

장기간 굴절교정렌즈 착용자에서 연령군 별 굴절교정효과 비교

문미영 · 이군자*

새빛안과병원, *을지대학교 안경광학과

투고일(2008년 10월 29일), 수정일(2008년 11월 15일), 게재확정일(2008년 12월 9일)

목적: 장기간의 각막굴절교정렌즈 착용자에서 연령에 따라 나타나는 굴절교정효과를 비교하기 위하여 본 연구를 시행하였다. **방법:** 각막굴절교정술을 원하는 지원자 중 안과 질환이 없으며 하루에 최소 8시간 이상 렌즈를 착용할 수 있는 대상자 95명을 어린이군, 청소년군 및 성인군으로 세분하였다. 각막굴절교정렌즈를 피팅한 후 렌즈 착용 전, 렌즈 착용 1일, 7일, 14일, 1개월, 3개월 및 6개월 후에 나안시력, 굴절이상도, 중심부 각막곡률반경, 각막비구면도 및 각막중심부 두께를 각각 측정하였다. 통계분석은 Paired Student t-검정 및 ANOVA 분석, Person correlation을 이용하였고 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다. **결과:** 모든 각막굴절교정렌즈 착용군에서 나안시력은 개선되었고($p < 0.001$), 각막중심부 두께가 감소하였으며 각막중심부는 편평해지고 각막은 구형으로 변형되었다. 어린이군에서는 청소년군 및 성인군과 비교하여 시력 및 각막중심부 곡률변화가 빠르며($p < 0.001$), 굴절력 감소 목표값에 일찍 도달하였다. 장기간 각막굴절교정렌즈 착용 후 나타나는 시력 변화는 각막중심부 두께 변화량과 상관성이 높았으며 특히 어린이 및 청소년군에서 더 높았고, 각막중심부 두께 변화량은 굴절력 감소 목표값과 상관성이 높았다. **결론:** 각막굴절교정렌즈 장기착용 후 나타나는 시력 변화는 각막중심부 두께 변화와 관계되고 이것은 굴절력 감소 목표값과 상관성이 높으며 나이가 어린 착용자에서 빠른 변화가 관찰되었다. 이것은 착용자의 나이가 많으면 각막굴절교정렌즈에 의한 상피조직의 반응이 느려지기 때문으로 추정되며 본 연구결과는 각막굴절교정술에서 나타나는 여러 임상적인 증상을 이해하는 기초자료가 될 것으로 사료된다.

주제어: 장기간 각막굴절교정효과, 연령, 각막중심부 두께 변화, 각막상피변화, 나안시력

서 론

각막굴절교정은 각막만곡도보다 편평한 경성 렌즈를 착용하게 하여 일시적으로 근시와 난시를 감소시키는 방법이다. 과거에는 각막의 만곡도보다 좀 더 편평한 경성콘택트렌즈를 사용하였으나 최근에는 새로운 디자인의 역기하 렌즈(reverse geometry contact lens)를 사용하여 근시를 일시적으로 감소 또는 제거하는 방법으로 발전되어 왔다.

각막굴절교정술이 시행되던 초기에는 10대 청소년을 대상으로 각막굴절교정렌즈를 피팅하였지만 최근에는 각막굴절교정렌즈가 근시진행을 억제할 수 있다는 희망으로 어린이 착용자가 증가하고 있으며¹, 특히 아시아 지역에서는 홍콩을 중심으로 근시가 진행하고 있는 많은 어린이와 청소년의 시력교정 방법으로 이용되고 있다^{1,3}.

2002년 자료에 의하면 우리나라 초·중·고 학생 중 42.32%가 근시로 나타났으며, 이것은 10년 전 18.44%에 비해 2.3배 증가한 것으로 알려져 있다(한국교육부 통계, 2005)⁴. 청소년 근시안의 경우 나이가 어려 굴절교정수술

을 할 수 없기 때문에 콘택트렌즈로 각막굴절교정술을 원하는 경우가 점차 늘어나고 있으며 최근에는 각막굴절교정렌즈의 근시 억제 가능성이 대두되면서 어린이 착용자의 수도 늘고 있다.

각막굴절교정렌즈는 플랫폼 베이스커브의 렌즈가 각막중심부에 압력을 가하여 각막중심부 상피가 중심주변부로 이동하여 각막중심부 새그깊이(sagittal depth)가 감소하며 그 결과 각막 굴절력이 감소하여 근시교정효과가 나타난다고 알려져 있다⁵⁻⁸. 이 과정에서 각막중심부 상피두께가 얇아지는데 Haque 등⁹은 각막굴절교정렌즈 착용 4주 후 렌즈 착용자의 중심부 각막상피가 12% 얇아졌다고 하였으며, Soni 등⁵은 각막굴절교정렌즈 착용 3개월 후 각막상피가 33% 얇아졌다고 보고하였다. 각막굴절교정렌즈의 근시교정효과는 지속적으로 발전하고 있으며 최근에는 원시와 노안을 교정하는 방법으로도 이용되고 있다¹⁰.

연령에 따라 Swarbrick 등⁷은 나이가 많은 사람에서 근시교정효과가 느리다는 임상사례를 보고하였고, 문 등¹¹도 착용자의 연령이 어릴수록 시력개선효과가 빠르게 나타났

다고 하였다. 각막굴절교정렌즈를 착용하면 상피세포의 연접이 약화되는데¹² 각막상피의 세포연접은 연령에 따라 차이가 있고 나이가 많을수록 각막중심부 상피의 증식 속도가 저하되기 때문에¹³ 나타난 결과로 추정하고 있다. 실제로 각막의 형태는 나이에 따라 달라지며¹⁴ 일반 콘택트렌즈를 착용한 경우에도 콘택트렌즈 착용 후 각막의 형태 변화는 착용자의 연령에 따라 다르다고 보고되었다¹⁵. 특히 원시와 노인 환자를 각막굴절교정렌즈로 교정하는 과정에서 노인 환자의 경우 젊은 성인과 비교하여 각막굴절교정효과가 상대적으로 낮다고 보고됨¹⁰에 따라 나이에 따른 각막굴절교정효과에 대해 관심이 높아지고 있다.

