

컴퓨터 게임 시 안구운동의 방향에 따른 조절기능의 변화

권기일, 우지연, 박미정, 김소라*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2012년 5월 7일), 수정일(2012년 6월 14일), 게재확정일(2012년 6월 16일)

목적: 본 연구에서는 개인용 컴퓨터로 일정 시간동안 연속적으로 게임을 할 때 안구의 주 운동방향이 조절과 관련된 시기능에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. **방법:** 안질환 및 조절기능의 이상이 없고 교정시력이 1.0이상인 20대 60명을 대상으로 40분 및 90분 동안 연속적으로 수평방향의 게임과 수직방향의 게임을 각각 시행하도록 한 후 조절력, 조절용이성, 상대조절 및 조절레그 값을 측정하였다. 동일 시간동안 게임을 시행하지 않았을 때를 대조군으로 하여 시기능 값을 비교, 분석하였다. **결과:** 게임을 하지 않은 대조군의 조절관련 시기능 검사 값에 비하여 40분 동안의 컴퓨터 게임 후 최대조절력, 조절용이성, 조절레그 및 상대조절은 모두 감소하는 경향을 보였으며, 상대조절을 제외하고는 90분으로 컴퓨터 작업시간을 연장하였을 경우 더욱 감소된 값을 나타내었다. 양성상대조절은 90분 동안의 컴퓨터 게임 후 약간 증가하는 경향을 보였다. 한편, 컴퓨터 게임 시 안구의 주 운동 방향에 따른 시기능의 변화는 수직방향으로의 안구운동보다는 주로 수평방향으로의 운동에 의한 조절기능의 감소가 큼을 알 수 있었다. **결론:** 컴퓨터 게임을 통한 VDT 작업의 시간이 길어짐에 따라 전반적인 조절기능의 능력이 감소하는 경향을 보였으며, 수직방향보다는 수평방향으로의 안구이동이 VDT 작업 시 조절기능의 변화에 크게 영향을 주므로 VDT 작업 시 수평방향으로의 잦은 안구이동은 안정피로의 주 원인이 될 것으로 생각할 수 있었다.

주제어: VDT 작업, 안구운동 방향, 조절력, 조절용이성, 조절레그, 상대조절

서 론

현대 사회가 점점 고도의 정보화 사회로 변모해 가면서, 좀 더 효율적으로 많은 정보들을 처리하기 위하여 현대인들은 VDT(visual display terminal)와 마주앉아 업무를 수행하는 일들이 늘어나고 있다. 컴퓨터를 포함한 다양한 VDT의 사용은 업무상 VDT를 사용하여야만 하는 직장인 뿐만 아니라, 이미 현대인들의 생활 깊숙이 들어와서 하나의 문화로 자리 잡고 있으며 특히, 청소년들의 놀이 문화는 인터넷과 컴퓨터 게임이 그 중심이 된지 오래이다. 이로 인하여 VDT 작업으로 인한 눈의 피로를 호소하는 사람들도 많아졌다.^[1-3] 눈의 피로는 VDT 작업에서 나타나는 가장 보편적인 증상 중의 하나로 일반적으로 중증 안정피로에 해당하며 조절성 안정피로와 근성 안정피로인 경우가 많다.^[4] 뿐만 아니라 'VDT 증후군'이라 총칭하는 신체적 및 정신적 피로의 증가를 호소하는 사람들이 증가하고 있는데, 이는 컴퓨터의 스크린에서 방사되는 X선·전리방사선 등의 해로운 전자기파가 유발하는 두통·시각장애 등의 증세를 포함한다. 실제로 작업실의 조명과 게임 중 주시하는 CRT(Cathods Ray Tube) 모니터의 화면에서

발생되는 누설 방사선 및 전자파는 시기능에 영향을 미쳐 눈의 피로, 시력의 저하, 조절과 상대조절력의 감소,^[5] 폭주력과 개산력의 감퇴^[6]를 유발하는 것으로 알려져 있다. 이러한 안정피로는 굴절력 변화와 조절기능의 이상을 야기시키며,^[7] 실제로 VDT 작업 후 약 37%에 해당하는 VDT 작업자의 시력이 저하되며 조절기능이 감소되는 것으로 보고되었다.^[5,8] 이렇듯 국내외의 연구진에 의한 연구는 컴퓨터 또는 TV의 장시간 이용 시 유발되는 시력저하와 조절기능의 저하에 대한 연구가 대부분이다.

현재 VDT 증후군을 유발시킬 수 있는 대표적인 매체인 컴퓨터 게임이나 게임기의 경우 게임의 종류에 따라 안구가 수직이나 수평방향으로 편중되어 안구운동을 반복해야 하는 경우가 대부분인데 안구의 운동방향에 따른 시기능 이상을 연구한 논문은 극히 드물다.^[9] 이에 본 연구에서는 수평·수직 방향의 안구 운동을 실시할 수 있는 컴퓨터 게임인 마리오와 테트리스를 이용하여 조절력, 조절용이성, 조절레그 등의 조절과 관련된 시기능 변화를 컴퓨터 게임 작업 전과 40분 및 90분 동안 연속적인 작업 후에 각각 측정·비교함으로써 VDT 연속작업 시 안구의 주 운동방향이 조절기능 변화에 대해 미치는 영향을 알아보고

