05$ 인 경우 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 시험렌즈 사용 실태조사

안경사 총 39명을 대상으로 0.25 D 단위의 렌즈 보유 현

Table 1. Biometric data of the study participants

Number or Average		
Gender	Male	10
	Female	11
No. of Eyes		40
Age (years)		22.5±1.82
Refractive power (D)	Spherical	-3.79±1.76 D (-0.75~-8.25)
	Cylindrical	-1.36±0.80 D (-0.25~-3.00)

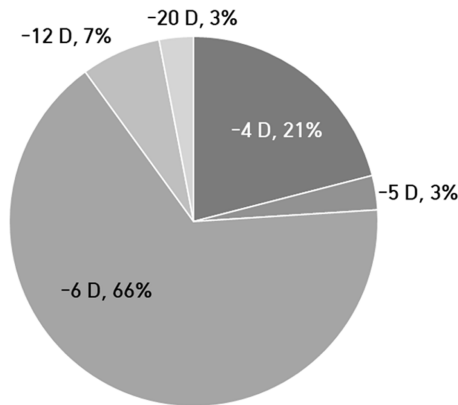


Fig. 1. Current status of -0.25 D step lens inventory among opticians and optometrists.

황을 조사했을 때 66.0%(26명)은 -6.00 D까지 0.25 D 단위의 렌즈를 보유하고 있었으며, 21.0%(8명)은 -4.00 D, 7.0%(3명)은 -12.00 D, 각각 3.0%(2명)은 -5.00 D, -20.00 D 까지 보유하고 있다고 응답하였다(Fig. 1).

2매의 시험렌즈 중첩순서에 대한 질문에서는 100%(39명) 모두 구면렌즈(S, spherical lens)를 안쪽, 원주렌즈(C, cylindrical lens)를 바깥쪽에 장입하였다.

3매의 시험렌즈 중첩순서는 73.0%(28명)이 안쪽부터 구면렌즈, 구면렌즈, 원주렌즈 순(SSC)으로, 27.0%(11명)는 구면렌즈, 원주렌즈, 구면렌즈 순(SCS)으로 장입하였다(Fig. 2).

근용 도수 가입 시에는 73.0%(28명)이 안쪽부터 구면렌즈(S), 원주렌즈(C), 가입도(A, near addition) 순으로, 12.0%(5명)은 가입도, 구면렌즈, 원주렌즈 순(ASC)으로 장입하였다. 구면렌즈와 가입도를 합한 구면도수를 장입하고 원주렌즈를 장입하는 순(S+AC)으로는 11.0%(4명), 구면렌즈, 가입도, 원주렌즈 순(SAC), 원주렌즈를 장입 후 구면렌즈와 가입도를 합한 도수를 장입하는 순(CS+A)으로는 각각 2.0%(2명)이 응답하였다(Fig. 3).

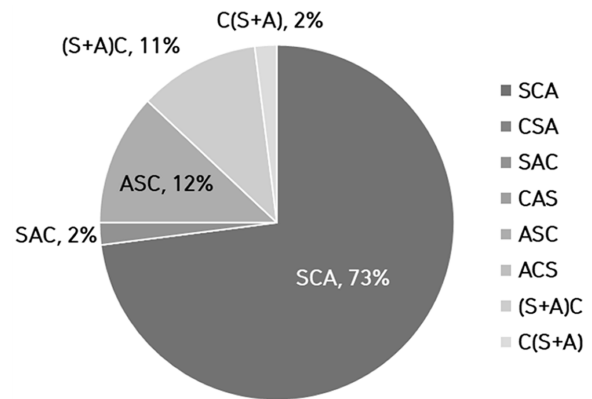


Fig. 3. Sequence of test lens insertion for near addition. (S: Spherical lens, Add: Near addition lens)

2. 시험렌즈 장입순서에 따른 숫자시표의 대비와 시표크기에 따른 읽은 개수의 변화

본 연구에서는 시험테에 SC, CS, SSC, SCS, CSS 순서로 시험렌즈를 장입하여 100, 50, 25% 숫자 시표의 대비와 0.9, 1.0, 1.2 시표로 크기가 달라졌을 때 읽은 시표의 개수를 확인하였다. 시표의 대비 별로 살펴보면 고대비(100%)에서는 평균 3.56 ± 1.65 개를 읽었으며, 중대비(50%)에서는 3.38 ± 1.62 개, 저대비(25%)에서는 2.97 ± 1.7 개를 읽었다. 이는 대비가 감소함에 따라 대상자들이 읽은 시표의 개수가 통계적으로 유의하게 감소하는 경향을 확인해 볼 수 있었다($p=0.000$)(Fig. 4). 사후검정결과 대비의 변화는 유의한 차이를 보였으며($p<0.05$), 100, 50, 25% 순서로 감소하는 양상을 보였다.