최근 우리나라에서도 근시진행 억제효과를 얻을 수 있다는 희망적인 생각으로 각막굴절교정렌즈 착용을 원하는 어린이 환자가 증가하고 있지만 청소년과 성인을 대상으로 한 각막굴절교정렌즈의 임상적 효과에 대해서는 연구가 활발한 반면⁷, 어린이 착용자에 대한 임상적 연구는 미미한 실정이다. 각막굴절교정렌즈를 착용하면 각막상피세포의 연접과 증식속도가 연령에 따라 다르기 때문에 각막굴절교정효과가 착용자의 연령과 밀접한 관계가 있을 것으로 가정할 수 있는데 연령에 따른 각막굴절교정효과에 대해서는 단기간의 변화에 대해서만 보고되었고^{16,17} 장기간의 각막굴절교정렌즈 착용 후 나타나는 각막 변화에 대해서는 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 연령군 별 각막굴절교정렌즈 착용자의 굴절교정효과를 비교 관찰하기 위하여 Jayakumar 및 Swarbrick¹⁷의 연구모델을 활용하여 어린이, 청소년 및 성인 각막굴절교정렌즈 착용자를 대상으로 6개월 동안 추적 관찰하여 각막굴절교정효과를 비교하였다.

대상 및 방법

1. 대상자 선정

본 연구의 취지에 동의하며 렌즈 착용에 영향을 줄만한 안질환이 없고 교정시력이 0.8 이상으로 렌즈 착용동기가 강하고 보호자의 협조와 정기검사가 이루어질 수 있고 매일 최소 8시간 이상 렌즈를 착용하고 취침할 수 있는 착용자 95명(189안)을 선정하였다. 대상자는 연령별로 8~12세의 어린이는 그룹 I(어린이군), 13~19세의 청소년은 그룹 II(청소년군), 20~33세의 성인은 그룹 III(성인군)으로 세분하였다.

2. 방법

1) 기본검사

각막굴절교정렌즈를 착용하기 전에 나안시력을 측정하고 세극등 현미경검사(HAAG STREIT® BC 900)를 통해

각막상태를 확인한 후 눈물검사를 하였다. 자각식 굴절검사(TOPCON® KR-8800)와 검영법(WelchAllyn® REF 18245)을 시행하여 굴절이상도를 측정하였다. 시력은 각막굴절교정렌즈를 착용하기 전에 120 cd/m² 조명과 6 m 거리에서 검영기, 포롭터와 투영식 시시력표를 이용하여 표준 자각식 굴절검사를 시행하여 최대시력을 제공하는 검사값을 측정하였다. 콘택트렌즈 교정도수는 시험용 렌즈를 착용하여 0.8 이상의 시력이 나오는 구면도수를 측정하여 산출하였다. 나안시력과 최대 교정시력은(Auto Chart Projector NIDEK® CP-670)은 모두 로그 대응치(LogMAR: logarithm of minimum angle of resolution)로 전환하여 측정하였다.

각막곡률과 각막이심율은 Oculus Keratograph Topography(OCULUS®)를 사용하였고, 각막두께측정은 Orbscan IIz Corneal Topography(Bauch & Lomb®)를 사용하였다. 각막곡률반경은 약주경선과 강주경선의 곡률에 대하여 평균값을 구했으며, 각막두께는 중심부를 기준으로 측정하였다.

2) 각막굴절교정렌즈 피팅 및 검사

렌즈는 직접 주문 방식으로 4개의 커브를 갖는 역기하 디자인의 Boston XO 재질의 렌즈(Lucid CH I)를 사용하였다(Table 1). 자각식 및 타각식 굴절검사값을 기준으로 근시도 및 난시도의 굴절력 감소 목표값을 결정하였고, 렌즈의 베이스커브는 각막의 약주경선 값을 기준으로 이 값에 굴절력에 “굴절력 감소 목표값”에 “+0.75 D”를 더한 값을 진단용 렌즈의 베이스커브로 결정하였다. 렌즈를 착용시킨 후 형광용액으로 염색을 하고 세극등 현미경검사를 이용하여 진단용 렌즈의 정적 피팅 상태를 확인하여 가장 양호한 피팅 상태를 보인 베이스커브를 최종 렌즈의 베이스커브로 결정하였다. 최종적으로 결정한 렌즈는 피팅 후 최소 1시간 동안 착용시키고, 다시 플루레신 형광용액을 이용하여 렌즈의 위치와 움직임 등 피팅 상태를 재확인하였다. 렌즈의 위치는 각막중심부에 위치하고 형광

Table 1. Characteristics of orthokeratology contact lens

| Trade name | Orthokeratology |
|--|-----------------|
| Manufacturer | LUCID CH 1 |
| Total diameter(mm) | 10.6 |
| BOZD(mm) | 6.2 |
| Material | Boston XO |
| Lens center thickness(mm) | 0.23 |
| Dk (cm ² ·ml·O ₂)/(sec·ml·mmHg)×10 ⁻¹¹ | 140 |
| Dk/t (cm·ml·O ₂)/(sec·ml·mmHg)×10 ⁻⁹ | 60.9 |

용액 패턴이 Bull's eye pattern을 나타내며 렌즈의 동적움직임이 1~2 mm 정도이면 양호한 피팅 상태로 판단하였다.

대상자에게 각막굴절교정렌즈를 착용하고 최소 8시간 이상 취침한 후 다음 날 아침에 렌즈를 빼도록 하였다. 렌즈 착용 후 자각식 및 타각식 굴절검사를 실시하였으며, 각막지형도검사를 통해 각막형상의 변화여부를 확인하고 각막곡률반경과 각막중심부 두께를 측정하였다. 모든 검사는 렌즈 착용 전, 착용 후 1일, 7일, 14일, 1개월, 3개월 및 6개월 후에 시행하였다.

3) 통계 분석 방법

자료의 분석은 Origin 6.0 통계프로그램을 이용하여 각막굴절교정렌즈 착용 전과 후의 변화에 대해 paired student t-test, independent student t-test, ANOVA, Pearson correlation tech.를 이용하여 유의성을 검증하였고, 유의수준은 p<0.05로 하였다.