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

자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 실험대상 및 컴퓨터 게임 조건

안질환과 조절기능의 이상이 없으며 교정시력이 1.0 이상인 19세 이상 30세 이하 대학생 60명(남자 30명, 여자 30명, 평균나이 23.5 ± 3.4 세)을 20명씩 총 3군으로 나누고 대조군, 40분 실험군 및 90분 실험군으로 하였다. 40분 및 90분 실험군은 수평방향의 게임과 수직방향의 게임을 지속적으로 각각 40분 및 90분 동안 하도록 하였고, 동일 시간 동안 어떠한 근거리 작업도 하지 않은 군을 대조군으로 하였다. 대조군과 실험군이 각 군에 해당하는 조건 실험을 시작하기 전에 조절기능과 관련된 시기능으로 단안 및 양안의 조절력, 단안 및 양안의 조절용이성, 양안 조절 래그 및 상대조절력을 측정하였으며, 이들 시기능 측정값을 40분 및 90분 동안의 조건 실험이 끝난 후에 측정한 시기능의 값과 비교하여 그 변화를 분석하였다.

수평방향의 게임으로는 닌텐도사의 마리오를, 수직방향의 게임으로는 테트리스를 인터넷에서 다운받아 시행하였다. 안구 운동방향을 수평이나 수직으로만 유지하도록 수평방향 게임 동안에는 수직방향으로의 안구운동을, 수직방향 게임 동안에는 수평방향으로의 안구운동을 최소화하도록 하였다. 컴퓨터 게임 중 15분 간격으로 실험대상자에게 눈의 피로감을 묻고 피로도가 클 때에는 VDT 작업을 자발적으로 중단하도록 하였다. 작업 환경은 컴퓨터 화면에 반사되는 빛에 의한 영향을 최소화하기 위하여 옥외 광선을 차단하고 조명장치를 이용하여 50 lx가 되도록 하였다. 컴퓨터 모니터는 CRT방식을 사용하였으며 크기는 19인치이었고, 실험대상자와 컴퓨터 화면의 각도는 상 방향으로 $5 \sim 10^\circ$ 사이가 되도록 하였다.

2. 조절 관련 시기능 검사^[10,11]

1) 최대 조절력 검사

완전교정상태에서 실험대상자의 눈 앞 40 cm 거리에 주시 시표를 두고 천천히 단안 및 양안 가까이로 이동시키면서 자각적으로 시표가 처음으로 흐려졌다고 답하였을 때 시표의 이동을 중단하고 시표로부터 시험테의 렌즈 표면까지의 직선거리를 cm 단위로 측정한 후 디오퍼로 환산하여 단안의 조절력을 최대조절력 값으로 하였으며, 양안의 조절력 값을 얻었다.

2) 조절 용이성 검사

완전교정상태에서 실험대상자의 단안 및 양안 앞 40 cm

거리에 근용 시표를 두고 ± 2.00 D flipper를 이용하여 +2.00 D 렌즈를 눈 앞에 위치시키고 0.8에 해당하는 숫자가 선명하게 보이도록 주시하게 하였다. 글씨가 선명하게 보이면 -2.00 D 렌즈 위치로 바꾸고 다시 시표가 선명하게 보이도록 주시하게 하였다. +2.00/-2.00 D를 번갈아 가며 시표의 숫자가 선명하게 보였을 때를 1 회로 간주하였으며 1분간 몇 회가 반복되는지 확인하고 기록하였다.

3) 조절 래그 검사

양안교정상태에서 포롭터 보조다이어를 ± 0.50 로 세팅하고 40 cm에서 실험대상자에게 십자시표를 보여주었다. 조절의 개입을 막기 위해 양안에 +2.00 D 렌즈를 부가하여 운무 된 상태로 만든 후에 (-)방향으로 렌즈를 다시 부가하여 십자시표의 수평과 수직이 같이 보일 때의 굴절력을 측정하였다. 측정된 굴절력과 양안교정굴절력의 차를 조절래그 값으로 결정했다. 동공이 축동되면 초점심도가 깊어져 조절래그가 많게 나올 수 있으므로 실험 시 반 암실에서 검사하였다.

4) 상대조절력 검사

양성상대조절과 음성상대조절은 양안교정상태에서 검사거리 40 cm에 주시 시표를 두고 검사하였다. 양성상대조절은 교정 안경에 추가적인 마이너스 도수의 렌즈를 더하여 흐림을 만드는 데 더해진 총 (-)렌즈의 굴절력 값으로 언어졌으며, 음성상대조절은 교정 안경에서 추가적으로 플러스 도수의 렌즈를 더하여 흐림을 만드는데 더해진 총 (+)렌즈의 굴절력 값으로 하였다.

3. 통계처리

실험결과는 평균 \pm 표준편차로 표시하였으며, 실험결과와 통계적 분석을 위하여 SPSS(Ver. 12.0 for windows)를 이용하여 one-way ANOVA test를 시행하였고, 95%의 신뢰구간으로 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서 실험대상자에게 40분 및 90분 동안 수평 또는 수직방향으로의 게임을 수행하게 하였을 때 컴퓨터 게임을 하는 동안에 눈의 피로를 느꼈다고 응답한 경우는 대조군 20명을 제외한 40명의 실험대상자 중 11명으로 실험군의 28%에 해당하는 수치였으나, 컴퓨터 게임을 중단할 정도의 불편감은 아니었다고 답하였고, 모두 40분 및 90분 동안 수평방향과 수직방향의 게임을 수행하였다. 이러한 결과는 2시간 동안 VDT 작업을 한 후에 약 34%에

해당하는 피검자가 눈의 피로감을 호소하였다고 보고하였던 것과 최의 연구결과⁷⁾와 비교할 만 하였다.