시표 대비 100% 및 시험렌즈 장입순서가 SC인 조건에서 0.9, 1.0, 1.2 시표로 크기가 변할 경우 읽은 숫자시표의 개수를 분석하였다. 0.9 시표는 평균 4.52 ± 0.65 개, 1.0 시표는 평균 3.94 ± 0.94 개, 1.2 시표는 평균 1.44 ± 1.36 개를 읽어 시표의 크기가 작아질수록 대상자들이 읽은 시표의 개수가 통계적으로 유의하게 감소하였다($p=0.000$)(Fig. 4).

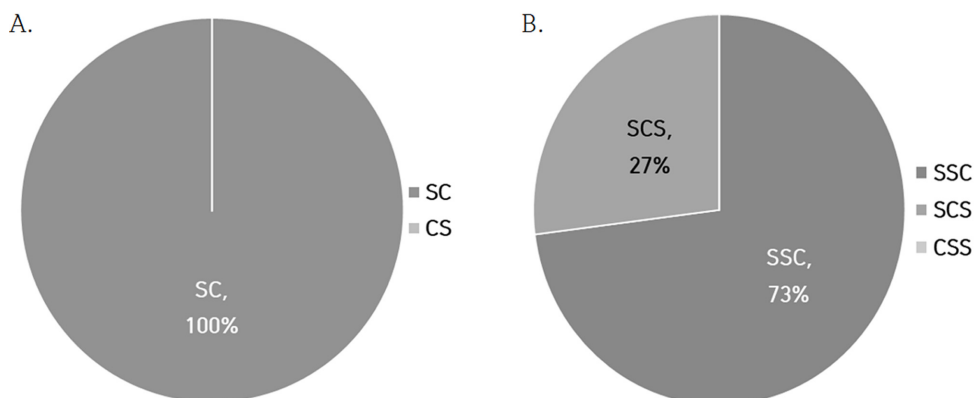


Fig. 2. Survey of the combination of trial lenses. A. Two-lens overlap, B. Three-lens overlap. (S: Spherical lens, C: Cylindrical lens)

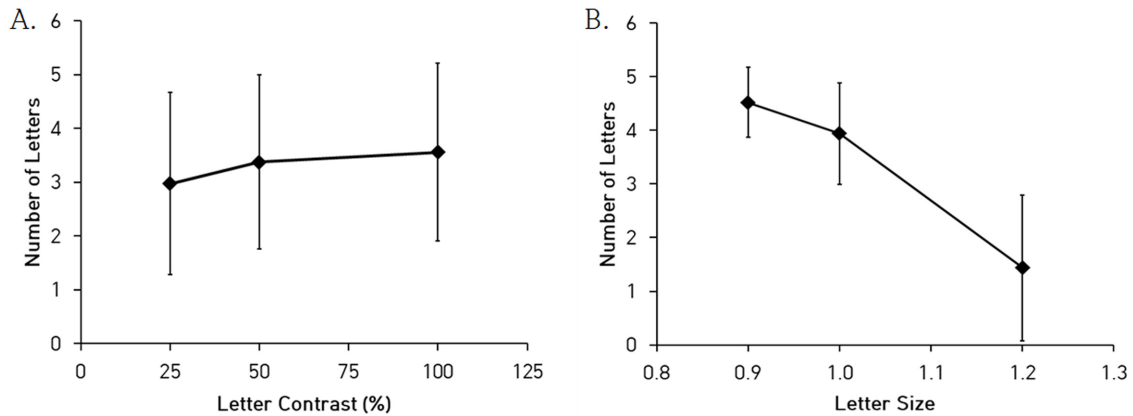


Fig. 4. Number of read optotypes according to chart parameters. A. Chart contrast, B. Chart size.

