

## 안구의 운동방향이 다른 컴퓨터 게임 후 폭주근점과 융합여력의 변화

김세일, 권기일, 이지예, 이효진, 박미정, 김소라\*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2013년 2월 1일), 수정일(2013년 3월 12일), 게재확정일(2013년 3월 16일)

**목적:** 본 연구에서는 안구의 운동방향이 다른 컴퓨터 게임을 일정시간 동안 수행하였을 때 폭주근점 및 융합여력의 변화에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. **방법:** 안질환, 안과적 수술 및 조절기능의 이상이 없고 교정시력이 1.0 이상인 20대 40명을 대상으로 40분, 90분 동안 안구를 수평방향 및 수직방향으로 움직여야 하는 게임을 각각 실시하게 한 후 수평 및 수직 융합여력 및 폭주근점 값을 측정하였다. **결과:** 수평 및 수직방향의 컴퓨터 게임 후 폭주근점은 게임 전의 검사 값과 비교하여 멀어지는 경향을 보였으며, 수평 및 수직 융합여력은 모두 유의성 있게 감소하였다. 그러나 90분 동안 연속적으로 컴퓨터 게임을 하였을 때에는 융합여력 및 폭주근점의 감소폭이 40분 동안 작업을 수행하였을 경우보다 작았다. 안구의 주 운동방향에 따른 양안시 기능의 변화는 수직방향으로 고정된 운동보다 수평방향에서의 운동에 의해 더 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. **결론:** 본 연구에서는 video display terminal(VDT) 작업시 안구의 주 운동방향에 따라 융합여력 및 폭주근점의 변화가 다르게 나타남을 밝혔다. 따라서 지속된 VDT 작업에 따른 양안시 기능의 저하를 방지하기 위하여서는 주로 사용하게 되는 외안근에 따라 작업시간의 조정이 다르게 요구됨을 알 수 있었다.

**주제어:** VDT 작업, 안구운동 방향, 폭주근점, 음성융합여력, 양성융합여력, 상방이항능력, 하방이항능력

### 서 론

컴퓨터의 지속적인 발달에 의한 정보수집의 편리성과 다양성에 힘입어 현대 사회는 정보화 사회로 일컬어지게 되었으며, 현대인들이 매스미디어나 커스텀 미디어에 노출되는 정도 또한 폭발적으로 증가하게 되었다. 이러한 사회의 영향에 따라 컴퓨터, PDP, DMB 및 스마트폰의 이용량은 급증하게 되었다.<sup>[1]</sup> 최근 방송통신 위원회 보도자료에 따르면 우리나라의 인터넷 가입자 수는 2천5백만명을 넘어섰으며,<sup>[2]</sup> 스마트폰의 가입자 수는 2012년 8월 3천만명을 넘어서<sup>[3]</sup> 5명 중 3명이 스마트폰을 사용하고 있음을 알 수 있다. 또한 휴대폰을 이용한 인터넷의 사용시간은 하루 약 75.7분으로 조사되었다.<sup>[4]</sup> 이와 같이 VDT(visual display terminal)의 보급과 사용빈도가 많아짐에 따라 VDT작업으로 인한 피로를 호소하는 사람들도 많아졌다. 'VDT 증후군'이란 VDT 스크린으로부터 방사되는 X선·전리방사선 등의 전자기파가 자율신경계의 변화를 일으킴으로 유발되는 두통과 손목·관절·목·어깨 등의 근육통증 증상 뿐 아니라 안구피로와 안구건조의 안과적 증상,

안정피로의 원인이 되는 조절과 폭주의 과도한 사용으로 조절력 감소, 폭주력 저하, 근거리 사위 등의 증상을 겪는 것을 일컫는다.<sup>[5-8]</sup> VDT 증후군을 유발시킬 수 있는 컴퓨터 게임이나 게임기의 경우 게임의 종류에 따라 수직이나 수평 방향으로 편중되어 안구운동을 하는 경우가 많은데 안구의 운동방향에 따른 시기능의 변화를 연구한 논문은 많지 않은 실정이다.<sup>[9,10]</sup> 본 연구진은 컴퓨터 게임을 통한 VDT 작업의 시간이 길어짐에 따라 전반적인 조절기능의 능력이 감소하며, 수직방향 보다는 수평방향으로의 안구이동이 VDT 작업 시 조절기능의 변화에 영향을 크게 미침을 밝힌 바 있다.<sup>[10]</sup> 일상의 시환경에서는 조절기능 뿐만 아니라 굴절기능, 조절기능 그리고 양안시 기능이 작용하여 서로 상호 연결되어 영향을 끼치게 되는데 대표적인 것이 조절과 폭주 그리고 축동이 동시에 일어나는 근접반사인 협동안운동(Synkinetic eye movement)이다.<sup>[11]</sup> 특히 조절과 폭주는 폭주계와 조절계가 폭주성 조절과 조절성 버전스의 분리된 교차연결을 통해 상호작용하는데, 이 두 계가 교차연결되기 전에 근접성 영향이 작용하게 되며, 폭주에 대한 신경지배는 폭주성 조절을 통해 조절을 유발시키며,

