

1 The effects of computer game exposure on musculoskeletal pathological symptoms in adolescents

2

3 Abstract

4

5 **Objective:** The purpose of this study was to analyze the effects of computer game exposure on
6 musculoskeletal pathological symptoms in adolescents. To accurately identify musculoskeletal pathological
7 symptoms in adolescents who may develop pathological abnormality from computer game exposure, any
8 health risks associated with computer game movement should be investigated and the effects of computer
9 game exposure on musculoskeletal system need to be evaluated.

10 **Method:** In this study, 10 male junior high school students, who used computers less than 3 times a week for
11 1 hour per day, were selected as subjects. The subjects were asked to play computer games for 4 hours.
12 Magnetic resonance imaging (MRI) of the hand and the wrist, from the distal radius and caput ulnae to the
13 distal phalanges and radiography of the cervical vertebrae were captured before and after playing computer
14 games. For each dependent variable, a paired *t*-test was performed to test if significant difference existed
15 between pre and post a 4 hour active computer game ($p < .05$).

16 **Results:** In terms of the change of the flexor tendon diameter, the horizontal diameter of the flexor tendons
17 in the index and middle fingers were significantly reduced after playing computer games. The horizontal
18 diameter of the flexor tendons of other fingers did not show any significant differences, but there were a
19 tendency to decrease after playing computer games. There was no significant difference in the cervical lordosis
20 angle between pre and post conditions. However, the cervical lordosis angle was relatively decreased after
21 playing computer games.

22 **Conclusion:** The results of this study showed that computer game exposure had direct and indirect effects on
23 the morphological change of the flexor tendon. In addition, playing computer games for long periods of time
24 can have a negative effect on the normal functioning of the musculoskeletal system, with the possible
25 development of pathological abnormalities. However, computer game exposure in adolescents cannot be
26 decisively identified as a factor for pathological symptom induction based on the results of this study alone.
27 Thus, long-term longitudinal studies on the overall musculoskeletal system are necessary.

28

29 *Keywords:* Computer game, Pathological symptom, MRI, X-ray

30

31 Introduction

32

33 최근 정보통신기술의 발달과 더불어 각종 디지털기기의 보급이 확대되고 있으며, 활용 빈도 또한 급격히
34 증가하고 있는 추세이다. 이러한 디지털기기의 사용은 생산성 증대에 따른 업무 효율 향상, 신속한 정보 제공,
35 편리함 등의 많은 장점들로 인해 일상 생활에서 빼놓을 수 없는 요소로 자리 잡았다. 하지만 일상 생활에서의
36 디지털기기에 대한 의존도가 높아짐에 따라 디지털기기의 사용시간 또한 급격히 증가하고 있으며, 이러한
37 현상은 다양한 형태의 중독 현상이나 디지털 치매와 같은 사회적 문제를 유발하는 주요 원인으로 작용하고
38 있다.

39 디지털기기의 사용과 관련되어 나타나는 다양한 사회적 문제 중 큰 비중을 차지하고 있는 현상이 컴퓨터게임
40 중독이다. 컴퓨터게임은 적절한 수준의 사용을 넘어서면 중독이라는 부작용을 가져오게 되며, 컴퓨터게임
41 중독은 일상생활 장애, 심리적 장애, 근골격계 장애, 강박적 사용, 금단 현상, 내성, 현실구분 장애 등 개인적
42 차원뿐만 아니라 범죄 행동으로까지 이어질 수 있다(Lee & Ahn, 2002; Han & Lee, 2006). 특히 컴퓨터게임
43 중독은 청소년들의 신체와 정신에 부정적인 영향을 미치며, 청소년들의 컴퓨터게임 이용률과 중독 현상은
44 위험 수위에 다다르고 있다. 또한 청소년들의 컴퓨터게임 중독에 따른 개인적·사회적 문제는 전 세계적으로

45 심각한 상황에 이르고 있다(Lee & Sim, 2010). 최근 통계청이 발표한 ‘한국의 사회동향 2017’ 자료에 따르면
46 초등학생 고학년(4~6 학년)의 91.1%, 중학생의 82.5%, 고등학생의 64.2%가 게임을 이용하고 있으며,
47 전체의 2.5%가 게임 중독 상태인 것으로 보고되었다. 여성가족부의 2016 년 조사에서도 게임 중독 전 단계인
48 중독 위험군이 꾸준히 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이처럼 컴퓨터게임은 청소년들의 여가 문화로
49 자리매김하고 있음에도 불구하고, 청소년들에게 일상생활의 지장을 초래하는 개인적·사회적 문제로
50 인식되면서 컴퓨터게임 중독에 관한 연구들이 광범위하게 이루어지고 있다.