1. 컴퓨터 게임으로 인한 조절력의 변화

근거리 작업을 하지 않은 대조군의 단안 최대조절력은 8.38 ± 1.63 D로 측정되었다. 최대조절력의 모건 기댓값은 8.0 ± 2.0 D로 실험대상자들의 평균 단안 및 양안 조절력은 정상값^{10,11)}에 해당함을 알 수 있었다. 근거리 작업을 하지 않고 40분과 90분 후에 단안 최대조절력을 측정하였을 때는 각각 8.29 ± 1.49 D 및 8.34 ± 1.76 D의 값을 보여 근거리 작업을 하지 않았을 때에는 최대 조절력에 변화가 크지 않음을 알 수 있었다(Fig. 1a). 그러나 수평방향의 게임군의 단안 최대조절력은 게임 전 8.47 ± 1.34 D에서 40

분 동안 연속적으로 수평게임을 한 후에는 8.02 ± 1.29 D로 0.45 D만큼 감소하였으나 유의성은 없었고, 90분 동안 연속적으로 게임을 한 군의 최대조절력은 7.84 ± 0.71 D로 0.63 D만큼 감소하여 통계적으로도 유의한 차이를 보였다. 수직게임 군에서의 게임 전 단안 최대조절력은 8.37 ± 1.23 D이었고, 40분간 게임 후에는 8.28 ± 1.09 D로 거의 변화가 없었으나, 90분 동안 연속적으로 수직게임을 하였을 때에는 7.62 ± 0.84 D로 측정되어 게임 전보다 0.75 D만큼 감소하였는데 이는 통계적으로도 유의한 차이였다(Fig. 1(a)).

한편, 근거리 작업을 하지 않는 양안의 조절력은 9.20 ± 0.69 D이었으며, 40분과 90분 후에도 각각 9.27 ± 1.03 D 및 9.29 ± 0.92 D의 값을 보여 단안 최대조절력과 마찬가지로 근거리 작업을 하지 않았을 때에는 조절력의 변화가 크지 않음을 알 수 있었다(Fig. 1(b)). 그러나 수평게임 군의 양안 조절력은 게임 전 9.16 ± 0.56 D에서 40분 동안 수평게임을 한 후에는 8.53 ± 0.43 D로 0.63 D만큼, 90분 동안 게임을 한 후에는 8.36 ± 0.71 D로 0.80 D만큼 감소하였다. 수직방향 게임군의 양안 최대조절력은 40분간 연속적인 게임을 시행한 결과 게임 전 9.29 ± 0.82 D에서 9.24 ± 0.14 D의 측정값을 보여 변화가 없음을 알 수 있었으나, 90분 동안 연속적으로 수직게임을 하였을 때에는 8.54 ± 0.45 D로 측정되어 게임 전보다 0.75 D만큼 감소한 최대 조절력 값을 나타내었다(Fig. 1(b)). 따라서 안구 운동의 방향에 따른 단안 및 양안 조절력의 변화는 수직방향보다는 수평방향으로의 안구운동 시 더 민감하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 즉, 수평방향으로의 안구운동은 40분 동안 지속되었을 때에도 유의성 있는 양안 조절력의 차이를 보였으나, 수직방향으로의 안구운동은 90분이 지속되어야 수평방향의 안구운동으로 인한 조절력의 감소만큼의 시기능 저하를 보이는 것으로 나타났다. 조절력은 근거리를 주시할 때 눈의 광학계의 폭주력이 증가함에 따라 근거리 물체로부터 개선된 빛이 망막 위에 상을 맺을 수 있도록 하는 기능으로 컴퓨터 장시간 작업 시 조절력의 기능은 감소한다고 보고된 기존 연구결과에 부합된다.⁷⁾ 특히, 수평방향 게임으로 인한 단안 최대조절력의 변화보다 양안 조절력의 감소 정도가 큰 것으로 미루어 볼 때 컴퓨터 게임으로 인하여 최대조절력의 정도보다 양안시 기능이 더 크게 영향을 받을 수 있음을 알 수 있었다.

VDT 사용시간이 누적됨에 따라 근점거리가 멀어지고 조절력의 감소로 조절기능이 저하되었다고 보고된 바 있다.¹²⁾ 그러나 본 연구에서는 처음 40분 동안의 수평게임으로 떨어진 최대조절력의 감소폭보다 추가 50분을 더한 총 90분 동안의 수평게임으로 인한 감소폭이 크진 않았다. 이는 작업시간의 누적에 따라 조절력이 같은 정도로 더욱 감소하지 않는다는 것을 의미하며, 40분 동안의 VDT 작업 시에는 지