결 과

1. 대상자의 특성

본 연구에 참여한 대상자는 95명(189안)으로 평균 나이는 14.33±6.19세(어린이군: 10.57세, 청소년군: 14.77세, 성인군: 26.39세)였으며, 어린이군은 56명, 청소년군은 22명, 성인군은 17명이다. 등가구면 굴절력은 어린이군 -2.22±1.05 D, 청소년군 -2.85±1.14 D, 성인군 -2.73±0.84 D로 나타났다. 각막곡률반경 평균값은 어린이군 7.75±0.21 mm, 청소년군 7.81±0.23 mm, 성인군 7.87±0.28 mm, 약주경선 각막곡률반경은 어린이군 7.83±0.21 mm, 청소년군 7.90±0.22 mm, 성인군 7.95±0.28 mm, 강주경선 각막곡률반경은 어린이군 7.66±0.22 mm, 청소년군 7.71±0.24 mm, 성인군 7.78±0.28 mm로 나타났다. 각막중심두께는 어린이군 550.21±25.43 μm, 청소년군 544.37

±29.03 μm, 성인군 546.88±34.96 μm이었으며, 각막편심율은 어린이군 0.57±0.11, 청소년군 0.55±0.09, 성인군 0.54±0.06로 나타났다(Table 2).

2. 각막굴절교정렌즈 착용 후 나안시력 변화

각막굴절교정렌즈 착용 전 나안시력은 로그 대응치로 어린이군 0.82±0.14, 청소년군 0.89±0.14, 성인군 0.88±0.15이었으며, 착용 1일 후 어린이군 0.39±0.29, 청소년군 0.59±0.30, 성인군 0.68±0.19로 어린이군에서 가장 빠른 시력개선효과가 나타났으며 연령군에 따라 유의한 차이가 관찰되었다(p<0.00). 각막굴절교정렌즈 착용 1주일 후 나안시력은 어린이군 0.10±0.12, 청소년군 0.11±0.15, 성인군 0.27±0.19 으로 연령에 따라 유의한 차이가 나타나(p<0.00) 어린이 및 청소년군은 1주일 후에 목표시력에 도달하였고 성인군은 1개월 후에 도달하였다. 각막굴절교정렌즈 착용 전과 1일 후의 변화량은 어린이군 -0.43±0.23, 청소년군 -0.30±0.23, 성인군 -0.20±0.11로 유의한 차이를 보였으며(F=16.26, p<0.00), 1주일 후의 변화량도 어린이군 -0.72±0.13, 청소년군 -0.78±0.16, 성인군 -0.61±0.17 으로 유의한 차이가 나타났다(F=14.43, p<0.00, Table 3).

3. 각막굴절력의 변화

각막굴절교정렌즈 착용 전 등가구면 굴절력은 어린이군 -2.22±1.05 D, 청소년군 -2.85±1.14 D, 성인군 -2.73±0.84 D이며, 각막굴절교정렌즈 착용 1일 후 등가구면 굴절력은 어린이군 -0.84±0.71 D, 청소년군 -1.50±1.00 D, 성인군 -1.87±0.70 D, 1주일 후 어린이군 -0.14±0.36 D, 청소년군 -0.32±0.40 D, 성인군 -0.83±0.61 D로 근시도가 감소하였으며 연령군에 따라 유의한 차이가 나타났고(p<0.00), 각막굴절력의 변화량 또한 연령군에 따라 차이가 있었다(F=5.86, p<0.00, Table 4). 등가구면 굴절력이

Table 2. Subject characteristics

| Subject characteristics | Group I (Children) | Group II (Youngsters) | Group III (Young Adults) |
|---------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|
| Age range | 8-12 | 13-19 | 20-33 |
| Age(mean±SD) | 10.57±1.05 | 14.77±1.87 | 26.39±3.98 |
| Gender ration(M:F) | 56(25:31) | 22(8:14) | 17(6:11) |
| Flat K(mean±SD) | 7.83±0.21 | 7.90±0.22 | 7.95±0.28 |
| Steep K(mean±SD) | 7.66±0.25 | 7.71±0.24 | 7.78±0.28 |
| Mean(mean±SD) | 7.75±0.21 | 7.81±0.23 | 7.87±0.28 |
| Refractive error(mean±SE) | -2.22±1.05 | -2.85±1.14 | -2.73±0.84 |
| Central corneal thickness | 550.21±25.43 | 544.37±29.03 | 546.88±34.96 |
| Corneal eccentricity | 0.57±0.11 | 0.55±0.09 | 0.54±0.06 |

Table 3. Visual acuity (LogMAR VA) and changes from baseline in visual acuity (Δ VA) after OK lens wear in the different age groups

| OK lens wearing period | Visual acuity(LogMAR VA) Change from baseline in visual acuity(Δ VA) | | | |
|------------------------|---|---|---|---------------------------|
| | Group I (Children) | Group II (Youngsters) | Group III (Young Adults) | t-test ANOVA |
| Pre OP. | 0.82±0.14 | 0.89±0.14 | 0.88±0.15 | |
| Day 1 | 0.39±0.29 ^{b,c} -0.43±0.23 ^{b,c} | 0.59±0.30 ^a -0.30±0.23 ^a | 0.68±0.19 ^a -0.20±0.11 ^a | p=0.00 F=16.26, p=0.00 |
| Week 1 | 0.10±0.12 ^c -0.72±0.13 ^c | 0.11±0.15 ^c -0.78±0.16 ^c | 0.27±0.19 ^{a,b} -0.61±0.17 ^{a,b} | p=0.00 F=14.43, p=0.00 |
| Week 2 | 0.06±0.08 -0.76±0.14 | 0.07±0.10 -0.82±0.15 | 0.12±0.10 -0.76±0.14 | p=0.00 F=2.29, p=0.05 |
| Month 1 | 0.05±0.07 -0.77±0.15 | 0.04±0.07 -0.85±0.14 | 0.05±0.05 -0.83±0.14 | p=0.00 F=5.10, p=0.01 |
| Month 3 | 0.06±0.08 -0.76±0.15 | 0.02±0.05 -0.87±0.14 | 0.05±0.07 -0.83±0.15 | ND F=9.63, p=0.001 |
| Month 6 | 0.05±0.07 -0.77±0.15 | 0.05±0.06 -0.85±0.14 | 0.06±0.07 -0.82±0.16 | ND F=4.51, p=0.01 |

*a: significant difference from group I *b: significant difference from group II
*c: significant difference from group III *ND: no difference