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

조절에 대한 신경지배는 조절성 폭주를 통해 폭주를 유발시키는 유기적인 관계를 가진다.<sup>[12]</sup> 이에 본 연구에서는 수평방향과 수직방향의 안구운동을 독립적으로 분리하여 사용할 수 있는 게임을 이용하여 컴퓨터 게임 작업 전과 40분 및 90분 동안 연속적인 작업 후에 상대융합여력 및 이항운동능력을 각각 측정·비교함으로써 VDT 연속작업 시 안구의 주 운동방향에 따른 변화를 알아보고자 하였으며, 동일한 실험조건 하에서 수행된 선행 연구결과인 조절기능의 변화와 비교분석하여 협동안운동과의 상관관계를 밝히고자 하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 실험대상 및 컴퓨터 게임의 조건

안 질환 또는 전신질환을 가지고 있는 자를 제외하고, 조절기능 이상이 없으며 교정시력이 1.0이상인 19세 이상 30세 이하의 40명(남자 20명, 여자 20명, 평균나이 23.4±2.9세)으로 컴퓨터 게임시 안구운동 방향에 따른 조절기능의 변화를 밝힌 선행 연구<sup>[10]</sup>에 동일하게 참여하였던 실험대상자들이었다. 이들 실험대상자를 20명씩 총 2군으로 나누고 수평 게임군 및 수직 게임군으로 하였다. 모든 수평 게임군과 수직 게임군은 각각 40분 및 90동안 컴퓨터 게임을 지속적으로 하도록 하였다. 수직 및 수평 게임 전에 실험대상자들의 폭주 및 개산과 관련된 시기능 검사인 양성융합여력과 음성융합여력, 수직이항여력 및 폭주근점을 측정하였다. 이들 측정값을 각각 40분 및 90분 동안의 조건실험이 끝난 후에 측정된 시기능 값과 비교하여 그 변화를 분석하였다.

모든 실험조건은 기존의 연구와 동일하게 설정하였다.<sup>[10]</sup> 즉, 컴퓨터 모니터는 CRT방식을 사용하였으며 크기는 19인치이었고, 실험대상자와 컴퓨터 화면의 각도는 상 방향으로 5~10° 사이가 되도록 하였으며, 작업거리는 40 cm가 되도록 하였다. 또한 수평방향 게임 동안에는 수직방향으로의 안구운동을 최소화시켜 안구운동범위가 수평방향으로 42~48°, 수직방향으로는 5° 이내가 되도록 하였으며, 수직방향 게임 동안에는 수평방향으로의 안구운동을 최소화하여 안구운동범위가 수직방향으로 38~42°, 수평방향으로는 5° 이내가 되도록 하였다.

### 2. 폭주 및 개산 관련 시기능 검사<sup>[13,14]</sup>

#### 1) 폭주근점 검사

실험대상자의 눈 앞 40 cm거리 앞에 0.7의 크기에 해당하는 점이 있는 AC/A scaler(NadoKorea, 한국)를 두고 대상자 앞으로 이동시켜 그 점이 2개로 보일 때의 거리를 구

하여 분리점을 찾고 시표를 원래의 위치로 이동시켜 하나로 보이게 되는 회복점을 구하였으며 분리점까지의 거리(cm)를 폭주근점으로 나타내었다.

#### 2) 근거리 수평 융합여력 검사

개산여력 및 폭주여력 검사는 완전 양안교정상태에서 실험대상자의 눈 앞 40 cm 거리에 포롭터용 근용시표(Phoropter replacement card, Hahn-medical, 한국)를 두고 수동식 포롭터(NIDEK, JP/RT-600, Japan)를 이용하여 시행하였다. 개산여력은 교정안경에 base-in 프리즘을 양안에 동일하게 추가하여 흐린점, 분리점을 찾은 다음 부가한 프리즘 양을 다시 감소시켜 회복점을 구하였다. 각 반응점에서 양안에 추가된 프리즘 양을 더하여 음성융합여력(NFR, negative fusional reserve) 값으로 하였다. 폭주여력은 교정안경에 base-out 프리즘을 양안에 동일하게 추가하여 흐린점, 분리점 찾은 다음 부가한 프리즘 양을 다시 감소시켜 회복점을 각각 측정하였으며 각 반응점에서 양안에 부가된 프리즘 양을 양성융합여력(PFR, positive fusional reserve) 값으로 하였다.