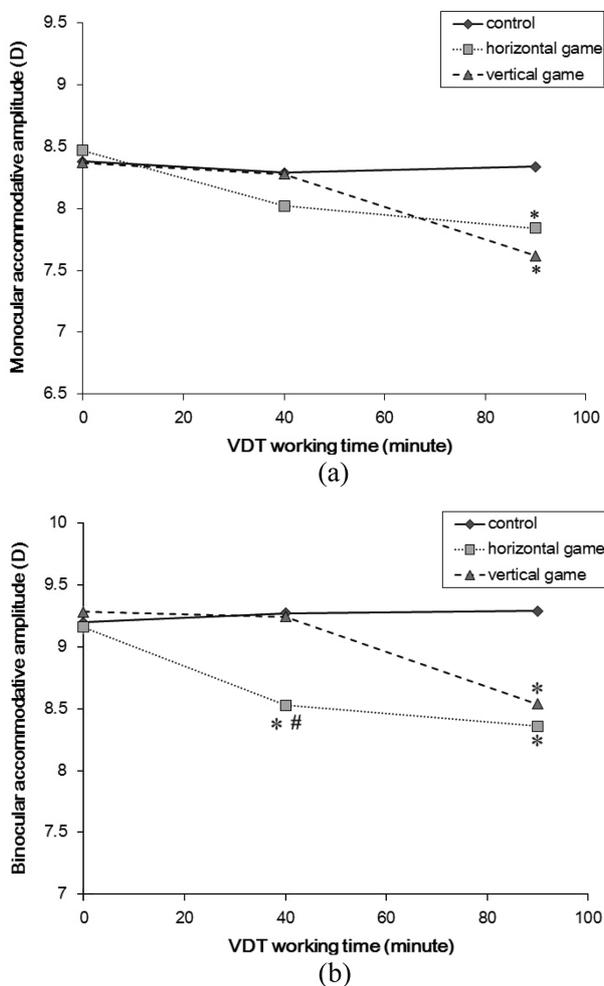


Fig. 1. The change of accommodative amplitude induced by computer game. (a) monocular accommodative amplitude, (b) binocular accommodative amplitude, Symbols represent only mean of accommodative amplitude, The numeral mean and standard deviation state in the text, *, significantly different from the control at the level of $p < 0.05$, #, significantly different from the vertical game at the level of $p < 0.05$

속적인 조절 긴장이 유지로 조절력이 감소하였다가 90분으로 작업시간이 길어지면 동일한 정도의 조절긴장을 유지하지 못하게 되어 최대조절의 감소가 둔화되는 것이라 추측해 볼 수 있으나 이를 뒷받침할 연구가 필요하다.

2. 컴퓨터 게임으로 인한 조절용이성의 변화

조절용이성 검사는 조절자극 변화에 대한 조절반응 변화의 용이함을 측정하는 검사^[12]로 근거리 작업을 하지 않은 경우 단안 조절용이성은 16.6±2.65 cpm에서 40분 후 16.3±3.59 cpm, 90분 후 17.0±3.97 cpm으로 거의 변화가 없었다(Fig. 2(a)). 이는 성인의 단안 조절용이성은 11.0 cpm 이상 되어야 한다는 기댓값에 부합하는 결과이었다.^[10,11] 반면 수평게임을 시행한 군의 조절용이성은 16.9±3.42 cpm에서 40분 및 90분 동안의 수평게임 후에는 각각 15.1±3.66 cpm 및 14.6±2.74 cpm으로 나타나 평균값으로는 1.8 cpm 및 2.3 cpm씩 감소하는 경향을 보였으나, 실험값

의 큰 표준편차로 인하여 통계적인 유의성은 관찰할 수 없었다. 한편 수직게임 군의 게임 전 조절용이성은 17.2±2.48 cpm이었으며, 40분 동안의 수직방향 게임 시행 후에는 17.0±2.64 cpm으로 거의 변화가 없었으나, 90분 동안의 수직게임을 하였을 때에는 15.5±3.03 cpm으로 2.0 cpm만큼 감소하는 경향을 보였다. 그러나 수평게임에서와 마찬가지로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 2(a)).

한편, 근거리 작업을 하지 않은 군의 양안 조절용이성은 게임 전 13.7±1.49 cpm에서 40분 및 90분 후에도 각각 14.0±2.64 cpm 및 13.8±1.95 cpm으로 거의 변화가 없었다(Fig. 2(b)). 이는 정상적인 양안시 기능을 가진 성인의 양안 조절용이성은 8.0 cpm 이상이어야 한다는 문헌의 기댓값에 부합하는 결과이었다.^[10,11] 수평게임을 시행한 군의 양안 조절용이성은 13.6±1.94 cpm에서 40분 및 90분 동안의 수평방향의 게임 후에는 12.1±1.36 cpm 및 10.9±1.73 cpm으로 각각 1.5 cpm 및 2.6 cpm씩 감소하는 경향을 보였다. 한편, 수직게임을 시행한 군의 조절용이성은 13.5±0.99 cpm에서 40분 동안의 수직방향 게임 시행 후 12.5±0.85 cpm으로 1.0 cpm만큼 감소하였고, 90분 동안 연속적인 수직게임을 하였을 때에는 11.7±1.11 cpm으로 1.8 cpm만큼 감소하는 경향을 보였으나, 수평게임에서와 마찬가지로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 2(b)).

