

게임기반의 시각 피드백 훈련이 자세균형 조절에 미치는 영향

Effects of Game-based Visual Feedback Training on Postural Balance Control

이정원*, 유미**, 정구영***, 이낙범****, 권대규*****
전북대학교 헬스케어공학과*, (사)전북대학교자동차부품·금형기술혁신센터**,
전북대학교 헬스케어기술개발사업단***, 전북대학교 산학협력단 기술사업화센터****,
전북대학교 바이오메디컬공학부*****

Jeong-Won Yi(ljw2@jbnu.ac.kr)*, Mi Yu(yumi@camtic.or.kr)**,
Gu-Young Jeong(jung902@jbnu.ac.kr)***, Nak-Bum Lee(biomecca@jbnu.ac.kr)****,
Tae-Kyu Kwon(kwon10@jbnu.ac.kr)*****

요약

본 연구에서는 자세균형 훈련 효과를 향상시킬 수 있는 게임 콘텐츠를 적용한 시각 피드백 자세균형 훈련 프로그램을 이용하여 정상 20대 성인을 대상으로 자세균형 조절 능력의 향상에 관한 유효성을 검증하고자 한다. 힘판 기반 자세균형 훈련 장치를 이용하여 23명의 피험자들이 일주일에 3일, 하루에 15분씩 4주간의 자세균형 훈련을 받았다. 게임기반의 시각 피드백 자세균형 훈련에 대한 평가는 Balance SD(Biodex, medicalscience Inc., USA)의 자세 균형 평가를 통하여 자세안정성과 자세한계성을 분석하였으며, 실험자의 자세균형 능력의 증진을 통한 유효성을 검증하였다. 그 결과 자세안정성과 자세한계성 모두 훈련 전후로 유의한 차이가 있었음을 확인하였다($p<0.05$). 이번 연구 결과는 게임기반의 시각 피드백 자세균형 훈련이 자세균형 능력 향상을 위한 운동에 적용될 수 있음을 의미하며, 향후 다양한 자세균형 훈련의 프로그램 종류, 강도 및 각 질환별 최적 콘텐츠 개발에 대한 정량적인 데이터 수집 및 분석연구가 필요하다.

■ **중심어** : | 시각 피드백 균형 훈련 | 게임 콘텐츠 | 자세 균형 조절 | 자세한계성 |

Abstract

In this study, we analyzed the effects of game-based visual feedback training on postural balance control in young adults. We provided postural balance training for four weeks in fifth minute a day and three days a week using training system of postural balance based forceplate. We evaluated the ability of postural balance using balance SD(Biodex, medicalscience Inc., USA) for the validation of game contents based visual feedback training program. The results showed that postural stability and limits of stability were improved significantly before and after the training($p<0.05$). Our study indicates that postural balance training of visual feedback based game could be adapted for improving postural balance. Also, for application of this game-based visual feedback training in older adults, we could develop of various game contents for disease types and conduct quantitative analysis and data collection of postural balance in the aged.

■ **keyword** : | Visual Feedback Training | Game Contents | Postural Balance Control | Limits of Stability |

I. 서론

자세균형(postural balance)은 전정기관, 시각, 고유수용감각의 감각 기관과 중추 신경계의 연합 작용에 의해 일어난다[1][2]. 자세균형 조절 관련 신체의 위치에 대한 지각정보를 담당하는 감각기관은 시각계, 체성감각계, 전정계이다. 시각계는 평형성을 유지하기 위해 가장 많은 정보를 받아들이는 기관이고, 전정계는 공간 지각력을 감지하는 곳이다. 체성감각계는 근육에 있는 고유수용기를 통해 근 길이와 장력을 감지하여 이에 관한 정보를 중추신경계로 전달하는 최전선의 감각 수용기이다[3][4]. 이 세 감각들을 이용한 자세균형 훈련의 다양한 방법에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[5][6].

시각 피드백 자세균형 훈련(balance training based visual feedback)은 자세균형 조절을 향상시키기 위해 널리 사용되고 있는 방법이다. 사용자가 신체 압력 중심(center of pressure)을 측정할 수 있는 플랫폼 위에서 압력 중심을 이동시키면, 이에 관한 정보가 디스플레이 장치를 통해 실시간 제시되고 사용자는 시각 피드백을 통해 자세균형 훈련을 수행한다. 시각 피드백 훈련은 훈련 중에 사용자가 자신의 자세균형 조절에 대해 실시간으로 평가할 수 있는 장점이 있으며, 과도한 운동을 사전에 예방하는 등의 효과가 있다[7]. 이러한 시각 피드백 훈련은 뇌졸중 환자의 자세균형 증진을 위한 훈련 방법에 효과적이라고 알려져 있다[8][9].