51 컴퓨터게임 중독이나 과몰입에 관한 다수의 선행연구를 살펴보면, 기능적 자기공명영상 촬영을 통해 일반
52 청소년과 게임 중독 청소년의 뇌를 비교한 Kim(2011)의 연구에서는 게임 중독 청소년의 경우 자아가 신체의
53 경계를 벗어나 신체 밖으로 분리되어 나가는 현상인 탈신체화(Disembodiment) 뇌 부위가 활성화된다고
54 보고하였다. Voluse, Körkel, & Sobell(2007)은 대부분의 청소년에 있어 오프라인과 온라인 상황에서 자아를
55 인지하는 경향이 다르게 나타난다고 보고하였다. Hong(2002)의 연구에서는 일반인에 비해 게임 중독에 빠진
56 청소년들은 판단력과 감정조절을 담당하는 뇌의 전두엽 부분이 현저히 줄어들어 정상적인 판단과 감정 조절에
57 문제가 생기게 된다고 보고하였다.

58 게임 중독에 따른 신체적 증상으로는 어깨나 목 주변 근육의 과도한 경직과 허리 통증을 들 수 있다(Kim &
59 Chae, 2012; Shim, 2001). 또한 이러한 증상들이 지속될 시 척추가 비정상적으로 휘는 척추측만증으로
60 발전하기도 한다(Kim, 2012; Moon et al., 2014; Park et al., 2012). Gerr, Monteilh, & Marcus(2006)는
61 장시간 컴퓨터를 사용할 경우 목, 어깨뿐만 아니라 손과 손목을 비롯한 상지 근골격계의 장애를 유발시킬 수
62 있다고 보고하였다. Cho, Lee, & Choi(2008)는 장시간의 컴퓨터 사용 시 목과 등 근육에 대한 근전도
63 연구에서 거북목 증후군(turtle neck syndrome) 환자의 경우 정상인에 비해 목과 등 근육의 근활성도는
64 감소하고 근피로도 는 증가한다고 보고하였다. Armstrong(1986)과 Louis(1987)의 연구에서는 수근관
65 증후군(carpal tunnel syndrome)의 발병 원인으로 컴퓨터 사용으로 인한 과도한 반복동작, 과도한 힘,
66 부적절한 자세 등을 제시하였다.

67 이처럼 컴퓨터의 사용 시간과 빈도가 증가하고 사용 범위가 확대됨에 따라, 컴퓨터 사용과 관련된 건강상의
68 문제를 총칭하는 영상단말기 증후군(visual display terminal syndrome) 환자가 증가하면서 컴퓨터 사용에
69 대한 부정적인 측면이 부각되고 있다. 영상단말기 증후군은 컴퓨터 사용 시 나타나는 정적인 작업 자세와 팔,
70 손, 손가락 등의 지속적이고 반복적인 사용이 주요 원인이며, 이로 인해 인체 근골격계에 만성적인 질병을
71 야기하는 누적 외상성 질환(cumulative trauma disorders syndrome)을 유발한다. 이러한 누적 외상성
72 질환은 근육, 인대, 신경 등에서 여러 증상이 나타나며, 특히 수근관 증후군이나 거북목 증후군과 같이 손가락,
73 손목, 목 부위에 심한 통증을 초래하는 것으로 알려져 있다(WHO, 1987). 따라서 장시간의 컴퓨터 사용으로
74 인해 건강상의 문제가 유발될 수 있는 주요 신체 부위인 손과 목에 대한 병리학적인 연구가 필요할 것으로
75 판단된다.