Table 4. Refractive error (RE) and changes from baseline in refractive error (Δ RE) after OK lens wear in the different age groups

| OK lens wearing period | Refractive error(RE) Change from baseline in refractive error(Δ RE) | | | |
|------------------------|--|--|--|--------------------------|
| | Group I (Children) | Group II (Youngsters) | Group III (Young Adults) | t-test ANOVA |
| Pre OP. | -2.22±1.05 | -2.85±1.14 | -2.73±0.84 | |
| Day 1 | -0.84±0.71 ^{b,c} -1.37±0.72 ^{b,c} | -1.50±1.00 -1.35±0.70 ^{a,c} | -1.87±0.70 ^a -0.86±0.31 ^{a,b} | p=0.00 F=8.09, p=0.00 |
| Week 1 | -0.14±0.36 ^{b,c} -2.07±0.90 ^{b,c} | -0.32±0.40 ^{a,c} -2.53±1.03 ^{a,c} | -0.83±0.61 ^{a,b} -1.90±0.58 ^{a,b} | p=0.00 F=5.86, p=0.00 |
| Week 2 | -0.02±0.24 -2.20±0.97 ^b | -0.09±0.25 -2.76±1.12 ^{a,c} | -0.29±0.32 -2.44±0.66 ^b | p=0.00 F=5.46, p=0.00 |
| Month 1 | 0.03±0.25 -2.24±1.08 ^b | 0.03±0.27 -2.88±1.17 ^a | -0.13±0.14 -2.60±0.80 | p=0.00 F=6.10, p=0.00 |
| Month 3 | -0.02±0.23 -2.20±1.06 ^b | 0.01±0.16 -2.86±1.08 ^a | -0.05±0.20 -2.68±0.86 | ND F=7.71, p=0.00 |
| Month 6 | -0.06±0.25 -2.16±1.12 ^b | 0.01±0.25 -2.86±1.14 ^a | -0.07±0.27 -2.65±0.89 | ND F=7.57, p=0.00 |

*a: significant difference from group I *b: significant difference from group II
*c: significant difference from group III *ND: no difference

-0.25 D로 도달하는 시기는 어린이군은 1주일 후, 청소년군은 2주일 후, 성인군은 1개월 후로 나타났고 어린이군은 1주 후, 청소년군은 2주 후, 성인군은 6개월에 완전한 굴절력 감소 목표값에 도달하였다(Fig. 1).

4. 각막곡률반경 및 비구면도 변화

각막굴절교정렌즈를 착용함에 따라 각막중심부 곡률반경은 유의하게 편평해져(p<0.00) 어린이 및 청소년군에서는 착용 1주일 후 0.24±0.11 mm 편평해졌으며, 성인군에서는 1개월 후 0.23±0.07 mm 편평해져 나이가 많은 성인군이 다른 그룹에 비해 서서히 편평해졌고 착용 후 1개월까지는 연령에 따라 그룹 간 차이가 있는 것으로 나타났

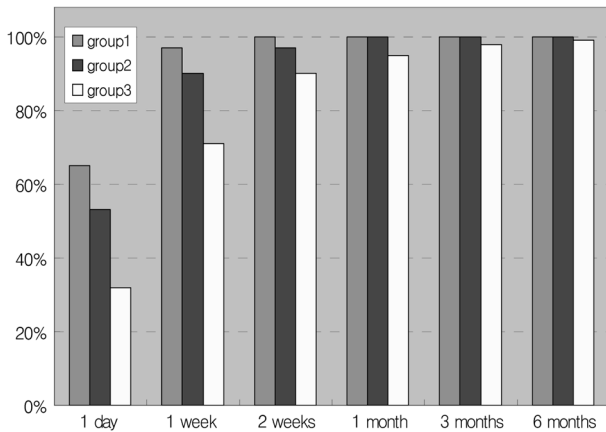


Fig. 1. Achievement of target refractive change (%) after OK lens wear in the different age groups.

Table 5. Apical corneal radius (r_0) and changes from baseline in apical corneal radius (Δr_0) after OK lens wear in the different age groups

| OK lens wearing period | Apical corneal radius(r_0) | | | |
|------------------------|---|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Change from baseline in apical corneal radius(Δr_0) | | | t-test ANOVA |
| | Group I (Children) | Group II (Youngsters) | Group III (Young Adults) | |
| Pre OP. | 7.75±0.21 | 7.81±0.23 | 7.87±0.28 | |
| Day 1 | 7.90±0.23 0.15±0.09 | 7.93±0.23 0.12±0.07 | 7.96±0.27 0.09±0.04 | p=0.00 F=7.99, p=0.00 |
| Week 1 | 7.99±0.24 0.24±0.11 | 8.05±0.22 0.24±0.11 | 8.04±0.27 0.17±0.07 | p=0.00 F=7.13, p=0.01 |
| Week 2 | 8.00±0.24 0.25±0.11 | 8.08±0.23 0.27±0.12 | 8.07±0.29 0.20±0.09 | p=0.00 F=4.03, p=0.02 |
| Month 1 | 8.02±0.24 0.27±0.12 | 8.12±0.21 0.31±0.14 | 8.09±0.28 0.23±0.07 | p=0.00 F=4.35, p=0.01 |
| Month 3 | 8.00±0.24 0.25±0.12 | 8.10±0.23 0.29±0.15 | 8.11±0.29 0.25±0.09 | ND |
| Month 6 | 8.00±0.23 0.25±0.12 | 8.09±0.23 0.28±0.15 | 8.14±0.30 0.27±0.10 | ND |

*ND: no difference

다(F=4.35, p=0.01, Table 5). 각막곡률반경이 편평해짐에 따라 각막은 구형으로 변하여 Q(Q=-e²) 값이 감소하였고 렌즈 착용 1일 후 Q 값 감소량은 어린이군 -0.20±0.12, 청소년군 -0.18±0.09, 성인군 -0.14±0.08으로 평균에 따라 차이(p=0.03)가 있었으나 착용기간이 길어지면서 차이가 없었다(Table 6).

5. 각막중심두께의 변화

각막굴절교정렌즈 착용후 각막중심두께는 감소하여 렌즈 착용 6개월 후에는 어린이군에서 14.43±8.13 μm, 청소년군에서 18.00±9.57 μm, 성인군에서 13.03±6.58 μm 감소하였다(Table 7).