현재 국내의 시각 피드백 훈련시스템 대부분은 게임 기반이 아닌 평가 기반의 단순화된 2차원적인 시각 정보 제공에 따른 자세균형 훈련이나 동일한 움직임에 대한 평가만을 제공하지만 본 연구에서 제안하는 게임 기반 시각 피드백 자세균형 훈련은 게임을 통해 사용자의 흥미를 유발시키고 치료의 참여도와 집중력을 높여 운동 적응 능력을 향상시키는 효과를 유도 가능하며 효과적인 자세균형능력 증진이 가능하다[10]. 또한 편마비 환자의 균형과 보행 및 적응능력 개선에 효과적이라는 연구도 있다[11]. 이처럼 게임기반의 시각 피드백 자세균형 훈련은 치료의 참여도와 집중력을 높여 운동 적응 능력을 향상시키는 효과가 있지만, 훈련의 콘텐츠와 방법이 명확하지 않고 다양한 연구가 필요한 실정이며

[12], 효과적인 자세균형 훈련 콘텐츠 개발에 관한 연구가 미비하다.

본 연구에서는 자세균형 훈련 효과를 향상시킬 수 있는 게임 콘텐츠를 개발하고 이를 적용한 시각 피드백 훈련 프로그램을 이용하여 정상 20대 성인을 대상으로 자세균형 조절 능력의 향상에 관한 유효성을 검증하고자 한다.

II. 실험방법

1. 연구절차

본 연구에서는 20대 성인 23명(남: 12명, 여: 11명, 평균 연령: 22.5±1.2세, 키: 167.7±3.9cm, 평균 몸무게: 59.5±4.6kg)을 대상으로 자세균형 훈련을 실시하였다. 이들은 자세균형과 관련한 신경학적 질병 및 전정기관의 이상이 없으며, 정상적인 기능을 가지고 있다. 또한 이들 모두는 이전에 본 연구와 유사한 실험에 참가한 경험이 없으며 실험 전 실험 목적을 제외한 실험 절차에 대해 충분히 설명을 들은 후 실험에 참가하였다.

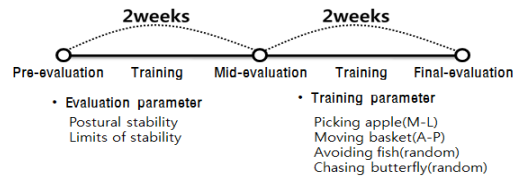


그림 1. 게임기반의 콘텐츠를 이용한 시각 피드백 자세균형 훈련과 평가 일정

[그림 1]은 게임기반의 콘텐츠를 이용한 실험 피드백 자세균형 훈련과 평가 일정을 나타내고 있다. 자세균형 훈련 전 자세 안정성 평가와 자세 한계성 평가를 진행하며 자세균형 훈련은 주 3회로, 4주간 총 12회, 15분 동안 실시하였으며, 좌우(M-L, medial-lateral) 방향 훈련인 사과 받기 2회, 전후(A-P, anterior-posterior) 방향 훈련인 바구니 움직이기 2회, 램덤 방향(random direction) 훈련인 물고기 피하기와 나비 따라가기 콘텐츠에서 각 1회씩 실시하였다. 자세균형 훈련 평가는 자세 안정성과 자세 한계성 평가로 이루어지며, 훈련 시

작 전(pre-evaluation), 훈련 2주 후 중간 (mid-evaluation), 훈련이 종료된 후 최종(final-evaluation) 평가로 나누어 실시하였다.

2. 자세균형 훈련 방법

자세균형 훈련을 위하여 힘판(forceplate) 기반의 자세균형 훈련 시스템(IBalance, Cybermedic Co., Korea)을 사용하였다[그림 2]. 이 시스템은 4개의 로드셀(load cell)이 장착된 힘판을 이용하여 신체 동요에 따른 압력 중심(center of pressure, COP)의 변화를 측정하는 방식으로 자세균형 정보를 분석할 수 있다. 사용자는 힘판 위에 올라가 LCD 모니터를 통해 실시간으로 모니터링이 가능하며, 측면에는 사용 도중 미연의 사고를 방지하기 위한 안전바가 설치되어 있다.

