

Correlation between Convergence Functional Changes and Subjective Symptoms after Near Work in a Virtual Walking Condition

Won Young Jung^{1,a}, Da Gyo Lee^{1,b}, JuHee Jeoung^{1,c}, Mijung Park^{2,d}, and So Ra Kim^{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 February 24, 2020: Revised March 11, 2020: Accepted March 13, 2020)

Purpose: In this study, the change in convergence function and its correlation with subjective symptoms after participants watched a movie in a virtual walking environment with vertical movements were investigated. **Methods:** A smartpad, which was made to move repeatedly in the vertical direction, was set as near work in a virtual walking condition, and 50 men and women in their 20s were asked to watch a movie for 30 minutes. Measurements of near point of convergence, near heterophoria, and horizontal and vertical fusional vergences before and after the subjects watched the movie were taken to determine the change in convergence function, and the correlation between the convergence functional change and subjective symptoms was further analyzed using a survey of general and eye-related subjective symptoms according to the subjects' near heterophoric values. **Results:** In the virtual walking condition, the near point of convergence tended to recede after subjects watched the movie compared with the value before watching the movie; however, a statistically significant change was found only in subjects whose near heterophoric values were within the range of orthophoria. Near heterophoria showed a tendency of orthophoric shifts on average even though most subjects showed an exophoric shift. Meanwhile, horizontal and vertical fusional vergences showed different changing patterns depending on the range of the subjects' near heterophoric values. That is, the changes in horizontal fusional convergence that occurred after watching the movie were correlated with general subjective symptoms; however, the changes in vertical fusional vergence showed different correlations with eye-related subjective symptoms depending on the range of the subjects' near heterophoric values. **Conclusions:** This study showed that passive near work in a virtual walking condition with regular movement in the vertical direction caused overall changes in convergence function and that changes in horizontal fusional vergence were correlated with general subjective symptoms according to subjects' near heterophoric values prior to near work. Therefore, it is suggested that near heterophoric values should be considered in eyeglass prescriptions to reduce the changes in convergence function and fatigue when conducting near work in a dynamic environment.

Key words: Virtual walking condition, Near point of convergence, Horizontal fusional vergence, Vertical fusional vergence, Subjective symptoms

서 론

미국 시장조사기관인 Pew Research에서 2018년에 시행한 조사결과에 따르면 우리나라 성인의 스마트폰 소지율은 94%, 스마트폰과 그 외의 휴대폰 소지율은 100%에 이르는 것으로 나타났으며,^[1] 정보통신정책연구원에서 2017년에 실시한 조사에서도 우리나라의 스마트폰 이외 태블릿 PC의 보유율도 7.5%에서 8.4%로 증가한 것으로 나타

나^[2] 우리나라에서의 모바일 스마트기기의 사용률이 높은 편임을 알 수 있다. 한편 Pew Research의 다른 조사결과에 따르면 만 18세 이상 미국 성인들 가운데 91%가 휴대폰을 소지하고 있으며, '문자 메시지를 보내거나 받는 일'에 81%, '인터넷 이용'에 60% 가량 휴대폰을 이용하고 있어 청각사용의 '통화' 보다 시각사용이 주가 됨을 알 수 있다.^[3] 2014년 한국인터넷진흥원에서 전국 만 6세 이상의 모바일인터넷 이용자 총 6000명을 대상으로 시행한 모바

*Corresponding author: So Ra Kim, TEL: +82-2-970-6264, E-mail: srk2104@seoultech.ac.kr

Authors ORCID: ^a<https://orcid.org/0000-0002-9928-110X>, ^b<https://orcid.org/0000-0003-3052-4641>, ^c<https://orcid.org/0000-0002-5450-4541>, ^d<https://orcid.org/0000-0002-4645-7415>,

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

본 논문의 일부내용은 2017년도 대한시각학회·한국안광학회 공동학술대회에서 포스터로 발표되었음.

일인터넷 이용에 관한 설문조사 결과에 따르면 모바일 인터넷의 주 이용 장소는 ‘가정’이 92.4%로 첫 번째로 나타났으며, ‘이동 중인 교통수단 안’이 86.7%로 2번째로 높게 나타났다.^[4] 이처럼 성인의 상당수가 휴대폰을 포함한 모바일 스마트기기를 소지하고 있으며 정적인 화면이 아닌 동적인 화면의 시각사용이 주를 이루고 있음을 알 수 있다.

현재까지의 스마트폰을 포함한 모바일 스마트기기를 이용한 국내연구는 주로 화면이 정지되어 있는 정적인 환경에서 수행되었다. 즉, 선행 연구를 살펴보면 고정된 근거리에서 스마트폰 사용 후 성인의 근거리 사위와 폭주근점의 변화,^[5] 초기노안과 성인의 조절 및 폭주기능 변화의 비교,^[6] 폭주이상안의 조절기능의 변화,^[7] 조절이상안의 폭주기능의 변화,^[8] 폭주부족안의 폭주기능의 변화^[9] 등과 같은 정적환경에서의 연구가 주를 이루었다. 또한 모바일 스마트기기를 이용한 연구로는 스마트패드와 종이책을 이용한 근거리 독서 후 조절기능 변화의 비교^[10]가 있으며, 스마트패드를 이용한 독서 시 청광차단렌즈의 사용이 가독성 및 피로도에 미치는 영향^[11]에 대한 연구와 다른 색의 배경화면을 가진 스마트패드 이용 시 청광차단렌즈가 조절기능^[12]과 가독성 및 주관성 증상에 어떠한 영향을 미치는가^[13]를 알아본 연구가 있다. 이렇듯 모바일 디바이스를 이용한 대부분의 연구는 정적환경에서 수행되었다.

동적환경에서 모바일 디바이스를 이용한 연구로는 스마트패드를 수직방향으로 움직이게 하고 영상을 시청하게 한 후 성인의 조절기능과 자각증상의 변화를 알아본 연구가 있다.^[14] Kim 등은 동적환경에서 30분간의 스마트패드 사용으로 자각증상과 조절기능의 변화가 관찰되었으나 이들 사이에서의 상관관계는 찾을 수 없었다고 보고한 바 있다.^[14] 그러나 조절과 폭주는 협동안운동으로 서로 연관되어 있으므로 상호 피드백으로 인하여 조절기능의 변화시 폭주기능에도 영향을 미칠 가능성이 있다.^[15] 이에 본 연구에서는 Kim 등^[14]의 연구에 대한 후속 연구의 일환으로 가상의 도보환경을 구현한 동적환경에서의 영상시청시 발생하는 폭주기능의 변화를 알아보고자 하였으며, 이를 대상자의 근거리 사위도 값에 따라 세 그룹으로 나누어 분석하고 자각증상과 폭주기능 변화의 상관관계를 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 전신질환과 안질환이 없고, 교정 또는 나안시력이 0.8 이상이며 양안시가 가능한 만 18~28세(평균 22±2세)의 남녀 50명(남 19명, 여 31명)을 대상으로 진행되었다. 상방 및 하방 주시가 반복되는 본 연구조건에서

안경교정으로 인한 프리즘 효과의 개입 가능성을 배제하기 위하여 등가구면 굴절력을 기준으로 제조사의 처방 가이드라인에 따라 소프트콘택트렌즈(원데이 이큐브, ACUVUE, USA)로 시력교정하고 10분 간 안정화 시간을 가진 후에 본 연구를 진행하였다.

2. 연구방법

1) 근거리 작업 환경^[14]

실험실의 조도는 200 lux로 고정된 상태에서 태블릿 PC(Galaxy Tab, SEC-SHWM180W(1280×800), Samsung, Korea)로 영화 트랜스포머1 더빙판을 30분 동안 시청하게 하였다. 가상의 도보환경을 구현하기 위하여 태블릿 PC를 일정한 속도로 움직이는 왕복식 진탕기(CR-300, FINEPCR, Korea)에 고정하고 40 rpm의 속도로 일정하게 상하로 움직이도록 하였다. 이 때 태블릿 PC의 최고점과 최저점의 각도는 26°가 되도록 설정하였으며, 연구대상자와 디스플레이와의 수평거리는 40 cm(2.50 D 조절자극)로 설정하였다(Fig. 1).

2) 자각증상 평가

선행연구에 따라 VRSQ 설문지를 사용하였다.^[14] 연구대상자를 사위도에 따라 분류하고 영상시청 전과 후 1회씩 실시하여 점수를 비교 및 분석하였다.

3) 폭주기능 평가^[16]

포토퍼(AV-9000, PICHINA, Korea)를 이용하여 폭주근점, 근거리 사위도, 수직 및 수평 융합 버전을 측정하였으며 검사순서는 무작위로 진행하였다. 시기능 검사 후에 영화시청을 하였고 영화시청이 끝난 후 바로 다시 폭주

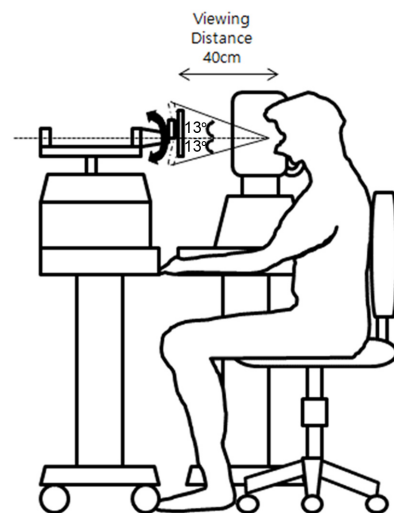


Fig. 1. Virtual walking condition graphed in this study.

검사를 무작위 순서로 측정하였다.