본 연구에서 40분 및 90분 동안의 게임 전 후 단안 및 양안의 조절용이성 값의 차이가 통계적으로 유의하지 않았기 때문에 어느 한쪽 방향의 안구운동 시 조절용이성의 변화가 더 컸다고 단정할 수는 없지만, 수평방향의 안구운동이 수직방향의 운동보다는 조절용이성의 변화에 더 영향을 미치는 것으로 생각할 수 있었다. 이는 VDT 작업 시 지속적인 조절로 인하여 모양체근의 긴장상태가 지속되어^[7] 조절자극에 대해 민첩하게 반응하지 못한 결과라고 생각되었다. 모양체근의 긴장상태 지속뿐만 아니라 오랜 시간 같은 자세로 컴퓨터를 보면서 빠른 사고와 집중을 요구하는 VDT 작업을 하는 동안 눈 깜박임이 줄어들고 눈이 크게 떠져 안구의 노출면적도 커지게 되어 안구 건조증을 유발하게 되므로 조절용이성 검사 시 흐려진 판단력의 한 원인이 되었을 것으로 생각할 수 있었다.^[13,14]

3. 컴퓨터 게임으로 인한 조절래그의 변화

본 연구에서 컴퓨터 게임으로 인하여 조절력과 조절용이성이 모두 저하됨이 관찰되었는데 이는 조절자극에 대하여 반응하는 실제 조절력 의 감소를 의미하므로 조절반응 시 지체되는 조절량인 조절래그는 증가할 것이라 추정할 수 있었다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 근거리 작업을 하지 않는 대조군의 조절래그 값은 0.27±0.05 D로 정상적인 20대의 조절래그에 해당하는 값이었다. 근거리 작업을

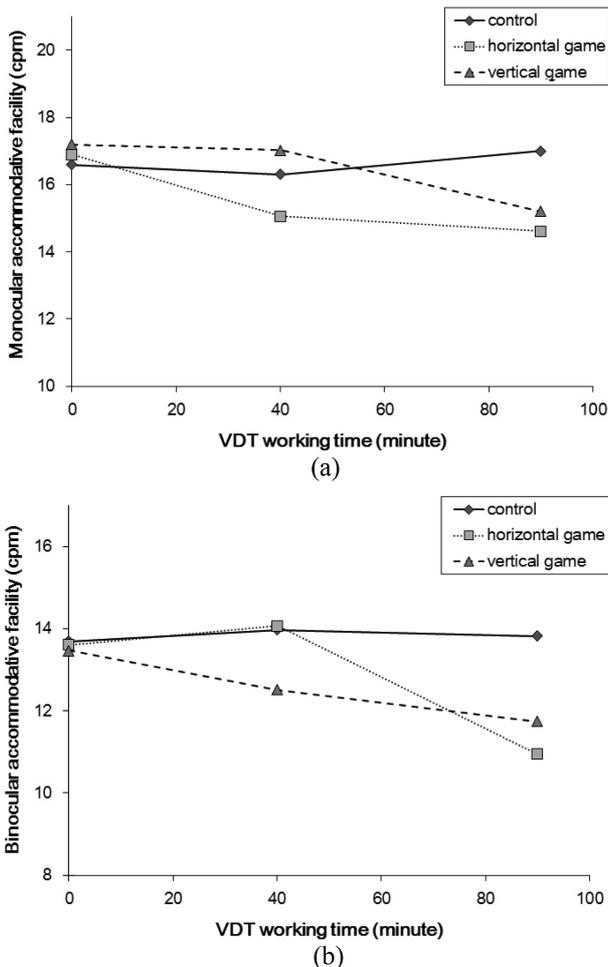


Fig. 2. The change of accommodative facility induced by computer game. (a) monocular accommodative facility, (b) binocular accommodative facility, Symbols represent only mean of accommodative amplitude, The numeral mean and standard deviation state in the text.

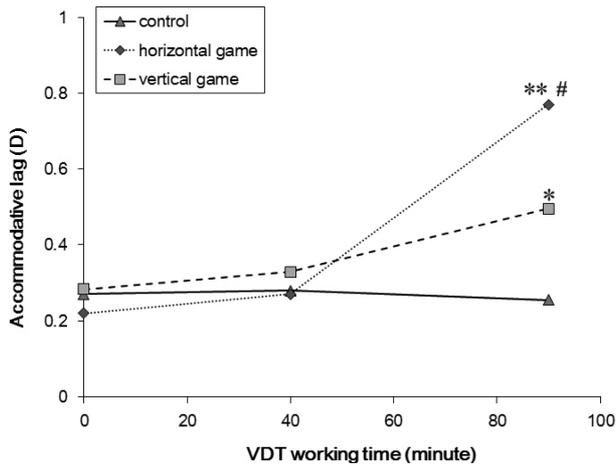


Fig. 3. The change of accommodative lag induced by computer game. Symbols represent only mean of accommodative lag, The numeral mean and standard deviation state in the text, *, significantly different from the control at the level of $p < 0.05$, **, significantly different from the control at the level of $p < 0.01$, #, significantly different from the vertical game at the level of $p < 0.05$

하지 않았을 때 40분 및 90분 후에 조절래그 값은 각각 0.28 ± 0.08 D 및 0.25 ± 0.10 D로 거의 변화가 없었다.

