

The Effect of Acute Active PC-Video Game on the Upper Extremity of Adolescents

Dong-soo Kim, Jae-Hu Jung, & Woen-sik Chae*

Kyungpook National University

The purpose of this study was to determine how acute active pc-video game affects kinematic variables and muscle activities of adolescents. Fourteen middle school students(age: 15.9±0.7 yrs, height: 171.3±6.1cm, weight: 60.0±5.4 kg, right handed) who have no musculoskeletal disorder were recruited as the subject according to having experience in using the pc-video game for more than six months. Maximum angle, angular velocity, and muscle activity of the upper extremity were determined for each trial. For each dependent variable, a paired t-test was performed to test if significant difference existed between pre- and post a 60 minute active pc-video game($p<.05$). This study found that one hour pc-video game hour may not affect on movement and ROM of the finger and the wrist, whereas it may have an effect on muscle activity of the upper extremity. It seems that repetitive movement pattern during an active pc-video game may hinder muscle activity of adolescents' upper extremity. Part of the increase in musculoskeletal disorders is linked to the amount of time adolescents are allowed to play video games. This study found that an active pc-video game appears to have negative effects on the upper extremity muscles. Since wrist movements are continually repeated throughout the video game, carpal tunnel syndrome may possibly be caused by long-term exposure to video games.

Key words: Video Game, Musculoskeletal System, Kimatics, Electromyography 

서론

최근 초고속 인터넷의 보급과 더불어 스마트폰, 데스크탑 PC, 태블릿 PC 등과 같은 디지털기기(digital device)가 널리 활용되면서 청소년들의 정보통신기술(information and communication technology; ICT)에 대한 노출이 급속도로 증가되고 있으며, 디지털 기기를 활용한 비디오 게임은 청소년들에게 있어서 하나

의 사회적 트렌드로 인식되어 그들을 대표하는 놀이 문화로 자리매김하고 있다(Mezei et al., 2007). 이러한 비디오 게임은 청소년들의 스트레스를 해소시켜주며, 지적능력, 창의적 사고 및 사회성 발달을 촉진시켜준다는 긍정적인 평가가 이루어지기도 한다(Lateh & Muniandy, 2011; Wan & Chiou, 2006). 하지만 비디오 게임 중독(Video Game Addiction; VGA)에 따른 개인적·사회적 문제는 전 세계적으로 심각한 상황에 이르고 있다(Lee & Shim, 2010). 현재 우리나라에서는 심야시간 청소년들의 온라인 게임을 제한하는 셧다운(shutdown)을 시행하고 있지만 2012년 기준으로 9~12세 청소년의 14%가 게임 중독 증상을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(Nocutnews, 2012).

논문 투고일: 2016. 10. 31.

논문 수정일: 2016. 11. 22.

게재 확정일: 2016. 12. 07.

* 저자 연락처: 채원식(wschae@knu.ac.kr).

* 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014S1A5A2A01011961).

VGA와 비디오 게임 과몰입의 신체적 증상으로는 어깨나 뒷목 주변 근육의 과도한 경직과 허리 통증을 들 수 있다(Shim, 2001). 또한 이러한 증상들이 지속될 시 척추가 비정상적으로 휘는 척추측만증으로 발전하기도 한다(Kim, 2012). 장시간의 비디오 게임은 청소년들의 운동량을 현저히 감소시키며, 뼈의 성장과 골밀도를 떨어뜨려 신체의 정상적 발육에 부정적인 영향을 미친다(Busan News, 2016). 또한 장시간의 컴퓨터 화면 응시에 따른 목근육의 경직 상태가 뇌에 산소와 영양을 공급하는 혈관을 지속적으로 압박해 집중력 저하, 만성피로와 두통 등을 유발시킨다(Herald Business, 2016).

청소년들의 비디오 게임 중독이 사회적 문제로 대두됨에 따라 최근 영상표시장치(visual display unit: VDU)와 디지털 입력도구의 사용이 인체에 미치는 영향에 대한 연구들이 광범위하게 이루어지고 있다. Gerr, Monteilh & Marcus(2006)는 장기간 VDU를 이용한 작업이 목, 어깨, 상지 근골격계 장애를 유발시키는 위험 요인이라고 보고하였다. Eltayeb et al.(2007)은 다양한 직업군을 대상으로 한 설문조사에서 장시간 컴퓨터를 사용하는 직업군에서 상지의 근골격계 통증이 가장 빈번하게 발생된다고 보고하였다. Cho et al.(2008)은 장시간의 컴퓨터 사용 시 목과 등 근육의 근전도 신호를 측정된 연구에서 거북목 증후군(turtle neck syndrome: TNS) 환자의 경우 정상인에 비해 목과 등근육의 근활성도가 감소하고 피로도도 증가하였다고 보고하였다.