(1) 폭주근점 검사

폭주근점은 측정자(ACnAScaler, ZeroOptec, Korea)를 대상자의 인중에 대고 수평을 유지하도록 한 후 푸쉬업법을 이용하여 3회 측정하고 평균값을 사용하였다.

(2) 근거리 수평 및 수직 사위도 검사

완전교정상태에서 포롭터의 근거리 PD를 맞춘 후, 수정된 토링톤 시표를 이용하여 측정하였다. 즉, 수평 사위도는 토링톤 시표를 40 cm에 위치시키고 우안에 수평 축 마독스로드를 가입한 후 우안을 차폐하였다가 뎀 순간의 적색 선조광상의 위치를 3회 반복 측정하여 평균값을 프리즘으로 기록하였으며, 수직 사위도는 좌안에 수직 축 마독스로드를 가입한 후 좌안을 차폐하였다가 뎀 순간의 적색 선조광상의 위치를 3회 반복 측정하여 평균값을 프리즘으로 기록하였다.

(3) 융합버전스 검사

대상자의 근거리 PD값을 포롭터에 장입하고 0.7 시표를 선명하게 볼 수 있도록 한 후 토링톤 시표를 이용하여 1회 측정하였다. 즉, 수평 융합버전스 검사는 로터리 프리즘을 base-in 방향으로 1 Δ/s의 속도로 프리즘을 장입시키면서 대상자가 시표를 주시하면서 흐린점, 분리점, 회복점으로 판단할 때의 프리즘을 기록하였으며, 이후 base-out 방향으로 프리즘을 장입하면서 동일한 방법으로 진행하여 융합버전스 검사를 시행하였다. 수직 융합버전스 검사는 로터리 프리즘을 base-up 방향으로 0.5 Δ/s의 속도로 프리즘을 장입시키면서 대상자가 시표의 분리점과 회복점을 보고한 때의 프리즘을 기록하였으며, 이후 base-down 방향으로 프리즘을 장입하고, 동일한 방법으로 진행하여 수직 융합버전스를 측정하였다.

3. 통계처리

모든 실험결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 통계분석을 위해 SPSS(ver. 25.0) 프로그램을 사용하여 Shapiro-Wilk 검정을 실시하여 정규성을 충족시켰을 경우 paired t-test를, 충족시키지 못하였을 경우 Wilcoxon signed-rank test를 실시하여 95%의 신뢰구간으로 $p < 0.05$ 일 때 통계적인 유의성을 갖는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 가상의 도보환경에서 근업 후 폭주근점의 변화

대상자의 영상시청 전 평균 폭주근점은 7.06 ± 2.55 cm이

었으며, 가상의 도보환경인 동적환경에서의 영상 시청 후 평균 폭주근점은 7.47 ± 2.17 cm로 약 0.41 cm(영상시청 전 대비 5.8% 증가)멀어졌으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(paired t-test, $p = 0.080$). Park 등^[5]의 선행연구에서 스마트폰을 이용한 영상시청 후 폭주근점이 멀어지는 폭주력 저하 현상이 나타났다고 하였는데, 본 연구에서도 같은 현상을 확인할 수 있었다(Fig. 2). 이는 30분간의 동적 환경에서의 근업으로 인한 피로로 폭주여력이 감소하여 나타난 결과로 판단되며, 실제로 양성상대폭주가 감소한 결과를 나타내었다(Table 2). 본 연구와 유사한 거리에서 근업을 수행했던 선행연구에서 보였던 시기능 정상안의 경우(근업 전 대비 폭주근점 4.6% 증가)보다^[8] 본 연구대상자들의 피로도가 더 큰 것으로 생각되었는데 이는 본 연구대상자들은 양안시가 가능하여 시기능에 따라 조절 또는 폭주이상으로 따로 분류하지 않았기 때문인 것으로 판단되었다. 이에 영상시청 전 대상자의 근거리 사위도의 값을 기준으로 정위 범위($-3 \pm 3 \Delta$ 이내)의 값을 가지는 Group A, 내사위 범위($+0 \Delta$ 이상)의 값을 보이는 Group B 및 외사위 범위(-6Δ 이상)의 값을 보이는 Group C의 세 그룹으로 분류하고 폭주근점의 변화를 보다 자세하게 분석하고자 하였다.

근거리 사위도 값을 기준으로 분류된 세 그룹의 영상시청 전 폭주근점은 모두 Morgan의 정상범위^[17]에 해당하는 값을 나타내었으나 동적환경에서의 영상시청 후 모두 멀어지는 경향을 나타내었으며, 그 정도는 Group A > Group B > Group C의 순으로 나타났다. 즉, Group A(25명)의 경우 총 6.57 ± 2.10 cm에서 7.21 ± 2.28 cm로 통계적으로 유의한 멀어짐(영상시청 전 대비 9.7% 증가, paired t-test, $p = 0.011$)이 관찰되었던 반면, Group B(17명)과 Group C(8명)의 영상시청 전 폭주근점은 각각 7.42 ± 2.79 cm 및 7.85 ± 3.27 cm에서 영상시청 후 7.64 ± 1.87 cm과 7.91 ± 2.57 cm로 나타나 각각 0.22 cm(영상시청 전 대비 3.0% 증가, Wilcoxon

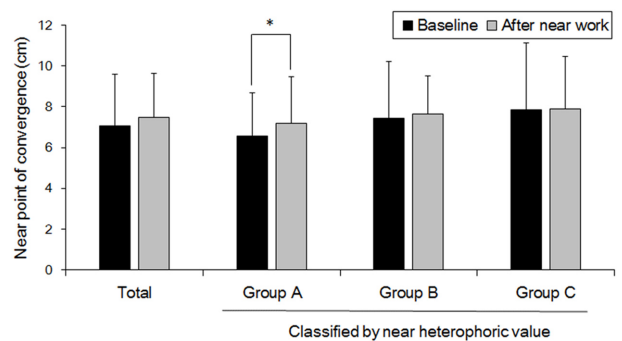


Fig. 2. Changes in near point of convergence after near work with a moving smartpad. * $p < 0.05$, Significant difference was shown between the groups compared

signed-rank test, $p=0.691$)와 0.06 cm(0.8% 증가, Wilcoxon signed-rank test, $p=0.896$)의 멀어짐이 나타났으나 두 경우 모두 통계적으로도 유의한 차이는 아니었다(Fig. 2). 선행연구^[18]에 따르면 폭주근점이 정상이었던 대상자들은 수평 및 수직방향의 컴퓨터 게임을 40분 및 90분 동안 수행한 후 폭주근점이 멀어졌다고 하였는데 본 연구에서도 이와 일치하는 결과를 나타내었다. 그러나 대상자의 근거리 사위도 값을 기준으로 세분화하여 분석한 폭주근점의 변화에서 나타난 증감 정도가 크지 않아 양안시에는 큰 영향을 없을 것으로 생각되었다.

이렇듯 세부 분석에서도 Group A의 경우를 제외하고는 뚜렷한 폭주근점의 변화가 관찰되지 않았으므로 대상자를 영상시청 후 폭주근점이 멀어진 경우와 가까워진 경우로 나누어 분석하였다. 영상시청 후 폭주근점이 멀어진 인원과 가까워진 인원은 각각 30명(60%)과 20명(40%)으로 나타났다며, 폭주근점이 멀어진 대상자의 경우는 영상시청 전후 폭주근점은 각각 6.35 ± 1.99 cm 및 7.71 ± 2.10 cm로 1.36 cm의 차이를 보였고, 폭주근점이 가까워진 대상자의 경우는 영상시청 전후 폭주근점이 각각 8.13 ± 2.94 cm 및 7.10 ± 2.26 cm으로 1.03 cm의 차이를 나타내었으며, 두 경우 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(paired t-test, $p=0.000$). 영상시청 후 폭주근점이 멀어진 대상자들의 시청 전 폭주근점은 Morgan의 정상범위인 5 ± 2.5 cm의 범위 내에 해당되었으나 영상시청 후에는 이 범위를 벗어났다.^[17] 반면, 영상시청 후 폭주근점이 가까워진 대상자들의 경우는 시청 전 폭주근점은 Morgan의 정상범위를 벗어났으나 영상시청 후에는 정상범위 내의 값을 보였으므로 시기능 훈련 효과가 나타난 것으로 생각할 수 있었다.

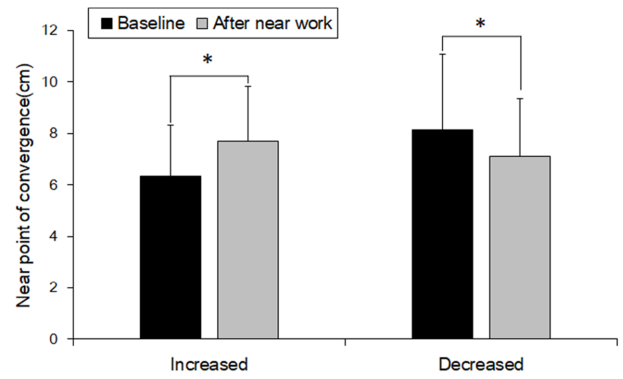


Fig. 3. Analysis of changes in near point of convergence after near work with a moving smartpad based on its changing pattern. * $p<0.05$, Significant difference was shown between the groups compared

2. 가상 동적환경에서의 근업 후 근거리 사위도의 변화

대상자의 평균 근거리 사위도는 $-1.5\pm 5.9 \Delta$ 이었으며, 동적환경에서의 영상 시청 후 평균 근거리 사위도는 $-1.4\pm 5.9 \Delta$ 으로 나타나 큰 변화가 없음을 알 수 있었다(Table 1). Noh 등^[16]의 선행연구에서는 정적환경에서의 책 또는 e-book 독서 후 시기능이상 여부와 관계없이 이항적응의 결과로 주로 정위 방향으로의 변화 경향을 나타내어 동적 환경에서 수행된 본 연구결과와는 다른 양상을 나타내었다. 이는 본 연구에서는 수직방향으로 움직임이 있는 동적 환경에서의 영상시청으로 이항적응에 소요되는 시간이 지연되었기 때문에 나타난 결과로 우선은 생각할 수 있으나 두 연구 간 대상자들의 근거리 사위도 차이에 기인한 결과일 가능성도 완전히 배제할 수 없다.