본 연구에서의 시험렌즈 장입순서 실태 조사 결과를 참고하여 구면렌즈(S)와 원주렌즈(C)의 배열을 달리하였을 때의 변화를 세부적으로 분석하였다. 시험렌즈를 SC, CS, SSC, SCS, CSS로 장입순서를 달리하면서 시표 읽은 개수를 알아보았다. SC의 장입순서에서는 평균 3.49 ± 1.70 개, CS는 3.23 ± 1.67 개, SSC는 3.34 ± 1.63 개, SCS는 3.19 ± 1.69 개, CSS는 3.26 ± 1.67 개를 읽어 시험렌즈의 장입순서가 변할 경우 대상자들이 읽은 시표의 개수가 SC, SSC, CSS, CS, SCS 순으로 통계적으로 감소하였다($p=0.000$)(Fig. 5). 사후검정결과 SC는 CS, SCS, CSS와 유의한 차이를 보였다, 또한 시표크기와 시표대비의 상호작용 또한 통계적으로 유의하였다($p=0.007$). 그러나 시험렌즈 배열과 시표크기나 시표대비의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않았으며($p=0.620$, $p=0.339$), 이는 시표크기와 시표대비의 변화와는 상관없이 시험렌즈 배열 자체가 시표의 읽은 개수에 직접적인 영향을 미침을 의미한다.

3. 굴절력에 따른 읽은 시표의 개수

대상자의 굴절력을 분류한 후 시표의 대비와 시표크기를 달리하였을 때 읽은 시표의 평균 차이를 확인하였다. 굴절력

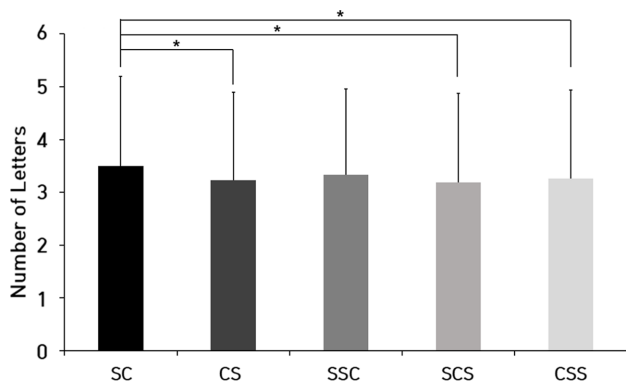


Fig. 5. Effects of insertion order on the number of read optotypes.

분류 기준은 연구 대상자의 구면도수 범위에 따라 -0.75 D ~ 3.00 D 범위를 저도, -3.25 D ~ 6.00 D 범위는 중등도, -6.25 D 이상 범위는 고도로 분류하였다.^[10] 고도 그룹의 경우 연구 대상자 표본 수가 3명으로 분석하기에 적어 제외하고 분석하였다. 원주도수는 -0.50 D ~ 1.00 D는 저도, -1.25 D ~ -2.00 D는 중등도, -2.25 D ~ 3.00 D는 고도로 나눴다.^[11] 각 시표 대비 조건에서 SC, CS, SSC, SCS, CSS로 시험렌즈의 중첩순서를 달리하면서 읽은 개수의 평균값을 나타내었다. 모든 분석은 동일한 굴절력 그룹 내에서 SC와 비교 시 장입순서에 따른 읽은 개수의 차이를 분석하였으며 동일한 장입순서에서 굴절력에 따른 그룹 간의 차이도 비교하였다.

고대비(100%) 조건의 0.9 및 1.0 시표에서 중등도의 구면도수와 중등도 이상의 원주도수를 가진 대상자는 렌즈 장입순서에 따라 유의한 차이가 나타났다. SC와 비교하였을 때 0.9 시표에서 중등도 구면도수와 원주도수를 가진 그룹은 SSC, CS 순서 시 유의한 읽은 개수의 감소가 나타났다($p=0.042$). 또한, 1.0 시표에서는 중등도 구면도수와 고도 원주도수를 가진 그룹에서 CSS와 SCS에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.024$). 동일한 SC에서는 원주도수에 따라 대상자의 식별하는 읽은 개수의 차이가 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=0.035$)(Table 2).

중대비(50%) 조건에서는 0.9 시표에서 장입순서에 따라 유의한 차이를 보였다. 저도 구면도수와 중등도 원주도수를 가진 그룹에서 SC와 비교 시 CSS에서 읽은 개수가 낮게 나타났다($p=0.025$). 중등도 구면도수와 저도 원주도수를 가진 그룹에서도 CSS에서 읽은 개수가 유의하게 감소하는 경향을 보였다($p=0.019$). 1.0 시표에서 동일한 장입순서로 분석했을 때 전체 저도 구면도수 그룹은 시험렌즈의 장입순서에 따른 유의한 차이를 보였으며($p=0.030$), 1.2 시표에서도 전체 중등도 구면도수 그룹에서 장입순서에 따른 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=0.008$)(Table 3).

