

가상현실 기반 자세조절 융합 훈련이 기능적 발목 불안정성 축구선수들의 균형과 점프에 미치는 영향

양대중, 박승규, 엄요한
세한대학교

Impact of Virtual Reality Based Neuromuscular Postural Control Fusion Training on Balance Ability and Jump Performance of Soccer Players with Functional Ankle Instability

Dae-Jung Yang, Seung-Kyu Park, Yo-Han Uhm
Sehan University

요 약 본 연구에서는 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련을 이용하여 기능적 발목 불안정성을 가진 축구선수들의 균형 능력과 점프 수행력에 미치는 효과에 대하여 알아보고자 하였다. 축구선수는 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련군 15명과 일반적인 트레드밀 훈련군 15명으로 나누어 8주간 주 3회, 30분간 시행하였고, 균형 능력을 평가하기 위해 Biorescue를 이용하여 신체 중심 이동면적, 총 궤적길이, 안정성 한계를 측정하였다. 점프 수행력을 측정하기 위해 Counter movement jump with arm swing과 제자리 멀리 뛰기를 측정하였다. 균형 능력 비교에서는 신체 중심 이동면적과 총 궤적 길이 및 안정성한계에서 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 점프 수행력 비교에서는 Counter movement jump with arm swing과 제자리 멀리 뛰기에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이에 따라 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련이 일반적인 트레드밀 훈련 보다 균형 능력과 점프 수행력을 향상시키는데 효과적임을 알 수 있었다.

주제어 : 가상현실, 기능적 발목 불안정성, 축구선수, 균형, 점프

Abstract In this study, we examined the impact on balance ability and jump performance of soccer players with functional ankle instability using virtual reality based neuromuscular posture control fusion training. Soccer players were divided into 15 people of virtual reality-based neuromuscular posture control fusion training group and 15 people of common treadmill training group and performed for 30 minutes three times a week for 8 weeks. In order to evaluate the balance of ability, using biorescue, it measured surface area, whole path length, limit of stability. In order to measure jump performance, it measured counter movement jump with arm swing and standing long jump. The results showed the statistically significant difference in the balance comparison of surface area, whole path length, limited of stability and the jump performance comparison of counter movement jump with arm swing, standing long jump. As a result, virtual reality-based neuromuscular posture control fusion training was found to be more effective to improve its balance ability and jump performance than common treadmill training.

Key Words : Virtual reality, Funtional ankle instability, Soccer plyer, Balance, Jump

** The research was has been conducted by the research grant of Sehan university in 2016.

Received 24 August 2016, Revised 29 September 2016
Accepted 20 October 2016, Published 28 October 2016
Corresponding Author: Yo-Han Uhm(Sehan University)
Email: uhmyo112@naver.com

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

발목의 움직임은 회내, 회외, 저축 굴곡, 배측 굴곡의 반복적인 동작으로 이동하고 특히 운동수행 중 연속적인 동작은 상해의 원인이 된다. 가장 빈번히 발생하는 발목 관절 염좌는 불규칙한 지면상에서의 갑작스런 전환, 급정지, 점프, 착지, 태클, 몸싸움 등 발목관절의 사용이 잦은 축구, 태권도, 농구선수 등에게 많이 발생한다[1]. 발목 손상 중 발목 염좌의 비율은 75%로 거의 대부분을 차지하며, 이는 스포츠 관련 손상의 10~30%로 매우 빈번하게 일어나는 손상이다. 이러한 스포츠 손상 부위를 살펴보면 발목 관절 부분의 손상이 가장 많이 나타난다[2]. 발목은 높은 수준의 근력과 동작 시 요구되는 기계적인 힘이 직접적으로 작용하기 때문에 물리적 스트레스를 가장 많이 받는 신체부위이다[3]. 발목의 손상 기전은 발목의 저축 굴곡과 내전이 된 상태에서 가장 잘 일어나며, 이러한 상태에서 나타나는 스트레스는 발목의 구조물에 손상을 주게 되는데, 이때 발목의 인대, 근육, 신경 그리고 기계적 수용기에도 영향을 주게 된다[4]. 이로 인해 고유수용성 감각의 손실, 신경근 조절 능력 저하, 근력 약화 그리고 자세 조절의 감소로 나타나게 된다[5].