Gupta & Mahalanabis(2006)는 컴퓨터 마우스 사용 시 발생하는 쥐는 동작(gripping), 피펫팅(pipetting)과 같은 반복적으로 누르는 동작(pushing), 타이핑(typing)과 같은 장시간의 반복적인 움직임은 손목터널 증후군(carpal tunnel syndrome)의 원인이 될 수 있다고 보고하였다. 기존의 선행연구에서는 직업 관련성 손목터널증후군(work-related carpal tunnel syndrome)의 발병 원인으로 과도한 반복동작, 과도한 힘, 부적절한 자세 등을 제시하였다(Armstrong, 1986; Putz-Anderson, 1988). 미국의 국립직업안전 및 보건연구소(NIOSH)의 Tanaka & McGlothlin(1989)은 손목터널증후군의 발병에 영향을 미치는 세 가지 중요한 인자로 반복회수(repetition: 일정시간 내 동일한 작업동작의 반복회수), 힘(force: 작업 시 요구되는 근력), 손목각도(wrist

angle: 작업 시 꺾여 지는 손목의 각도)가 있다고 하였다. Drury(1987)는 일반적으로 시간당 1000회 이상의 손목손상동작을 포함하는 작업은 손목터널증후군의 발병률을 높인다고 보고하였다. Kim(1991)은 물체를 잡을 때 쥐는 동작(power grip)보다 집는 동작(pinch grip)이 약 4-5배 정도의 힘을 필요로 하며, 이때 충분한 휴식이 주어지지 않을 경우 피로에 의한 손목터널증후군의 발병률이 높아진다고 보고하였다. Liu et al.(2003)은 하루 평균 6~8시간 이상 컴퓨터 작업을 하는 여성들에서 있어, 전완의 회내측과 제 2중수골이 이루는 각이 20도 이상일 때 손목터널증후군의 발병 위험이 가장 크다고 보고하였다.

현재까지의 선행연구들을 살펴보면 과도한 비디오 게임 노출에 따른 청소년들의 심리적 이상 징후와 심리적인 현상 분석, 비디오 게임과 근골격계 질환의 관련성에 대한 연구가 주로 이루어져왔다. 하지만 기존의 선행연구에서는 VGA가 다양한 병리적 증세를 유발시킨다는 것은 보고되었으나, '중독'이라는 의학적 장애를 판단할 수 있는 생체역학적 변화에 대한 정량적 연구는 이루어지지 않았다. 또한 대부분의 선행연구들은 단편적인 조사 연구에 불과하며 게임 중독에 따른 신체적인 변화에 대한 객관화된 지표를 제시하지 못하고 있기 때문에 청소년들의 비디오 게임 노출에 의해 발생될 수 있는 문제점을 객관화 시킬 수 있는 체계적인 조사와 연구가 필요할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 목적은 3차원 영상분석과 근전도 분석을 통하여 비디오 게임에 따른 청소년의 상지 근골격계에 미치는 영향을 분석하는데 있다.

연구방법

연구대상

본 연구를 위해 근골격계에 이상이 없으며 오른손을 사용하는 남자 중학생 14명을 피험자(15.9±0.7 yrs, 171.3±6.1 cm, 60.0±5.4 kg)로 선정하였다. 본 연구에서는 피험자 집단의 동일성을 유지하기 위해 인터넷중독척도 설문조사(Young, 1998)를 실시하여 정상단계

(Score 10~20)의 인터넷 중독성이 없고, 수행과제로 선정된 PC-비디오 게임(league of legend)의 경력이 6개월 이상, 동일 게임 레벨 상위 50%에 해당하는 실버 등급을 가진 학생들을 피험자로 선정하였다. 본 실험에 앞서 모든 피험자는 피로를 유발시킬 수 있는 강도 높은 신체 활동을 실험 4주전부터 금지하였다.

실험도구

3차원 동작분석

비디오 게임 수행에 따른 우측 상지의 3차원 동작 분석을 위해 2대의 고감도 카메라(Motion Master100, Visol Inc., Korea)를 피험자의 전방 상단 좌·우측 45° 각도로 2.5 m지점에 각각 설치하였다. 3차원 좌표 계산을 위한 기준점(control point)과 동조용 발광다이오드가 촬영 범위 내에 들어오도록 초점을 맞추고, 촬영속도는 100 frames/s, 셔터 속도는 1/1000 sec로 설정하였다. 인체 관절 중심의 3차원 좌표화를 위해 직경 0.2 cm의 반사마커 10개를 피험자의 우측 검지와 중지의 원위지절골 원위점(2-1, 3-1), 중위지절골 원위점(2-2, 3-2), 근위지절골 원위점(2-3, 3-3)과 근위점(2-4, 3-4), 우측 손목, 그리고 우측 팔꿈치에 부착하여 촬영하였다(Fig. 1). 본 연구에서는 각 관절별로 기능해부학적 정보와 사전연구를 통해 마우스 사용 시 각 관절의 움직임 패턴을 파악하여 모델링 하였다. 마우스 사용 시 중수지절 관절을 포함한 손가락 관절은 내외전에 대한 움직임이 매우 미미하여 경첩관절로 간주하였고, 손목 관절은 요측굴곡과 척측굴곡만 고려하였다. 본 연구의 운동학적 분석을 위한 우측 상지 분절의 관절각도의 설정은 <Table 1>과 같다.