76 현재까지의 선행연구들을 살펴보면, 대부분의 연구들이 컴퓨터게임에 따른 청소년들의 심리적 이상 징후와
77 현상을 분석하는데 국한되어 있으며, 인체 근골격계 질환 유발 가능성에 대한 병리학적인 연구는 제한적으로
78 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 또한 기존 연구에서는 컴퓨터게임 중독에 따른 인체 근골격계의 병리학적인
79 변화에 대한 객관화된 지표를 제시하지 못하고 있기 때문에 청소년들의 컴퓨터게임 노출에 의해 발생할 수
80 있는 문제점에 대한 체계적인 조사와 연구가 필요할 것으로 판단된다.

81 따라서 본 연구의 목적은 컴퓨터게임 노출이 청소년들의 병리학적인 증상 유발에 미치는 영향을 분석하는데
82 있다. 본 연구를 통해 컴퓨터게임 시 발생할 수 있는 청소년의 병리적 이상 징후를 파악하여 이러한 문제점을
83 줄일 수 있는 방법을 모색하고자 한다.

84 85 Method

86 87 1. Participants

88

89 본 연구에서는 컴퓨터게임 노출이 청소년들의 병리학적 증상 유발에 미치는 영향을 알아보기 위해 평소 컴퓨터
90 사용 시간이 1 일 1 시간 이내이며, 주당 3 회 이하인 남자 중학생 10 명을 피험자로 선정하였다. 본 실험에
91 참여한 피험자의 신체적 특성은 연령 15.7 ± 0.7 yrs, 신장 171.7 ± 5.5 cm, 체중 60.0 ± 6.8 kg 이며, 실험에
92 앞서 피험자를 대상으로 실험목적과 방법에 대한 충분한 설명을 실시하였다. 또한 본 연구의 실험방법 및
93 실험절차에 대하여 실험 전 **대학교 생명윤리심의위원회의 심의를 받았으며, 피험자 본인과 피험자의 보호자는
94 심의 결과에 따라 승인된 실험 설명서 및 동의서를 통해 본 연구의 목적과 실험내용을 숙지한 후 실험 참여에
95 동의하였다.

96

97 2. Experimental setup

98

99 2.1. MRI

100 본 연구에서는 컴퓨터게임 실시에 따른 손목 관절의 병리학적 증상 변화를 분석하기 위해 MRI 검사를
101 실시하였다. MRI 검사를 위해 1.5T MRI Scanners 2 대(Magnetom Avanto SQ, Siemens, Germany)를
102 이용하였으며, 작은 굴곡 코일(small size flex coil)을 사용하였다(Figure 1).
103



104 Figure 1. MRI



105 Figure 2. X-ray

106 2.2. X-ray

107 본 연구에서는 경추의 전만 정도를 판단하기 위해 X 선 촬영기기(XGE0 GC80, Samsung Medicine,
108 Korea)를 사용하여 피험자 경추의 측면(lateral view)을 촬영하였다(Figure 2).
109

110

110 3. Data collection

111

112 본 실험에서는 피험자의 손, 손목, 목 부위에 피로를 유발시킬 수 있는 컴퓨터게임(sudden attack)을
113 선정하여 10 명의 피험자를 대상으로 4 시간 동안 컴퓨터게임을 실시하였으며, 컴퓨터게임 실시 전과 실시 후
114 2 차례에 걸쳐 손목에 대한 MRI 검사와 경추에 대한 X-ray 검사를 실시하였다. 손목에 대한 MRI 검사에서는
115 손과 손목 부위에 해당하는 원위부 요골(radius)과 척골두(ulnar head)부터 근위부 지골(proximal
116 phalanges)까지 촬영하였으며, 관상면 T2 gradient 3D 기법(TR 45 msec, TE 25 msec, 0.6 mm slice
117 thickness)을 이용하였다. X-ray 검사는 Cervical X-ray(lateral view) 상태로 측정 하였으며, 비골 근부와
118 후두골 돌출부가 수평선을 이룬 상태에서 선채로 눈을 감고, 경항부, 견부, 상완부의 근육을 최대한 이완시킨
119 상태에서 가능한 편안하고 자연스러운 자세를 취하도록 하였다.