#### 3) 수직이항검사

하방(infra) 및 상방(supra)으로의 수직이항능력 검사는 완전 양안교정상태로 실험대상자의 눈 앞 40 cm 거리에 포롭터용 근용시표(Phoropter replacement card, Hahn-medical, 한국)를 두고 수동식 포롭터(NIDEK, JP/RT-600, Japan)를 이용하여 시행하였다. 하방이항능력 검사는 우안에 base-up 프리즘을 교정안경에 추가하여 분리점을 찾은 다음 부가한 프리즘 양을 다시 감소시켜 회복점을 구하였으며 더해진 프리즘의 양으로 표시하였다. 상방이항능력 검사는 우안에 base-down 프리즘을 교정안경에 추가하여 분리점을 찾은 다음 부가한 프리즘 양을 다시 감소시켜 회복점을 각각 구하였으며 더해진 프리즘의 양으로 그 결과를 나타내었다.

### 3. 통계처리

실험결과는 평균±표준편차로 표시하였으며, 컴퓨터 게임의 수행시간에 따른 폭주근점 및 융합여력 값 변화의 차이는 GraphPad Prism 5(GraphPad Software, Inc., San Diego)를 이용하여 paired t-test로 분석하였고, 95%의 신뢰구간으로 p<0.05일 때 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

## 결과 및 고찰

본 연구에서 실험대상자에게 40분 및 90분 동안 각각

수평 및 수직방향의 게임을 수행하게 하였을 때, 컴퓨터 게임으로 인한 눈의 피로증상이 기존 연구의 결과와 비슷한 정도<sup>11)</sup>로 컴퓨터 게임을 중단할 정도의 불편감은 아니었고 실험대상자들은 각각의 조건 실험을 주어진 시간만큼 수행하고 마쳤다. 조건 실험 전의 실험대상자들의 폭주근점 값, 수평 및 수직 융합여력 값을 100%로 한 후 각 수평 및 수평방향의 컴퓨터 게임 후의 변화를 상대적인 값으로 변환하여 백분율로 나타내고 변화량을 분석하였다.

### 1. 컴퓨터 게임으로 인한 폭주근점의 변화

근거리 작업을 하지 않은 수직게임 군 및 수평게임 군의 조건 실험 전 폭주근점 값은 각각  $5.90 \pm 1.45$  및  $5.23 \pm 1.23$  cm로 측정되었으며, 두 군 모두 모건의 기댓값인  $5 \pm 2.5$  cm의 범위에 해당하는 값을 가져 정상임을 알 수 있었다.<sup>13,14)</sup> 지속적으로 수평게임을 40분 및 90분 동안 수행하게 한 후 실험군의 폭주근점 값은 각각  $6.74 \pm 2.03$  및  $6.45 \pm 1.37$  cm로 검사되었다(Fig. 1). 즉, 수평방향의 게임을 40분 및 90분 동안 수행한 후의 폭주근점은 실험 전과 비교하여 각각 17.1% 및 10.1% 가량 멀어짐을 알 수 있었다(Fig. 1). 그러나 수평방향의 컴퓨터 게임 후 이러한 폭주근점의 증가는 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(40 min group,  $p=0.1413$ ; 90 min group,  $p=0.1030$ ). 이는 동일한 실험대상자로 수행되었던 선행연구결과에서 40분 동안 수평게임 후 양안 최대조절력 값의 감소폭이 컸으나 90분 동안의 수평게임 후에는 그 감소폭이 둔화되었던 결과<sup>11)</sup>와 거의 일치하는 양상을 보였다. 권 등은 40분 및 90분 수평게임 후 양안 최대조절력은 각각 6.9% 및 8.7% 감소하였다고 하여 동일 실험대상자로 수행된 본 연구에서 폭주근점의 증가량이 조절의 감소량보다 크게 나타났다. 이는 장시간에 걸친 근거리 작업 시 조절에 필요한 내안근의 기능보다, 폭주에 필요한 외안근 특히 내직근이 더 큰 영향을 받았던 것으로 생각되었다.

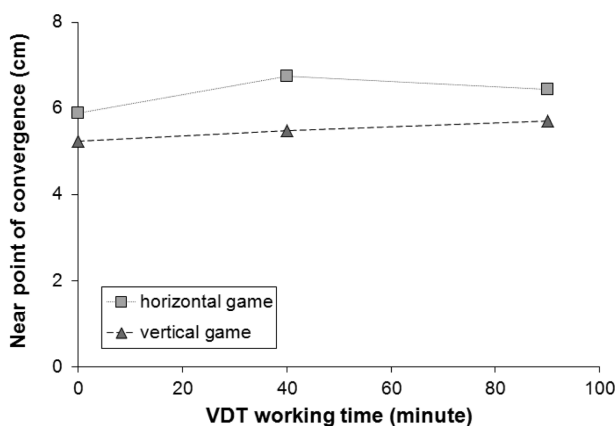


Fig. 1. The change of near point of convergence after computer gaming.