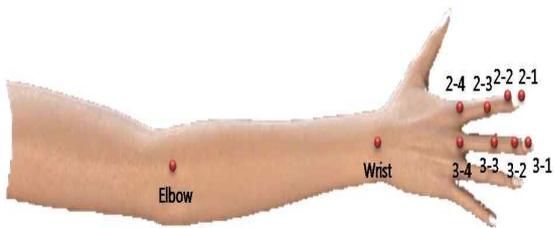


Fig. 1. The locations of reflective markers

Table 1. Definition of the joint angle

Joint	Link		Movement Analysis
	Distal	Proximal	
Distal interphalangeal (DIP)	Distal Phalanx	Middle phalanx	Flex/Ext
Proximal interphalangeal (PIP)	Middle phalanx	Proximal phalanx	Flex/Ext
Metacarpophalangeal (MCP)	Proximal phalanx	Metacarpal	Flex/Ext
Carpometacarpal (CMC)	Metacarpal	Radius	RF/UF

Note. Flex: Flexion, Ext: Extension, RF: Radial flexion, UF: Ulnar flexion

근전도 측정

상지 근육의 근활성도 측정을 위해 4쌍의 표면 전극(QEMG8, Laxtha Inc. Korea, sampling frequency = 1024 Hz, gain = 1,000, input impedance > 10¹² Ω, CMRR > 100 dB)을 피험자의 우측 승모근(upper trapezius; UT), 수근신근(extensor digitorum; ED), 척측수근신근(extensor carpi ulnaris; ECU), 요측수근신근(extensor carpi radialis; ECR)에 부착하였다. 각각의 표면전극은 근섬유의 수축 방향과 평행되게 부착하였으며, 접지전극은 전상장골극(ASIS)에 부착하였다. 근전도 자료의 표준화를 위해 손목 관절의 신전, 요측 굴곡, 척측 굴곡, 견갑골의 거상 시 최대 수의적 정적 수축을 실제 데이터 수집 전에 실시하였다. 최대 정적 수축 근전도치 측정과 실제 근전도 데이터는 샘플링 속도 1024 Hz로 각각 수집하였다. 표면전극 부착위치와 표준화를 위한 최대정적수축방법은 <Table 2>와 같다(Cram & Kasman, 1997).

3차원 동작분석 자료와 근전도 자료의 동조를 위해 신호 동조기(Visol, Inc., Korea)를 사용하였다. 자료 수집 시 신호 동조 장치를 통해 5볼트의 전기 신호가 1대의 동조용 발광 다이오드와 근전도 분석기기가 연결된 A/D board에 동시에 생성된다. 추후 자료 분석 시 카메라의 sync on이 되는 시점과 근전도 신호자료의 5 V 전기 신호가 발생하는 시점을 일치시켜, 근전도 신호의 구간별 최대·평균 근전도값을 계산하였다.

Table 2. Electrode placements

Muscle	Electrode placement	Maximum Isometric contraction
Upper Trapezius (UT)	Along the ridge of the shoulder, slightly lateral to and one half the distance between the cervical spine at C-7 and the acromion	Shoulder elevation
Extensor Digitorum (ED)	Palpate the middle of the forearm approximately three quarters of the distance between the elbow and the wrist while the patient extend their fingers	Wrist extension
Extensor Carpi Ulnaris (ECU)	Palpate the ulnar side of arm a few cm below the elbow	Ulnar deviation
Extensor Carpi Radialis (ECR)	Palpate the muscle mass approximately 5cm distal from the lateral epicondyle	Radial deviation

실험절차

본 연구의 피험자들은 실험에 들어가기 전 마틴식 인체 분절 계측기(Martin Co., Japan)로 앉은 오금높이와 앉은 팔꿈치 높이를 인체 측정 방법에 따라 측정한 후 각 피험자의 앉은 오금높이와 앉은 팔꿈치 높이가 동일하게 책상과 의자의 높이를 조절하였다. 피험자는 편안하게 앉은 상태에서 자신의 눈높이 맞게 설치된 컴퓨터 모니터를 보면서 키보드와 마우스(Basic optical mouse, Microsoft Co., USA)를 이용하여 PC-비디오 게임을 실시하였으며, 피험자의 근골격계에 피로를 유발시킬 수 있는 비디오 게임(league of legend)을 선정하였다(Fig. 2).

피험자들은 실험 전 실험 환경 하에서 충분히 워밍업 및 연습을 실시하였다. 워밍업이 완료된 후 피험자는 선택된 PC-비디오 게임을 1시간 동안 휴식 없이 실시하였으며(van Rijn et al., 2009), PC-비디오 게임이 청소년의 근골격계에 미치는 영향을 밝히기 위해 PC-비디오 게임 전후로 3차원 동작분석 및 근전도 분석을 실시하였다. 본 연구의 수행과제는 마우스 조작과 관련한 동작을 범주화하여 3가지 과제를 제시하였다(Kim, 2012;

Yoo, 2007). 모니터에 양쪽 가장자리에 위치한 폴더를 대각선 아래로 옮기도록 하고(task1), 25개의 칸에 마우스 오른쪽 버튼을 이용하여 지그재그로 점을 찍도록 하고(task2), 검지를 이용하여 6페이지 분량의 문서를 마우스 스크롤 휠을 돌려서 가장 마지막 페이지로 이동하였다가 다시 되돌아오는 것(task3)으로 설정하였다. 과제의 순서는 무작위 순으로 실시하였으며, 총 3회의 측정자료 중 과제목표를 가장 정확하게 수행한 동작 1회를 선택하여 분석하였다.