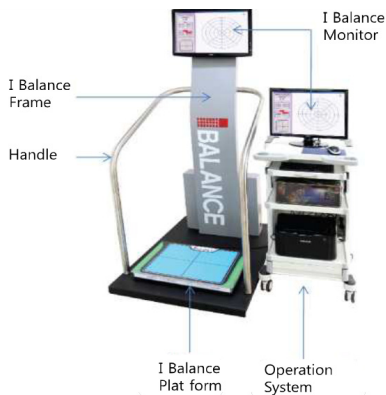


그림 2. 자세균형 훈련을 위한 IBalance 시스템

시각 피드백 자세균형 훈련을 위한 게임 콘텐츠는 [그림 3]와 같다. [그림 3-a]는 좌우 운동을 유도하기 위한 콘텐츠이다. 체중심을 좌우 방향으로 이동시키는 방식으로 바구니를 움직여서 사과를 수확하는 게임이다. [그림 4-a], [그림 4-b]와 같이 양손을 모으고 허리를 편 상태에서 정면 모니터를 응시한다. 발판의 좌우 움직임은 그대로 바구니의 좌우 움직임이 된다. 사용자는 힘판에서 좌우 움직임을 통해 좌우 방향의 고유 수용 감각기관의 기능을 향상시키기 되고, 하지의 근력과 평형성 기능을 증가시킬 수 있다. [그림 3-b]는 전후 운동 훈련을 위한 콘텐츠이며, 체중심을 전후 방향으로 이동

시키는 방식으로 바구니를 움직여서 강물을 따라 흐르는 과일들을 건져내는 게임이다. 같은 방식으로 사용자의 움직임은 바구니의 움직임이 된다. [그림 3-c], [그림 3-d]는 전, 후, 좌, 우 방향을 무작위로 제공하는 운동이며 [그림 3-c]는 사용자가 물고기의 먹이가 되어 공격하는 물고기를 피하는 게임이다.



그림 3. 시각 피드백 자세균형 훈련을 위한 콘텐츠



그림 4. 자세균형 훈련 모습

따라서 사용자 발판의 움직임은 물고기 먹이의 움직임이며, [그림 3-d]의 경우 손을 이용하여 도망가는 나비를 따라잡는 게임, 즉 사용자의 움직임은 손의 움직임이 된다.

3. 자세균형 훈련 평가

본 연구에서는 자세균형 훈련에 대한 평가를 위해 Balance System SD (Biodex Medical Systems, Inc., USA)를 사용하였다[그림 5-a]. 평가 프로그램은 [그림 5-b], [그림 5-c]에서처럼 자세 안정성(postural stability testing; PST)과 자세 한계성(limits of stability testing; LST)를 평가하였다. 대상자는 장비 위에 올라가 양 발을 편안하게 벌리고 양손을 모은 자세에서 측정하였다.



그림 5. 자세균형 훈련 평가

자세 안정성은 지지면에서 안정성 한계안에 중력중심점을 유지하는 것이다[13][14]. 따라서 안정성 평가는 중력중심(COG, center of gravity)을 유지하기 위한 대상자의 능력을 강조한다. 따라서 평가하는 동안 대상자의 COG는 [그림 5-b]에 있는 과녁 중심으로 체중심을 유지하도록 노력해야 한다.

자세한계성 범위는 인간이 전후좌우 영역으로 낙상 없이 최대 기울일 수 있는 각도를 의미하며, 전후 방향으로 12.5°이며, 좌우 방향으로 16°이다[15]. 따라서 평가는 [그림 5-c]에서처럼 중앙 (center, C)에서 8가지의 목표 방향(anterior, A; posterior, P; right, R; left, L; anterior right, AR; anterior left, AL; posterior right, PR; posterior left, PL)으로 대상자의 체중을 움직여서 COG를 이동시킨다. 피험자가 낙상 없이 최대 기울일

수 있는 목표 방향으로의 각도 설정은 A 방향으로 8°, P방향 4°, 좌우방향 16°로 설정하였다[16].

4. 분석 방법

이 연구에서는 SPSS 19.0(SPSS Inc., USA) 프로그램을 사용하여 반복측정 분산분석을 이용한 GLM(General Linear Model) 방법과 Wilcoxon signed rank test를 통한 비모수 검정을 실시하여 훈련 기간별 자세균형 향상도의 변화 차이를 분석하였다. 통계학적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