120

121 4. Data analysis

122

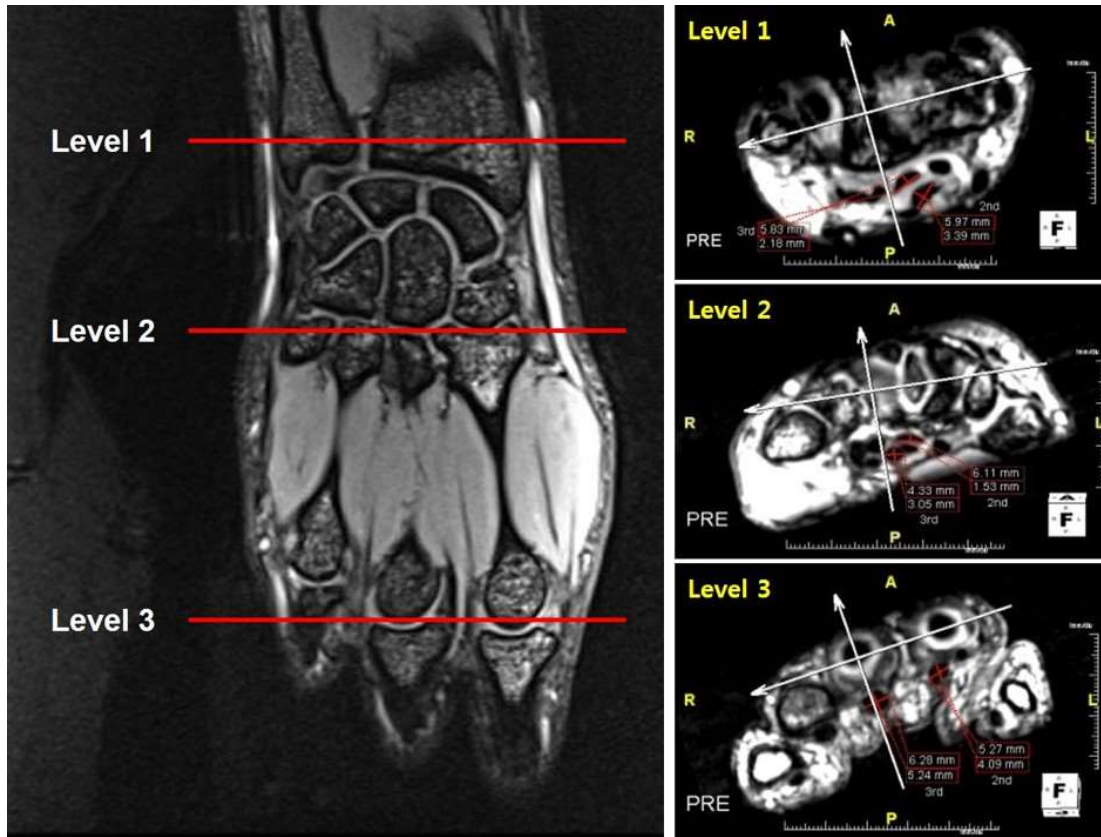


Figure 3. The diameter of the flexor tendons in the index and middle fingers

123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141

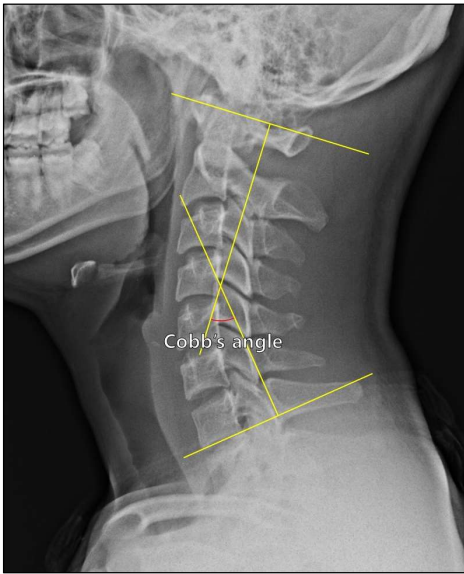
4.1. MRI

본 연구에서는 MRI 검사를 통해 수집된 컴퓨터게임 실시 전과 실시 후의 영상에서 검지 굴건 가로 직경 (horizontal diameter of the flexor tendon in the index finger, HDFTI), 검지 굴건 세로 직경(vertical diameter of the flexor tendon in the index finger, VDFTI), 중지 굴건 가로 직경(horizontal diameter of the flexor tendon in the middle finger, HDFTM), 중지 굴건 세로 직경(vertical diameter of the flexor tendon in the middle finger, VDFTM)을 측정하였다. 굴건의 직경은 thin slice scan을 한 volume data를 TeraRecon(TeraRecon Inc., USA) 소프트웨어를 이용하여 분석하였으며, 축상면(axial scan) 영상을 통해 가로와 세로 두 방향에서 가장 긴 곳의 직경을 각각 측정하였다. 측정 부위는 총 3곳이며, 첫 번째 부위(Level 1)는 척골두(ulnar head), 두 번째 부위(Level 2)는 수근중수관절(carpometacarpal joint), 세 번째 부위(Level 3)는 중수지절관절(metacarpophalangeal joint)로 설정하였다. 또한 각 Level의 관상면, 시상면, 축상면 영상에서 뼈의 기울기를 기준으로 하여 컴퓨터게임 실시 전과 실시 후 동일한 각도와 위치에서 굴건의 직경을 측정하였다(Bonél et al., 2001; Uchiyama et al., 2005; Radack, Schweitzer, & Taras, 1997). 자료 분석 시 2명의 영상의학과 전문의가 참여하였다(Figure 3).

4.2. X-ray

X-ray 검사를 통한 경추의 전만 정도를 측정하기 위해 Cervical X-ray(lateral view)에서 환추(C1)의 전방 결절과 후방 결절 중간을 이은 선의 수직선과 제 7 경추(C7) 추체의 하연과 접하는 선의 수직선이 교차하는 각도(Cobb's angle)를 측정하였다(Figure 4). 이때 C1-C7 이 이루는 각도가 35~45°에 해당될 때를 정상 전만군으로, 35°미만일 때를 전만 감소군으로, 45°를 넘을 때를 과전만군으로 판단하였다(Harrison, Harrison, Troyanovich, & Harmon, 2000).

147



148

149

Figure 4. Cobb's angle

150

151