Fig 2. Motion analysis and EMG recording

자료분석

3차원 동작분석

본 연구에서는 Kwon3D program ver 3.10을 사용하여 3차원 동작 분석을 실시하였으며, 각 마커에서 얻어진 2차원 좌표값은 Direct Linear Transformation (Abdel-Aziz & Karara, 1971) 방식을 사용하여 3차원 공간 좌표값을 산출하였다. 디지털이징 오차와 피부에 부착된 마커의 움직임에 따라 유발되어지는 문제를 해결하기 위해 모든 3차원 좌표값은 차단주파수 7 Hz의 Butterworth low-pass digital filter를 사용하여 처리하였다. 전역좌표계에서의 선속도와 선가속도는 변위 데이터를 유한 차이법(Wood, 1982)을 이용하여 계산하였다. 각속도와 각가속도는 지향각을 사용하여 지역좌표계에 대해 계산하였으며, 각속도는 동작이 발생하는 분절의 굴곡과 신전, 내전과 외전, 내회전과 외회전에 해당하는 세 가지 운동의 벡터합으로 계산되었다.

근전도 분석

근전도 데이터는 디지털 필터를 사용하여 350 Hz의 저역 통과 필터링을 하며 그 이후에 10 Hz의 고역 통과 필터링을 실시하였다. 근전도 데이터는 전과정류 처리를 시킨 후 최대 정적 수축 근전도치(MVIC)를 구해 모든 자료를 표준화 한 후 각 피험자와 각 조건에 따라 구간별 평균 및 최대 적분 근전도치를 계산하였다. 평균 적분 근전도치는 실제 데이터를 MVIC로 나누어 평균값을 제시한 것이며, 최대 적분 근전도치는 실제 데이터를 MVIC로 나눈 후 구간 내에서 50 ms 이동 평균치(moving average)를 통해 계산한 자료값 중 최대치를 제시하였다. 근전도 데이터의 표준화는 아래의 공식을 사용하여 계산하였다.

$$nEMG = \frac{EMG_{raw}}{EMG_{max}} \times 100$$

EMG_{raw} 는 정류화하고 필터처리된 실제 운동시의 근전도치이며, EMG_{max} 는 상지 관절의 최대 정적 신전과 굴곡 수축 시 발생되어진 최대 근전도치를 의미한다.

통계처리

PC-비디오 게임 전·후의 생체역학적 변인에 대한 유의한 차이가 있는지를 밝히기 위해 SPSS 20.0을 이용하여 유의 수준 $p < .05$ 에서 대응표본 t -검정을 실시하였다.

연구결과

관절의 최대각

마우스 왼쪽 버튼을 사용하여 끌어서 놓기(Drag-and-drop) 작업을 평가한 Task1의 최대각 결과에서는 비디오게임 전·후 두 조건간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, 이때 손목 관절 최대각 결과에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 3).

Task2 수행 시 주로 사용되는 중지손가락 관절의 최대각 결과에서는 비디오게임 전·후 두 조건간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 4).

Table 3. Angular displacement during the task1 (deg)

Joint		PRE	POST
DIP	Flex	154.3±6.8	152.9±7.0
	Ext	172.8±5.8	173.4±4.8
PIP	Flex	144.0±8.1	143.0±8.0
	Ext	164.3±7.9	165.9±7.0
2nd MCP	Flex	143.6±5.5	143.6±6.9
	Ext	158.4±7.3	158.5±6.4
CMC	RF	4.1±0.5	4.7±2.0
	UF	4.5±1.7	4.8±1.4

Note. Flex: Flexion, Ext: Extension, RF: Radial flexion, UF: Ulnar flexion

Table 4. Angular displacement during the task2 (deg)

Joint		PRE	POST
DIP	Flex	158.3±8.4	157.0±7.8
	Ext	140.4±9.5	137.3±8.3
PIP	Flex	151.4±7.3	152.2±5.9
	Ext	3.9±1.7	4.0±0.7
3rd MCP	Flex	173.9±6.5	174.3±5.4
	Ext	153.6±9.6	153.2±10.4
CMC	RF	160.9±7.4	163.0±6.1
	UF	5.4±1.3	5.0±1.4

Note. Flex: Flexion, Ext: Extension, RF: Radial flexion, UF: Ulnar flexion

Table 5. Angular displacement during the task3 (deg)

Joint		PRE	POST
DIP	Flex	154.3±6.8	152.9±7.0
	Ext	172.8±5.8	173.4±4.8
PIP	Flex	144.0±8.1	143.0±8.0
	Ext	164.3±7.9	165.9±7.0
2nd MCP	Flex	143.6±5.5	143.6±6.9
	Ext	158.4±7.3	158.5±6.4

Note. Flex: Flexion, Ext: Extension

Task3 수행 시 사용된 검지손가락 관절의 최대각 결과에서는 모든 관절이 중립포지션에서 각도 변화가 크게 나타났다. 하지만 관절의 최대각 결과에서는 1시간 PC-비디오게임 전·후에 따른 통계적 유의차는 나타나지 않

았다. 다른 과제 수행과는 달리 DIP를 제외한 모든 관절에서 PC-비디오게임 후의 과제수행이 게임 전의 과제 수행보다 관절의 최대각이 약간 증가한 것으로 나타났다 (Table 5).