반면, 지속적으로 수직게임을 40분 및 90분 동안 수행하게 한 후 실험군의 폭주근점 값은 각각  $5.48 \pm 1.91$  및  $5.70 \pm 2.21$  cm로 나타나 조건 실험 전 폭주근점 값을 100%로 하였을 때 수직게임을 40분 및 90분 동안 수행한 후에는 4.9% 및 9.0% 가량 멀어짐을 알 수 있었다(Fig. 1). 그러나 수직게임 후의 실험대상자들의 폭주근점 값의 변화 또한 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(40 min group,  $p=0.5918$ ; 90 min group,  $p=0.2056$ ). 수직게임의 경우는 수평게임 후 보다 폭주근점의 증가가 적게 나타나는 경향을 보였는데 이 역시 선행연구에서 수직게임의 경우 최대조절력의 감소가 다소 느리게 나타나 90분 동안 지속적으로 감소하는 경향을 보였던 것과 유의한 양상을 나타내었다. 최대조절력은 눈의 광학계의 폭주력이 증가함에 따라 근거리 물체로부터 개산된 빛이 망막 위에 상을 맺을 수 있도록 하는 기능이므로 수평 및 수직게임 시 폭주근점이 멀어짐이 일정시간까지 유지되는 것은 조절과 폭주와의 정상적인 피드백 작용으로 볼 수 있으며, 이후 폭주근점이 회복되는 것처럼 나타난 양상은 지속적인 조절로 피로도가 증가하면서 조절기능이 떨어지면서 조절과 폭주의 피드백 작용이 달라진 것으로 생각되었다.

### 2. 컴퓨터 게임으로 인한 수평 융합여력의 변화

수직게임 군 및 수평게임 군들의 조건 실험 전 근거리 음성융합여력 값은 각각  $23.65 \pm 2.79 \Delta$  및  $22.48 \pm 1.82 \Delta$ 로 두 군 모두 모건의 기댓값인  $21 \pm 4 \Delta$ 의 범위에 해당하는 값을 가져 개산능력은 정상임을 알 수 있었다.<sup>13,14)</sup> 그러나 수평방향의 컴퓨터 게임을 40분 및 90분 동안 연속적으로 수행한 후의 근거리 음성융합여력은 각각  $20.10 \pm 3.07 \Delta$  및  $19.41 \pm 2.61 \Delta$ 로 측정되었다. 즉, 수평방향의 컴퓨터 게임 후 근거리 음성융합여력은 40분 후에는 15.0%, 90분 후에는 17.9% 감소함을 알 수 있었으며(Fig. 2), 이는 통계적으로도 유의한 감소이었다(40 min group,  $p<0.001$ ; 90 min group,  $p<0.001$ ). 수직방향의 컴퓨터 게임을 연속적으로 40분 및 90분 동안 수행한 후 근거리 음성융합여력 값은 각각  $20.43 \pm 2.85 \Delta$  및  $19.09 \pm 2.52 \Delta$ 로 나타나(Fig. 2) 수직방향의 컴퓨터 게임 후 근거리 음성융합여력은 40분 게임 후에는 9.1%, 90분 게임 후에는 15.1% 가량 감소하여 이 또한 통계적으로 유의한 차이를 나타냄을 알 수 있었다(40 min group,  $p=0.02$ ; 90 min group,  $p<0.001$ ).

수평 및 수직방향의 컴퓨터 게임 시 음성융합여력의 감소로 실험대상자들의 개산능력이 감소함을 알 수 있었으며 수평게임의 경우 그 감소폭이 큰 경향을 보였으나(Fig. 2) 작업시간이 증가하였을 때에는 수평 및 수직 게임군 간의 차이가 작아졌다. 권 등은 선행 연구에서 40분 동안의 수평 및 수직게임 후 양성상대조절 값이 감소하다 90분

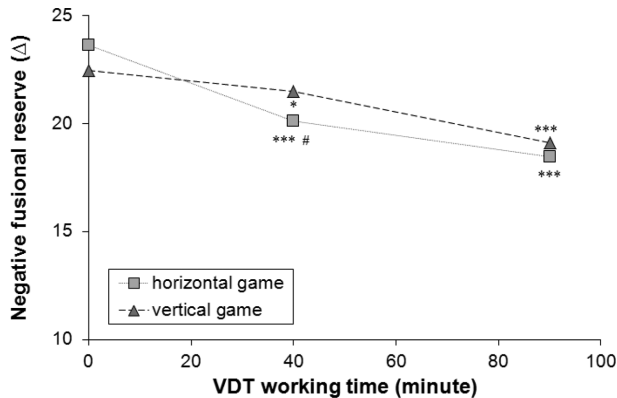


Fig. 2. The change of negative fusional reserves after computer gaming.