Table 2. Comparison of the number of letters read according to refractive power and trial lens insertion order at 100% contrast

Letter Contrast (%)		Size of Letters																	
100%		0.9						1.0						1.2					
Refractive power (D)		Insertion order																	
S	C (N=40)	SC	SSC	CSS	CS	SCS	<i>p</i>	SC	SSC	CSS	CS	SCS	<i>p</i>	SC	SSC	CSS	CS	SCS	<i>p</i>
Low	Low (N=9)	5.0	4.9	4.9	4.8	4.8	0.592	4.9	4.7	4.9	4.4	4.7	0.185	2.7	2.3	3.0	2.6	2.4	0.418
	Mid (N=6)	5.0	4.8	4.8	4.7	4.5	0.115	4.8	4.3	4.5	4.0	4.2	0.103	2.8	2.3	2.0	2.0	2.3	0.151
	High (N=0)	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	
	<i>p</i>	1.000	0.776	0.864	0.776	0.388	0.266	1.000	0.529	0.456	0.272	0.388	0.050	0.955	0.955	0.050	0.456	0.776	0.158
Mid	Low (N=6)	4.7	4.3	4.3	4.7	4.3	0.518	4.3	3.7	4.0	4.7	3.5	0.090	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3	0.991
	Mid (N=10)	5.0	4.4*	4.7	4.5*	4.8	0.042	4.4	4.3	4.0	4.0	4.1	0.105	1.2	0.7	0.8	0.9	0.7	0.965
	High (N=6)	5.0	4.8	4.5	4.5	4.7	0.186	4.8	4.5	3.7*	4.2	3.7*	0.024	1.0	1.0	0.8	0.7	1.3	0.798
	<i>p</i>	0.061	0.168	0.367	0.792	0.393	0.159	0.035	0.100	0.417	0.100	0.334	0.278	0.908	0.355	0.631	0.444	0.403	0.064

*SC: spherical lens-cylindrical lens, SSC: spherical lens-spherical lens-cylindrical lens, CSS: cylindrical lens-spherical lens-spherical lens, CS: cylindrical lens-spherical lens, SCS: spherical lens-cylindrical lens-spherical lens

* $p < 0.05$ (indicating a statistically significant difference compared to the SC insertion order based on post-hoc analysis)

Table 3. Comparison of the number of letters read according to refractive power and trial lens insertion order at 50% contrast

Letter Contrast (%)		Size of Letters																	
50%		0.9						1.0						1.2					
Refractive power (D)		Insertion order																	
S	C (N=40)	SC	SSC	CSS	CS	SCS	<i>p</i>	SC	SSC	CSS	CS	SCS	<i>p</i>	SC	SSC	CSS	CS	SCS	<i>p</i>
Low	Low (N=9)	4.9	4.7	4.7	4.6	4.8	0.406	4.3	4.4	4.4	3.8	4.6	0.582	2.7	3.2	2.6	2.6	2.8	0.717
	Mid (N=6)	4.8	5.0	4.2*	4.8	4.8	0.025	4.3	4.0	3.8	3.7	4.0	0.373	2.8	2.8	2.2	2.0	2.0	0.109
	High (N=0)	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	
	<i>p</i>	0.864	0.328	0.224	0.388	0.864	0.662	0.864	0.388	0.181	0.698	0.145	0.030	0.776	0.388	0.529	0.607	0.224	0.147
Mid	Low (N=6)	4.5	4.8	3.8*	4.5	4.7	0.019	3.8	3.8	3.3	4.2	3.5	0.822	1.3	1.3	1.2	1.3	1.2	0.980
	Mid (N=10)	4.8	4.5	4.4	4.0	4.4	0.191	4.4	3.9	3.7	3.5	3.6	0.078	0.8	1.1	0.6	0.8	0.5	0.209
	High (N=6)	4.5	4.3	4.2	4.2	4.3	0.905	3.7	4.3	3.3	4.2	3.3	0.178	0.3	0.7	1.2	0.3	0.8	0.507
	<i>p</i>	0.363	0.359	0.257	0.451	0.559	0.468	0.107	0.497	0.649	0.334	0.892	0.918	0.180	0.504	0.400	0.141	0.421	0.008

*SC: spherical lens-cylindrical lens, SSC: spherical lens-spherical lens-cylindrical lens, CSS: cylindrical lens-spherical lens-spherical lens, CS: cylindrical lens-spherical lens, SCS: spherical lens-cylindrical lens-spherical lens