Table 1. Changes in horizontal heterophoria after near work with a moving smartpad

| Classified by near heterophoric value | No. of subjects | Heterophoria at near (Δ) | | $\delta \Delta$ (After work-Baseline) |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|--|
| | | Baseline | After near work | |
| Total | 50 | -1.5 ± 5.9 | -1.4 ± 5.9 | -0.1 |
| Group A ($-3\pm 3 \Delta$ at near) | 25 | -2.8 ± 1.6 | -2.7 ± 2.5 | 0.1 |
| Exophoric shift | 15 | -3.1 ± 1.8 | -4.0 ± 1.9 | -0.9 |
| No change | 1 | -3.0 | -3.0 | 0.0 |
| Esophoric shift | 9 | -2.2 ± 1.5 | -0.6 ± 2.0 | 1.6 |
| Group B ($> 0 \Delta$ at near) | 17 | 4.5 ± 4.6 | 4.2 ± 5.1 | -0.3 |
| Exophoric shift | 8 | 3.4 ± 3.8 | 1.8 ± 4.5 | -1.6 |
| No change | 2 | 10.3 ± 0.5 | 10.3 ± 0.47 | 0.0 |
| Esophoric shift | 7 | 3.6 ± 3.6 | 4.6 ± 3.6 | 1.0 |
| Group C ($< -6 \Delta$ at near) | 8 | -10.1 ± 2.0 | -9.3 ± 3.2 | 0.8 |
| Exophoric shift | 4 | -8.2 ± 0.2 | -9.7 ± 0.5 | -1.5 |
| No change | 2 | -12.0 ± 0.0 | -12.0 ± 0.0 | 0.0 |
| Esophoric shift | 2 | -10.1 ± 2.1 | -7.8 ± 4.0 | 2.3 |

이에 폭주근점 변화의 세부분석과 마찬가지로 세 그룹(Group A~C)으로 분류하여 영상시청 후 근거리 사위도의 변화를 분석하였다. Group A의 근거리 사위도는 영상시청 전 $-2.8 \pm 1.6 \Delta$ 에서 영상시청 후 $-2.7 \pm 2.5 \Delta$ 으로 약 0.1Δ 만큼의 내사위화 경향을 나타내었으나 통계적으로 의미있는 변화는 아니었다(paired t-test, $p=0.923$). 이에 Group A를 영상시청 후의 사위화 경향에 따라 분석한 결과, Group A 가운데 내사위화 경향을 보인 대상자는 9명(39%)으로 $-2.2 \pm 1.5 \Delta$ 에서 $-0.6 \pm 2.0 \Delta$ 로 약 1.6Δ 변화를 나타내었으며, 사위도의 변화가 없었던 경우는 1명(4%)으로 -3.0Δ 이었고, 외사위화 경향을 보인 경우는 15명(60%)으로 $-3.1 \pm 1.8 \Delta$ 에서 $-4.0 \pm 1.9 \Delta$ 으로 약 0.9Δ 변화를 나타낼 수 있었다. 따라서 Group A의 경우는 동적환경에서의 영상시청에 따른 근거리의 사위도 변화는 크지 않았으나 외사위화 경향을 보인 대상자가 많음을 알 수 있었다(Table 1).

Group B으로 분류된 경우는 전체적으로 시청 전 $4.5 \pm 4.6 \Delta$ 에서 시청 후 $4.2 \pm 5.1 \Delta$ 로 약 0.3Δ 만큼의 외사위화 경향을 나타내었다. Group B를 영상시청 후 사위화 경향에 따라 분류한 결과, 시청 후 내사위화 경향을 보인 경우는 7명(41.2%)으로 $3.6 \pm 3.6 \Delta$ 에서 $4.6 \pm 3.6 \Delta$ 으로 약 1.0Δ 변화를, 사위도의 변화가 없는 경우는 2명(11.8%)으로 $10.3 \pm 0.47 \Delta$ 을, 외사위화 경향을 보인 경우는 8명(47%)으로 $3.4 \pm 3.8 \Delta$ 에서 $1.8 \pm 4.5 \Delta$ 으로 약 1.6Δ 변화를 나타내어, Group B의 경우는 내사위화와 외사위화 경향을 보인 대상자의 차이가 크지 않음을 알 수 있었다(Table 1). 한편 Group C의 경우는 영상시청 전 근거리 사위도가 $-10.1 \pm 2.0 \Delta$ 에서 $-9.3 \pm 3.2 \Delta$ 으로 약 0.8Δ 만큼 내사위화되는 경향을 나타내었다. 이 때 내사위화 경향을 보인 경우는 2명(25%)으로 $-10.1 \pm 2.1 \Delta$ 에서 $-7.8 \pm 4.0 \Delta$ 까지 약 2.3Δ 변화를, 사위도 변화가 없는 경우는 2명(25%)으로 -12.0Δ 값을, 외사위화 경향을 보인 경우는 4명(50%)으로 $-8.2 \pm 0.2 \Delta$ 에서 $-9.7 \pm 0.5 \Delta$ 까지 약 1.5Δ 의 변화를 나타내어 Group A의 경우와 유사하게 외사위화 경향을 보인 경우가 가장 많음을 알 수 있었다(Table 1).

본 연구에서 동적환경에서의 영상시청 후 근거리 수평 사위도의 변화를 평균값으로 분석하였을 때에는 모두 내사위화의 경향을 띠는 것으로 보였으나, 사위화 변화 방향에 따라 분석을 하였을 때에는 근거리 사위도에 따라 정도의 차이는 있으나 외사위화 경향을 나타내는 대상자가 가장 많음을 알 수 있었다. Son 등^[19]의 선행연구에 따르면 1m에서 30분간 3D 영상을 시청하고 난 후 원거리와 근거리 모두 사위량이 외사위 방향으로 증가하여 폭주부족 경향을 나타내었다고 보고하였는데, 본 연구에서도 선행연구 결과와 유사하게 외사위화를 보이는 경우가 많았

다. 이는 30분 동안의 폭주를 위하여 사용되는 내직근의 피로도가 시간 경과에 따라 증가하였기 때문인 것으로 일단은 생각되나 정적환경에서와는 달리 본 연구에서는 수직방향으로 규칙적인 움직임이 있는 동적환경에서의 폭주이므로 규칙적인 조절의 변화와 수직방향으로의 주시의 변화에 따른 영향도 고려하여야 할 것으로 생각된다.

3. 가상 동적환경에서의 근업 후 융합력의 변화

1) 근거리 수평 융합력

근거리 음성 융합력을 측정하였을 때 대상자의 전체폭주는 영상시청 전 평균 $17.3 \pm 5.4 \Delta$ 에서 시청 후 $16.9 \pm 6.1 \Delta$ 으로 변화하여 약 0.4Δ 감소(시청 전 대비 2.3% 감소; paired t-test, $p=0.493$)하였고, 음성상대폭주는 $10.5 \pm 3.7 \Delta$ 에서 $9.8 \pm 4.8 \Delta$ 으로 약 0.7Δ 감소(시청 전 대비 6.7% 감소; paired t-test, $p=0.210$)하였으나 모두 통계적으로 유의한 변화는 아니었다. 반면 음성조절성폭주는 $6.8 \pm 5.3 \Delta$ 에서 $7.2 \pm 5.2 \Delta$ 으로 변화하여 음성전체폭주나 음성상대폭주와는 달리 0.4Δ 증가(시청 전 대비 5.9% 증가; paired t-test, $p=0.574$)하였으나 통계적 유의성은 관찰되지 않았다(Table 2). 한편 근거리 양성 융합력 측정 시에는 대상자의 양성전체폭주는 영상시청 전 평균 $20.1 \pm 6.2 \Delta$ 에서 시청 후 $18.2 \pm 6.3 \Delta$ 으로 통계적으로 유의하게 약 1.9Δ 감소(시청 전 대비 9.5% 감소; paired t-test, $p=0.007$)하였고, 양성상대폭주는 $15.0 \pm 6.8 \Delta$ 에서 $13.4 \pm 6.2 \Delta$ 으로 약 1.6Δ 가량 통계적으로 유의하게 감소(시청 전 대비 10.7% 감소; paired t-test, $p=0.036$)함을 알 수 있었다. 양성조절성폭주는 $5.2 \pm 4.6 \Delta$ 에서 $4.7 \pm 4.6 \Delta$ 으로 변화하여 증가하였던 음성조절성폭주와는 달리 0.5Δ 가량 감소(시청 전 대비 9.6% 감소)함을 알 수 있었으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(paired t-test, $p=0.484$)(Table 2). 따라서 동적환경에서의 영상시청 후 대상자의 근거리 양성 융합력의 감소가 음성 융합력의 감소 정도보다 컸으므로 지속적인 폭주에 따른 내직근의 피로도에 따른 폭주력의 저하가 컸던 것으로 판단할 수 있었다. 음성조절성폭주의 값은 증가한 반면 양성 조절성폭주는 감소하였으므로 동적환경에서의 영상시청으로 인한 조절의 저하에 기인한 결과로 생각할 수 있으며 이는 우세안과 비우세안에서 모두 통계적으로 유의한 조절반응량의 감소를 보였던 선행연구결과^[14]로 확인할 수 있었다.