Table 6. Corneal asphericity (Q) and changes from baseline in corneal asphericity (ΔQ) after OK lens wear in the different age groups

| OK lens wearing period | Corneal asphericity(Q) | | | |
|------------------------|--|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Changes from baseline in corneal asphericity(ΔQ) | | | t-test ANOVA |
| | Group I (Children) | Group II (Youngsters) | Group III (Young Adults) | |
| Pre OP. | 0.33±0.12 | 0.31±0.09 | 0.30±0.07 | |
| Day 1 | 0.14±0.09 -0.20±0.12 | 0.10±0.08 -0.18±0.09 | 0.16±0.07 -0.14±0.08 | p=0.00 F=3.60, p=0.03 |
| Week 1 | 0.07±0.10 -0.26±0.13 | 0.04±0.05 -0.27±0.10 | 0.08±0.09 -0.22±0.11 | p=0.00 ND |
| Week 2 | 0.06±0.10 -0.27±0.15 | 0.05±0.07 -0.26±0.10 | 0.06±0.08 -0.24±0.10 | p=0.00 ND |
| Month 1 | 0.08±0.13 -0.25±0.17 | 0.11±0.19 -0.20±0.21 | 0.07±0.10 -0.22±0.11 | p=0.00 ND |
| Month 3 | 0.06±0.10 -0.27±0.16 | 0.08±0.12 -0.23±0.14 | 0.03±0.05 -0.26±0.08 | p=0.00 ND |
| Month 6 | 0.08±0.14 -0.25±0.18 | 0.10±0.17 -0.21±0.21 | 0.04±0.08 -0.25±0.10 | p=0.00 ND |

*ND: no difference

6. 변수 상호간의 상관관계

1) 나안시력 변화량의 변수 상관성

나안시력 변화량과 각막곡률반경 변화량은 시력이 안정적으로 나타나는 착용 2주 후(어린이군, 청소년군) 및 착용 1개월 후(성인군)에 낮은 상관성을 보여주었고, 각막중심두께 변화량과는 높은 상관성(0.47~0.63)을 나타내었으며, 어린이군과 청소년군에서 시력이 안정적으로 나타나는 시기부터 상관성이 높았다(Table 8).

2) 굴절력 감소 목표값의 변수 상관성

굴절력 감소 목표값은 렌즈 착용 초기에만 각막곡률반경 변화량과 약한 상관성을 보인 반면(R=0.31, p<0.001), 각막중심두께 변화량과는 렌즈 착용 1일 후부터 높은 상관성을 나타냈고 렌즈 착용기간이 길어지면서 상관성이 더 높아졌으며, 어린이군(R=-0.86)과 청소년군(R=-0.85)에서는 성인군(R=-0.65)보다 상관성이 더 높았다(Table 9).

고 찰

각막굴절교정학은 각막보다 편평한 디자인의 렌즈를 착용시키는 방법으로¹⁸⁻²⁰ 각막굴절교정렌즈에 의해 각막곡률반경은 편평하게 변하고 각막중심두께가 얇아져^{5,7,22,23} 각막의 전체적인 형상이 변한다^{5,21-24}. 이러한 변화는 각막

Table 7. Central corneal thickness (CT) and changes from baseline in central corneal thickness (Δ CT) after OK lens wear in the different age groups

| OK lens wearing period | Central corneal thickness(CT) Changes from baseline in central corneal thickness(Δ CT) | | | |
|------------------------|---|---|---|---------------------------|
| | Group I (Children) | Group II (Youngsters) | Group III (Young Adults) | t-test ANOVA |
| Pre OP. | 550.21 \pm 25.43 | 544.37 \pm 30.55 | 546.88 \pm 34.96 | |
| Day 1 | 548.37 \pm 25.45 -1.18 \pm 1.45 | 540.34 \pm 29.03 -3.25 \pm 2.23 | 544.45 \pm 34.94 -1.82 \pm 0.95 | p=0.00 F=13.05, p<0.00 |
| Week 1 | 544.13 \pm 25.81 -6.08 \pm 4.13 | 533.93 \pm 30.07 -9.43 \pm 5.35 | 540.39 \pm 35.19 -5.15 \pm 3.06 | p=0.00 F=12.22, p<0.00 |
| Week 2 | 539.94 \pm 26.85 -10.28 \pm 6.26 | 528.68 \pm 30.10 -14.18 \pm 7.11 | 537.21 \pm 35.98 -9.61 \pm 4.78 | p=0.00 F=7.27, p<0.00 |
| Month 1 | 537.13 \pm 27.32 -13.08 \pm 7.55 | 525.61 \pm 31.48 -17.48 \pm 9.50 | 534.42 \pm 35.64 -12.42 \pm 6.06 | p=0.00 F=5.29, p<0.00 |
| Month 3 | 536.33 \pm 27.61 -13.88 \pm 8.06 | 524.65 \pm 32.16 -17.84 \pm 9.50 | 533.84 \pm 34.84 -13.00 \pm 6.57 | p=0.00 F=4.51, p=0.01 |
| Month 6 | 535.78 \pm 27.44 -14.43 \pm 8.13 | 524.31 \pm 32.12 -18.00 \pm 9.57 | 533.76 \pm 34.87 -13.03 \pm 6.58 | p=0.00 F=4.12, p=0.02 |

Table 8. Relationship between changes in visual acuity (Δ VA) and changes in central corneal thickness (Δ CT) after OK lens wear in the different age groups

| (Δ VA~ Δ CT) | OK lens wearing period | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Day 1 | Week 1 | Week 2 | Month 1 | Month 3 | Month 6 |
| Total | R=0.26 p=0.001 | R=-0.38 p<0.001 | R=-0.47 p<0.001 | R=-0.55 p<0.001 | R=-0.53 p<0.001 | R=-0.55 p<0.001 |
| Group I (Children) | R=0.21 p=0.01 | R=-0.32 p=0.001 | R=-0.50 p<0.001 | R=-0.62 p<0.001 | R=-0.58 p<0.001 | R=-0.63 p<0.001 |
| Group II (Youngsters) | R=0.29 p=0.05 | R=-0.33 p=0.03 | R=-0.30 p=0.05 | R=-0.44 p=0.001 | R=-0.53 p=0.001 | R=-0.56 p<0.001 |
| Group III (Young Adults) | R=0.05 p=0.77 | R=-0.17 p=0.35 | R=-0.17 p=0.34 | R=-0.36 p=0.04 | R=-0.38 p=0.03 | R=-0.31 p=0.17 |