* $p < 0.05$ (indicating a statistically significant difference compared to the SC insertion order based on post-hoc analysis)

저대비(25%) 조건에서는 비교적 식별이 용이한 0.9 시표 시 장입순서에 따라 차이가 나타나지 않았으나 시표크기가 더 작아진 1.2 시표에서는 전체적으로 평균 읽은 개수가 더 감소가 관찰되었다. 1.0 시표에서 중등도 구면도수와 저도 원주도수 그룹은 SC와 비교하였을 때 CSS와 SCS 순서에서 통계적으로 감소하는 경향을 보였다($p=0.004$). 또, 1.0 시표에서 중등도 구면도수와 중등도 원주도수 그룹에서는 SSC와 CS 순서에서 유의미한 식별 저하를 나타내었다($p=0.014$). 동일한 SSC와 CSS 장입순서에서 대상자의 원주도수 차이에 따라 읽은 글자의 개수가 통계적으로 유의하게 나타났다($p=0.042$, $p=0.043$)(Table 4).

본 연구는 안경사를 대상으로 시험렌즈 보유현황과 장입순서에 대한 설문 조사를 진행하였다. 2매의 시험렌즈

장입 순서는 설문에 참여한 대상자 모두 SC 순서로 장입하였으며 3매의 시험렌즈 장입 순서로는 SSC, SCS 순으로 조사되었다. 이러한 결과는 2매의 시험렌즈 장입순서의 경우 구면렌즈를 기준으로 굴절 중심을 설정하는 임상적 절차에서 기인한 것으로 해석된다. 반면 3매 시험렌즈 중첩 시에는 다양한 장입순서가 관찰되어 현재 시험렌즈 중첩방식에 대한 표준화가 이루어지지 않아 나타난 결과로 볼 수 있다. 시험렌즈 장입순서를 달리하였을 때 숫자 시표의 대비와 시표크기 변화에 따른 읽은 개수 차이를 살펴보면 SC, SSC, CSS, CS, SCS 순으로 통계적으로 감소하였다. Lee 등은 같은 굴절력을 가지고 있어도 포롭터보다는 시험렌즈에서 완전교정에 가까운 시력이 도출되며 2매의 시험렌즈를 중첩하였을 때 구면렌즈가 원주렌즈 안쪽

Table 4. Comparison of the number of letters read according to refractive power and trial lens insertion order at 25% contrast

Letter Contrast (%)		Size of Letters																	
25%		0.9						1.0						1.2					
Refractive power (D)		Insertion order																	
S	C (N=40)	SC	SSC	CSS	CS	SCS	<i>p</i>	SC	SSC	CSS	CS	SCS	<i>p</i>	SC	SSC	CSS	CS	SCS	<i>p</i>
Low	Low (N=9)	4.4	4.3	4.9	4.2	4.8	0.107	4.3	4.1	4.2	3.3	4.2	0.194	1.9	2.2	2.3	1.7	2.4	0.613
	Mid (N=6)	4.3	4.3	4.0	4.0	4.2	0.863	3.2	3.2	3.3	3.3	3.2	0.977	1.8	1.5	1.3	1.5	1.2	0.464
	High (N=0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>p</i>	0.955	0.864	0.066	0.864	0.607	0.122	0.224	0.066	0.181	0.776	0.272	0.009	0.864	0.328	0.224	0.776	0.050	0.041
Mid	Low (N=6)	3.8	4.3	4.2	4.3	4.0	0.574	4.2	3.8	2.5 [*]	3.7	2.2 [*]	0.004	1.0	1.0	0.5	1.0	0.8	0.483
	Mid (N=10)	4.4	3.8	4.2	4.4	3.8	0.194	4.0	2.7 [*]	3.5	3.2 [*]	3.0	0.014	0.7	0.7	0.6	1.2	0.3	0.058
	High (N=6)	4.5	4.3	4.5	4.3	4.0	0.556	3.5	3.0	3.7	4.0	2.8	0.076	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	0.999
	<i>p</i>	0.498	0.256	0.627	0.969	0.912	0.553	0.192	0.042	0.043	0.194	0.149	0.725	0.358	0.237	0.829	0.386	0.125	0.016

*SC: spherical lens-cylindrical lens, SSC: spherical lens-spherical lens-cylindrical lens, CSS: cylindrical lens-spherical lens-spherical lens, CS: cylindrical lens-spherical lens, SCS: spherical lens-cylindrical lens-spherical lens

* $p < 0.05$ (indicating a statistically significant difference compared to the SC insertion order based on post-hoc analysis)