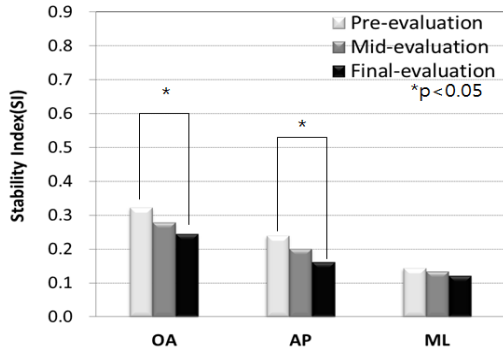
III. 결과

1. 자세 안정성 평가

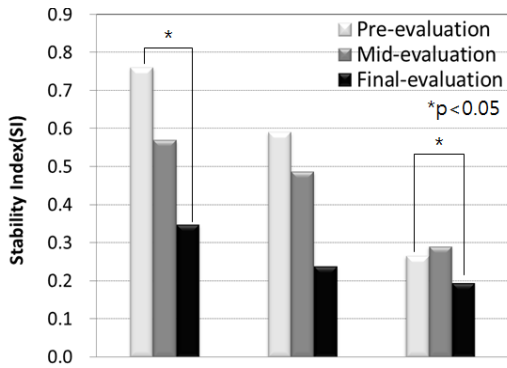
[그림 6]는 Balance System SD를 이용한 자세 안정성 평가 결과로 체중심 이동 정도를 반영하는 지표인 SI(Stability Index)를 사용하였다. SI의 높은 점수는 자세 안정성을 유지하지 못하고 있는 것을 의미하며, 낮은 점수는 피험자가 자세균형 조절을 잘 수행하여 자세 안정성을 확보하고 있는 것을 반영한다. OA(Overall)는 체중심이 동요된 모든 방향에서 SI 값을 나타내며, AP(anterior/posterior)는 전후 방향에서, ML(medial/lateral)은 좌우 방향에서 SI 값을 나타내며, 이를 통해 전후, 좌우, 전체 방향에서의 자세 안정성을 해석할 수 있다.

[그림 6-a]는 눈을 뜨고 있는 조건(eyes open, EO)에서 자세 안정성 결과이며, [그림 6-b]는 눈을 감은 조건(Eyes closed, EC)에서의 자세 안정성 평가 결과이다. EO 조건에서 OA 방향의 SI가 0.3217에서 훈련 후 0.2434로 감소(F-value=4.455, $p=0.017$), AP 방향은 0.2391에서 0.1608로 감소(F-value=6.048, $p=0.005$), ML 방향은 0.1434에서 0.1217로 감소(F-value=0.452, $p=0.639$)되었다. EC 조건에서는 OA 방향의 SI는 0.7608에서 훈련 후 0.5173으로 감소(F-value=8.525, $p=0.001$), AP 방향은 0.5695에서 0.4173으로 감소(F-value=2.977, $p=0.061$), ML 방향은 0.3478에서 0.1782로 감소(F-value=6.712, $p=0.001$)되었다. GLM의 통계분석 결과 EO일 때와 EC일 때 훈련 전·후 OA방향

의 SI는 모두 통계적으로 유의한 변화를 보였다 ($p < 0.05$). 그러나 EO상태의 ML방향과 EC상태의 AP방향의 SI는 평균적으로 감소하였으나 통계적으로 유의한 변화를 확인하지 못했다.



(a) EO 조건에서 자세안정성 평가



(b) EC 조건에서 자세안정성 평가

그림 6. 게임기반의 시각 피드백 자세균형 훈련에 따른 자세 안정성 평가

게임기반의 콘텐츠를 이용한 시각 피드백 자세균형 훈련의 적정 기간을 분석하기 위해 훈련 전·후를 비교하는 비모수 검정 Wilcoxon signed rank test로 통계분석 기법을 이용하였다. [표 1]에서는 훈련 전과 중간 평가를 비교하였으며, EO 상태에서는 모두 평균적으로 감소하였지만 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다. EC 상태에서는 모두 평균적으로 감소되었으며, AP 방향을 제외한 OA 방향과 ML 방향의 자세 안정성은 통계적으로 유의한 변화를 보였다($p < 0.05$). [표 2]는 훈련 전과 최종 평가를 통계적으로 비교한 결과이다. EO

상태와 EC 상태 모두 평균적으로 감소되었고 EO 상태에서는 ML 방향을 제외한 OA 방향과 AP 방향의 자세 안정성은 통계적으로 유의한 변화를 보였으며, EC 상태에서는 AP 방향을 제외한 OA 방향과 ML 방향의 자세 안정성은 통계적으로 유의한 변화를 보였다($p < 0.05$).