근거리 양성 및 음성융합력의 변화 또한 Group A~C로 세분화하여 분석하였다. Group A의 음성전체폭주는 영상시청 후 약 0.7Δ 감소(시청 전 대비 4.2% 감소)를, 음성상대폭주는 1.4Δ 의 유의한 감소(시청 전 대비 12.1% 감소; paired t-test, $p=0.022$)를 나타내었으며, 음성조절성폭주는 $5.0 \pm 4.7 \Delta$ 에서 $5.7 \pm 4.8 \Delta$ 으로 변화하여 0.7Δ 의 증가(시청

Table 2. Changes in near horizontal fusional vergence after near work with a moving smartpad

| Classified by near heterophoric value | | Fusional vergence | Baseline | After near work | $\delta \Delta$ (After work- Baseline) |
|---------------------------------------|--|-------------------|----------|-----------------|---|
| Total | Total convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 20.1±6.2 | 18.2±6.3* | -1.9 |
| | Negative, base-in | | 17.3±5.4 | 16.9±6.1 | -0.4 |
| | Relative convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 15.0±6.8 | 13.4±6.2* | -1.6 |
| | Negative, base-in | | 10.5±3.7 | 9.8±4.8 | -0.7 |
| | Accommodative convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 5.2±4.6 | 4.7±4.6 | -0.5 |
| | Negative, base-in | | 6.8±5.3 | 7.2±5.2 | 0.4 |
| Group A (-3±3 Δ at near) | Total convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 20.4±5.9 | 18.1±5.4* | -2.3 |
| | Negative, base-in | | 16.6±5.0 | 15.9±5.6 | -0.7 |
| | Relative convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 15.7±7.5 | 13.3±6.3* | -2.4 |
| | Negative, base-in | | 11.6±3.6 | 10.2±4.9* | -1.4 |
| | Accommodative convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 4.7±4.8 | 4.8±4.3 | 0.1 |
| | Negative, base-in | | 5.0±4.7 | 5.7±4.8 | 0.7 |
| Group B (> 0 Δ at near) | Total convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 20.7±6.3 | 18.9±7.5 | -1.8 |
| | Negative, base-in | | 16.5±5.8 | 16.5±6.9 | 0.0 |
| | Relative convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 14.5±6.6 | 14.1±7.2 | -0.4 |
| | Negative, base-in | | 8.9±3.8 | 8.3±4.3 | -0.6 |
| | Accommodative convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 6.1±4.1 | 4.9±4.5 | -1.2 |
| | Negative, base-in | | 7.6±5.2 | 8.2±5.5 | 0.6 |
| Group C (< -6 Δ at near) | Total convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 18.1±7.2 | 16.9±6.8 | -1.2 |
| | Negative, base-in | | 20.8±4.8 | 21.0±5.1 | 0.2 |
| | Relative convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 13.6±5.5 | 12.5±4.1 | -1.1 |
| | Negative, base-in | | 10.1±2.6 | 11.5±5.2 | 1.4 |
| | Accommodative convergence (Δ) | | | | |
| | Positive, base-out | | 4.5±5.0 | 4.4±6.2 | -0.1 |
| | Negative, base-in | | 10.6±5.8 | 9.5±4.9 | -1.1 |

Values are expressed as Mean ± SD

*, Significantly different from the baseline value at $p < 0.05$ by paired t-test

전 대비 14.0% 증가함을 알 수 있었다. 대상자 전체 분석의 결과와는 달리 Group A의 음성상대폭주는 통계적인 유의성을 가지는 감소를 나타내었다(paired t-test, $p = 0.022$) (Table 2). 한편 Group A의 양성전체폭주는 영상시청 후

약 2.3 Δ 가량 통계적으로 유의하게 감소(시청 전 대비 11.3% 감소; paired t-test, $p = 0.028$)하였고, 양성상대폭주 또한 약 2.4 Δ 정도 통계적으로 유의하게 감소(시청 전 대비 15.3% 감소; paired t-test, $p = 0.027$)하였다. Group A의

양성조절성폭주는 통계적 유의성은 없었으나 영상시청 후 0.1 Δ 가량 증가(시청 전 대비 2.1% 증가, Wilcoxon signed-rank test, $p = 0.920$)하여 전체 대상자 대상의 결과와는 상이한 결과를 나타내었다(Table 2).

Group B의 음성전체폭주는 영상시청 후 변화가 없었으며, 음성상대폭주는 0.6 Δ 감소(시청 전 대비 6.7% 감소; paired t-test, $p = 0.420$)를 나타내었으며, 음성조절성폭주는 7.6±5.2 Δ에서 8.2±5.5 Δ으로 변화하여 약 0.6 Δ 증가(시청 전 대비 7.9% 증가; Wilcoxon signed-rank test, $p = 0.806$)함을 알 수 있었으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었다. 동적환경에서 영상시청 후 Group B의 근거리 음성융합력은 Group A보다 작은 변화의 경향을 나타내었다(Table 2). 한편 Group B의 양성전체폭주는 영상시청 후

약 1.8 Δ 감소(시청 전 대비 8.7% 감소)하였고, 양성상대폭주 또한 약 0.4 Δ 감소(시청 전 대비 2.8% 감소)하여 Group A보다는 작은 변화를 나타내었다. 반면 Group B의 양성조절성폭주는 영상시청 후 1.2 Δ 감소(시청 전 대비 19.7% 감소; paired t-test, $p = 0.290$)하여 Group A과는 상이한 결과를 나타내었으나 통계적 유의성은 관찰되지 않았다(Table 2).

Group C의 음성전체폭주는 영상시청 후 약 0.2 Δ 증가(시청 전 대비 1.0% 증가; paired t-test, $p = 0.794$)를, 음성상대폭주는 1.4 Δ 증가(시청 전 대비 13.9% 증가; paired t-test, $p = 0.574$)를 나타내었으나, 음성조절성폭주는 1.1 Δ의 감소(시청 전 대비 10.4% 감소; paired t-test, $p = 0.657$)함을 알 수 있었으나 모두 통계적으로 유의한 변화는 아니

Table 3. Changes in near vertical fusional vergence after near work with a moving smartpad

| Classified by near heterophoric value | | Fusional vergence | Baseline | After near work | Δ Δ (After work- Baseline) |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|----------|-----------------|-------------------------------|
| Total | Break point (Δ) | | 3.1±1.2 | 3.1±1.3 | 0.0 |
| | Infra, base-up | | 3.4±1.2 | 3.5±1.4 | -0.1 |
| | Supra, base-down | | 2.8±1.0 | 2.7±1.0 | 0.1 |
| | Recovery point (Δ) | | 2.2±1.0 | 2.2±1.1 | 0.0 |
| | Infra, base-up | | 2.5±1.1 | 2.6±1.2 | 0.1 |
| | Supra, base-down | | 1.9±1.0 | 1.8±0.8 | -0.1 |
| Group A (-3±3 Δ at near) | Break point (Δ) | | 2.9±1.2 | 3.1±1.2* | 0.2 |
| | Infra, base-up | | 3.3±1.3 | 3.5±1.4 | 0.2 |
| | Supra, base-down | | 2.6±1.0 | 2.7±0.8 | 0.1 |
| | Recovery point (Δ) | | 2.0±1.1 | 2.2±1.1* | 0.2 |
| | Infra, base-up | | 2.4±1.1 | 2.6±1.2* | 0.2 |
| | Supra, base-down | | 1.7±0.9 | 1.9±0.8 | 0.2 |
| Group B (> 0 Δ at near) | Break point (Δ) | | 3.1±1.2 | 2.8±1.1# | -0.3 |
| | Infra, base-up | | 3.4±1.3 | 3.1±1.2 | -0.3 |
| | Supra, base-down | | 2.8±1.2 | 2.4±0.9 | -0.4 |
| | Recovery point (Δ) | | 2.2±1.0 | 1.8±1.1# | -0.4 |
| | Infra, base-up | | 2.4±1.0 | 2.2±1.2 | -0.2 |
| | Supra, base-down | | 2.0±1.0 | 1.5±0.9# | -0.5 |
| Group C (< -6 Δ at near) | Break point (Δ) | | 3.6±0.8 | 4.0±1.3 | 0.4 |
| | Infra, base-up | | 3.9±0.6 | 4.5±1.3 | 0.6 |
| | Supra, base-down | | 3.3±0.8 | 3.6±1.2 | 0.3 |
| | Recovery point (Δ) | | 2.7±0.9 | 2.7±1.2 | 0.0 |
| | Infra, base-up | | 2.9±0.9 | 3.3±1.1 | 0.4 |
| | Supra, base-down | | 2.5±0.8 | 2.1±1.0 | -0.4 |

Values are expressed as Mean ± SD

*, Significantly different from the baseline value at $p < 0.05$ by paired t-test

#, Significantly different from the baseline value at $p < 0.05$ by Wilcoxon signed-rank test

었다(Table 2). Group A나 B와는 달리 Group C는 영상시청 후 증가한 음성상대폭주의 값을 나타내어 폭주력이 감소하였음을 예측할 수 있었으며 이는 양성폭주력의 감소에서 확인할 수 있었다. 즉, Group C의 경우는 적은 대상자로 인하여 통계적인 유의성을 관찰하기는 어려웠으나 양성전체폭주는 영상시청 후 약 1.2 Δ의 감소(시청 전 대비 6.6% 감소)를, 양성상대폭주는 약 1.1 Δ의 감소(시청 전 대비 8.1% 감소)를 나타내었으며, 양성조절성폭주 또한 영상시청 후 0.1 Δ 감소(시청 전 대비 2.2% 감소)를 나타내었다(Table 2).