만성 발목 불안정성은 보행 시 휘청거림과 불안정함 등으로 발생하는 증상으로 발목의 인대가 만성적으로 파열되었거나, 원래의 길이보다 늘어나 있는 상태 또는 발목의 인대에 운동감각의 손상으로 인해 발생된다. 급성 발목 염좌의 40%가 만성 발목 불안정성으로 진행된다[6]. 만성 발목 불안정성은 발목 인대 손상 후 병리적 느슨함에 의한 기계적 불안정성과 인대 손상 후 고유수용성 감각과 신경근 손실에 의한 반복적인 발목 불안정성과 관절 감각 불안정성을 발생시키는 기능적 발목 불안정성의 두 가지 원인에 기인한다[7]. 기계적 불안정성은 구조적 불안정성이 유발되어 관절의 불안정성이 유발되는 것이고, 기능적 불안정성은 염좌의 재발, 휘청거림의 느낌 등에 의한 주관적 감각의 불안정을 말하는 것이다[8]. 기능적 발목 불안정성은 발목 염좌에 의한 고유수용성 감각의 손상이 정상적인 기능을 유지하기 위해 필요한 피드백을 손상시킴으로써 발생한다[9].

발목 능력을 평가하는 항목들은 부상 후 영향을 받을 수 있는 근력, 순발력, 민첩성, 유연성, 평행성, 지구력 등을 포함하고 있다. 이 평가 항목들은 여러 구성 요소를

포함하기 때문에 발목 능력을 검사하기 위한 평가 자료로써 유용하다[10]. 균형 능력은 대부분 스포츠에서 더 나은 수행을 위한 필수적인 요소로 특히, 축구에서는 슈팅이나 패스와 같은 기술적 움직임을 수행하게 되는 한 발서기 자세가 필요하며 정확한 수행을 위해서는 디딤다리의 안정적인 균형 능력이 매우 중요하다[11]. 균형은 지속적으로 안정적인 자세를 유지할 수 있는 능력을 의미하며, 자세조절 기전을 통해 몸의 무게 중심이 지지면 안에 유지할 수 있도록 하는 것이다[12]. 균형은 감각 정보와 운동 활동의 복합 과정이며, 이는 근골격계 뿐만 아니라 감각, 지각, 인지 및 운동 시스템의 상호작용을 통해 이루어진다[13]. 그러나 기능적 발목 불안정성 환자들은 균형 능력의 손상을 갖으며, 이러한 손상은 고유수용성 감각과 신경근 조절 손상이 결합되어 비정상적 자세반응 패턴, 반응시간 지연, 안정성의 장애를 일으킬 수 있다[14]. 부상 후 손상의 정도와 항상 수준을 평가하고, 부상 가능성이 높은 선수를 가려내 부상을 예방하기 위해 균형 능력 평가를 사용한다[15]. 균형 능력은 스포츠 상해를 예측하는데 많은 영향을 미치고 있는데, 그 영향은 스포츠 활동에 따라 다양하게 나타난다. 스포츠 선수들의 균형 능력이 낮을 때 발목의 손상 발생률이 높아지며[16], 축구 선수들은 균형 능력이 낮을수록 발목 상해의 비율이 높은 것으로 알려졌다[17]. 균형 능력은 특별히 발목상해를 예측하는 중요한 요인이며, 균형 능력이 낮을수록 더 높은 발목상해를 나타내 보이고 있다[18].