관절의 각속도

본 연구의 각속도 결과에서는, 각 과제 별로 PC-비디오 게임 수행 전·후, 두 조건간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 6).

Table 6. Angular velocity (deg/s)

Parameter	Joint	PRE	POST
Task1	2nd MCP Flex/Ext	313.0 ±143.0	391.9 ±230.4
	CMC RF/UF	163.4 ±104.3	220.6 ±110.6
Task2	2nd MCP Flex/Ext	196.0 ±68.9	237.5 ±20.7
	CMC RF/UF	163.4 ±14.3	220.6 ±10.6
Task3	DIP Flex/Ext	411.9 ±132.2	528.0 ±283.0
	PIP Flex/Ext	498.4 ±56.3	539.3 ±119.8
	2nd MCP Flex/Ext	238.2 ±80.5	202.9 ±66.8

Note. Flex: Flexion, Ext: Extension, RF: Radial flexion, UF: Ulnar flexion

근전도

본 연구의 근전도 결과에서는 Task1 과제 수행 시 PC-비디오게임 수행 전·후, 두 조건간 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 7).

Task2 과제 수행 시 근전도 결과에서는 PC-비디오 게임 수행 후 ED의 최대 근전도치가 수행 전 보다 통계적으로 유의하게 증가하였다(Table 8).

Task3 과제 수행 시 근전도 결과에서는 PC-비디오 게임 수행 전에 비해 수행 후 UT의 평균 근전도치가 통계적으로 유의하게 감소하였다(Table 9).

Table 7. Average & Maximum IEMG during the task1 (%MVIC)

Muscle	Average IEMG		Peak IEMG	
	PRE	POST	PRE	POST
UT	3.8±1.9	4.2±1.5	8.6±3.4	8.6±2.5
ED	5.5±2.4	5.9±2.3	14.1±6.9	15.0±6.8
ECU	8.1±3.3	8.8±3.1	17.6±7.2	20.6±3.9
ECR	2.0±0.9	2.1±1.0	5.4±1.3	5.7±2.0

Table 8. Average & Maximum IEMG during the task2 (%MVIC)

Muscle	Average IEMG		Peak IEMG	
	PRE	POST	PRE	POST
UT	3.9±1.8	3.6±1.2	8.0±3.4	7.8±3.7
ED	6.2±2.4	6.7±2.9	20.1±10.1*	22.6±11.1*
ECU	8.1±3.1	8.3±3.0	18.6±6.5	17.9±5.8
ECR	1.7±0.8	2.0±0.5	5.0±2.3	5.2±1.4

Note. * Significant difference between pre and post tests at $p < .05$

Table 9. Average & Maximum IEMG during the task3 (%MVIC)

Muscle	Average IEMG		Peak IEMG	
	PRE	POST	PRE	POST
UT	4.9±1.6*	3.7±1.4*	9.9±2.7	8.8±2.5
ED	5.8±2.7	6.0±2.4	15.9±3.8	17.8±5.9
ECU	6.6±2.8	6.6±2.6	14.4±1.6	12.6±2.7
ECR	1.8±0.3	2.1±0.5	5.8±3.4	7.0±1.4

Note. * Significant difference between pre and post tests at $p < .05$

논 의

초고속 인터넷의 보급과 함께 청소년들의 비디오 게임 중독은 날로 심각해지고 있으며 최근 사회적 문제로 까지 부각되고 있다. 따라서 본 연구에서는 생체역학적 평가 및 분석을 통해 비디오 게임 노출에 의해 청소년들에게 발생될 수 있는 문제점을 판단하기 위해 정량적 연구를 수행하였다.

본 연구의 수행과제에 따른 손가락 및 손목 관절의 최

대각을 평가한 결과, Task1 수행 시 주로 사용되는 검지손가락 관절의 최대각 결과에서는 비디오게임 전·후 두 조건간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 거의 유사한 패턴이 발생되었다. 손목 관절 최대각 결과에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 피로유발 후의 관절 최대각이 피로유발 전에 비해 다소 증가한 것으로 나타났다. 이는 본 연구의 피로를 유발하기 위하여 선정된 PC-비디오게임의 특성상 검지손가락의 클릭과 드래그 동작의 활용도가 다소 낮기 때문인 것으로 판단된다. Task2 수행 시 사용된 중지손가락 관절의 최대각 결과에서도 Task1의 결과와 마찬가지로 두 조건간 통계적 유의차는 발생되지 않았다. 두 조건간 CMC관절의 각도 차이는 미미하지만 PC-비디오게임 수행 후에서의 척추굴곡 관절가동범위(range of motion; ROM)가 게임 전 보다 약간 증가하는 것으로 나타났다. 또한 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하는 동작에서는, 오른쪽 버튼을 클릭하고 다시 중립포지션으로 돌아오기 때문에 PIP관절의 신전 동작은 거의 발생되지 않는 것으로 판단된다. Shim(2001)은 캠코더를 활용한 동작분석을 통해 마우스 작업종류에 따른 마우스 움직임과 클릭수를 알아본 결과에서 마우스 움직임은 작업종류간의 큰 차이가 없었으나, 클릭수는 게임 작업이 다른 작업들보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다고 보고하였다. 검지손가락으로 마우스 휠을 스크롤하는 Task3 수행 시 검지손가락의 모든 관절이 중립포지션에서 각도 변화가 크게 나타났다. 하지만 관절의 최대각 결과에서는 1시간 PC-비디오게임 전·후에 따른 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 다른 과제 수행과는 달리 DIP를 제외한 모든 관절에서 PC-비디오게임 후의 과제 수행이 게임 전의 과제수행보다 관절의 최대각이 약간 증가한 것으로 나타났다.