Symbols represent only mean of negative fusional reserve. The numeral mean and standard deviation state in the text. \*, significantly different from the value taken before computer gaming at the level of  $p < 0.05$ , \*\*\*, significantly different from the value taken before computer gaming at the level of  $p < 0.001$ ; #, significantly different from the vertical game at the level of  $p < 0.05$

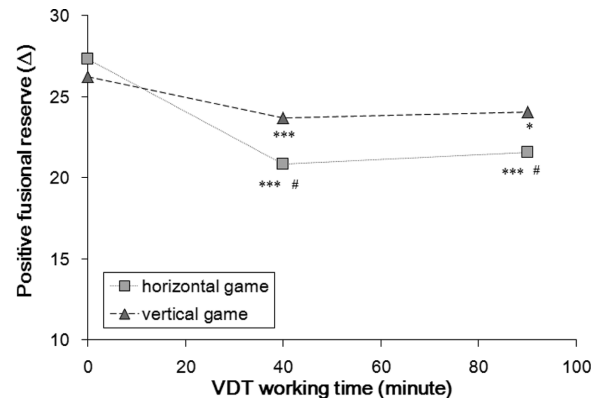


Fig. 3. The change of positive fusional reserves after computer gaming.

Symbols represent only mean of positive fusional reserve. The numeral mean and standard deviation state in the text. \*, significantly different from the value taken before computer gaming at the level of  $p < 0.05$ ; \*\*\*, significantly different from the value taken before computer gaming at the level of  $p < 0.001$ ; #, significantly different from the vertical game at the level of  $p < 0.05$

실험 후 그 감소폭이 둔화되는 경향을 보인다고 보고하였는데 이는 일정한 폭주상태를 유지시키며 조절반응량을 변화시켜야 하는 양성상대조절 값의 감소를 의미한다.<sup>[10]</sup> 그러나 동일 실험대상자를 대상으로 실시한 본 연구에서 음성융합여력 값은 수직과 수평게임 후 작업시간에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 이는 양안 중심주시 상태를 유지하도록 개선하면서 조절을 일정한 수준으로 유지시켜야 하는 음성융합여력의 감소를 의미하므로 선행 연구결과에서 나타난 조절용이성 검사 값의 감소와 관련이 있는 것으로 판단할 수 있었다. 그러므로 본 연구에서는 컴퓨터 게임 시 조절기능의 변화와 폭주근점 및 융합력 변화는 직. 간접적으로 영향을 미치는 것을 검사값으로 확인할 수 있었다.

한편, 40분 실험군 및 90분 실험군 대상자들의 조건 실험 전 근거리 양성융합여력 값은 각각  $27.33 \pm 1.95 \Delta$  및  $26.22 \pm 1.63 \Delta$ 로 두 군 모두 모건의 기댓값인  $21 \pm 6 \Delta$ 의 범위에 해당하는 값을 가져 실험대상자들의 폭주능력은 정상임을 알 수 있었다.<sup>[13,14]</sup> 음성융합여력의 경우와 마찬가지로 40분 및 90분 동안 연속적으로 수평방향의 컴퓨터 게임을 한 후에는 근거리 양성융합여력은 각각  $20.87 \pm 1.20 \Delta$  및  $22.19 \pm 2.84 \Delta$ 로 측정되었다. 즉, 수평방향의 컴퓨터 게임 후 근거리 양성융합여력은 40분 후에는 23.6%, 90분 후에는 17.8% 감소함을 알 수 있었으며(Fig. 3), 이는 통계적으로도 유의한 감소이었다(40 min group,  $p < 0.001$ ; 90 min group,  $p < 0.001$ ). 한편, 수직방향의 컴퓨터 게임을 연속적으로 40분 및 90분 동안 수행한 후 근거리 양성융

합여력 값은 각각  $22.50 \pm 2.44 \Delta$  및  $24.06 \pm 3.96 \Delta$ 로 나타나(Fig. 3) 수직 게임 후 근거리 양성융합여력은 40분 게임 후에는 통계적으로 유의하게 14.2%정도 감소하였다가 90분 게임 후에는 그 감소량이 8.2%로 나타나 폭주능력이 어느 정도 회복됨을 보였다(40 min group,  $p < 0.001$ ; 90 min group,  $p = 0.03$ ). 이렇듯 양성융합여력은 수평 및 수직 방향의 컴퓨터 게임 시 40분까지는 감소하다 90분까지 시간을 늘려서 지속하였을 때에는 약간 회복되는 경향을 보이는 폭주능력의 변화를 보였으며, 음성융합여력의 결과와 마찬가지로 수평게임 시 폭주능력의 변화가 유의성 있게 더 크게 나타났다.

VDT 작업 후 융합여력의 변화와 관련하여 Emoto 등은 1시간 동안의 TV시청 후 폭주력의 상당한 감소와 개산력의 미미한 감소를 보고하였다.<sup>[7]</sup> 본 연구에서도 폭주능력은 수평 및 수직게임에서 모두 상당한 감소함을 보였고, 개산능력은 폭주능력의 감소보다 적은 양이 감소하여 선행연구와 일치하는 값을 보였다. 안구운동방향에 따른 수평 융합여력의 변화가 컴퓨터 게임을 40분 동안 지속하였을 때는 감소하는 양상을 보이다가 90분 동안 수행하였을 때에는 그 감소폭이 줄거나 회복되는 양상을 보인 것은 지속적인 조절과 폭주로 인하여 더 이상 게임 초기와 같은 동일한 정도의 집중도를 보이지 못하여 나타나는 결과로 추정된다. Konz는 1회 당 VDT 작업의 연속작업시간 증가는 작업자의 피로를 급격히 증가시킨다고 보고하였으며,<sup>[15,16]</sup> Emoto 등은 작업강도와 관련된 변인들 중 VDT 증후군의 정도에 유의하게 영향을 미칠 수 있는 인자로 1회 연속작업시간을 지적하였다.<sup>[7]</sup> 또한, VDT 작업 시 짧은 휴식시