에 배치된 조합이 굴절력 오차가 적다고 보고하였다.^[6] 이러한 연구 결과는 2매의 렌즈를 중첩할 경우 구면렌즈가 안쪽에 배치하는 것이 완전교정값에 영향을 적게 미칠 수 있음을 의미한다. 본 연구에서 실시한 실태조사 결과도 모든 응답자가 구면렌즈를 안쪽에 넣고 있어 굴절력 오차를 최소화하는 시력을 도출하기 위한 장입 방식을 시사한다. 또, 2매를 중첩 시보다 구면도수를 절반으로 나누어 3매로 중첩할 경우 읽은 시표의 개수가 달라짐을 확인하였다. 이를 통해 렌즈의 두께와 시험테에 의한 간극으로 인해 굴절력 오차가 생김을 확인해볼 수 있었다. 그러나 굴절력에 따른 읽은 시표의 개수를 확인해보면 장입순서에 따른 시표 개수의 차이가 시표크기에 따라 일관되지 않는 경향을 보였다. 이는 실험 반복에 따른 연구 대상자의 학습 효과와 반복적인 측정으로 인한 집중력의 저하로 결과로 해석된다.

또한 Lee 등의 연구에서는 2매의 시험렌즈 굴절력 합이 중첩순서에 따라 달라짐을 보고하였다. 구면굴절력 -2.00 D에서 -20.00 D까지를 시험테의 안쪽, 원주굴절력 -2.00 D에서 -6.00 D를 바깥쪽에 장입하여 시험렌즈 중첩 시의 최대 굴절력 변화를 알아보았을 때 SC 배열은 구면렌즈 -0.04 D, 원주렌즈 -0.06 D의 굴절력 차이가 있었으며 CS 배열은 각각 -0.08 D, -0.04 D의 차이가 있었다고 보고하였다.^[2] 본 연구의 결과는 렌즈 중첩개수와 장입순서가 복합적으로 작용하여, 대상자의 교정시력에 유의한 영향을 미쳐 시험렌즈 테에 착용 시 차이가 나타났다. 대상자의 굴절력에 따른 평균 읽은 개수를 확인한 결과 저도수에서도 장입 순서에 따른 유의한 차이가 나타났으며, 굴절력이 높을수록 읽은 개수 감소가 더 크게 나타났다. 선행연구에 따르면 렌즈를 2매 중첩할 때 CS 배열에서 더 높은 굴절력 오차

가 나타났으며, 이와 동일하게 본 연구에서도 CS 배열 조건일 때 평균 읽은 개수가 더 크게 감소하였다.

구면도수의 굴절력을 절반으로 나누어 CS, SCS, CSS 배열 조건을 비교하였을 때, SSC 배열에서 시력의 질이 가장 우수하였으나 SC 배열과 비교하였을 경우 시력이 비교적 낮게 측정되었다. 이는 세 개의 시험렌즈를 중첩할 경우 정간거리의 증가가 시력에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다. 특히 실제 임상에서는 시험렌즈의 정간거리와 실제 안경테의 정간거리의 차이 등과 같은 다양한 오차가 결합되어서 최종적인 실제 교정값의 차이가 나타날 수 있다. 따라서 시험렌즈 중첩순서에 의한 과교정 또는 저교정을 줄이기 위해 시험 렌즈 중첩 시 순서를 고려해야 할 것으로 생각된다. 선행 연구에 따르면 과교정 시 근거리에서 수평사위가 증가하며^[12] 난시 저교정 시에는 상이 최소착각원 형태로 결상되어 교정시력이 감소하고 눈의 피로도 가 증가한다고 보고된 바 있다.^[13] 검안 시 안경사가 의도한 교정값을 정확히 구현하는 것이 교정 시력과 시기능에 중요한 영향을 미치기 때문에 임상에서 시험렌즈의 규격과 배열순서에 대한 표준화가 필요하며 고도 도수를 가진 대상자의 경우 작은 굴절력 차이도 시기능 저하로 이어질 수 있기에 더욱 주의가 요구될 수 있다. 본 연구를 통해 SC 순서로 시험렌즈를 중첩하는 게 착용자로 하여금 교정값의 오차를 줄이는 장입 방식이지만 2매의 시험렌즈로는 교정이 불가피할 경우 SSC 배열로 시험렌즈를 장입하는 것을 권장한다.

본 연구는 현재의 결과만으로도 검안 과정에서 사용되는 2매와 3매의 시험렌즈 장입순서가 배열에 따라 시각적 질에 차이가 있음을 밝혔고 교정값의 오차를 줄이는 구면렌즈와 원주렌즈의 도수 분리 및 장입순서를 제시하였다

는데 의의가 있다.