상지 근골격계 질환 유발위험요소 및 손목건초염(De Quervain's disease) 발병의 평가척도(Marras & Schoenmarklin, 1993; Moore, 1997)인 손가락 관절의 각속도 결과를 살펴보면, 각 과제 별로 PC-비디오게임 수행 전과 후에 따른 조건간의 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 하지만 PC-비디오 게임 전에 비해 게임 후의 모든 관절에서 최대 각속도가 다소 높게 나타났다. 이는 선정된 PC-비디오게임에서 자주 이용되는 마우스

사용 패턴과 본 연구에서 요구하는 과제의 형태가 유사하여 피험자들로 하여금 동작 학습 형태가 유발되어 나타난 결과라고 판단된다. Karlqvist et al.(1996)의 연구에 의하면 마우스 사용자들은 대부분의 작업시간동안 권고치 이상의 손목관절의 편위 자세를 취하며, 이로 인해 근피로와 불편함이 보다 조기에 발생하고 누적 외상성 질환의 발생 위험도 증대된다고 보고하였다. 본 연구의 결과는 앞선 선행연구와 상이한 결과가 나타났다. 본 연구의 결과를 작업수행 면에서 볼 때, 한 시간의 PC-비디오게임은 상지 근골격계에 물리적으로 직접적인 영향은 미치지 않는 것으로 생각된다.

본 연구의 근전도 결과를 살펴보면, Task1 과제 수행 시 PC-비디오게임 수행 후 평균 및 적분 근전도치가 수행 전 보다 다소 높게 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 또한, ECR은 다른 근육에 비해 상대적으로 근전도치가 낮은 점을 고려할 때, 마우스를 클릭하여 대각선 아랫방향으로 드래그 하는 동작에서는 ECR의 활용도가 크지 않는 것으로 사료된다. Rempel et al.(2008)는 키보드 타이핑 시 손목의 위치가 수근관에 압력이 어떠한 영향을 미치는지 알아본 연구결과에서 손목의 신전과 굴곡, 요측과 척측 편위가 수근관의 압력의 변화에 영향을 미치며, 그중에서도 신전과 요측편위는 수근관 압력증가에 직접적으로 연관이 있다고 보고하였다. 하지만 Jeong(2003)은 컴퓨터 입력장치가 손목관절의 자세 및 근피로에 미치는 영향에 대해 알아본 연구에서 마우스를 이용한 누르기형태의 작업이 오히려 키보드 보다 중립자세에서 이루어지며 피로도가 유의하게 낮게 나타났다고 보고하였다. 본 연구의 최대각과 평균 및 최대 근활성도의 결과로 미루어 볼 때, PC-비디오게임 수행 시 마우스의 사용이 요측, 척측편위를 유발하지만 바로 다시 중립형태로 돌아오기 때문에 상지 근육의 근활성도에 지속적인 영향은 미치지 않은 것으로 사료된다.

Task2 과제 수행 시 근전도 결과에서는 PC-비디오게임 수행 전에 비해 수행 후 ED의 최대 근전도치가 통계적으로 유의하게 증가한 것으로 나타났다. Jonsson et al.(2011)은 ED가 손가락의 움직임에 직접적으로 기여하지는 않지만, 손가락을 신속하게 움직여야 할 경우 손과 손목의 이완 및 안정화시키는 역할을 한다고 보

고하였다. 이러한 결과와 동일하게 본 연구의 Task2 과제 수행 시 관절의 각속도가 빠른 경우 보다 높은 근전도치가 나타났다. 이는 손가락과 손목의 신속한 움직임과 ED의 근전도치가 정적상관관계에 있기 때문인 것으로 사료된다. ED를 제외한 나머지 근육에서는 PC-비디오 게임 수행 전·후의 근전도 형태에 유사한 패턴이 발생되었다.

Task3 과제 수행 시 근전도 결과를 살펴보면, PC-비디오게임 수행 전·후에 따른 평균 적분 근전도치는 UT에서 수행 후가 수행 전 보다 통계적으로 유의하게 감소하였다. Aaras et al.(1998)은 손과 손가락을 이용한 장시간의 작업 수행 시 전완 및 승모근의 근활성도가 감소된다고 보고하였다. 특히, Cook et al.(2004)은 마우스 패드에 손바닥만으로 지지한 채로 마우스를 사용 할 시 수근신근과 승모근의 근활성도가 감소되며, 이는 작업수행력을 감소시킬 뿐만 아니라 손목터널증후군 유발의 원인이 된다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 선행연구의 결과와 동일하게 1시간의 PC-비디오 게임이 피험자의 승모근의 근활성도를 떨어뜨려, 인체 근골격계에 부정적인 영향을 발생시킨 것으로 사료된다.