반면 40분 동안 연속적으로 수평게임을 시행한 군의 조절래그 값은 게임 전 0.22 ± 0.04 D에서 0.27 ± 0.02 D로 증가하였고, 90분 동안 연속적으로 수평게임을 한 군의 조절래그 값은 0.77 ± 1.02 D로 0.55 D만큼 증가하였는데 이는 통계적으로도 유의한 차이였다. 수직방향으로의 안구운동을 주로 하게 되는 수직게임 군의 조절래그 값은 게임 전 0.28 ± 0.09 D에서 40분 동안의 작업으로 0.33 ± 0.04 D로 증가하였고 90분 동안 연속적인 게임을 한 군의 조절력은 0.50 ± 0.15 D로 0.22 D만큼 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 수평 및 수직방향의 게임 모두 40분 동안의 연속적인 게임에서는 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 없었지만 90분 실험으로 갈수록 지체되는 조절량인 조절래그가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 특히, 연속적인 수평방향으로의 안구운동 시간이 길어질수록 조절래그의 지체가 더욱 커짐을 알 수 있었으며, 이는 통계적으로도 유의한 차이였다. 조절부족으로 인한 가장 흔한 불편함으로 흐림, 두통, 눈의 피로, 피곤함 등을 포함하는 근거리 작업과 연관될 수 있다.^[15] 따라서 본 실험결과로부터 연속적인 컴퓨터 게임 작업으로 조절자극에 대한 반응값이 낮아져 조절부족과 같은 증상이 나타나고 부족한 조절을 보완하기 위해 융합버전을 과도하게 사용하여 VDT 작업 후 안정피로 등 근업 시 문제점들이 발생하게 될 것이라고 예상할 수 있다.

4. 컴퓨터 게임에 의한 상대조절의 변화

근거리 작업을 하지 않는 대조군의 음성상대조절력은

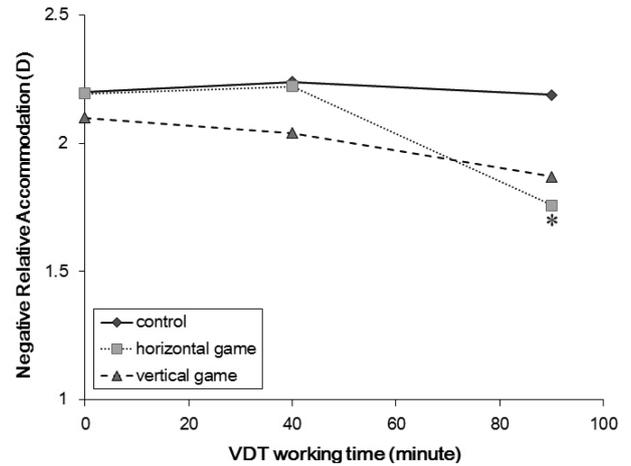


Fig. 4. The change of negative relative accommodation induced by computer game. Symbols represent only mean of negative relative accommodation, The numeral mean and standard deviation state in the text, *, significantly different from the control at the level of $p < 0.05$

Fig. 4에서 보듯이 2.20 ± 0.41 D이었으며, 40분과 90분에는 각각 2.24 ± 0.63 D 및 2.19 ± 0.39 D의 값을 보여 변화가 없었음을 알 수 있었다.

수평게임을 시행한 군에서의 음성상대조절력은 2.19 ± 0.52 D에서 40분간의 수평게임 시행 후에는 2.22 ± 0.78 D의 값을 보여 별다른 변화를 관찰할 수 없었으나, 90분 동안의 수평게임 후에는 1.76 ± 0.27 D의 값을 보여 0.43 D만큼 감소한 음성상대조절 값을 가짐을 알 수 있었다. 반면 수직게임을 시행한 군에서의 음성상대조절력은 2.10 ± 0.53 D에서 40분 동안의 수직게임 후에는 2.04 ± 0.62 D로 약간 감소하였으며, 90분 동안의 수직게임 후에는 1.87 ± 0.22 D로 0.23 D만큼 감소하였다(Fig. 4). 수평이나 수직방향의 게임 모두 40분 동안의 연속적인 수행에 의하여서는 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 없었지만 90분 동안의 연속적인 수평게임 후에는 유의한 차이를 보였다. 최대조절력이나 조절래그는 수평방향의 연속적인 게임에 의하여 상대적으로 빠른 40분 동안의 작업으로도 그 변화를 관찰할 수 있었으나, 음성상대조절의 경우는 90분 동안 연속적으로 수평게임 작업을 하였을 때에만 유의성 있는 차이를 나타내었다. 이는 음성상대조절 검사는 양성 융합성 폭주를 간접적으로 측정할 수 있는 방법이므로, 컴퓨터 게임을 통한 VDT 작업으로 조절력은 감소하고, 조절래그는 증가하였다 하더라도 융합성 폭주력까지 영향을 미치는 데에는 어느 정도 시간이 걸리는 것으로 일단은 생각해 볼 수 있다. 일반적으로 수직보다는 수평 융합여력이 높은 것으로 알려져 있으나 수정체는 도난시 형태이므로 이러한 결과에 영향을 미쳤을 것이라고도 생각할 수도 있겠으나 이를 뒷받침할 수 있는 연구결과가 뒤따라야 할 것이다.^[16,17]