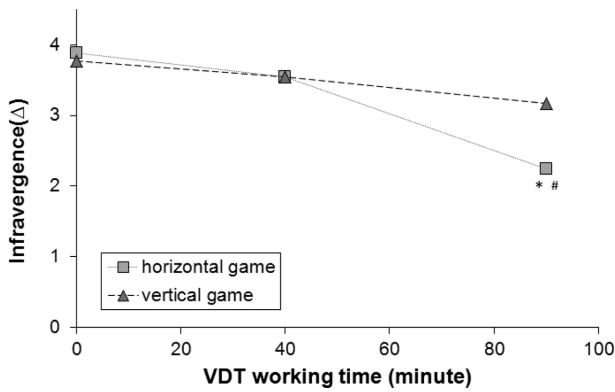


Fig. 4. The change of infravergence after computer gaming. Symbols represent only mean of infravergence. The numeral mean and standard deviation state in the text. \*, significantly different from the value taken before computer gaming at the level of  $p < 0.05$ ; #, significantly different from the vertical game at the level of  $p < 0.05$

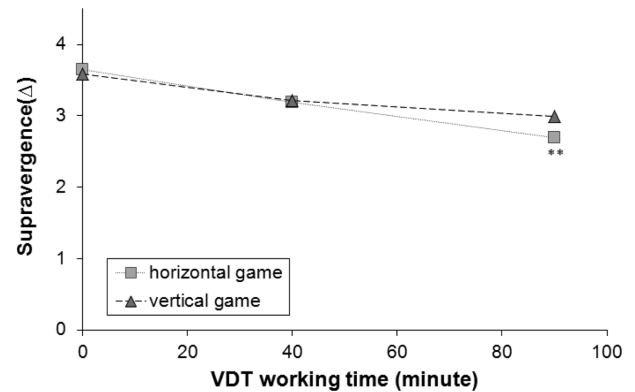


Fig. 5. The change of supravergence after computer gaming. Symbols represent only mean of supravergence. The numeral mean and standard deviation state in the text. \*\*, significantly different from the value taken before computer gaming at the level of  $p < 0.01$

간에 관한 외국의 선행연구들을 살펴보았을 때, Balci와 Aghazadeh는 60분 작업 후 10분 휴식과 30분 작업 후 5분 휴식보다 60분간의 작업동안 매 15분마다 짧은 휴식은 작업의 속도와 정확성을 향상시킴을 보고하였다.<sup>[17]</sup> 따라서 휴식 없이 연속적으로 90분 동안 VDT를 사용하게 될 때에는 피로의 증가와 집중도 저하로 시간대 별로 폭주능력과 개산능력의 변화 양상이 달라졌다고 생각된다.

### 3. 컴퓨터 게임으로 인한 수직이향능력의 변화

40분 실험군 및 90분 실험군 대상자들의 조건실험 전 하방이향운동 값은 각각  $3.88 \pm 0.99 \Delta$  및  $3.77 \pm 1.52 \Delta$ 이었으며, 상방이향운동 값은 각각  $3.65 \pm 0.90 \Delta$  및  $3.58 \pm 1.32 \Delta$ 으로 측정되었으며, 두 군 모두 하방이향운동 값과 상방이향운동 값의 차이가  $0.50 \Delta$  이내로 나타나 실험대상자들의 수직이향능력은 정상임을 알 수 있었다.<sup>[13,14]</sup> 40분 및 90분 동안 연속적으로 수평방향의 컴퓨터 게임을 한 후 하방이향능력 값은 각각  $3.35 \pm 1.52 \Delta$  및  $2.31 \pm 2.27 \Delta$ 로 측정되었다(Fig. 4). 즉, 수평방향의 컴퓨터 게임 후 하방이향능력 값은 40분 후에는 12.6%, 90분 후에는 40.5% 가량 감소함을 알 수 있었다(40 min group,  $p=0.244$ ; 90 min group,  $p=0.02$ ). 한편, 수직방향의 컴퓨터 게임을 연속적으로 40분 및 90분 동안 수행한 후 하방이향능력 값은 각각  $3.49 \pm 1.94 \Delta$  및  $3.17 \pm 1.17 \Delta$ 로 나타났다(Fig. 4). 즉, 수직방향의 게임 후 하방이향능력 값은 실험 전과 비교하여 40분 후에는 7.3%, 90분 후에는 15.8% 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(40 min group,  $p=0.569$ ; 90 min group,  $p=0.170$ ).