점프 동작은 인간이 출생하여 걷거나 달리기 동작의 습득 후에 나타나는 가장 기본적인 인간의 동작 형태 중의 하나로 대부분 10대에 걸쳐 주로 수행이 되며, 성인이 되면서 시합경기 중의 하나로 사용하고 있다[19]. 점프는 대부분의 운동종목에서 흔히 쓰이는 동작이다[20]. 점프 능력은 다양한 스포츠 종목의 기본적인 요소로서 농구의 리바운드, 배구의 스파이크, 축구의 헤딩 등의 능력에 영향을 미친다[21]. 점프는 넙다리내갈래근에서 발생한 강한 근 수축력을 엉덩이와 무릎관절에 전달하고, 하지관절의 복합적인 협응과정을 통해 최종적으로 하지의 강한 수축력을 발목관절에 전달하여 등쪽굽힘으로 마무리되기 때문에 강인한 발목관절은 높은 점프를 구사하기 위한 전제조건이다[22]. 그리고 점프는 대표적으로 스포츠 선수들에게 사용하는 검사로써 다리의 기능을 평가하기 위해 사용된다[23]. 점프는 신체분절의 회전이 거의 동시

에 발생하는 밀기형태의 동작으로 정의하고 있으며, 점프 동작은 던지기동작과는 달리 몸통이 열린 사슬에 있으며, 양발이 닫힌 사슬로 있는 복합적인 역학적 사슬이라고 밝히고 있다[24]. 점프와 관련된 평가는 축구 활동의 신체적 수행 특성을 대표적으로 반영한다[25]. 수직점프는 역학적 특성에 따라 나뉘며, counter movement jump는 빠른 신장·단축 주기(fast stretch shortening cycle)를 갖고, counter movement jump with arm swing은 느린 신장·단축 주기(slow stretch shortening cycle)를 갖는다[26]. 근육의 신장·단축 주기 작용은 운동 수행력에 매우 중요하며, 전력질주와 점프 그리고 던지기과 킥과 같은 빠른 동작 시에 급격한 힘 발생의 속도와 더불어 성공적인 운동 수행력에 필수적인 요소로[27], 수직점프 평가는 이러한 다리 근육의 폭발력 측정에 적합하다[28]. 제자리 멀리 뛰기는 대표적인 순발력 측정 종목으로서 널리 사용되며, 공간적인 제약이 적고 안전사고 위험도의 감소라는 이점이 있어 현장에서 널리 이용되고 있다. 제자리 멀리 뛰기는 신체를 가능한 멀리 공중으로 띄워 보내 기록을 측정하는 종목으로 멀리 뛰기와 달리 도움닫기 속도가 없으므로 도움닫기의 과정에서 나오는 수평의 속도를 몸의 근육, 복근과 각 근육의 협응 작용을 통해 만들어 내야한다[29]. 제자리 멀리 뛰기는 가능한 멀리 띄워 보내는 기록을 다루는 경기로 무산소 근 파워를 평가하는 중요한 방법이다[24].

생체되먹임을 이용한 치료적 중재는 다른 중재방법들에 비해 상대적으로 쉬운 환경 제어와 환경 선택의 용이성, 과제 난이도의 단계적 제어를 통한 능력에 따른 훈련 제공, 과제수행에 대한 신속하고 정확한 감각되먹임 제공, 안전한 환경에서의 자가 학습의 기회 제공, 경제적 훈련 환경 구현 등의 장점을 갖는다[30]. 가상현실은 생체되먹임과 동일한 방법으로 비디오 시스템을 적용하여 스크린에 자신의 모습을 표현되고 화면을 통해 나타나는 과제와 상호작용하여 문제를 해결해가는 치료방법이며, 가상현실은 다양한 환경을 제공하여 감각입력의 변화를 일으켜 치료효과를 높인다[31]. 다양한 되먹임 기전을 통하여 과제 성취에 대한 동기 유발과 능동적 참여를 가능하게 하고[32], 신체 기능 향상에 필요한 다양한 목적 과제를 집중적으로 훈련시킬 수 있는 장점이 있다[30]. 가상현실은 자신이 수행한 결과의 원인이 되는 오류를 시각과 청각 및 체성 감각으로 되받아 과제수행의 오류를