표 1. 훈련 전 평가와 중간 평가의 자세 안정성 평가 분석

		Mean	SD	Wilcoxon	p
OA	Pre-evaluation	0.3217	0.12416	-1.327	0.185
	Mid-evaluation	0.2782	0.0797		
EO AP	Pre-evaluation	0.2391	0.10331	-1.812	0.070
	Mid-evaluation	0.2000	0.0797		
ML	Pre-evaluation	0.1434	0.0992	-0.139	0.889
	Mid-evaluation	0.1347	0.0831		
EC OA	Pre-evaluation	0.7608	0.2589	-2.207	0.027
	Mid-evaluation	0.5913	0.2130		
EC AP	Pre-evaluation	0.5695	0.1033	-0.707	0.479
	Mid-evaluation	0.4869	0.1765		
ML	Pre-evaluation	0.3478	0.0992	-1.980	0.048
	Mid-evaluation	0.2391	0.1233		

표 2. 훈련 전 평가와 최종 평가의 자세 안정성 평가 분석

		Mean	SD	Wilcoxon	p
OA	Pre-evaluation	0.3217	0.1241	-2.524	0.012
	Final-evaluation	0.2434	0.0895		
EO AP	Pre-evaluation	0.2391	0.1033	-2.747	0.006
	Final-evaluation	0.1608	0.0722		
ML	Pre-evaluation	0.1434	0.0992	-0.994	0.320
	Final-evaluation	0.1217	0.0850		
EC OA	Pre-evaluation	0.7608	0.2589	-3.051	0.002
	Final-evaluation	0.5173	0.1722		
EC AP	Pre-evaluation	0.5695	0.1033	-1.978	0.48
	Final-evaluation	0.4173	0.1898		
ML	Pre-evaluation	0.3478	0.0992	-3.204	0.001
	Final-evaluation	0.1782	0.0850		

2. 자세 한계성 평가

[그림 7]은 Balance System SD를 이용한 자세 한계성 평가 결과로 방향별 체중심 조절 정도를 반영하는 지표인 Direction Control Score(%)을 사용하였다. Direction Control Score의 높은 점수는 방향에 따른 체중심 조절을 잘 수행되는 것을 의미하며, 낮은 점수는 방향에 따른 한계성을 유지하지 못하고 있는 것을 의미한다. 시간에 따른 훈련 전, 중간과 최종 평가의 자세 한계성 평가 결과이다. OA 방향에서는 훈련 전 53.2%에서 훈련 후 75.2%로 증가(F -value=34.110, $p=0.000$)하였다. A 방향과 P 방향은 각각 59.6%에서 79.0%,

54.3%에서 78.7%로 증가(F-value=7.283, p=0.002; F-value=9.827, p=0.000)하였으며, R 방향과 L 방향은 69.1%에서 83.7%로, 68.0%에서 84.8%로 증가(F-value=6.321, p=0.004; F-value=5.558, p=0.007)되었다. AR 방향과 AL 방향은 56.4%에서 78.9%로, 57.0%에서 76.0%로 증가(F-value=18.952, p=0.046; F-value=7.757, p=0.001)하였고, PR 방향과 PL 방향은 각각 50.8%에서 69.8%로, 47.2%에서 72.2%로 증가(F-value=13.201, p=0.000; F-value=13.971, p=0.000)되었다. GLM의 통계분석 결과 OA, A, P, R, L, AR, AL, PR, PL 방향 모두 통계적으로 유의한 변화를 보였다.(P<0.05).

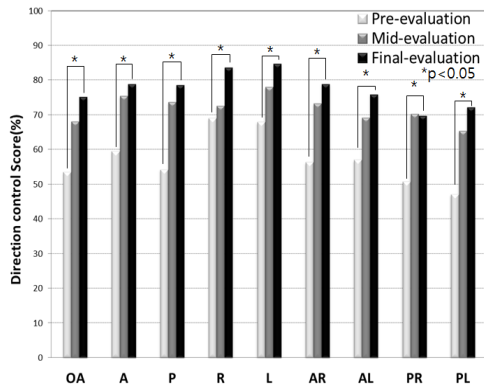


그림 7. 체중심 동요 방향에 따른 자세 한계성 평가

표 3. 훈련 전과 중간 평가의 자세 한계성 평가 분석 결과

Direction	Mean	SD	Wilcoxon	p
OA	53.1739	11.8154	-3.499	0.000
OA	75.3043	9.0223		
A	59.5652	22.1664	-2.343	0.019
A	75.4348	20.2211		
P	54.2609	19.5058	-3.058	0.002
P	73.6957	17.4602		
R	69.1304	17.9982	-0.844	0.399
R	72.6087	19.7524		
L	67.9565	18.7119	-1.688	0.091
L	78.0435	17.4693		
AR	56.3913	16.8381	-2.616	0.009
AR	73.3043	17.4002		
AL	57.0435	19.1773	-2.221	0.026
AL	69.2174	17.4693		
PR	50.7826	17.9746	-3.393	0.001
PR	70.2609	13.4915		
PL	47.1739	18.6904	-3.012	0.003
PL	65.4348	15.6054		