결론 및 제언

본 연구는 3차원 영상분석과 근전도 분석을 통하여 비디오 게임에 따른 청소년의 상지 근골격계에 미치는 영향을 분석하는데 그 목적이 있다. 본 연구의 결과, 한 시간의 PC-비디오게임이 검지 및 중지 손가락과 손목 관절의 가동성과 움직임에는 큰 변화를 유발시키지 않지만, 빠르고 반복적인 움직임 패턴에 의해 상지근육의 활동정도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 생체역학적 관점에서 볼 때, 한 시간 이상의 지속적인 PC-비디오 게임은 청소년의 상지 근육의 근활성도 크기와 형태를 변화시켜 손목터널증후군과 같은 다양한 상지 근골격계 질환의 위험 요인 될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 올바른 PC-비디오게임 사용 자세 및 시간에 대한 기초자료를 제시하고, 손가락의 기능적 평가 및 입력기기 관련된 질병 또는 증후군 예방을 위한 보조 기구의 개발을 위한 기초 자료로써 본 연구의 자료가 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- Abdel-Aziz, Y., & Karara, H. M. (1971). *Direct linear transformation from comparator coordinates in object-space coordinates in close range photogrammetry*. Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana, IL.
- Armstrong, T. J. (1986). Ergonomics and cumulative trauma disorders, *Hand Clinics*, 2(3), 553-665.
- Aaras, A., Horgen, G., Bjorset, H. H., Ro, O., & Thoresen, M. (1998). Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in VDU operators before and after multidisciplinary ergonomic interventions. *Applied Ergonomics*, 29(5), 335-354.
- Busan News(2016). How can I quit the addiction? Retrieved February 16, 2016 from <http://news20.busan.com/controller/newsController.jsp?newsId=20160217000004>.
- Cram, J. R., & Kasman, G. S. (1998). *Introduction to surface electromyography*. Alexandria: Aspen Publications.
- Cho, W. H., Lee, W. Y., & Choi, H. K. (2008). An investigation on the biomechanical effects of turtle neck syndrome through EMG analysis. *The Korean Society of Precision Engineering*, 11, 195-196.
- Cook, C., Burgess-limerick, R., & Papalia, S.(2004) The effect of wrist rests and forearm support during keyboard and mouse use. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33, 463-472.
- Drury, C. G. (1987). A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs. *Seminar in Occupational Medicine*, 21(1), 41-49.
- Eltayeb, S., Staal, J. B., Kennes, j., Lamberts, P. H., & de Bie, R. A. (2007). Prevalence of complaints of arm, neck and shoulder among computer office workers and psychometric evaluation of a risk factor questionnaire. *Biomedcentral musculoskeletal disorders*, 8, 68.
- Gerr F, Monteilh, C. P., & Marcus, M. (2006). Keyboard use and musculoskeletal outcomes among computer users. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 16(3), 265-277.
- Gupta, A. D., & Mahalanabis, D. (2006). Study of hand function in an group of shoe factory workers engaged in repetitive work. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 16(4), 675-684.
- Herald Business (2016). *The brain of game addict is better for concentration and perception ability than normal people*.