자발적으로 문제를 해결해 나감으로써 운동학습을 촉진시키는데 효과적이고, 효율적인 재학습과 기능적인 운동 연습의 수행을 도와 움직임의 시·공간적 요인을 향상시킬 수 있었으며, 자신감 향상에도 효과가 있다[33].

따라서 본 연구의 목적은 기능적 발목 불안정성 축구 선수들을 대상으로 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련을 적용 후 이에 따른 균형 능력과 점프 수행력을 측정하여 기능적 발목 불안정성 축구선수들에게 어떠한 영향을 미치는지 연구하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상자

본 연구는 목포 소재 대학교의 축구선수 30명을 대상으로 기능적 발목 불안정성 설문지의 항목 중 5개 이상을 만족하는 선수, 발목의 수술 경력이 없는 선수, 발목 이외의 다리에 문제가 없는 선수, 발목 관절 움직임이 정상의 생리적 범위를 초과하지 않는 선수, 시각 및 청각에 의학적 문제가 없는 선수, 자발적 참여에 동의한 자로 선정하였다. 연구 대상자들은 플라오메트릭 훈련을 30분씩 중재한 후, 실험군에게는 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련을 30분 시행하였고, 대조군에게는 추가적으로 트레드밀 운동을 30분 시행하였다. 중재는 8 주 동안 주 3회 총 60분씩 중재하였다. 실험군 15명과 대조군 15명은 무작위 임의 선정되었으며 연구 대상자의 일반적 특성은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> General characteristics of the subjects

	Experiment group (n=15)	Control group (n=15)	p'
	M±SD	M±SD	
Age (year)	21.36±2.92	22.04±4.05	0.46
Height (cm)	176.91±5.72	177.24±6.24	0.87
Weight (kg)	78.82±3.93	78.26±4.42	0.23
CAIT (Score)	20.54±3.94	21.56±4.09	0.68

p' = Shapiro-wilk

CAIT: Cumberland ankle instability tool

2.2 연구 도구

2.2.1 균형 능력 측정

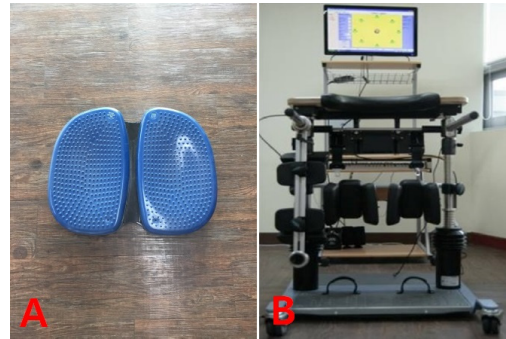
정적 및 동적 균형 능력을 분석하기 위하여 Biorescue (RM Ingenierie, France)를 사용하였으며, 이 장비는 이동이 가능한 사각형의 두발 기립용 힘판으로 구성되어 있고 힘판 위에는 적절한 발의 위치를 위해서 눈금자가 표시되어 있다. 균형을 측정하기 위해 두 발로 서기를 60 초간 전방을 향하는 동안 압력중심(center of pressure)의 신체 중심 이동면적과 총 궤적길이 및 안정성 한계를 측정하였다. 모든 평가는 5회를 측정하여 얻은 결과 값의 평균값을 이용하였다.