표 4. 훈련 전과 최종 평가의 자세 한계성 평가 분석 결과

Direction	Mean	SD	Wilcoxon	p
OA	53.1739	11.8154	-4.1698	0.000
OA	75.1739	9.16839		
A	59.5652	22.1664	-2.996	0.003
A	78.9565	15.7089		
P	54.2609	19.5058	-3.042	0.002
P	78.6522	22.1987		
R	69.1304	17.9982	-2.860	0.004
R	83.6957	10.6619		
L	67.9565	18.7119	-2.798	0.005
L	84.7391	13.6689		
AR	56.3913	16.8381	-4.092	0.000
AR	78.8696	13.1125		
AL	57.0435	19.1773	-3.133	0.002
AL	75.9565	16.3748		
PR	50.7826	17.9746	-3.209	0.001
PR	69.8261	17.4425		
PL	47.1739	18.6904	-3.286	0.001
PL	72.2174	16.8144		

게임기반의 콘텐츠를 이용한 시각 피드백 자세균형 훈련의 적정 기간을 분석하기 위해 훈련 전·후를 비교하는 비모수 검정 Wilcoxon signed rank test로 통계분석 기법을 이용하였다. [표 3]에서는 훈련 전 과 중간 평가를 비교하였으며 모든 방향에서 평균적으로 증가하였고, R 방향과 L 방향을 제외한 모든 방향에서 통계적으로 유의한 변화를 보였다(p<0.05). [표 4]는 훈련 전 과 최종 평가를 통계적으로 비교한 결과이다. 모든 방향에서 평균적으로 증가하였으며, 통계적으로 유의한 변화를 보였다(p<0.05).

IV. 고찰

최근 게임 시각 피드백의 콘텐츠를 이용하여 사용자의 흥미를 유발시키는 자세균형 훈련 기법에 대한 연구가 많이 논의되고 있지만 훈련의 방법이 명확하지 않으며 다양한 연구가 필요한 실정이다[17]. 국내의 효과적인 자세균형 훈련 콘텐츠 개발에 관한 연구를 위해 본 연구에서는 게임 콘텐츠를 개발하고 이를 적용한 시각 피드백 자세균형 훈련 프로그램을 이용하여 정상 20대 성인을 대상으로 실험하였다.

게임기반의 시각 피드백 프로그램을 통하여 4주 동안 자세균형 훈련을 실시한 결과 20대 성인 모두 자세균형 능력이 증가함을 보였다. 자세 안정성 평가 결과는

GLM의 통계분석을 통해 세 번에 걸쳐 실시된 자세균형 평가 결과인 SI를 분석하였다. EO일 때와 EC일 때 훈련 전·후 OA 방향의 SI는 모두 통계적으로 유의한 감소를 보였다($p < 0.05$). EO 상태의 ML 방향과 EC 상태의 AP 방향의 SI는 통계적으로 유의한 변화를 확인하지 못했지만, 감소하는 경향을 보였다. 이는 방향에 따라 보다 효과적인 훈련 콘텐츠의 개발이 필요할 것으로 사료된다. 자세 한계성 평가 지표는 방향 제어에 따른 자세 한계성 지수로 8개의 목표점까지 체중심을 이동시켜 움직인 실제 이동거리와 최단 거리의 비율이다. 높은 점수는 방향 제어에 따른 자세 이동거리가 최단거리와 가까워짐을 나타낸다. GLM의 통계분석을 통해 훈련 전, 중간과 최종 평가 전체를 분석하였다. 훈련 전·후의 모든 방향 Direction Control Score가 증가되었으며, 모두 통계적으로 유의한 변화를 보였다($p < 0.05$).

훈련기간에 따른 자세균형 훈련 효과를 분석하기 위해 비모수 검정 Wilcoxon signed rank test를 통해 훈련 전과 중간 평가 결과와 훈련 전과 최종 평가 결과를 비교하였다. 자세안정성 평가에서 훈련 전과 중간 평가의 비교 결과 EO 상태에서는 OA 방향의 SI가 평균적으로 감소하였지만 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않음을 확인할 수 있었다. 하지만 훈련 전과 최종 평가의 SI를 통해 통계적으로 유의한 변화를 보였다($p < 0.05$). 또한 자세한계성 평가에서 훈련 전과 중간 평가의 비교결과 모든 방향의 Direction Control Score가 평균적으로 증가하였다. 또한 통계적으로 R방향과 L방향을 제외한 모든 방향에서 유의한 변화를 확인할 수 있었다. 하지만 훈련 전과 최종 평가의 Direction Control Score를 통해 모든 방향에서 통계적으로 유의한 변화를 보였다($p < 0.05$). 이는 방향 제어에 따른 자세 한계성 향상을 위해 적어도 4주 이상의 훈련을 받아야 함을 확인할 수 있다.