Kim 등^[9]은 선행연구에서 20대를 대상으로 정적환경에서 영상시청 후 근거리 양성융합버전스를 측정된 결과 정상안과 폭주부족안에서 모두 증가의 경향을 보였으며, 음성융합버전스는 폭주부족안이 정상안 대비 증가하는 경향을 보였는데, 이는 폭주부족안은 지속적인 근업 시 약한 융합버전스로 인해 상대적으로 조절을 더 많이 하고 이에 따른 상호작용으로 조절성폭주가 더 영향을 많이 받아 이를 보상하는 음성융합버전스의 필요량도 많은 것이라 하였다. 본 연구에서는 시기능에 따라 대상자를 정상안과 폭주부족안으로 분류하지 않았으나 동적환경에서 영상을 시청하였기 때문에 선행연구와는 다르게 내직근과 외직근에 반복적으로 가해지는 피로가 커서 융합력의 감소가 나타난 것으로 생각되며, 음성융합력의 경우 외사위 범위에 속하는 근거리 사위도 값을 보였던 Group C는 선행연구에서의 폭주부족안과 비슷한 결과를 나타내었다.

2) 근거리 수직 개산력

일반적인 정적환경에서의 근업 시에는 조절로 인한 수정체의 하방이동으로 시선 각도는 수평보다 아래 쪽을 향하게 되나 본 연구에서는 수직방향으로의 움직임이 반복되는 동적환경에서 근업을 수행하도록 하였으므로 상방과 하방으로의 시선 이동의 반복되어 상직근과 하사근 및 하직근과 상사근의 긴장과 이완이 반복적으로 발생하였으므로 수직 개산력에 영향을 미칠 것으로 예상되었다. 그러나 근거리 수직 융합버전스 측정 시 전체 대상자의 평균 분리점은 영상시청 전 3.1±1.2 Δ에서 시청 후 변화가 없었고, 평균 회복점 또한 영상시청 전 2.2±1.0 Δ에서 시청 후 변화없이 유지되어 반복적인 수직방향으로의 움직임이 있는 동적환경에서의 영상시청은 수직 개산력의 변화에 별다른 영향을 미치지 못하는 것으로 판단할 수 있다(Table 3).

이에 근거리 수직 개산력의 변화 또한 Group A~C로 세분화하여 분석하였다. Group A의 상방 및 하방 개산력 측정 시 분리점의 평균은 영상시청 전 2.9±1.2 Δ에서 시청 후 3.1±1.2 Δ으로 약 0.2 Δ 가량 통계적으로 유의한 증가(paired t-test, $p = 0.045$)를 나타내었으며, 회복점의 평균

또한 시청 전 2.0±1.1 Δ에서 시청 후 2.2±1.1 Δ으로 약 0.2 Δ 가량 통계적으로 유의한 증가(paired t-test, $p = 0.014$)를 나타내었다. 즉, Group A의 수직 개산력은 영상시청 후 증가함을 알 수 있었는데 이는 수직방향으로의 자극의 규칙적 반복으로 인한 시기능 훈련의 효과가 나타난 것으로 생각되었다. 한편 Group B의 수직 융합버전스 측정 시 분리점의 평균은 3.1±1.2 Δ에서 영상시청 후 2.8±1.1 Δ으로 약 0.3 Δ의 통계적으로 유의한 감소(Wilcoxon signed-rank test, $p = 0.048$)를, 회복점의 평균은 2.2±1.0 Δ에서 시청 후 1.8±1.1 Δ으로 약 0.4 Δ의 통계적으로 유의한 감소(Wilcoxon signed-rank test, $p = 0.031$)를 나타내어 Group A과는 달리 수직 개산력이 감소함을 알 수 있었다. Group C의 수직 융합버전스 측정 시 평균 분리점은 영상시청 전 3.6±0.8 Δ에서 4.0±1.3 Δ으로 약 0.4 Δ 증가의 경향을 나타내었으나 평균 회복점은 영상시청 전 2.7±0.9 Δ에서 시청 후 2.7± 1.2 Δ로 변화가 없었다. 따라서 Group B의 경우는 수직방향으로의 반복적인 근업을 할 때 Group A나 Group C과는 달리 수직 개산력이 유의하게 감소될 수 있으며 이로 인하여 피로도가 증가할 것으로 예상되었다.

4. 근거리 사위값과 융합력에 따른 가상 동적환경에서의 근업 후 자각증상의 변화

1) 영상시청 전 근거리 사위값에 따른 자각증상의 변화

Kim 등은 선행연구에서 가상 이동환경에서의 영상시청으로 전신 및 눈 관련 자각증상이 시청 전 각각 5.00±4.54 점 및 2.60±2.58점에서 영상시청 후 각각 12.64±8.82점 및 8.28±5.87점으로 252.8% 및 318.5% 가량 모두 통계적으로 유의하게 증가함을 밝힌 바 있다.^[14] 이에 본 연구에서는 대상자들의 근거리 사위도 값에 따라 Group A~C로 세

Table 4. Changes in subjective symptoms according to the subjects' near heterophoric values after near work with a moving smartpad (unit: point)

| Classified by near heterophoric value | Subjective symptoms | Baseline | After near work |
|---------------------------------------|---------------------|-----------|-----------------|
| Group A (-3±3 Δ at near) | General | 4.60±3.96 | 13.16±8.61* |
| | Eye-related | 2.92±2.74 | 8.84±6.37* |
| Group B (> 0 Δ at near) | General | 5.94±5.54 | 13.88±9.37# |
| | Eye-related | 2.53±2.32 | 8.88±5.87# |
| Group C (< -6 Δ at near) | General | 4.25±4.17 | 7.88±6.71# |
| | Eye-related | 1.75±2.71 | 5.25±3.28# |

Values are expressed as Mean ± SD

*, Significantly different from the baseline value at $p < 0.05$ by paired t-test

#, Significantly different from the baseline value at $p < 0.05$ by Wilcoxon signed-rank test

분화하고 동일한 설문문항을 사용하여 동일한 동적환경에서의 영상시청 후 전신 및 눈 관련 자각증상 점수의 변화를 분석하였다(Table 4).

Group A의 전신 및 눈 관련 자각증상은 영상시청 전 각각 4.60±3.96점 및 2.92±2.74점에서 영상시청 후 13.16±8.61점 및 8.84±6.37점으로 286.1% 및 302.7% 가량 모두 통계적으로 유의하게 증가하였으며(paired t-test, $p = 0.000$), 이는 선행연구결과의 경우와 유사한 수준이었다. Group B의 전신 및 눈 관련 자각증상은 5.94±5.54점 및 2.53±2.32점에서 13.88±9.37점 및 8.88±5.87점으로 각각 약 233.7% (Wilcoxon signed-rank test, $p = 0.003$) 및 351.0%(Wilcoxon signed-rank test, $p = 0.001$) 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이를 Group A와 비교하면 전신 증상은 적게 나타난 반면, 눈 관련 증상은 크게 나타남을 알 수 있었다. 한편,

Group C에서의 전신 및 눈 관련 자각증상은 영상시청 전 4.25±4.17점 및 1.75±2.71점에서 영상시청 후 7.88±6.71점 및 5.25±3.28점으로 각각 약 185.4%(Wilcoxon signed-rank test, $p = 0.036$) 및 300.0%(Wilcoxon signed-rank test, $p = 0.002$) 가량 통계적으로 유의하게 증가하였다(Table 4).

대상자의 근거리 사위도 값에 따른 분류에서의 전신 자각증상의 기본값(baseline)은 Group C ≤ Group A < Group B의 순으로 나타났고, 눈 관련 자각증상의 기본값은 Group C < Group B < Group A의 순서로 나타났으나 이는 대상자들의 주관적 판단에만 근거한 순서로 통계적으로 유의한 의미를 가지는 차이는 아니었다. 따라서 전신 및 눈 관련 증상의 기본값 대비 동적환경에서의 영상시청 후 상대적 증가비율을 비교하여 보았다. 동적환경에서의 영상시청 후 전신 자각증상의 증가비율은 Group C < Group