2.2.2 점프 수행력 측정

점프 수행력을 측정하기 위해 점프 수행력 측정 장치인 G-jump(BTS bioengineering, Italy)를 이용하였다. 특수 센서가 내장된 G-sensor를 피험자의 허리뼈 5번 부위에 고정된 후 3축 가속도계, 3축 회전, 3축 자력계를 통하여 위치, 방향 및 속도를 초당 200Hz로 감지하였다. 이렇게 얻어진 측정값은 G-studio로 전송한 후 점프 수행력 알고리즘에 의해 분석하였다. 수직점프는 역학적 특성에 따라 각기 다른 신장·단축 주기를 갖는 counter movement jump with arm swing을 측정하였다. counter movement jump with arm swing은 최초 기립자세에서 시작하여 바닥에서 뛰어 오르기 전, 무릎을 구부려 하향 움직임을 만들어낸 후 뛰어올랐으며, 팔의 움직임을 자유롭게 두었다. 측정은 총 5회 점프 시행 후 평균값을 제시하였고, 점프 높이를 분석하였다. 다른 방법으로 점프 수행력을 측정하기 위해 제자리 멀리 뛰기를 시행하였다. 대상자는 줄자를 놓은 평평한 바닥에서 양발을 어깨 넓이로 벌리고 섰다. 팔과 몸을 충분한 도약을 위해 앞·뒤·상·하로 움직인 후 양쪽 다리를 힘차게 앞으로 뛰게 하여 전·상방으로 도약해서 최대한 멀리 점프하게 하였다. 출발선 발가락 끝에서 착지 지점 발뒤꿈치까지의 거리를 측정하였다. 제자리 멀리 뛰기는 5회를 측정하여 얻은 결과 값의 평균값을 이용하였다.

2.3 중재방법

플라오메트릭 훈련은 Myer (2006)의 방법을 변형하여 30분간 수행되었다[34]. 지그재그 달리기, 뒤로 달리기, 수직 점프, 민첩성 훈련, 옆으로 한발 뛰기, 전력질주 등



[Fig. 1] A. Arero Step, B. Balance trainer



[Fig. 2] Aero step combined virtual reality postural control training

의 단순한 구성에서 경기 중 상황과 유사하게 점차 난이도를 높였다. 실험군에게 가상현실 기반 신경근 자세조절 훈련을 중재하기 위해 Aero step(TOGU, Germany)과 Balance trainer (Medica Medizintechnik GmbH, Germany)를 이용하였다(Figure 1). Balance trainer와 함께 Aero step을 결합하여 중재를 시행하였다[Fig. 1]. 중재는 6 주간, 5회 / 1주, 30분 / 1일 동안 시행하였다. 생체피먹임 자세조절훈련을 위해 Balance trainer를 사용하였다[Fig 2]. 이 자세조절훈련기는 기계적 관절에 2도 정도의 자유도가 있으며, 무릎을 지지하는 무릎패드와 골반을 안정화

시켜주는 골반 지지대로 구성되어 있다. 자세조절훈련기의 기계적 관절은 하나의 단계를 수행하는 동안에 서있는 사람의 생리적 움직임을 허용하며, 서있는 사람의 움직임이 발생 시 그 움직임의 정도를 이와 연결된 모니터 화면에서 보여준다. 훈련 과제가 선택되면 환자는 정면의 모니터 화면을 주시하고 훈련 과제에 따른 움직임을 수행하면 된다. 체간의 과도한 보상작용이나 손을 사용하는 경우 치료사의 구두지시를 통해 이를 제한한다. 중재 훈련 과제 프로그램은 움직임 평가, 사과 모으기, 벽돌 부수기, 선 따라 움직이기로 총 4가지 프로그램으로 구성되어 있다. 대조군에게는 추가적으로 휴식시간 없이 트레드밀 훈련을 30분간 시행하였다.