이선우 등은 노인 대상으로 게임기반의 시각 피드백 균형 훈련을 통하여 자세 균형 능력 향상에 효과가 있음을 유의적으로 확인하였으며 본 연구의 결과와 유사하게 나타났다[18][19]. 또한 뇌졸중 환자와 척추손상 환자의 자세 균형 능력 향상을 보여준 연구도 유사한 결과를 나타냈다[20-24]. 따라서 게임을 이용한 시각

피드백 훈련은 정상 성인은 물론, 자세 균형이 저하된 노인, 척추 질환 환자나 뇌졸중, 편마비 환자의 자세균형 훈련에 효과적인 게임 콘텐츠 프로그램으로 사용 가능할 것이다.

이 연구의 제한점은 대상자가 20대 정상 성인으로만 설정되어 있어 노인층에서 나타날 수 있는 다양한 질환 적용에 결과를 반영하기는 힘들 것이다. 따라서 향후 이와 같은 점들을 보완하여 다양한 연령대 실험과 자세균형 훈련의 프로그램 종류, 강도 및 각 질환별 최적 콘텐츠 개발에 대한 정량적인 데이터 수집 및 연구가 필요하다.

V. 결론

본 연구에서 자세균형 훈련 효과를 향상시킬 수 있는 게임 콘텐츠를 개발하고 이를 적용한 시각 피드백 훈련 프로그램을 이용하여 정상 20대 성인을 대상으로 실험을 하였다. 그 결과 자세 균형 능력에서 유의한 향상을 보였다($p < 0.05$). 이는 게임을 이용한 시각 피드백 훈련은 정상성인은 물론, 향 후 자세 균형이 저하된 노인, 척추 질환 환자나 뇌졸중, 편마비 환자의 자세균형에 효과적인 게임 콘텐츠 프로그램으로 사용가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] M. de Haart, A. C. Geurts, S. C. Huidekoper, L. Fasotti, and J. van Limbeek, "Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study," Arch Phys Med Rehabil, Vol.85, No.6, pp.886-95, 2004.
- [2] R. R. Holt, D. Simpson, J. R. Jenner, S. G. Kirker, and A. M. Wing, "Ground reaction force after a sideways push as a measure of balance in recovery from stroke," Clin Rehabil, Vol.14, No.1, pp.88-95, 2000.
- [3] A. Shumway-Cook and F. Horack, Balance rehabilitation in the neurologic patient : course

- syllabus, Seattle: NERA, 1992.
- [4] M. H. Woollacott, A. Shumway-cook and L. M. Nashner, "Postural responses and aging: Changes in the contributions of somatosensory, visual and vestibular input to balance control," Behavioural Brain Reseach, Vol.8, No.2, pp.286-287, 1983.
- [5] A. Shumway- Cook, M. H. Woollacott, Motor control: translating research into clinical practice, 3rdEdition, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- [6] 이은혁, 민경옥, 이강성, "슬관절 움직임 제한 보 조기를 이용한 슬관절 과신전 제한이 편마비 환 자의 균형과 보행에 미치는 영향", 한국콘텐츠학 회 논문지, 제10권, 제3호, pp.258-265, 2010.
- [7] S. W. Lee, K. J. Lee, and C. H. Song, "Effects of visual feedback-based balance training on balance in elderly fallers," J. of Muscle Joint Health, Vol.18, No.1, pp.16-27, 2011.
- [8] E. Heiden, and Y. Lajoie, "Games-based biofeedback training and the attentional demands of balance in older adults," Aging Clinical and Experimental Research, Vol.22, No.5-6, pp.367-373, 2009.
- [9] C. Walker, B. J. Brouwer, and E. G. Culham, "Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke," Physical Therapy, Vol.80, No.9, pp.886-895, 2000.
- [10] A. L. Bcetker, T. Szturm, Z. K. Moussavi, and C. Nett, "Videogame-based exercised for balance rehabilitation : a single subject design," Archives of physical medicine and rehabilitation, Vol.87, No.8, pp.1141-1149, 2006.
- [11] 이민형, *뇌졸중 환자의 이동을 위한 비디오게임 운동*, 부산가톨릭대학교 석사학위논문, 2009.
- [12] A. Zijlstra, M. Mancini, L. Chiari, and W. Zijlstra, "Biofeedback for training balance and mobility tasks in older populations: a systematic review," Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, Vol.7, p.58, 2010.
- [13] K. O. Berg, S. Wood-Dauphinee, J. I. Williams, and D. Gayton, "Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument," Physiotherapy Canada, Vol.41, No.6, pp.304-311, 1989.
- [14] W. W. Spirduso, Physical dimensions of aging, Human kinetics, 1995.
- [15] R. P. Tien, G. J. Felsberg, and J. Macfall, "Fast spin-echo high-resolution MR imaging of the inner ear," AJR Am. J. Roentgenal, Vol.159, No.2, pp.395-398, 1992.
- [16] http://www.biorex.com/sites/default/files/950440man_10205reva.pdf
- [17] 박창식, 강권영, "시각적 바이오피드백 시뮬레이 션훈련이 불완전 척수손상환자의 균형에 미치는 효과", 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제11호, pp.194-203, 2011.
- [18] S. W. Lee, K. J. Lee, and C. H. Song, "Effects of Visual Feedback-Based Balance Training on Balance in Elderly Fallers," J Muscle Joint Health, Vol.18, No.1, pp.16-27, 2011.
- [19] E. Heiden and Y. Lajoie, "Games-based biofeedback training and the attentional demands of balance in older adults," Aging Clin Exp Res, Vol.22, pp.5-6, 2009.
- [20] 정승민, *시청각 게임 훈련이 뇌졸중 환자의 선 자세에서의 정적균형과 동적균형에 미치는 효과*, 고려대학교 석사학위논문, 2011.
- [21] Y. H. Kim, J. E. Shin, D. H. Kim, Y. K. Woo, and N. G. Kim, "Effect of dynamic balance training using visual biofeedback of center of pressure in patients with stroke," J. of Korean Acad. Rehab. Med., Vol.28, pp.515-522, 2004.
- [22] E. K. Kim, J. H. Kang, and H. M. Lee, "Effects of virtual reality based game on balance and upper extremity function in chronic stroke