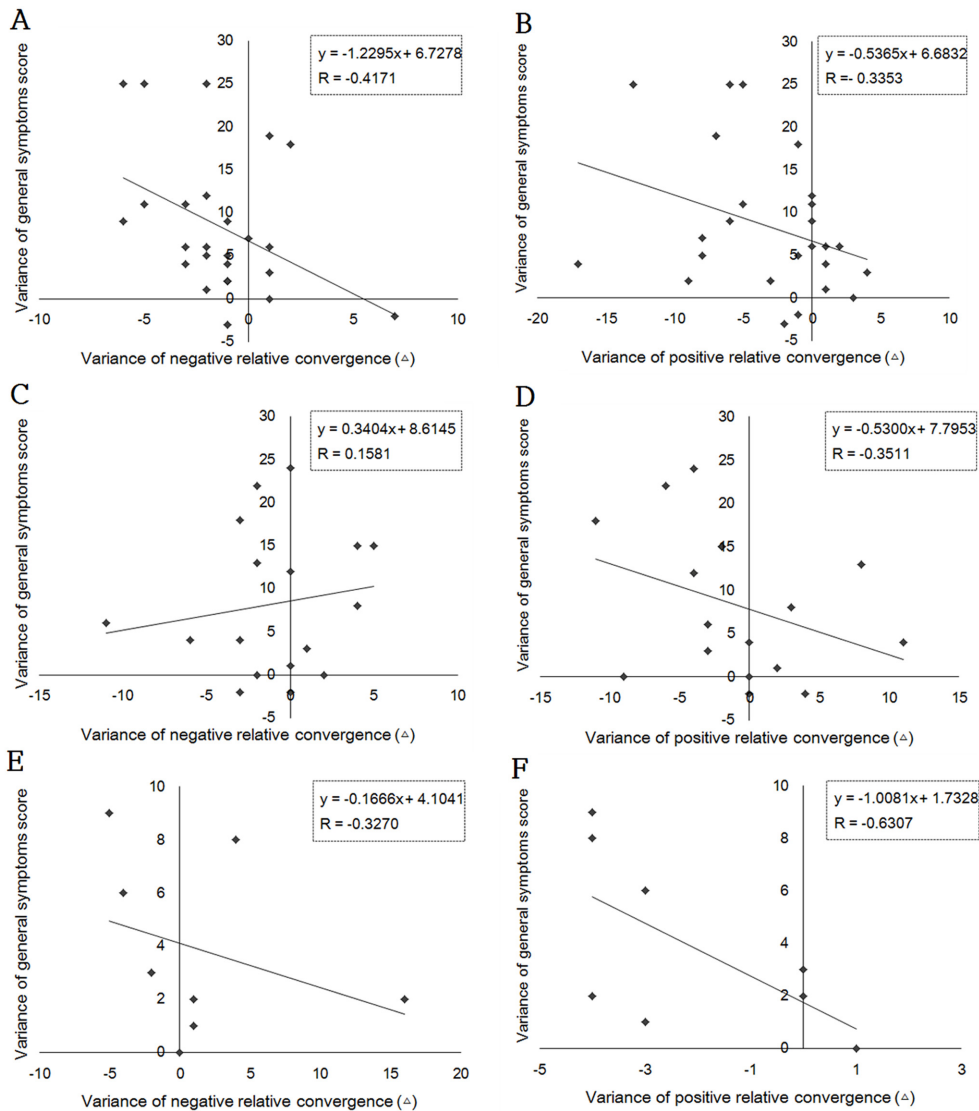


Fig. 4. Correlation between variances in the near relative convergence and the general symptoms score after near work with a moving smartpad. A and B. Group A, C and D. Group B, E and F. Group C

B < Group A의 순서로 나타났으며, 눈 관련 자각증상의 증가는 Group C ≃ Group A < Group B의 순서로 나타났다.

Kim 등^[14]의 선행연구에서 동적환경에서의 영상시청 시간 조절용이성 및 조절반응량과 자각증상 간에는 통계적으로 유의한 상관성이 없었고, 양안 조절용이성 변화량과 전신증상 점수 사이에서만 음의 상관성이 있는 것으로 나타나 조절기능보다는 폭주기능의 저하가 전신증상의 변화에 영향을 주었던 것으로 추측한다고 하였다. 본 연구에서는 근거리 영상시청 후 자각증상은 대상자의 시청 전 근거리 사위도 값에 관계없이 모두 증가하는 경향을 보였고 전신 및 눈 관련 자각증상의 변화 모두 근거리에서 내사위 범위의 값을 가지는 대상자인 Group B에서 가장 크게 나타났으므로 폭주기능 중에서도 특히 음성융합력이

낮은 경우 즉, 음성폭주력이 낮은 경우에 근거리 영상시청 후 자각증상에 더 큰 영향을 받는 것으로 생각되었다. 실제로 본 연구에서 Group B의 음성상대폭주는 Group A나 C의 경우보다 낮게 나타났고(Table 2) 이는 Group B의 높은 자각증상의 변화와 연관이 있는 것으로 판단할 수 있었다(Table 4). 또한 Group B의 경우는 수직융합버전스의 변화는 감소(Table 3)로 나타났으므로 수직방향으로의 움직임이 있는 동적환경에서의 근업 시에는 Group B이 다른 안위에 비해 눈 관련 불편감을 호소할 가능성이 높다고 판단되었다.

2) 근거리 수평 및 수직 융합버전스의 변화와 자각증상의 상관관계

동적환경에서의 영상시청 후 근거리 음성 및 양성상대

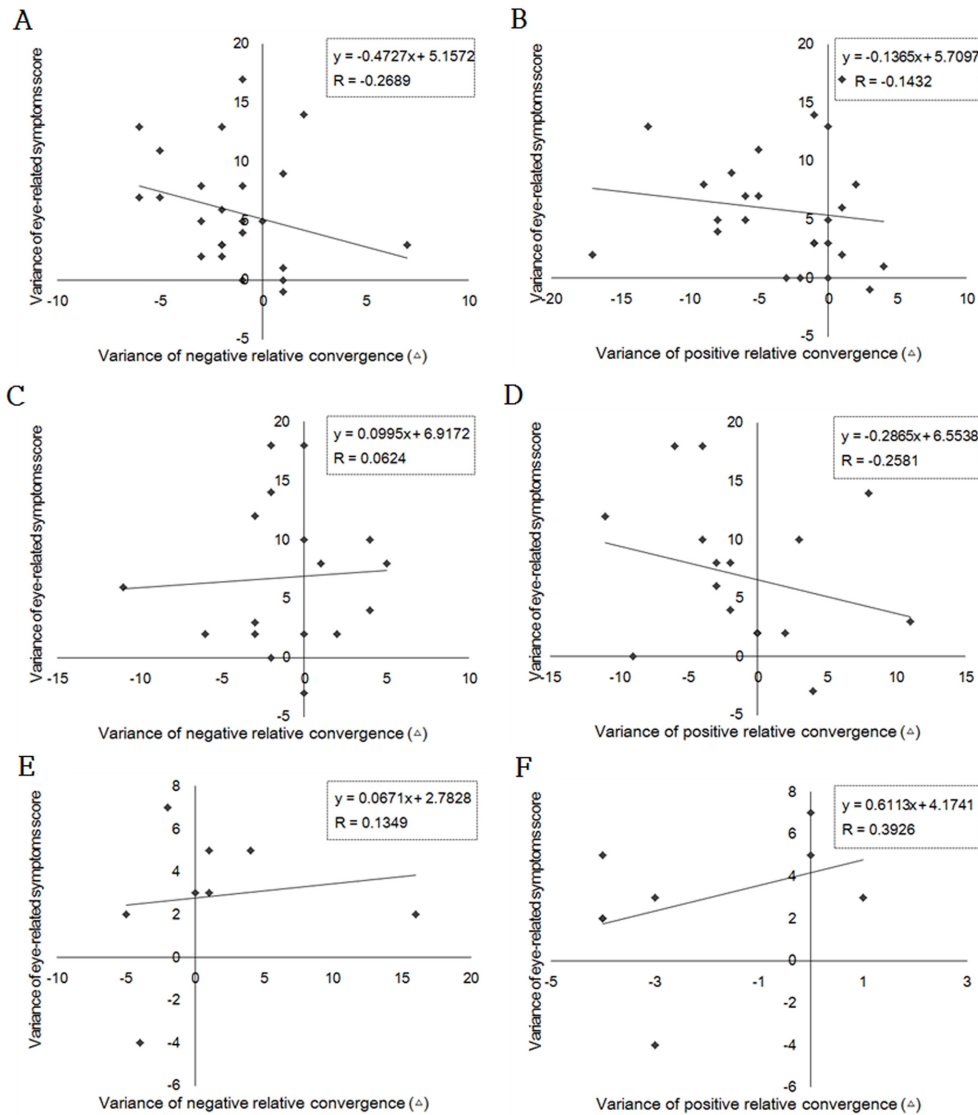


Fig. 5. Correlation between variances in the near relative convergence and the eye-related symptoms score after near work with a moving smartpad. A and B. Group A, C and D. Group B, E and F. Group C

폭주의 변화와 세분화된 세 그룹의 대상자의 전신 및 눈 관련 자각증상 변화와의 상관관계를 알아보았다(Fig. 4 and 5).

Group A의 경우, 영상시청 후 음성 및 양성상대폭주가 시청 전 대비 감소할수록 전신 및 눈 관련 자각증상은 증가하는 음의 상관관계를 가지는 경향을 나타내었으나, 전신 관련 자각증상만 음성상대폭주와 Pearson 상관계수인 $r = -0.4171$ (linear regression analysis, $p = 0.038$)의 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 나타내었다. 즉, 영상시청 후 감소한 수평 융합력은 증가한 폭주부담의 결과이며 이로 인하여 자각증상이 증가한 것으로 생각되었다. 한편 Group B는 음성상대폭주가 시청 전 대비 증가할수록 전신 및 눈 관련 자각증상이 증가하는 미미한 양의 상관관

계의 경향을 나타내었으나 통계적인 유의성은 없었다 (linear regression analysis, 전신, $p = 0.545$; 눈, $p = 0.811$). 이는 Group A나 C와는 달리 낮은 음성상대폭주 기본값을 가지는 Group B의 특징에 따른 결과로 생각되었다. 반면 Group B의 양성상대폭주와 전신 및 눈 관련증상은 통계적 유의성은 없었으나 약한 음의 상관관계를 나타내어 폭주력의 감소가 클수록 자각증상의 증가가 커짐을 알 수 있었다(linear regression analysis, 전신, $p = 0.167$; 눈, $p = 0.317$) Group C는 적은 대상안의 수로 통계적으로 유의한 상관관계를 관찰할 수는 없었으나 전신 증상은 양성 및 음성 상대폭주와 음의 상관관계를 나타내어 시청 전 대비 폭주력 및 개산력이 감소할수록 전신 증상이 증가함을 알 수 있었으며(linear regression analysis, 양성상대폭주, $p = 0.094$;