2.4 분석방법

본 연구의 결과 분석은 Window SPSS 18.0 프로그램을 이용하여 처리하였다. 실험군과 대조군의 정규성 검증을 위해 Shapiro-wilk를 하였고, 중재 방법에 따른 그룹 간 발목 조절 능력과 점프 수행력의 차이를 검증하기 위해 공분산분석(analysis of covariance)을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

3. 연구결과

3.1 균형 능력 비교

신체 중심 이동면적(Surface area)는 중재 전·후 실험

<Table 2> Comparison of balance ability between groups

Muscle	Pre-test		Post-test		F	p'
	Experiment group	Control group	Experiment group	Control group		
SA (cm ²)	28.30 ±3.03	27.92 ±2.97	21.19 ±2.34	21.46 ±3.01	4.96	0.02*
WPL (cm)	72.29 ±8.54	71.23 ±8.33	62.93 ±7.12	65.21 ±7.97	2.34	0.00**
LOS (cm ²)	912.15 ±46.93	928.47 ±52.06	1023.63 ±55.64	988.19 ±59.25	2.24	0.00**

p' = Ancova

*p<.05

**0<.001

SA: Surface area

WPL: Whole path length

LOS: Limited of stability

군에서 28.30±3.03에서 21.19±2.34로, 대조군은 27.92±2.97에서 21.46±3.01로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 총 궤적 길이(Whole path length)는 중재 전·후 실험군에서 72.29±8.54에서 62.93±7.12로, 대조군은 71.23±8.33에서 65.21±7.97로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001). 안정성 한계(Limited of stability)는 중재 전·후 실험군에서 912.15±46.93에서 1023.63±55.64로, 대조군은 928.47±52.06에서 988.19 ± 59.25로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001)<Table 2>.

3.2 점프 수행력 비교

Counter movement jump with arm swing에서 중재 전·후 실험군에서 58.29±7.08에서 66.15±6.04로, 대조군은 56.92±6.27에서 63.29±6.51로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001). 제자리 멀리 뛰기는 중재 전·후 실험군에서 232.89±29.84에서 241.43±30.92로, 대조군은 230.23±32.35에서 238.21±28.78로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)<Table 3>.

<Table 3> Comparison of Jump performance between groups

Muscle	Pre-test		Post-test		F	p'
	Experiment group	Control group	Experiment group	Control group		
CMJA (cm)	58.29 ±7.08	56.92 ±6.27	66.15 ±6.04	63.29 ±6.51	8.26	0.00**
SLJ (cm)	232.89 ±29.84	230.23 ±32.35	241.43 ±30.92	238.21 ±28.78	62.38	0.02*

p' = Ancova

*p<.05

**0<.001

CMJA: Counter movement jump with arm swing

SLJ: Stance long jump

4. 고찰

본 연구에서는 6주간 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련이 발목 조절 능력과 점프 수행력에 미치는 영향을 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

발목 염좌는 운동선수에게서 흔히 발생하는 하지 손상으로 달리기, 슈팅, 회전, 방향 전환, 점프와 착지, 그리고 강한 태클에 의해 주로 발생한다[35]. 발목 염좌 시 약

50%이상의 선수들은 적절한 시기에 치료를 받지 않고, 심지어 불안정한 상태에서 지속적으로 훈련이 진행되고 있다. 이와 같이 시기를 놓친 재활 과정으로 인하여 70% 정도의 운동선수들이 만성 발목 불안정성으로 심화되어 기능적 손실을 초래하게 된다[36]. 반복된 발목 손상은 근방추의 구심성 신경이 근 수행력과 자세 조절 감각을 저하 시키고, 고유수용성 감각 저하, 하지 정렬의 이상을 유발시켜 결국 경기력의 저하를 초래한다[37].