또한 연구 대상자의 굴절력에 따라 분류하였을 때 시험렌즈 장입순서에 따른 읽은 시표 개수 차이가 저대비 환경에서 크게 나타남을 확인하였다. 이는 기존의 고대비(100%) 시표 기반의 검안뿐만 아니라 일상생활에서 경험하는 저대비 환경에서의 시기능에 대한 고려가 필요함을 시사한다. 따라서 향후 다양한 대비 조건을 고려한 시험렌즈 장입순서에 대한 접근이 필요할 것으로 생각된다.

그 외에도, 시각적 질을 평가하기 위해 수차, 대비감도, 주관적 설문지 등을 포함한 시각적 질을 나타내는 많은 연구가 필요할 것으로 보이며, 장입순서에 영향이 클 수 있는 고도 굴절이상군의 표본 수가 부족하였기 때문에 향후 더 많은 표본으로 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

본 연구는 임상에서 시험테에 시험렌즈를 장입하는 방식에 대한 실태조사와 시험렌즈 중첩순서에 따라 대상자의 시력의 차이가 생기는지를 알아보았다.

시험렌즈 사용 실태조사를 통해 임상에서 다양한 시험렌즈 배열로 자각적인 굴절 검사가 이루어지며, 일정 디옵터 이상부터는 0.25 D 단위의 렌즈를 구비하지 않고 있었다. 이에 따라 도수를 나누어 2매 혹은 3매의 시험렌즈를 장입하는 순서에 따라 읽은 시표 개수를 측정하였을 때 SC에서 가장 높았으며, 이후 SSC, CSS, CS, SCS 순으로 감소하는 경향을 보여 시험렌즈 배열 방식이 단순한 도수 차이뿐만 아니라 착용자의 시력에 직접적인 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다. 본 연구 결과 시표크기와 시표대비의 변화와는 무관하게 구면도수를 분리하여 2매의 구면렌즈 중첩 시 읽은 시표의 개수가 감소하였으며, 이를 통해 시험렌즈 세트를 이용한 자각적 굴절검사 시 렌즈 중첩순서로 인해 대상자의 완전교정 도수가 달라질 수 있음을 알 수 있었다. 또한 SC 순서로 시험렌즈를 중첩하는 게 착용자로 하여금 시력을 높이는 장입 방식이지만 2매의 시험렌즈로는 교정이 불가피할 경우 SSC 배열로 시험렌즈를 장입하는 것이 굴절력의 오차가 적어 착용자의 시력을 높일 수 있음을 밝혔다. 굴절력에 따른 분석에서는 중등도 이상의 구면도수와 원주도수를 가졌을 경우 시험렌즈 장입순서에 따른 읽은 시표개수의 차이가 더 뚜렷하게 나타났으며 저대비 조건에서 시력의 저하가 나타남을 확인하였다. 이는 대상자의 굴절력과 검사 환경에 따라 시험렌즈의 중첩 방식이 큰 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

안경사를 대상으로 진행한 설문조사 응답에서 확인되었듯이 현재 임상에서는 시험렌즈의 도수 단위가 일정 디옵터 이상부터는 구비되어 있지 않거나 고도 도수 교정 및

근용 도수 처방 시 렌즈의 중첩이 불가피해지는 경우가 발생하고 있다. 또, 검안 시 고대비(100%) 시표를 사용하여 시력을 평가하지만 실제 생활에서는 저대비 환경에 많이 노출되기에 시험렌즈 중첩순서 오류로 인해 발생하는 오차가 시기능에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 자각적 굴절검사의 처방값의 오차를 줄이기 위해서는 시험렌즈 중첩순서에 대한 고려가 필요하다. 더 나아가 임상 실무에서 표준화된 검안 절차를 확립하기 위해 시험렌즈 구성요소 및 사용에 대한 표준화가 필요함을 제안한다.