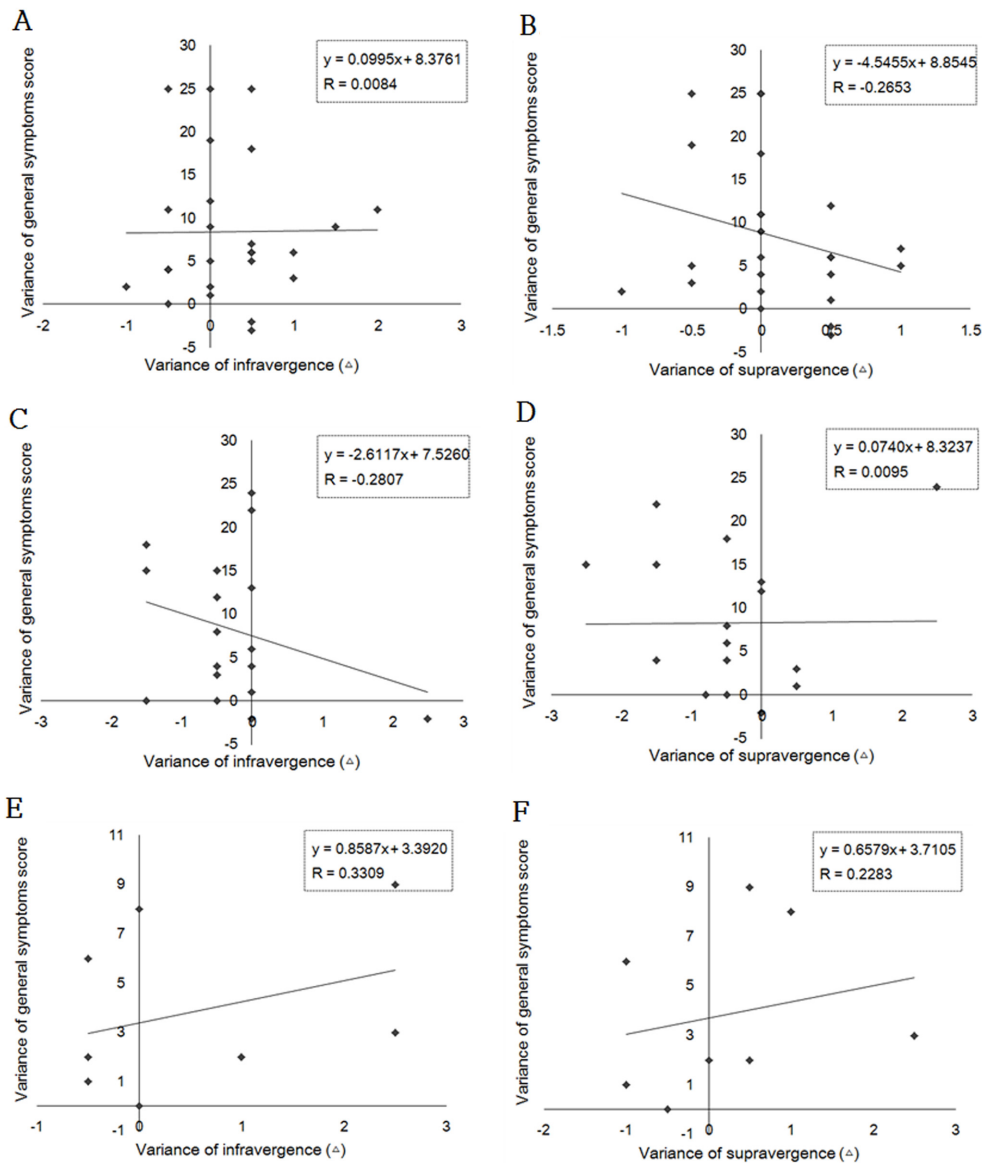


Fig. 6. Correlation between variances in the near vertical vergence and the general symptoms score after near work with a moving smartpad. A and B. Group A, C and D. Group B, E and F. Group C

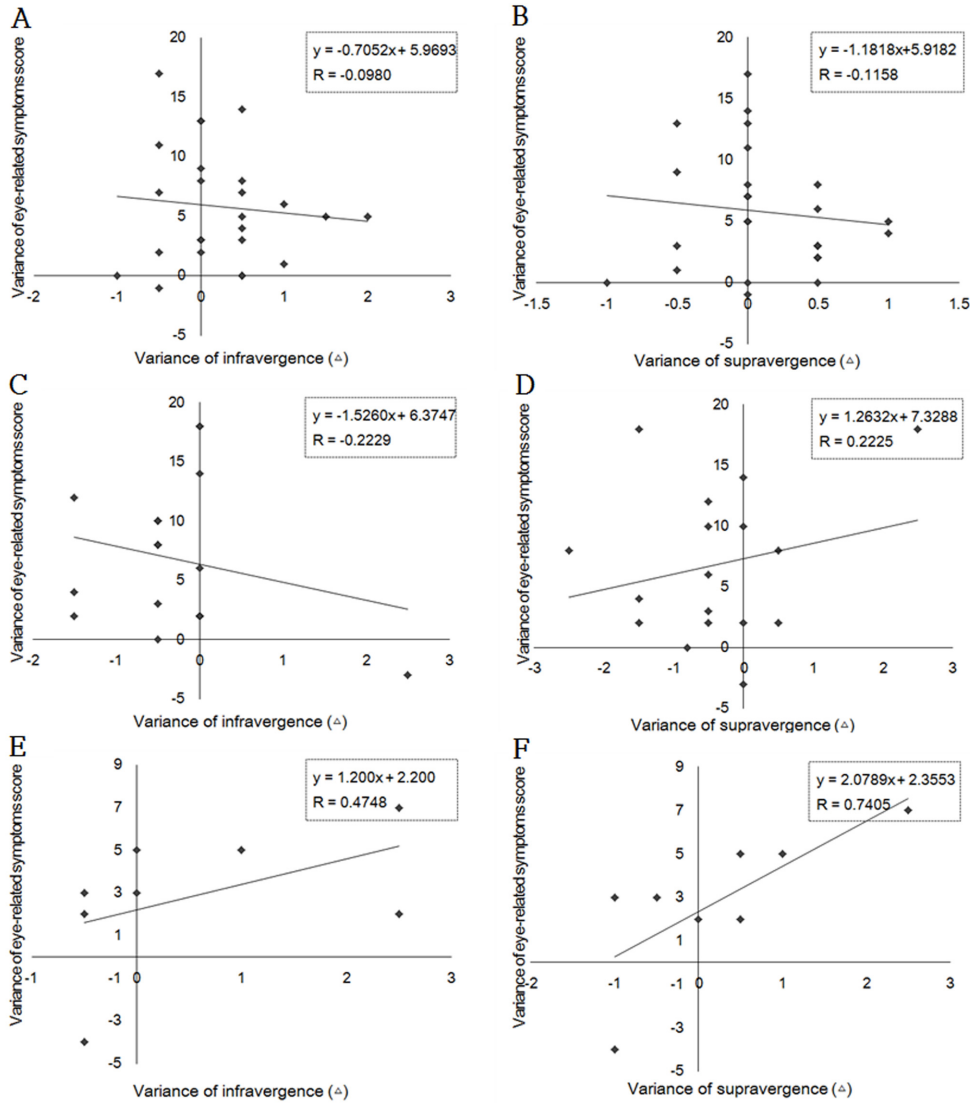


Fig. 7. Correlation between variances in the near vertical vergence and the eye-related symptoms score after near work with a moving smartpad. A and B. Group A, C and D. Group B, E and F. Group C

음성상대폭주, $p = 0.429$), 눈 관련 증상은 양상상대폭주와 중간 정도의 양의 상관관계를 나타내어 시청 전 대비 폭주력이 증가할수록 눈 증상 또한 증가한다고 생각할 수 있겠으나 영상시청 후 양상상대폭주가 증가한 대상자가 한명 밖에 없었으므로 어떠한 결론을 내리기에는 무리가 있다고 판단되었다. 따라서 수평 융합버전스의 변화는 대상자가 근거리에서 내사위 범위의 값을 가지는 경우를 제외하고는 모두 전신 자각증상과 음의 상관관계를 가짐을 의미하며, 눈 관련 증상보다는 전신 증상에 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

또한 동적환경에서의 영상시청 후 근거리 상방 및 하방 융합버전스의 변화와 세분화된 세 그룹의 전신 및 눈 관련 자각증상 변화와의 상관관계를 알아보았다(Fig. 6 and 7).

Group A는 영상시청 후 상방 개산력은 영상시청 전 대

비 감소할수록 전신 및 눈 관련 자각증상은 증가하는 약한 음의 상관관계의 경향을 나타내었던 반면, 하방 개산력은 눈 관련 증상과만 미미한 음의 상관관계를 나타내었다. Group B의 경우 하방 개산력은 전신 및 눈 관련 증상과는 약한 음의 상관관계를, 상방 개산력은 눈 관련 증상과 약한 양의 상관관계의 경향을 나타내었다. 한편 Group C는 상방과 하방의 개산력 모두 전신 및 눈 관련 자각증상과 양의 상관관계를 나타내었으나 이 중 눈 관련 증상과 상방 개산력(linear regression analysis, $r = 0.7405$, $p = 0.036$) 사이에서만 통계적으로 유의한 강한 양의 상관관계를 관찰할 수 있었다. 따라서 수직방향으로의 움직임이 있는 동적환경에서의 영상시청이라 하더라도 수직 융합버전스는 근거리에서 외사위 값을 가지는 대상자의 경우에만 눈 관련 자각증상과 상관관계를 가지는 것으로 생각되었다.