기능적 발목 불안정성의 원인으로는 근력 약화, 균형 감각 및 고유수용성 감각의 부족이 있고, 특히 균형 능력은 많은 활동에 기초적인 역할을 하고 성공적인 운동 수행력 향상을 위해서는 꼭 필요한 요소이다[38]. 발목 불안정성과 균형은 많은 관련이 있으며, 발목 불안정성을 가진 운동선수들에게 발목의 균형은 필수요소이고, 적절한 시기에 치료적 중재가 부상을 예방하는데 매우 중요하다[39]. 균형은 정적 균형과 동적 균형으로 나눌 수 있으며, 정적 균형은 신체가 움직임이 없는 지지기저면 안에서 위치를 유지하는 능력을 의미하며, 동적 균형은 신체가 움직이는 기저면 안에서 원하는 자세를 유지하는 능력을 의미한다[40]. 균형 능력의 향상은 발목관절 주변의 근육 수축 양상에 변화를 가져오며, 예상치 못한 발목 손상에 대해 안정성을 제공 할 수 있으며, 발목의 조절 능력을 향상시킨다[41]. 점프는 신체를 공중으로 띄우는 동작이며, 인간의 발달 과정뿐 아니라 많은 스포츠 동작에 필요한 운동기술 관련 체력의 한 요소로 중요한 기술 중 하나이다[42]. 점프는 하지의 최대 수행 능력을 객관적으로 관찰할 수 있는 동작이며, 대표적인 하지의 순발력 측정 방법으로 널리 사용되고 있다[43]. 신인드래프트 신체검사에서 점프 높이를 가장 중요한 수행지표로 한다. 따라서 점프 능력의 향상은 인체의 전반적인 운동 수행력 향상과 매우 밀접한 관련이 있다[44]. Gehring 등 (2014)은 발목 염좌를 효과적으로 줄이기 위해서는 발목 안정화와 관련된 신경근이 중요한 역할을 한다고 보고하였다[45]. 신경근 조절은 체성감각계, 안뜰계, 시각계의 적절한 조화를 통해 이루어지며, 그 중 체성감각계는 근육, 힘줄, 관절 등과 같은 고유감각 정보에 많은 부분을 의지한다. 고유감각의 정확한 정보가 예상치 못한 상황에서의 지면의 상태나 환경의 변화에도 발목 염좌를 예방할 수 있다.

양선철 (2016)은 기능적 발목 불안정성을 가진 중·고

등학교 농수선수 34명을 대상으로 복합훈련을 중재한 후 기능적 안정성을 분석한 연구를 하였는데, 복합훈련이 균형 능력과 점프에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 [46]. 본 연구에서도 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련을 적용한 그룹에서 균형 능력과 점프 수행력이 향상되는 동일한 결과를 얻었다. 중재 방법이 복합훈련이고 본 연구의 중재 방법은 가상현실 기반 자세조절 융합 훈련이지만, 복합훈련도 가상현실 기반 자세조절 융합 훈련과 마찬가지로 신경근을 조절하여 외부로부터 갑작스럽게 작용하는 힘에 대해 즉각적으로 반응하여 발목을 안정화시키고, 손상된 발목 관절의 기능적 불안정성을 감소시키는 공통점이 있다. 기능적 만성 발목 불안정성을 가진 태권도 시범단 선수가 발목 안정성을 갖고 있는 시범단 태권도 선수에 비해 눈을 감은 상태, 즉 고유수용성 감각에 의존하는 상황에서의 정적 및 동적 균형 능력이 현저하게 저하된다고 보고하였다[47]. 이민기 (2014)는 기능적 발목 불안정성을 가진 대학교 축구선수 33명을 대상으로 신경근 훈련인 플라오메트릭 훈련과 균형 훈련을 중재한 후 자세 조절 능력과 기능적 수행력을 분석한 연구를 하였는데, 신경근 훈련이 자세 조절 능력과 기능적 수행력인 점프에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다[48]. 본 연구에서도 가상현실 기반 자세조절 융합 훈련을 적용한 그룹에서 균형 능력과 점프 수행력에서 유의한 차이를 보였다. 이는 발목 관절의 기능적 향상으로 신경근 조절에 회복을 일으켜 고유수용성 감각을 증진시킨 것으로 사료되며, 균형 능력의 향상으로 인해 점프 수행력에 영향을 미친 것으로 여겨진다. 동적으로 활동하는 운동선수들의 경우에 균형을 가장 많이 사용한다 [49]. Filipa (2010)는 여자 축구선수 20명을 대상으로 신경근 훈련 프로그램을 8주 동안 중재한 후 균형 능력의 향상을 보고하였다[50]. 본 연구에서도 마찬가지로 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련을 6주 동안 중재한 후 균형 능력에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 신경근을 조절하는 훈련들이 기능적 발목 불안정성을 갖고 있는 선수뿐만 아니라 정상적인 발목 안정성을 갖고 있는 선수들에게도 발목 신경근의 반응속도 능력 향상에 영향을 미쳐 부상예방에 효과적이라고 보고하였다 [51]. 안우석 (2013)은 발목 불안정성을 가진 일반인과 정상인을 대상으로 점프 시 운동학적 및 운동역학적으로 대칭성을 분석하였는데, 발목 불안정성을 가진 일반인들