Table 9. Relationship between targeted refractive change (Δ TRC) and change in central corneal thickness (Δ CT) after OK lens wear in the different age groups

| (Δ TRC~ Δ CT) | OK lens wearing period | | | | | |
|------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Day 1 | Week 1 | Week 2 | Month 1 | Month 3 | Month 6 |
| Total | R=0.43 p<0.001 | R=0.68 p<0.001 | R=0.78 p<0.001 | R=0.83 p<0.001 | R=0.82 p<0.001 | R=0.81 p<0.001 |
| Group I (Children) | R=0.43 p<0.001 | R=0.65 p<0.001 | R=0.79 p<0.001 | R=0.86 p<0.001 | R=0.85 p<0.001 | R=0.86 p<0.001 |
| Group II (Youngsters) | R=0.50 p=0.001 | R=0.67 p<0.001 | R=0.76 p<0.001 | R=0.83 p<0.001 | R=0.83 p<0.001 | R=0.85 p<0.001 |
| Group III (Young Adults) | R=0.50 p=0.001 | R=0.58 p=0.001 | R=0.71 p<0.001 | R=0.68 p<0.001 | R=0.75 p<0.001 | R=0.65 p<0.001 |

굴절교정렌즈를 착용하면 즉시 나타나는 반응으로^{16,23}, 착용자의 각막에 따라 차이가 있을 것으로 생각할 수 있다. 일부 임상의를 중심으로 각막굴절교정렌즈를 피팅한 경우

착용자의 연령에 따라 굴절교정효과가 다르다고 보고되었지만^{7,17} 각막굴절교정렌즈를 처방할 때 임상적인 고려를 하지 않고 처방되는 실정이기 때문에 이에 대한 체계적인

분석이 필요하다고 판단된다. 본 연구에서는 각막굴절교정렌즈를 착용한 모든 연령층에서 상당한 시력개선효과를 관찰하였고 시력개선에 필요한 기간은 연령에 따라 유의하게 다른 것을 확인하였다(Table 3).

각막굴절교정렌즈 착용 1주일 후에 어린이 및 청소년군은 0.72~0.78(~7 lines of snellen equivalent)의 시력개선이 나타난 반면 성인군에서는 2주일 후에 0.76(~7 lines of snellen equivalent)의 시력개선이 나타났고 연령에 따라 시력개선효과에 차이가 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 나이가 많은 각막굴절교정렌즈 착용자의 경우 교정효과가 느린 사례를 경험하였다는 보고⁷⁾와 일치하며, 단기간의 각막굴절교정렌즈 착용 후 나타나는 시력개선효과가 성인군에서 가장 늦게 나타났다는 연구 결과¹⁷⁾와도 일치하는 것이다. Nichols 등²²⁾은 각막굴절교정렌즈가 일시적으로 근시를 교정하는데 효과적이며 1주일 내에 빠른 교정효과를 가져오며 1개월에 안정화 된다고 보고하였는데, 본 연구에서는 착용자의 연령에 따라 교정효과가 나타나는 시기와 안정화되는 시기가 다른 것을 확인하였다(Table 4). 시력개선효과는 각막중심두께 변화량과 가장 높은 상관성을 가지고 있으며 성인의 경우에는 나이가 어린 착용자보다 상대적으로 상관성이 낮았다.

각막굴절교정렌즈 착용 후 각막의 굴절력이 감소하여 등가구면 굴절력이 -0.25 D 내외로 도달하는 시기가 어린이군은 1주일 후, 청소년군은 2주일 후, 성인군은 1개월 후로 연령에 따라 차이가 있었다(Fig. 1). Mountford²¹⁾는 역기하렌즈 착용 후 1개월 내에 굴절력에 주요한 변화가 나타났다고 하였고, Fan 등²⁾과 Soni 등⁵⁾은 역기하렌즈 착용으로 평균 -3 D 정도의 근시가 감소하였고 1주일 착용 후 각막변화와 시력개선효과가 최고치에 이르렀다고 하였다. 본 연구에서도 각막굴절교정렌즈가 근시도를 감소시키는데 유용하였으며, 연령에 따라 어린이 착용자는 1주일 착용 후 근시교정효과가 최고수준에 도달하지만 성인 착용자의 경우에는 최소 1개월의 착용기간이 필요하며 굴절력이 안정화되는 기간 또한 연령에 따라 다른 결과를 보였다.

각막굴절교정렌즈 착용 후 나타나는 나안시력의 변화는 선행 연구자의 결과^{7,11)}와 마찬가지로 각막곡률반경 변화와 각막중심두께의 변화가 중요한 원인으로 사료된다. 그러나 각막굴절교정렌즈 단시간(1시간) 착용자의 경우 시력개선효과는 각막중심두께 변화량($R=0.33$, $p<0.01$)보다 각막곡률반경 변화량($R=-0.61$, $p<0.01$)과 상관성이 더 높다는 결과와는 달리¹⁷⁾, 본 연구의 장기간 착용자의 경우에는 시력 변화량과 각막곡률반경 변화량은 약한 상관성을 보였고($R=0.31$, $p<0.001$) 각막중심두께 변화량과는 높은 상관성($R=0.81$, $p<0.001$)을 보였으며, 어린이($R=-0.86$,

$p<0.001$)와 청소년군($R=-0.85$, $p<0.001$)에서 성인군($R=-0.65$, $p<0.001$)보다 상관성이 더 높았다.

각막굴절교정렌즈 착용 후 각막곡률반경은 모든 연령층에서 길어지며 각막의 비구면도는 감소하고 각막의 중심두께가 감소하는 형태적인 변화를 확인하였다. 각막곡률반경은 어린이 및 청소년군에서는 착용 1주일 후, 성인군에서는 1개월 후에 유의하게 편평해져 착용자의 연령에 따라 차이가 있었고(Table 5), 이 결과는 Jayakumar 및 Swarbrick¹⁷⁾이 보고한 단시간 착용자의 임상결과와 일치하였다. 각막의 비구면도는 각막굴절교정렌즈 착용자의 시력이 안정적으로 나올 때까지 서서히 감소하였으며, 렌즈 착용 1일 후에는 어린이군, 청소년군, 성인군의 순서로 연령군에 따라 유의한 차이가 있었으나, 1주일 이후부터는 연령군에 따른 차이가 없었다(Table 6).