patients,” Journal of Special Education & Rehabilitation Science, Vol.49, No.3, pp.131-149, 2010.

[23] D. Y. Lee, H. H. Lee, and C. H. Song, “The Effect of Visual Feedback Training on Standing Balance and Motor Function in Chronic Stroke Patients,” Journal of Korea Sport Research, Vol.18, No.4, pp.287-298, 2007.

[24] D. G. Sayenko, M. I. Alekhina, K. Masani, A. H. Vette, H. Obata, M. R. Popovic and K. Nakazawa, “Positive effect of balance training with visual feedback on standing balance abilities in people with incomplete spinal cord injury,” Spinal Cord, Vol.48, pp.886-893, 2010.

저 자 소 개

이 정 원(Jeong-Won Yi) 정회원



- 2010년 2월 : 전북대학교 전자공학(공학사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 전북대학교 헬스케어공학과 석사 과정

<관심분야> : 자세 균형, 재활 운동, 훈련 콘텐츠

유 미(Mi Yu) 정회원



- 2003년 2월 : 전북대학교 전자정보공학부(공학사)
- 2005년 2월 : 전북대학교 의용생체공학과(공학석사)
- 2009년 8월 : 전북대학교 의용생체공학과(공학박사)

▪ 2010년 5월 ~ 현재 : (사)전북대학교자동차부품·금형기술혁신센터 전임연구원

<관심분야> : 재활 운동, 셀프 피트니스 운동, 훈련 콘텐츠

정 구 영(Gu-Young Jeong) 정회원



- 2000년 2월 : 전북대학교 항공우주공학과(공학사)
- 2002년 2월 : 전북대학교 항공우주공학과(공학석사)
- 2009년 2월 : 전북대학교 항공우주공학과(공학박사)

▪ 2009년 ~ 현재 : 전북대학교 헬스케어기술개발사업단 Post Doc.

<관심분야> : 생체신호 모니터링, 메카트로닉스 및 로보틱스

이 낙 범(Nak-Bum Lee) 정회원



- 1998년 2월 : 인제대학교 의용공학과(공학사)
- 2000년 2월 : 인제대학교 의용공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 전북대학교 메카트로닉스공학과(공학박사)

▪ 2011년 4월 ~ 현재 : 전북대학교 기술사업화센터
<관심분야> : 재활 운동, 셀프 피트니스 운동, 바이오메커닉스

권 대 규(Tae-Kyu Kwon) 정회원



- 1993년 2월 : 전북대학교 기계공학과 졸업
- 1995년 2월 : 동 대학원 석사
- 1999년 2월 : 일본동북대학교 기계전자공학과 박사
- 2004년 ~ 현재 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수

<관심분야> : 바이오메커닉스 및 재활공학