- Retrieved February 12, 2016 from <http://news.heraldcorp.com/view.php?ud=20160212000599>.
- Jeong, D. H. (2003). *The effect of computer input devices on wrist posture and muscular fatigue around the neck in text entry tasks*. Unpublished doctoral dissertation, Daegu Graduate School of Rehabilitation Science.
- Jonsson, P., Johnson, P. W., Hagberg, M., & Forsman, M. (2011). Thumb joint movement and muscular activity during mobile phone texting - A methodological study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(2), 363-370.
- Karlvist, L., K., Hafberg, M., Koster, M., Wenemark, M., & Anell, R. (1996). Musculoskeletal symptoms among computer-assisted design operators and evaluation of a self-assessment questionnaire. *International Journal of Occupational Environment*, 2, 185-192.
- Kim, C. H. (1991). *Psychophysical frequency at different forces and wrist postures of females for a drilling task*. Unpublished PhD dissertation, The Wichita State University, Wichita, Kansas.
- Kim, J. S. (2012). *A study on the design development of ergonomical mouse*. Unpublished Master's Thesis, Kookmin Graduate School of Product Design.
- Lateh, H., & Muniandy, V. (2011). Technology integrated teaching in Malaysian schools: GIS, a SWOT analysis. *World Journal on Educational Technology*, 3(2), 64-74.
- Lee, J. M. & Sim, J. W. (2010). Effects of computer game addiction in children. *The Korean Society for Computer Game*, 23(2), 237-245.
- Liu, C. W., Chen, T. W., Wang, M. C., Chen, C. H., Lee, C. L., & Huang, M. H. (2003). Relationship between carpal tunnel syndrome and wrist angle in computer workers. *Journal of Medicine and Science*, 19(12), 617-623.
- Marras, W. S., & Schoenmarklin, R. W. (1993). Wrist motion in industry, *Ergonomics*, 36(4), 341-351.
- Mezei, G., Benyi, M., & Muller, A. (2007). Mobile phone ownership and use among school children in three Hungarian cities. *Bioelectromagnetics*, 28(4), 309-15.
- Moore, J. S. (1997). De Quervain's tenosynovitis. Stenosing tenosynovitis of the first dorsal compartment. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 39(10), 990-1002.
- Nocutnews (2012). CNN has focused on game addiction in Korea. Retrieved August 8, 2012 from <http://www.nocutnews.co.kr/show.asp?idx=2221044>.
- Putz-Anderson, V. (1988). *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal disorders of the upper limbs*. London: Taylor & Francis.
- Rempel, D., M., Keir, P., J., & Bach, J., M. (2008). Effect of wrist posture on carpal tunnel pressure while typing. *Journal of orthopaedic research*, 26, 1269-1273.
- Shim, H. T. (2001). *A study of the effectiveness of wristbands for mouse user*. Unpublished Master's Thesis, Hongik Graduate School of Industrial Engineering.
- Tanaka, S., & McGlothlin, J. D. (1989). *A conceptual model to assess musculoskeletal stress of manual work for establishment of quantitative guidelines to prevent hand and wrist cumulative trauma disorders (CTD's)*. In, Mital, A. (Ed), *Advances in Industrial Ergonomics and Safety I*. New York: Taylor & Francis.
- van Rijn, R., M., Huisstede B., M., A., Koes, B., W., & Burdorf, A. (2009). Associations between work-related factors and the carpal tunnel syndrome-a systematic review. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 35(1), 19-36.
- Wan, C. S., & Chiou, W. B. (2006). Psychological motives and online games addiction: A test of flow theory and humanistic needs theory for Taiwanese adolescents. *CyberPsychology and Behavior*, 9, 317-324.
- Wood, G. (1982). *Data smoothing and differentiation procedures in biomechanics*. In R. L. Terjung (Eds), *Exercise and Sport Sciences Reviews*; Vol. 10, 308-362. Lexington, MA: D.C. Health and Company.
- Yoo, H. S. (2007). *Comparison of muscle activity and input performance of operators using a computer mouse and a trackball*. Unpublished Master's Thesis, Yonsei Graduate School of Health and Environment.
- Young, K. S. (1998). Internet Addiction: The Emergence of a New Clinical Disorder. *Cyberpsychology and Behavior*, 1(3), 237-244.

비디오 게임이 청소년의 상지 근골격계에 미치는 영향

김동수 · 정재후 · 채원식(경북대학교)

본 연구의 목적은 비디오 게임이 청소년의 상지 근골격계에 미치는 영향을 정량적으로 평가하는데 있다. 이를 위해 남자 중학생을 대상으로 비디오 게임 실시 전과 실시 후에 대한 3차원 동작분석, 근육활동분석을 실시하여 비디오 게임 전과 후의 운동역학적 변인을 비교 분석하였다. 본 연구에서는 근골격계에 이상이 없고 정신 및 정서적 문제가 없는 남자 중학생 14명을 피험자로 선정하였다. 신체적 요소에 미치는 영향을 평가하기 위해 2대의 고감도 카메라(100 Hz, Motion Master100, Visol Inc.)와 근전도 측정기기(1024 Hz, QEMG8, Laxtha Inc.)를 사용하였다. 본 연구에서는 마우스의 좌측 클릭 후 드래그 동작(Task1), 우측 클릭 동작(Task2), 스크롤 동작(Task3)의 3차원 동작분석과 근전도 분석을 실시하였다. 비디오 게임 전·후의 생체역학적 변인에 대한 통계적 유의성을 검증하기 위해 SPSS 22.0을 이용하여 대응표본 t-검정을 실시하였다($p < .05$). 본 연구의 결과를 살펴보면, 마우스 조작 동작에 따른 관절 각도와 각속도에서는 비디오 게임 실시 전·후에 통계적인 유의차가 나타나지 않았지만, 대부분의 관절에서 비디오 게임 실시 전에 비해 실시 후의 관절 각도와 각속도는 상대적으로 증가한 것으로 나타났다. 또한 대부분의 근육에서 Task1과 Task2 동작에 따른 근전도값은 비디오 게임 실시 전에 비해 실시 후에 상대적으로 증가한 것으로 나타났다. 이에 반해 Task3 동작에 따른 승모근의 근활성도는 비디오 게임 실시 후 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 이는 손과 손가락을 이용한 장시간의 작업 수행 시 전완 및 승모근의 근활성도가 감소된다고 보고한 Aaras et al.(1998)의 연구 결과와 같이 장시간의 비디오 게임이 승모근의 근육 활동을 감소시켜 작업 수행력 및 근골격계에 부정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다. 본 연구의 결과, 장시간 비디오 게임이 직·간접적으로 청소년들의 근골격계에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 본 연구를 통해 비디오 게임에 대한 과도한 몰입으로 인해 청소년들에게 나타나는 신체적 이상 징후를 줄일 수 있는 적절한 방법을 모색하고 올바른 사용방법을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

주요어: 비디오 게임, 근골격계, 운동학, 근전도