152

153

5. Statistical analysis

154

155

본 연구에서는 컴퓨터게임 실시 전과 실시 후의 MRI 검사, X-ray 검사에 대한 통계적 유의성을 검증하기 위해 SPSS 23.0 을 이용하여 유의 수준 $p < .05$ 에서 대응표본 t 검정을 실시하였다.

156

157

158

Results

159

160

1. MRI

161

162

컴퓨터게임 실시 전과 후에 대한 손가락 굴건 직경의 변화를 살펴보면, 컴퓨터게임 실시 전에 비해 실시 후 척골두(ulnar head) 부위에 대한 검지와 중지 굴건의 가로 직경이 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 또한 검지와 중지를 제외한 나머지 손가락 굴건 직경에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 컴퓨터게임 실시 후 상대적으로 감소되는 경향을 보였다(Table 1-3).

163

164

165

166

Table 1. The diameter of the flexor tendons at the level 1 (mm)

	pre	post	t-value	p-value
HDFTI	5.62±1.27*	5.00±0.77*	2.354	.043
VDFTI	2.89±1.43	3.03±1.35	-.945	.370
HDFTM	5.23±0.78*	4.70±0.57*	2.517	.033
VDFTM	2.68±1.02	2.65±1.19	.264	.798

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

167

Table 2. The diameter of the flexor tendons at the level 2 (mm)

	pre	post	t-value	p-value
HDFTI	5.16±1.09	4.92±0.90	1.108	.296
VDFTI	1.83±0.29	1.69±0.28	1.744	.115
HDFTM	4.16±0.60	3.91±0.63	1.164	.274
VDFTM	2.95±0.53	2.95±0.50	0.000	1.000

168

Table 3. The diameter of the flexor tendons at the level 3 (mm)

	pre	post	t-value	p-value
HDFTI	5.78±0.68	5.59±0.71	.985	.351
VDFTI	3.73±0.67	3.99±0.57	-1.009	.339
HDFTM	7.11±0.91	6.93±0.36	.574	.580
VDFTM	4.87±0.70	4.84±0.82	.167	.871

169

170

171

172

2. X-ray

173

174

컴퓨터게임 실시 전과 후에 대한 경추의 전만 각도에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 하지만 컴퓨터게임 실시 전에 비해 실시 후 경추의 전만 각도가 상대적으로 감소하였으며, 두 조건 모두 Cobb's angle 이 35°미만인 전만 감소군에 해당하는 것으로 나타났다(Table 4).