결 론

본 연구에서는 20대 성인을 대상으로 가상의 도보환경인 수직방향으로의 움직이는 영상을 30분간 근거리에서 시청하게 한 후 나타나는 폭주기능의 변화와 자각증상과의 상관관계를 밝히고자 하였다. 그 결과 동적환경에서 영상시청 후 폭주근점은 영상시청 전 대비 더 멀어지는 경향을 보였으며, 근업 전 근거리 사위도 값이 정위 범위인 대상자의 경우만 통계적으로 유의한 변화를 나타내었다. 근거리 사위도는 시청 전 근거리 사위도 값에 관계없이 시청 후에는 외사위화 된 인원이 많았음에도 불구하고 평균적으로는 정위화의 경향을 나타내었다. 한편 근거리에서 정위 범위의 사위값을 가지는 경우는 영상시청 후 양성상대폭주의 감소가 음성상대폭주의 감소보다 컸고, 근거리에서 내사위 범위의 사위값을 가지는 대상자는 반대로 음성상대폭주가 양성상대폭주보다 더 크게 감소하였고, 근거리에서 외사위 범위의 사위값을 보이는 경우는 음성상대폭주는 감소를, 양성상대폭주는 증가를 나타내었다. 반면 근거리 수직 융합버전스는 근업 전 정위 범위의 값을 보이는 대상자는 증가를, 내사위 범위 값을 보이는 경우는 감소를, 외사위 범위의 값을 보이는 경우는 별다른 영향을 받지 않아 수평 및 수직 융합버전스는 대상자의 근거리 사위도값에 영향을 받을 수 있었다. 또한 가상의 도보환경에서의 근업 후 전신 자각증상은 수직 융합버전스보다는 수평 융합버전스 변화에 영향을 받아 근거리 사위도 값이 정상 범위인 경우의 자각증상은 양성 및 음성상대폭주와 음의 상관관계를 가지고, 내사위 범위의 값을 보이는 경우의 자각증상은 음성상대폭주와는 약한 양의 상관관계를, 양성상대폭주와는 약한 음의 상관관계를 가지며, 외사위 범위의 값을 보인 경우는 전신 증상만 상대폭주와 음의 상관관계를 나타냄을 밝혔다. 반면 눈 관련 자각증상은 근거리 외사위 범위의 값을 보인 경우만 수직 융합버전스의 변화와 상관관계를 가짐을 밝혔다.

본 연구는 도보환경을 가상으로 구현하여 수직방향으로의 움직임이 있는 상태에서 양안시에 문제가 없는 대상자에게 수동적으로 근업을 수행하게 한 후 폭주기능의 변화를 밝혔으며, 근업 전 근거리 사위도 값에 따라 자각증상의 변화와의 상관관계가 달라짐을 밝혔다. 그러나 일상생활에서의 도보환경은 본 연구에서 구현한 사인형태처럼 언제나 일정한 속도와 진동폭을 가진다는 보장이 없고, 대상자의 경우는 도보나 이동과정 중 일정시간동안 근업 만을 지속한다는 보장이 없다는 점에서 본 연구 결과가 일상생활에서의 결과와 동일하다고 결론내리기에는 무리가 있다. 따라서 실제 일상생활과의 연관성을 높이기 위하여서는 대상자가 능동적으로 작업을 수행하는 조건의 연구 또한 필요하다고 판단된다.

REFERENCES

- [1] Pew Research Center. Smartphone Ownership on the Rise in Emerging Economies, 2018. <https://www.pewresearch.org/global/2018/06/19/2-smartphone-ownership-on-the-rise-in-emerging-economies>(18 September 2019).
- [2] Korea Economy TV. Vanishing 'Home Phones' and 'Desktop PC' in People's Home, 2019. <http://news.wowtv.co.kr/NewsCenter/News/Read?articleId=A201902240046&t=NN> (18 September 2019).
- [3] Pew Research Center. Cell Phone Activities 2013, 2013. <https://www.pewresearch.org/internet/2013/09/19/cell-phone-activities-2013>(18 September 2019).
- [4] KISA(Korea Internet & Security Agency, Korea). Usage of Mobile Internet Research, 2014. http://www.kisa.or.kr/notice/press_View.jsp?mode=view&p_No=8&b_No=8&d_No=1334(18 September 2019).
- [5] Park KJ, Lee WJ, Lee NG, et al. Changes in near lateral phoria and near point of convergence after viewing smartphones. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2012;17(2):171-176.
- [6] Kwon KI, Kim HJ, Park M, et al. The functional change of accommodation and convergence in the mid-forties by using smartphone. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016; 21(2):127-135. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2016.21.2.127>
- [7] Kim SR, Park MO, Lee SY, et al. The change of accommodative function of vergence anomalies subjects in their twenties after near work with smartphone. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(1):71-80. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.1.71>
- [8] Kim SR, Kwak HW, Kang MS, et al. The changes in convergence function of accommodative anomalies in their twenties after watching video on a smartphone. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(2):133-142. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.133>
- [9] Kim SR, Park SY, Yeo HJ, et al. The change of convergence function of convergence insufficiency in their twenties after doing near work using a smartphone. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2018;23(1):47-56. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.1.47>
- [10] Kim J, Um JY, Sung HN, et al. Changes in accommodative function after reading with paper book and e-book on tablet pc. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(2):183-190. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.183>
- [11] Kim HJ, Kong H, Park M, et al. The effect of blue-light blocking ophthalmic lenses on legibility and fatigue during near work with a smartpad. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(1):81-88. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.1.81>
- [12] Kim J, Kang MA, Kim JH, et al. Effect of blue light-blocking lens on accommodative function during near work with different background colors using a smart device. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2018;23(4):441-451. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.4.441>
- [13] Kim J, Eom HY, Jo EJ, et al. The effect of blue-light blocking lens on legibility and subjective symptoms

- during near work with different background colors using a smart device. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2019; 24(1):51-59. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.1.51>
- [14] Kim J, Jung WY, Jeong M, et al. Changes in the subjective symptoms and accommodative function after near work in a virtual moving environment. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2019;24(3):267-277. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.3.267>
- [15] Hung GK, Ciuffreda KJ, Rosenfield M. Proximal contribution to a linear static model of accommodation and vergence. Ophthalmic Physiol Opt. 1996;16(1):31-41. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1475-1313.1996.95001107.x>
- [16] Noh HJ, Kim HJ, Jung JY, et al. Changes of binocular vision function in eyes with normal and abnormal visual function according to reading devices. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2019;24(2):143-152. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.2.143>
- [17] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 1st Ed. Philadelphia: JB Lippincott, 1994;9.
- [18] Kim SI, Kwon KI, Lee J, et al. The change of near point of convergence and fusional reserves after computer gaming with different direction of eye movement. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2013;18(1):37-43. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2013.18.1.037>
- [19] Son JS, Kim DS, Kim JH, et al. The evaluations of phoria and AC/A ratio by watching 3D TV at near. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2015;20(3):319-324. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.3.319>

가상의 도보환경에서 근거리 작업 후 폭주기능의 변화와 자각증상과의 상관관계

정원영¹, 이다교¹, 정주희¹, 박미정², 김소라^{2,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

²서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2020년 2월 24일), 수정일(2020년 3월 11일), 게재확정일(2020년 3월 13일)

목적: 본 연구에서는 수직방향으로 움직이는 가상의 도보환경에서 영상시청 후 나타나는 폭주기능의 변화와 자각증상과의 상관관계를 알아보고자 하였다. **방법:** 수직방향으로 반복적으로 움직이도록 한 스마트패드를 가상의 도보환경에서의 근업으로 설정하고 20대 남녀 50명을 대상으로 30분 동안 영상을 시청하도록 하였다. 영상시청 전후 폭주근점, 근거리 사위도, 수평 및 수직융합버전스를 측정하여 폭주기능의 변화를 알아보았고, 전신 및 눈 관련 자각증상을 설문조사하여 대상자의 근거리 사위도 값에 따른 폭주기능의 변화와 자각증상과의 상관관계를 분석하였다. **결과:** 가상의 도보환경에서 영상시청 후 폭주근점은 영상시청 전 대비 더 멀어지는 경향을 보였으나, 근거리 사위도 값이 정위 범위인 대상자의 경우만 통계적으로 유의한 변화를 나타내었다. 근거리 사위도는 외사위화 된 인원이 가장 많았음에도 불구하고 평균적으로는 정위화의 경향을 나타내었다. 한편 수평 및 수직융합버전스는 대상자의 근거리 사위도 값의 범위에 따라 서로 다른 변화양상을 나타내었다. 즉, 영상시청 후 나타나는 수평 융합버전스 변화는 전신 자각증상의 변화와 상관관계를 가지는 경우가 많았으나, 수직 융합버전스의 변화는 대상자의 근거리 사위도 값의 범위에 따라 눈 관련 자각증상과 다른 상관관계를 보였다. **결론:** 본 연구결과 수직방향으로 규칙적 움직임이 있는 가상 도보환경에서의 수동적인 근업 시에는 전반적인 폭주기능의 변화가 유발되며, 근업 전 대상자의 근거리 사위도 값에 따른 수평융합버전스의 변화양상은 전신 자각증상과 상관성을 가짐을 알 수 있었다. 따라서 동적 환경에서 근업 시 나타나는 폭주기능의 변화와 피로도 감소를 위해 안경처방 시 근거리 사위도 값을 고려하여야 함을 제안한다.

주제어: 가상 도보환경, 폭주근점, 수평융합버전스, 수직융합버전스, 자각증상