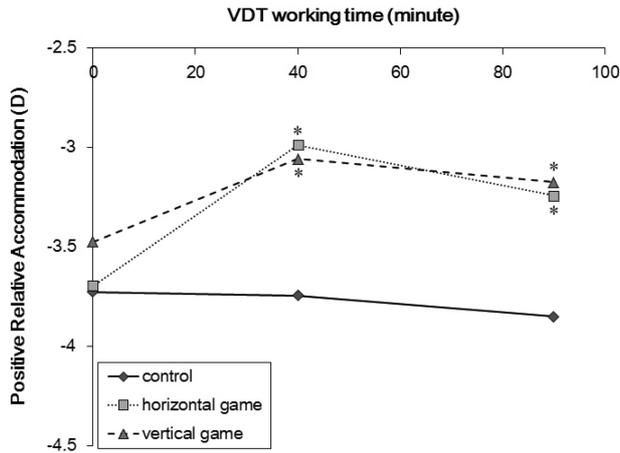


Fig. 5. The change of positive relative accommodation induced by computer game. Symbols represent only mean of negative relative accommodation, The numeral mean and standard deviation state in the text, *, significantly different from the control at the level of $p < 0.05$

근거리 작업을 하지 않는 대조군의 양성상대조절력은 -3.73 ± 0.74 D이었으며, 40분 및 90분 동안 근거리 작업을 하지 않았을 때는 각각 -3.74 ± 0.57 D 및 -3.85 ± 0.98 D의 양성상대조절력 값을 가지는 것으로 측정되어 변화가 없었음을 알 수 있었다(Fig. 5).

연속적으로 수평방향의 게임을 시행한 군의 양성상대조절력 값은 -3.69 ± 0.29 D에서 40분 동안 수평게임 작업을 한 후에는 -2.98 ± 0.39 D로 0.71 D만큼 감소하였다가, 90분 동안 수평게임을 하였을 때에는 -3.24 ± 0.24 D로 40분 작업군에 비해 0.26 D만큼 다시 증가함을 확인할 수 있었다. 반면 연속적인 수직방향의 게임을 시행한 군의 양성상대조절력은 -3.47 ± 0.48 D에서 40분 동안 수직게임 시행 후 -3.06 ± 0.19 D로 감소하였다가, 90분 동안의 작업 후에는 -3.17 ± 0.32 D로 나타나 수평게임의 경우에서와 마찬가지로 다시 소폭 증가하는 경향을 보였다(Fig. 5). 수평 및 수직방향의 게임 시행 후에는 모두 통계적으로 유의한 변화를 보이는 양성상대조절 값이 측정되었으나, 다른 시기능 결과에서 나타났던 수평 및 수직방향으로의 안구운동에 따른 차이는 나타나지 않았다.

본 연구에서는 컴퓨터 게임 작업으로 인한 조절관련 시기능의 전반적인 변화를 알아보려고 하였을 뿐만 아니라 VDT 작업 시 안구의 주 운동방향이 어떠한 영향을 미치는가를 알아보려고 하였다. 본 연구와 유사한 연구로는 2005년도에 Tatsukawa 등에 의해 수행된 '컴퓨터 수직·수평 게임을 이용한 시기능 및 자각 증상의 변화' 연구^[9]와 1986년도에 김과 김 등에 의해 수행된 '신문활자의 종행과 횡행에 대한 눈에 피로도 측정' 연구^[10]를 들 수 있다. Tatsukawa 등은 한 시간 동안 컴퓨터 게임을 하면서

안구의 수직 및 수평 운동이 시기능에는 어떠한 영향을 미치는가를 살펴보았는데, 전반적인 시기능의 감소를 보였던 본 연구결과와는 달리 수직 게임 후 정상인은 단지 누액만 감소하였고, 사위안의 경우는 폭주 근점이 증가하여 폭주능력이 떨어졌고, 수평게임에서 정상인은 시력이 저하됨을 보고하였다. 김과 김은 가로와 세로로 활자배열을 달리한 일간지를 대상 지면으로 하여 60분간 독서 후 신문독서 전·후의 눈의 피로도를 flicker test로 측정하였는데 한글의 구조상 세로보다 가로 읽기가 보다 빠르고, 피로도 역시 덜할 것으로 예측하였고, 실험 결과 역시 가로에서의 피로도가 덜함을 나타내었지만 의미있는 차이는 아니라고 보고하였다.^[10] 이렇듯 안구의 주 운동방향에 따른 시기능에 대한 분석은 명확하게 이루어진 바가 없으나, 본 연구결과부터 수평 방향으로의 안구운동이 시기능의 변화에 우선적으로 영향을 미치는 것으로 일단은 생각할 수 있었다.

그러나 조절에 대한 한 가지 양상만 평가한다면 조절기능 이상을 놓칠 가능성이 높으므로^[11] 수평 및 수직 방향으로의 안구운동이 융합비전스와 사위 등 양안시 기능과 조절기능에 미치는 영향에 대한 추후 연구가 뒤따라야 할 것이다.