175

176

177

Table 4. Cobb's angle (deg)

	pre	post	t-value	p-value
cobb's angle	33.4±9.2	32.7±10.2	.318	.758

178

179

Discussion

180

181

손의 기능을 분석한 Gupta & Mahalanabis(2006)의 연구에서는 쥐는 동작(gripping), 반복적으로 누르는 동작(pushing), 타이핑(typing)과 같이 마우스 사용 시 발생하는 손과 손목 부위의 반복적인 움직임은 수근관 증후군의 발병 원인이 될 수 있다고 보고하였다. 이러한 선행연구를 토대로 본 연구에서는 컴퓨터게임 수행에 따른 수근관의 형태학적 변화를 확인하기 위해 손과 손목 부위에 대한 MRI 검사를 실시하였다.

182

183

184

185

본 연구의 MRI 검사 결과, 컴퓨터게임 실시 전에 비해 실시 후 척골두(ulnar head) 부위에 대한 검지와 중지 굴건의 가로 직경이 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 수근관 증후군 치료를 위해 MRI 검사를 적용한 Lee et al.(2002)의 연구에서 수근관은 수근골과 섬유조직에 의해 이루어지는 매우 좁은 공간으로써, 9 개의 굴곡건과 정중신경이 지나가는 폐쇄된 공간이기 때문에 손목 부위에 대한 반복적인 움직임은 수근관 내 압력을 증가시킨다고 보고하였다. Jang(1998)은 컴퓨터 사용에 따른 손목 관절의 움직임을 분석한 연구에서 마우스 사용 시 주로 손목 관절의 척측굴곡 동작이 나타나며, 이러한 자세는 손목 부위에 정적인 근육 부하를 가중시키기 때문에 반복적인 동작이 지속될 경우 인체의 연골 조직에 만성적인 질병을 야기하는 누적 외상성 질환의 유발 요인으로 작용할 수 있다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서는 컴퓨터게임 시 발생하는 반복적인 마우스 사용으로 인해 손목 부위의 수근관을 지나는 검지와 중지 굴건의 가로 직경이 감소하여 손가락 굴건의 형태학적 변화가 발생한 것으로 나타났지만, 선행연구의 결과와는 상반된 양상을 보였다. 이러한 결과는 정중신경이 수근관에 들어가기 전부터 통과하기까지 그 위치에 따라 정중신경의 압박 정도에서

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196 차이를 보이며, 정중신경이 수근관 내부에서는 압박되지만 수근관에 들어가기 전에는 오히려 부종이
 197 나타난다고 보고한 Guggenberger et al.(2012)과 Monagle et al.(1999)의 연구 결과로 볼 때, 수근관의
 198 시작 부위인 척두골에서는 수근관 내 압력을 증가시켜 정중신경을 압박하는데 영향을 미치는 손가락 굴건의
 199 직경이 일시적으로 감소한 것으로 판단된다. 비록 본 연구의 결과를 통해 손가락 굴건의 수근관 내 압력을
 200 증가시키는데 직접적인 영향을 미친다고 단정할 수는 없지만, 손가락 굴건의 미세한 형태학적인 변화를 통해
 201 병리학적 증상의 유발 가능성이 존재하는 것으로 판단된다.
 202 컴퓨터게임 수행에 따른 경추 전만 각도의 변화를 살펴보기 위한 X-ray 검사 결과, 컴퓨터게임 실시 전과 후에
 203 대한 경추의 전만 각도에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 하지만 청소년들의 경추 전만
 204 정도를 판단하는 Cobb's angle 수치가 컴퓨터게임 실시 전과 실시 후에서 모두 35°미만인 전만 감소군에
 205 해당하는 것으로 나타났다. 경추 전만 정도에 관한 Lim et al.(2015)의 연구에서 경추는 머리의 하중을 바로
 206 아래에서 지지하기 때문에 전만 각도가 소실될 경우 여러 퇴행성 변화들이 촉진될 수 있다고 보고하였다. Cho
 207 et al.(2008)은 거북목 자세와 같이 경추의 전만 각도가 감소된 상태로 장시간 컴퓨터를 사용할 경우 경추를
 208 지지하는 목과 등 주위 근육들의 불균형 및 과도한 긴장으로 인해 근육 경직, 피로 누적, 통증 유발 등의 증상이
 209 나타날 수 있다고 보고하였다. 선행연구의 결과와 같이 청소년들의 경추 전만 각도가 정상 범위를 벗어날 경우
 210 인체 근골격계에 부정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 하지만 본 연구의 결과에서 청소년들의 경추 전만
 211 각도는 컴퓨터게임 실시 전과 실시 후 조건에서 큰 차이가 나타나지 않았기 때문에, 컴퓨터게임 수행에 따른
 212 경추 전만 각도의 변화를 판단하기에는 어려움이 있는 것으로 사료된다. 이러한 이유에서 청소년들의 경추
 213 전만 정도가 전만 감소군으로 나타난 본 연구의 결과는 평소 일상 생활에서 컴퓨터를 비롯한 각종
 214 디지털기기의 장시간 사용으로 인해 경추 전만 각도가 감소된 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서는 컴퓨터
 215 사용 시간이 제한된 남자 중학생을 피험자로 선정하는 과정상의 어려움으로 인해 피험자의 경추 전만에 대한
 216 개인차를 고려하지 못하였으며, 추후 연구에서는 경추 전만 각도가 유사한 정상인 피험자를 대상으로 한
 217 분석이 필요할 것으로 판단된다.