상방이향능력의 경우, 수평방향의 게임을 지속적으로 40분 및 90분 동안 수행하였을 때는 각각 그 값이  $3.19 \pm$

$1.19 \Delta$  및  $2.75 \pm 0.36 \Delta$ 으로 나타나(Fig. 5) 실험 전의 값과 비교하였을 때 40분 게임 후에는 12.6%, 90분 게임 후에는 24.6% 감소함을 확인하였다(40 min group,  $p=0.176$ ; 90 min group,  $p=0.007$ ). 수직방향의 게임을 지속적으로 40분 및 90분 동안 수행하였을 때 상방이향능력 값은 각각  $3.16 \pm 2.05 \Delta$  및  $2.99 \pm 1.06 \Delta$ 이었다(Fig. 5). 즉, 실험 전 상방이향능력 값을 100%로 두었을 때 수직게임 40분 후에는 11.8%, 90분 후에는 17.4% 감소함을 알 수 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(40 min group,  $p=0.396$ ; 90 min group,  $p=0.127$ ).

본 연구에서 실시한 수직방향 게임의 경우 상하 운동을 40분 및 90분 동안 반복하게 되어 피로도가 누적되었을 것으로 수평게임의 경우보다 수직이향능력의 감소가 될 것이라고 예측하였으나 오히려 수평 게임으로 인한 수직이향능력의 감소가 더 큰 경향을 보였다. 이는 조건 실험 시 컴퓨터 모니터 위치가 실험대상자의 눈에서  $5 \sim 10^\circ$  상방에 위치하였으며, 모니터 스크린의 크기가 가로 40 cm, 세로 25 cm이었으므로 수평게임 시 안구를 상향으로 고정된 상태에서 수평방향으로 운동을 하게 되어 안구의 피로도가 컸으며 이로 인하여 수평융합여력의 저하 뿐 만 아니라 수직이향능력도 영향을 받은 것으로 일단은 생각할 수 있었으나 컴퓨터 게임 시 실험 대상자의 미세한 자세 변화에 따른 영향을 완전히 배제할 수는 없었다.

## 결론

VDT작업은 빠른 속도로 업무를 처리할 수 있는 특징이 있으나 근거리에서의 작업으로 상당한 집중을 요구하게 되어 다른 작업보다 피로가 빨리 오는 것으로 알려져 있다.<sup>[18-20]</sup> 이에 본 연구에서는 VDT작업으로 생기는 작업

부하에 따른 양안시 기능의 변화를 안구의 주 운동방향으로 나누어 분석한 결과 조건 실험 전과 비교하여 수평 및 수직방향의 컴퓨터 게임 후 수직 및 수평융합여력이 감소하고, 폭주근점이 떨어지는 경향을 보임을 알 수 있었으며, 양안시 기능의 저하 정도는 동일한 실험대상자와 실험조건으로 수행하였던 선행연구 결과에서 나타난 조절기능의 변화보다 크게 나타남을 알 수 있었다. 또한 안구의 운동 방향에 따른 양안시 기능의 변화는 수직방향의 운동보다는 수평방향의 운동을 지속적으로 수행하였을 때 전반적으로 크게 나타나는 경향을 보였는데 이 또한 선행 연구 결과에서 보여졌던 조절기능의 변화와 유기적으로 반응하는 피드백 작용에 의한 것임을 알 수 있었다. 본 연구결과와 선행 연구결과와의 비교분석을 통하여 안구의 주 운동 방향을 달리한 VDT 작업 시 안구의 협동안운동 능력(양안시 기능)이 단안운동 능력(조절기능)보다 작업시간에 더욱 민감하게 변화함을 밝혔으므로 VDT작업 시 안구의 주 운동 방향에 따른 작업환경과 시간의 고려를 제안할 수 있다.

### 감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

This study was supported by Seoul National University of Science and Technology.