선행연구에서 각막굴절교정렌즈 착용 후 각막두께는 중심부가 얇아지고 중심주변부는 두꺼워지며 주변부는 변화가 없다고 하였는데 이는 각막중심의 상피세포가 각막의 중심주변부로 이동한 결과로 설명되고 있다^{5-7,9,23,25)}. 신 등²⁶⁾은 역기하렌즈를 착용한 흰쥐의 각막에서 중간주변부 상피세포의 증식이 저해됨을 확인하였고 이 결과로 부터 각막굴절교정렌즈 착용에 의해 각막상피세포가 각막중심부에서 중심주변부로 이동한다고 하였으며, 박 등²⁷⁾은 역기하렌즈를 착용한 토끼의 각막에서 F-actin이 강력한 양성반응을 보였고 이 결과로부터 각막굴절교정렌즈가 각막상피세포의 이동과 재분포를 촉진한다고 하였다.

위의 선행연구 결과로 부터 상피세포의 이동성이 활발한 어린이 착용자에서 성인보다 더 빠르게 각막중심두께가 변할 것으로 예측할 수 있었고, 선행연구¹⁷⁾에서도 연령에 따라 차이가 있다고 하였지만, 본 연구결과에서는 각막굴절교정렌즈 착용 후 각막중심부 두께 변화량은 연령군에 따라 차이가 없었다. 이 결과는 요구되는 근시감소량과 각막중심두께 변화량이 높은 상관성을 갖고 있기 때문에 각막상피세포의 재분포는 착용자의 연령보다는 굴절력 감소 목표값에 더 의존되는 것으로 사료되며, 각막굴절교정렌즈 착용자의 굴절력 감소 목표값이 같은 경우에는 나이가 어릴수록 각막중심두께 변화가 빠를 것으로 생각된다.

각막굴절교정렌즈에 비해 굴절교정수술은 정확성과 예측성이 높다는 장점에도 불구하고 성장하는 어린이와 청소년은 진행성 근시안이 대부분이기 때문에 수술이 불가능하여 근시진행 억제 및 시력개선효과를 목표로 하는 대상자들이 증가하고 있다. 성인의 경우에는 굴절교정수술에 대한 두려움과 수술 결과에 대한 불안감으로 수술을 망설이는 사람들이 각막굴절교정렌즈를 착용하여 굴절력을 일시적으로 감소시켜 나안시력을 향상시킴으로써 일상생활

에 도움을 받고자 하는 대상자가 점차적으로 증가하고 있다^{28,29}. 따라서 본 연구결과는 어린이 각막굴절교정렌즈 착용자에서 나타나는 임상증상에 대한 이해를 높이고 착용자의 연령, 굴절력 감소 목표값에 따라 정기검사 스케줄과 착용자 교육에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

결 론

각막굴절교정술의 유효성에 대한 본 연구의 결과를 통해 볼 때 근시도가 -5.00 D 이하, 난시도가 -1.50 D 이하를 가진 착용자에 있어서 굴절교정수술을 받지 않고도 수면 중에 7-9시간 정도 착용하면 근시 및 난시 굴절교정에 대한 우수한 효과가 있음을 관찰할 수 있었으며 각막굴절교정렌즈 착용자 95명(어린이 56명, 청소년 22명, 성인 17명)을 대상으로 6개월 동안 관찰한 결과 모든 착용자에서 시력이 개선되고, 굴절력은 감소하고, 각막곡률반경이 편평해지며 각막은 구면의 형상으로 변형됨을 확인하였다.

1. 나안시력은 어린이군에서 가장 빠른 시력개선효과가 나타났으며 연령군에 따라 유의한 차이가 관찰되어 어린이 및 청소년군은 1주일 후에 목표시력에 도달하였고 성인군은 1개월 후에 도달하였다.

2. 각막굴절력 변화량은 연령군에 따라 유의한 차이가 있었고, 등가구면 굴절력이 -0.25 D로 도달하는 시기는 어린이군은 1주일 후, 청소년군은 2주일 후, 성인군은 1개월 후이며, 어린이군은 1주 후, 청소년군은 2주 후, 성인군은 6개월에 완전한 굴절력 감소 목표값에 도달하였다.

3. 각막중심부 곡률반경은 편평해졌으며 나이가 많은 성인군에서는 어린이 및 청소년군에 비해 서서히 편평해졌고 각막곡률반경 변화량은 목표 굴절력 감소값과 약한 상관성을 나타내었다. 각막의 비구면도는 감소하여 각막은 구형으로 변형되었다.

4. 각막중심두께는 얇아졌으며 장기간 각막굴절교정렌즈를 착용한 후 각막중심두께 변화량은 시력 변화량과 높은 상관성을 나타내었고 특히 어린이와 청소년군에서는 시력이 안정적으로 나타나는 시기부터 상관성이 높았다.

5. 각막굴절력 감소 목표값은 각막중심두께 변화량과 높은 상관성을 보였고 렌즈 착용기간이 길어질수록, 착용자의 연령이 어릴수록 상관성이 더 높았으나, 각막곡률반경 변화량과는 상관성이 낮았다.

이상의 결과로부터 각막굴절교정렌즈 착용 후 나안시력의 개선 속도, 각막이 편평해지는 속도 및 각막중심부 두께의 감소는 렌즈 착용자의 연령이 어릴수록 빨라지며, 굴절력 감소 목표값은 각막중심두께 변화량과 상관성이 크며 성인군에 비해 어린이군과 청소년군에서 상관성이 더 높은 것을 알 수 있었다. 이것은 착용자의 연령에 따라 상