REFERENCES

- [1] Korean optometric association. 2023 national survey on the use of glasses and contact lenses, 2023. <https://www.optic.or.kr/boards/glasses/view?lv1=&sfl=sfl2&stx=%EC%A1%B0%EC%82%AC&id=31951> (10 June 2026).
- [2] Lee HK, Kim SR, Park M. The evaluation of reliability for the combined refractive power of overlapping trial lenses. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(3):263-276. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.3.263>
- [3] Chun YS, Kim HS, Lee JU, et al. Optical design of cemented doublets by using equivalent lens system. *Korean J Opt Photon.* 1998;9(5):282-290.
- [4] Madrolu VSK, Male SR, Bhardwaj R, et al. Influence of prismatic effect due to decentration of optical center in ophthalmic lens. *Health Sci Rep.* 2023;6(8):e1472. DOI: <https://doi.org/10.1002/hsr2.1472>
- [5] Lee HK, Kim SR, Park M. Evaluation of reliability for combined refractive power of lenses in an automatic phoropter. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(4):501-509. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.4.501>
- [6] Lee HK, Jung WY, Park M. Evaluation of reliability for spectacles prescription using auto phoropter and trial lens. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2019;24(1):61-69. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.1.61>
- [7] Godio LB, Keating MP. Clinical determination of the corrected retinal image size in spectacle-corrected aphakes. *Optom Vis Sci.* 1984;61(3):160-165. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-198403000-00003>
- [8] Kim JH, Lee HJ. Clinical estimation of corrected state with change in vertex distance. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2010;15(1):25-30.
- [9] Moodley VR, Kadwa F, Nxumalo B, et al. Induced prismatic effects due to poorly fitting spectacle frames. *Afr Vis Eye Health.* 2011;70(4):a115. DOI: <https://doi.org/10.4102/aveh.v70i4.115>
- [10] Wang TJ, Chiang TH, Wang TH, et al. Changes of the ocular refraction among freshmen in National Taiwan University between 1988 and 2005. *Eye.* 2009;23(5):1168-1169. DOI: <https://doi.org/10.1038/eye.2008.184>
- [11] Wang Y, Li L, Tang XL, et al. Characteristics of astigmatism in school-age children aged 5 to 13 years in northeast

- Sichuan: a cross-sectional school-based study. *Transl Pediatr.* 2024;13(7):1130-1140. DOI: <https://doi.org/10.21037/tp-24-70>
- [12] KIM JH, Lee SM. A study on importance of refraction for the exact measurement of lateral phoria. *Korean J Vis Sci.* 2015;17(4):481-492. DOI: <https://doi.org/10.17337/JMBI.2015.17.4.481>
- [13] Kim JH, Kim IS. A study on the relationship between the disc of least confusion and corrected vision of astigmatism. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2008;13(2):51-57.

시험렌즈 사용 실태와 장입순서에 따른 시력 차이

양영은¹, 김혁¹, 최현동¹, 김소라², 박미정^{2,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

²서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2026년 5월 15일), 수정일(2026년 5월 28일), 게재확정일(2026년 6월 5일)

목적: 시험테를 이용한 검안 시 2매 혹은 3매의 시험렌즈 중첩 및 장입순서가 시력의 차이에 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. **방법:** 총 39명의 안경사를 대상으로 시험렌즈 장입 방법 실태 조사를 진행하였다. 40안을 대상으로 시험테에 시험렌즈인 구면렌즈와 원주렌즈의 장입 순서를 변경하였을 때의 시표크기와 시표대비에 따라 대상자가 읽은 숫자시표의 개수를 비교하였다. **결과:** 안경원과 안과에서는 다양한 방식의 시험렌즈 장입 방법을 사용하며 구비하고 있는 시험렌즈의 도수가 일정하지 않음을 확인하였다. 시표크기, 시표대비의 변화와는 상관없이 시험테에 시험렌즈 장입순서에 따라서 읽은 시표의 개수에 차이가 있었다. 시표의 평균 읽은 개수는 SC, SSC, CSS, CS, SCS 순으로 적어졌다(시험테의 안쪽 순서; S=구면렌즈, C=원주렌즈). 대상자의 굴절력에 따라 분석한 결과 중등도 이상의 구면도수와 원주도수를 가진 대상자에서 읽은 시표 개수의 차이가 크게 나타났으며 저대비 조건과 작은 시표크기에서 시각적 질 저하가 유의하게 증가하였다. **결론:** 시험렌즈 중첩순서에 따라 시표를 읽은 개수에 차이가 생겼으며 자각적 굴절검사의 오차를 줄이기 위해서 시험렌즈 장입순서에 대한 고려가 필요하다. 특히 굴절력이 높고, 저대비 환경에서는 시험렌즈의 배열 방식이 큰 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다. 본 연구는 시험렌즈 구성요소 및 사용에 대한 표준화된 검안 절차 권장사항의 정립이 필요함을 제안한다.

주제어: 장입순서, 시험렌즈, 굴절검사, 시표대비