218
 219 **Conclusion**

220
 221 본 연구에서는 컴퓨터게임 실시 전과 실시 후에 대한 청소년들의 병리학적 증상 변화를 비교 분석하기 위해
 222 손과 손목 부위에 대한 MRI 검사 및 목 부위에 대한 X-ray 검사를 실시하였다. 그 결과, 컴퓨터게임 노출이
 223 손가락 굴건의 형태학적 변화에 직·간접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 컴퓨터게임을 장시간
 224 지속할 경우 인체 근골격계의 정상적인 기능 발휘에 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 병리학적 증상 유발
 225 가능성이 존재함을 확인하였다. 하지만 본 연구를 통해 나타난 결과만으로 청소년들의 컴퓨터게임 노출에
 226 따른 병리학적 증상 유발의 원인을 단정할 수 없기 때문에 이에 대한 후속 연구가 이루어져야 할 것으로
 227 판단된다. 따라서 추후 연구에서는 컴퓨터게임 노출에 따른 병리학적 증상의 변화 추이를 확인하고 증상 유발
 228 원인을 규명하기 위해 인체 근골격계 전반에 대한 장기적인 종단 연구가 필요할 것으로 사료된다.

229
 230 **Reference**

231
 232 Armstrong, T. J. (1986). Ergonomics and cumulative trauma disorders. *Hand clinics*, 2(3), 553-565.
 233 Boné, H. M., Heuck, A., Frei, K. A., Hermann, K., Scheidler, J., Srivastav, S., & Reiser, M. (2001). Carpal tunnel syndrome: assessment
 234 by turbo spin echo, spin echo, and magnetization transfer imaging applied in a low-field MR system. *Journal of computer*
 235 *assisted tomography*, 25(1), 137-145.
 236 Cho, W. H., Lee, W. Y., & Choi, H. K. (2008). *An investigation on the biomechanical effects of turtle neck syndrome through EMG*
 237 *Analysis*. Proceedings of the 2008 conference of korean society for precision engineering, 195-196.
 238 Gerr, F., Monteilh, C. P., & Marcus, M. (2006). Keyboard use and musculoskeletal outcomes among computer users. *Journal of*
 239 *occupational rehabilitation*, 16(3), 265-277.

240 Guggenberger, R., Markovic, D., Eppenberger, P., Chhabra, A., Schiller, A., Nanz, D., Prussmann, K., & Andreisek, G. (2012).
241 Assessment of median nerve with MR neurography by using diffusion-tensor imaging: normative and pathologic diffusion
242 values. *Radiology*, 265(1), 194-203.

243 Gupta, A. D., & Mahalanabis, D. (2006). Study of hand function in a group of shoe factory workers engaged in repetitive work. *Journal*
244 *of occupational rehabilitation*, 16(4), 675-684.