### REFERENCES

- [1] Oh JE, Ki KO. Contemporary consumer's product consumption experiences: a comparison between the two leading brands of smart phone. J Korean Home Economics Assc. 2012;50(1):141-154.
- [2] Korea communications commission. Statistical data: wired and wireless communication device production value in Korea, 2012. [http://www.kcc.go.kr/user.do?mode=view&page=P02060400&dc=K02060400&boardId=1030&boardSeq=36007\(March 10, 2013\)](http://www.kcc.go.kr/user.do?mode=view&page=P02060400&dc=K02060400&boardId=1030&boardSeq=36007(March 10, 2013)).
- [3] The Korea Broadcasting System. No. of smartphone users Tops 30 min, 2012. [http://world.kbs.co.kr/english/news/news\\_Ec\\_detail.htm?No=92645&id=Ec\(Nov 27, 2012\)](http://world.kbs.co.kr/english/news/news_Ec_detail.htm?No=92645&id=Ec(Nov 27, 2012)).
- [4] Korea communications commission. Survey reveals changing patterns of smartphone use in Korea, 2011. [http://www.kcc.go.kr/user.do?boardId=1042&page=P05030000&dc=K05030000 & boardSeq=31596&mode=view\(Dec 21, 2012\)](http://www.kcc.go.kr/user.do?boardId=1042&page=P05030000&dc=K05030000 & boardSeq=31596&mode=view(Dec 21, 2012)).
- [5] Yoo JS, Yoon JW, Kim JH. Influence of VDT work on accommodative function. J Korean Ophthalmol Soc. 1992; 33(7):693-697.
- [6] Emoto M, Nojiri Y, Okano F. Changes in fusional vergence limit and its hysteresis after viewing stereoscopic TV. Displays. 2004;25(2-3):67-76.
- [7] Gang MJ, Choe OM. The investigation of the changes of visual problems in VDT workers. J Korean Soc Vision Sci. 2001;3(2):219-228.
- [8] Seo YW, Choe YJ. Visual problems and refractive error at video display terminals. J Korean Oph Opt Soc. 1998;3(1): 75-86.
- [9] Tatsukawa Y, Nanba T, Suematsu O, Setoguchi N, Tabuchi A. Immediate effects of horizontal/vertical eye movements playing personal computer games on visual function. Kawasaki Univ Med Welfare. 2005;14(2):313-321.
- [10] Kwon K-I, Woo JY, Park M, Kim SR. The change of accommodative function by the direction of eye movements during computer game. J Korean Oph Opt Soc. 2012;17(2): 177-184.
- [11] Sung PJ. Optometry, 7th Ed. Seoul: Daehakseorim. 2011; 190.
- [12] Hokoda SC, Ciufreda KJ. Theoretical and clinical importance of proximal vergence and accommodation. In: Schor CM, Ciufreda KJ, eds. Vergence eye movements: basic and clinical aspects. 1st Ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1983:75-98.
- [13] American Optometric Association. Care of the patient with accommodative and vergence dysfunction, 2nd Ed. St. Louis(MO): American Optometric Association. 2010;1-90.
- [14] Shin JA, Lee OJ. Relationship between subjective symptoms with near work and binocular function. J Korean Oph Opt Soc. 2007;12(3):125-130.
- [15] Konz S. Work/rest: part I-Guidelines for the practitioner. Int J Ind Ergonom. 1998;22(1): 67-71.
- [16] Konz S. Work/rest: part II-The scientific basis (knowledge base) for the guide. Int J Ind Ergonom. 1998;22(1):73-99.
- [17] Balci R, Aghazadeh F. The effect of work-rest schedules and type of task on the discomfort and performance of VDT users. Ergonomics. 2003;46(5):455-465.
- [18] Smith MJ, Stammerjohn LW. Job stress in VDT operation ergonomic aspects of VDT, Gradjean E, Vigliani E ed. New York: Taylor & Francis, 1982;201-210.
- [19] Goldman DS. VDTs and the visual stress syndrome; a continuing would wide problem. Southcon Conf Rec. 1985;5(1):19.3.1-19.3.5.
- [20] Yamamoto S. Visual, musculoskeletal & neuropsychological health complaints of workers using VDT & an occupational health guideline. Jpn J Ophthalmol. 1987;31(1):171-183.

## The Change of Near Point of Convergence and Fusional Reserves after Computer Gaming with Different Direction of Eye Movement

Se Il Kim, Ki-il Kwon, Jiye Lee, Hyo Jin Lee, Mijung Park, and So Ra Kim\*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received February 1, 2013; Revised March 12, 2013; Accepted March 16, 2013)

**Purpose:** The present study was conducted to investigate whether the directions of eye movement in playing computer games for certain period affected the change of near point of convergence (NPC) and fusional reserve (FR) or not. **Methods:** Total 40 subjects in 20s who have the visual acuity of 1.0 or higher without any ocular disease and accommodative dysfunction were asked to successively play computer games. After the subjects were moving eyes in horizontal and vertical directions for 40 and 90 minutes, their horizontal fusional reserves, vertical fusional vergence and near point of convergence were measured. **Results:** The near point of convergence showed a tendency to be receded after computer gaming in the horizontal and vertical directions, and both of horizontal and vertical fusional reserves were significantly reduced. The range of declined fusional reserves and receded near point of convergence after computer gaming for 90 minutes was smaller than those after computer gaming for 40 minutes. The change of binocular vision was affected by the horizontal eye movement rather than the vertical movement when analyzed by the direction of eye movement. **Conclusions:** This study revealed that the change in FR and NPC was different along with dominant direction of eye movement during visual display terminal (VDT) tasks. Therefore, the adjustment of VDT working time is required to prevent the dysfunction of binocular vision according to the dominant direction of eye movement during VDT task.

**Key words:** VDT Tasks, Direction of eye movement, Near point of convergence, Negative fusional reserve, Positive fusional reserve, Infravergence, Supravergence