결론

VDT 증후군은 VDT 작업을 할 때 나타나는 여러 가지 증상으로서 가장 중요한 원인은 VDT로 작업하면서 생겨나는 작업부하를 들 수 있으며, 작업공간이 비교적 한정되었다는 점, 일정한 자세를 강요받음으로 인하여 오는 스트레스 등의 환경적인면도 무시할 수 없다. 본 연구에서는 VDT 작업으로 20대의 실험대상자에서 수직 및 수평방향으로의 안구운동을 주로 하는 게임을 각각 40분 및 90분 동안 연속적으로 수행하도록 한 후 게임 전 후의 시기능의 변화를 분석하였다. 게임을 하지 않은 대조군의 조절관련 시기능 검사 값에 비하여 40분 동안의 컴퓨터 게임 후에는 최대조절력, 조절용이성, 조절래그 및 상대조절은 모두 감소하는 경향을 보였으며, 상대조절을 제외하고는 90분으로 컴퓨터 작업시간을 연장하였을 경우 더욱 감소된 값을 나타내었다. 양성상대조절은 90분 동안의 컴퓨터 게임 후 약간 증가하는 경향을 보였다. 한편, 컴퓨터 게임 시 안구의 주 운동 방향에 따른 시기능의 변화는 수직방향으로의 안구운동보다는 주로 수평방향으로 안구 운동을 하였을 때 조절기능의 감소가 빠르게 나타남을 알 수 있었다. 즉, VDT 작업의 시간이 길어짐에 따라 전반적인 조절기능의 능력이 감소하는 경향이 나타나나 수직보다는 수평방향으로의 안구운동이 잦은 VDT 작업 시에는 조절기

능의 변화가 빠르게 나타나므로, 안정피로를 줄이기 위하여 안구의 주 이동방향에 따라 작업시간을 조절해야 할 필요가 있다고 생각되었다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Ye Z, Honda S, Abe Y, Kusano Y, Takamura N, Imamura Y, Eida K, Takemoto T, Aoyagi K. Influence of work duration or physical symptoms on mental health among Japanese visual display terminal users. *Ind Health*. 2007; 45(2):328-333.
- [2] Park CJ, Yu JS, Kim JH. Changes of accommodative function in VDT workers in relation to rest. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1994;35(7):790-794.
- [3] Jeong SH, Lee SY, Eu SM, Kim DH, Lee EH. Study on the environmental factors and symptoms of VDT syndrome. *J Korean Oph Opt Soc*. 2009;14(4):65-69.
- [4] Blehm C, Vishnu S, Khattak A, Mitra S, Yee RW. Computer vision syndrome: A review. *Surv Ophthalmol*. 2005; 50(3):253-262.
- [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] American Optometric Association. *Care of the patient with accommodative and vergence dysfunction*, 2nd Ed. St. Louis (MO): American Optometric Association. 2010; 1-90.
- [11] Shin JA, Lee OJ. Relationship between subjective symptoms with near work and binocular function. *J Korean Oph Opt Soc*. 2007;12(3):125-130.
- [12] Park HJ, Cho YR, Kim JM. The application of accommodative facility test in accommodation assessment. *J Korean Oph Opt Soc*. 2009;9(1):167-171.
- [13] Cho YA, Won JS, An GJ. The effect on the dryness of eye during VDT work. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1996; 37(12):1991-1995.
- [14] Yaginuma Y, Yamada H, Nagai H. Study of the relationship between lacrimation and blink in VDT work. *Ergonomics*. 1990;33(6):799-809.
- [15] Borsting E, Rouse MW, Deland PN, Hovett S, Kimura D, Park M, Stephens B. Association of symptoms and convergence and accommodative insufficiency in school-age children. *Optometry*. 2003;74(1):25-34.
- [16] Lee GY, Kim YY. Horizontal and vertical fusional amplitudes in normal eyes. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1991; 32(12):1116-1122.
- [17] Rowe FJ. Fusional vergence measures and their significance in clinical assessment. *Strabismus*. 2010;18(2):48-57.
- [18] Kim KB, Kim JH. Study of eye fatigue on vertical and horizontal writings of newspapers. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1992;27(3):377-384.
- [19] Wick B, Hall P. Relation among accommodative facility, lag, and amplitude in elementary school children. *Am J Optom Physiol Opt*. 1987;64(8):593-598.

The Change of Accommodative Function by the Direction of Eye Movements During Computer Game

Ki-II Kwon, Ji Yeon Woo, Mijung Park and So Ra Kim*

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

(Received May 7, 2012; Revised June 14, 2012; Accepted June 16, 2012)

Purpose: In this study, the effect of the eye movement direction on visual function related to accommodation was investigated when playing computer games for a certain period of time. **Methods:** Total 60 subjects in 20s who had the visual acuity of 1.0 or higher without any ocular disease and accommodative dysfunction were asked to play computer games separately in horizontal and vertical directions for 40 and 90 minutes and then measured their accommodative amplitude, accommodative facility, accommodative lag and relative accommodations. The visual function when not doing the computer game was regarded as a control value, and further compared and analyzed. **Results:** The accommodative amplitude, accommodative facility, accommodative lag and relative accommodations showed the tendency of decrease after the computer game for 40 minutes, and more reduced values of the visual functions were shown when the computer game extended up to 90 minutes except positive relative accommodation. Positive relative accommodation had a tendency to increase slightly after the computer game for 90 minutes. Meanwhile, the change of the visual functions was primarily influenced by the eye movement in horizontal direction rather than by the eye movement in vertical direction during computer game when analyzed by the direction of eye movement. **Conclusions:** Over all accommodative functions tended to decrease with the extended VDT working time by computer game, and the frequent eye movement in horizontal direction during VDT tasks could be the main cause of eyestrain since the eye movement in horizontal direction rather than vertical direction significantly affected the change of accommodative function.

Key words: VDT Tasks, Direction of eye movement, Accommodative amplitude, Accommodative facility, Accommodative lag, Relative accommodation