245 Han, S. A., & Lee, H. M. (2006). Concern with online game addiction and juvenile delinquency. *Korea association of criminal psychology*,
246 2(1), 229-244.

247 Harrison, D. E., Harrison, D. D., Troyanovich, S. J., & Harmon, S. (2000). A normal spinal position: it's time to accept the evidence. *Journal*
248 *of manipulative & physiological therapeutics*, 23(9), 623-644.

249 Hong, M. J. (2002). *Computer-related working environments and musculoskeletal symptoms in the white collar workers*. Unpublished
250 Master's Thesis. Graduate School of Yonsei University.

251 Jang, M. Y. (1998). *The effect of computer mouse position and forearm support on muscular load*. Unpublished Master's Thesis.
252 Graduate School of Yonsei University.

253 Kim, D. S., & Chae, W. S. (2012). Biomechanical analysis of a smartphone task with different postures. *Korean journal of sport*
254 *biomechanics*, 22(2), 253-259.

255 Kim, J. S. (2012). *A Study on the Design Development of Ergonomical Mouse*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of
256 Kookmin University.

257 Kim, Y. R. (2011). *fMRI Study of Disembodiment in Internet Overuse Adolescents*. Unpublished Doctor's Dissertation. Graduate School
258 of Chungbuk National University.

259 Lee, H. C., & Ahn, C. Y. (2002). Development of the internet game addiction diagnostic scale. *Korean journal of health psychology*, 7(2),
260 211-239.

261 Lee, J. M., & Sim, J. W. (2010). Effects of computer game addiction in children. *The korean society for computer game*, 23(2), 237-245.

262 Lee, K. Y., Lee, Y. J., Kim, S. H., Song, H. G., & Kim, J. (2002). MR imaging of carpal tunnel syndrome: The usefulness of MRI in treatment
263 decisions. *Journal of the korean society for clinical neurophysiology*, 4(2), 114-118.

264 Lim, J. S., Yoon, K. H., Lee, S., Cho, Y. E., Park, J. M., Lee, S. H., & Kim, Y. S. (2015). An analysis of the state of cervical disc herniation
265 according to cervical lordosis and age. *The acupuncture*, 32(3), 107-115.

266 Louis, D. S. (1987). Cumulative trauma disorders. *The journal of hand surgery*, 12(5), 823-825.

267 Monagle, K., Dai, G., Chu, A., Burnham, R. S., & Snyder, R. E. (1999). Quantitative MR imaging of carpal tunnel syndrome. *American*
268 *journal of roentgenology*, 172(6), 1581-1586.

269 Moon, H. H., Jung, S. Y., Park, S. S., Kim, B. K., & Park, Y. J. (2014). The effect of corrective exercise on Cobb's angle, static and dynamic
270 foot pressure of patients with kyphosis. *Korean journal of sport biomechanics*, 24(2), 103-109.

271 Park, Y. S., Woo, B. H., Kim, J. M., & Lim, Y. T. (2012). Development of Wearing of Musculo-Skeletal Functional Garment for
272 Adolescents' Idiopathic Scoliosis. *Korean journal of sport biomechanics*, 22(3), 365-371.

273 Radack, D. M., Schweitzer, M. E., & Taras, J. (1997). Carpal tunnel syndrome: are the MR findings a result of population selection bias?.
274 *American journal of roentgenology*, 169(6), 1649-1653.

275 Shim, H. T. (2001). *A study on the effectiveness of wristbands for mouse user*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Hongik
276 University.

277 Uchiyama, S., Itsubo, T., Yasutomi, T., Nakagawa, H., Kamimura, M., & Kato, H. (2005). Quantitative MRI of the wrist and nerve
278 conduction studies in patients with idiopathic carpal tunnel syndrome. *Journal of neurology, neurosurgery & psychiatry*, 76(8),
279 1103-1108.

280 Voluse, A., Körkel, J., & Sobell, L. C. (2007). *Self-change toolbox: Tools, tips, websites, and other informational resources for assessing*
281 *and promoting self-change*. Promoting self-change from addictive behaviors: Practical implications for policy, prevention,
282 and treatment, 239-255.

283 World Health Organization. (1987). Visual display terminals and workers' health.