피세포의 이동속도가 다르기 때문에 나타난 결과로 추정되며 본 연구결과는 각막굴절교정술에서 나타나는 여러 임상적인 증상을 이해할 수 있는 기초자료를 제공할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Cheung S. W., Cho P., and Fan D., "Asymmetrical increase in axial length in the two eyes of a monocular orthokeratology patient", *Optom. Vis. Sci.*, 81(9):653-656(2004).
- Fan L., Jun J., and Jia Q., "Clinical study of orthokeratology in young myopic adolescents", *ICLC*, 26(5):113-116(1999).
- Cho P., Cheung S. W., Edwards M. H., and Fung J., "An assessment of consecutively presenting orthokeratology patients in a Hong Kong based private practice", *Clin. Exp. Optom.*, 86(5):331-338(2003).
- 2004년도 학생신체검사결과, <http://www.samna.co.kr/samna/new/tlscp011.htm>, 교육인적자원부, 2005.
- Soni P. S., Nguyen T. T., and Bonanno J. A., "Overnight orthokeratology: visual and corneal changes", *Eye Contact Lens*, 29(3):137-145(2003).
- Alharbi A. and Swarbrick H. A., "The effects of overnight orthokeratology lens wear on corneal thickness", *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 44(6):2518-2523(2003).
- Swarbrick H. A., Wang G., and O'Leary D. J., "Corneal response to orthokeratology", *Optom. Vis. Sci.*, 75(11):791-799(1998).
- Choo J. and Caroline P., "Morphological changes in cat epithelium following overnight lens wear with the Paragon CRT lens for corneal reshaping", Paper presented at the Global Orthokeratology Symposium, Toronto., August, 2004.
- Haque S., Fonn D., Simpson T., and Jones L., "Corneal and epithelial thickness changes after 4 weeks of overnight corneal refractive therapy lens wear, measured with optical coherence tomography", *Eye & Contact Lens*, 30(4):189-193(2004).
- Swabrick H. A., Hiew R., Kee A. V., Peterson S., and Tahhan N., "Apical clearance rigid contact lenses induce corneal steepening", *Optom. Vis. Sci.*, 81(5):427-435(2004).
- 문미영, 이군자, 신경호, "각막굴절교정렌즈 착용자에 대한 임상적 고찰", *대한시과학회지*, 9(3):317-331(2007).
- Madigan M. C. and Holden B. A., "Reduced Epithelial Adhesion After Extended Contact Lens Wear Correlates With Reduced Hemidesmosome Density in Cat Cornea", *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 33(2):314-323(1992).
- Ladage P., Yamamoto K., and Ren D., "Proliferation Rate of Rabbit Corneal Epithelium during Overnight Rigid Contact Lens Wear", *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 42(12):2804-2812(2001).
- Kotulak J. C. and Brungardt T., "Age-related changes in the cornea", *J. Am. Optom. Assoc.*, 51(8):761-765(1980).

15. Friedman N. E., Mutti D. O., and Zadnik K., "Corneal changes in schoolchildren", *Optom. Vis. Sci.*, 73(8):552-557(1996).
16. Tahhan N., Sridharan R., du Toit R., and Papas E., "Corneal topographical changes after fifteen minutes of reverse geometry lens wear", *Optom. Vis. Sci.*, 78(suppl):61(2001).
17. Jayakumar J. and Swarbrick H. A., "The Effect of Age on Short-Term Orthokeratology", *Optom. Vis. Sci.*, 82(6):505-511(2005).
18. Grant S. C. and May C. H., "Orthokeratology control of refractive errors through lenses", *J. Am. Optom. Assoc.*, 42:1277-1283(1971).
19. Freeman R. A., "Orthokeratology and the corneascope computer", *Optom. Wkly.*, 67:90-92(1976).
20. Freeman R. A., "Predicting stable changes in orthokeratology", *Contact Lens Forum*, 3:21-31(1978).
21. Mountford J., "An analysis of the changes in corneal shape and refractive error induced by accelerated orthokeratology", *ICLC*, 24(4):128-144(1997).
22. Nichols J. J., Marsich M. M., Nguyen M., Barr J. T., and Bullimore M. A., "Overnight orthokeratology", *Optom. Vis. Sci.*, 77(5):252-259(2000).
23. Wang J., Fonn D., Simpson T. L., Sorbara L., Kort R., and Jones L., "Topographical thickness of the epithelium and total cornea after overnight wear of reverse-geometry rigid contact lenses for myopia reduction", *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 44(11):4742-4746(2003).
24. Sridharan R. and Swarbrick H., "Corneal response to short-term orthokeratology lens wear", *Optom. Vis. Sci.*, 80(3):200-206(2003).
25. 최정훈, 남상훈, 오현진, 마기중, "Overnight Orthokeratology 콘택트렌즈의 착용에 의한 각막두께의 변화", *대한시과학회지*, 4(1):47-53(2002).
26. 신동빈, 이양원, 김미금, 김세윤, 이재림, 최시환, "RGP 렌즈와 역기하렌즈가 가토각막의 상피세포증식률에 미치는 영향", *대한안과학회지*, 45(4):655-667(2004).
27. 박성표, "역기하렌즈 : 근시교정효과 및 각막상피세포와 기질에 미치는 영향", *한림대 대학원 박사학위논문*(2004).
28. Szczotka L. B. and Aronsky M., "Contact lenses after LASIK", *J. Am. Optom. Assoc.*, 69(12):775-784(1998).
29. Alio J. L., Belda J. I., and Artola A., "Contact lens fitting to correct irregular astigmatism after corneal refractive surgery", *J. Cataract. Refract. Surg.*, 28(10):1750-1757(2002).

The Effect of Long-Term Orthokeratology in Different Age Groups

Mi-young Mun, Koon-ja Lee*

Saevit Eye Center, *Dept. of Optometry Eulji University (Sungnam)

(Received October 29, 2008: Revised November 15, 2008: Accepted December 9, 2008)

Purpose: The purpose of this study is to investigate the effect of age in the response to long-term overnight orthokeratology (OK) lens wearing. **Methods:** Among volunteers, ninety-five healthy subjects who had no eye diseases and could wear OK contact lens at least for 8 hours every day were divided into three groups children, youngsters and young adults. Unaided logMAR visual acuity, refractive error, apical corneal radius, corneal asphericity and central corneal thickness were measured with different period; before and after one day, one week, two weeks, one month, three months and six months of OK lens wear. Paired student t-test, ANOVA analysis and Pearson correlation were used with a critical p value of 0.05 for statistical analysis. **Results:** All groups showed statistically significant ($p < 0.001$) improvement in unaided visual acuity, a trend for flattening in the apical corneal radius, decrease in central corneal thickness and less prolate after OK lens wear. The child group showed significantly rapid change ($p < 0.001$) in visual acuity, and apical corneal radius showed that they reached the targeted refractive change earlier compared with youngster and adult groups. The visual effect of OK lens was significantly related with the change in central corneal thickness after long-term OK lens wear, especially in child and youngster group, and central corneal thickness were highly correlated with the targeted refractive change. **Conclusions:** Visual acuity change is statistically correlated with the central corneal thickness change, which is highly correlated with targeted refractive change in the long-term orthokeratology and younger lens wearers showed a rapid response to OK lens wear, suggesting a reduced epithelial response with increasing age. The results found this study extends our understanding and development in the long-term orthokeratology.

Key words: long-term orthokeratology, age, central corneal thickness change, corneal epithelial change, unaided visual acuity