에게는 점프 시에 상승구간과 착지구간에서 비대칭성을 보이고 있으며, 이러한 비대칭성이 나타나는 이유는 발목 불안정성으로 인한 통증, 근력 약화, 고유수용성 감각의 저하로 균형 감각 및 자세조절능력이 떨어지는 이유라고 보고하였다[52]. Terada 등(2014)은 점프하는 과정에서 발목관절 상해로 인한 신경근 조절 기능과 운동 감각의 감소로 인하여 변화된 하지관절 움직임이 나타난다고 보고하였다[52].

김기중 (2015)은 기능적 발목 불안정성을 갖고 있는 대학생 30명을 대상으로 가상현실 프로그램 훈련을 통해서 균형 운동을 4주 동안 적용한 그룹에서 정적 및 동적 균형 능력이 향상되었다고 보고하였다[54]. 본 연구에서도 마찬가지로 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련을 적용한 그룹에서 정적 및 동적 균형 능력이 유의하게 증가하였다. 이는 생체피드백을 통한 훈련은 일반적인 훈련보다 단시간 내에 빠른 집중력으로 인해 운동학습을 촉진시켜 운동수행 능력을 증진시킨 것으로 생각된다. 천성용 (2009)은 기능적 발목 불안정성을 가진 축구선수 58명을 대상으로 고유수용성 강화 운동과 근력 운동을 중재한 후 자세 조절을 비교한 연구를 하였는데, 고유수용성 강화 운동을 적용한 그룹에서 자세 조절 능력에서 유의한 차이를 보였다[55]. 본 연구에서도 위의 선행논문에서와 마찬가지로 균형 능력에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 선행연구 달리 본 연구에서는 가상현실을 이용하지만, 가상현실을 이용한 훈련 또한 고유수용성 운동과 마찬가지로 신경근 조절 능력을 증가시키는 점이 있다. 이는 신경근 능력의 향상으로 인하여 발목의 선행적 자세조절이 이루어짐으로써, 자세동요의 감소로 인해 균형 능력에 영향을 준 것으로 사료된다. 김제호 (2016)는 기능적 발목 불안정성을 갖고 있는 축구선수 30명을 대상으로 생체피드백을 이용한 발목 안정화 훈련을 적용하였을 때 균형 능력이 향상되었다고 보고하였다[56][57]. 본 연구에서도 가상현실을 이용한 자세조절 융합 훈련을 이용한 훈련군이 대조군보다 균형 능력이 유의하게 증가하였다. 이는 생체피드백이나 가상현실 기반 훈련이 그에 따른 동기부여를 제공하여 균형 능력이 향상된 것으로 사료된다. 가상현실을 이용한 훈련이 고유수용기를 자극시켜 손상된 발목관절 압력수용기로부터 감각신경 신호 전달이 증가와 운동 조절을 이루어, 균형 능력이 향상된 것으로 사료된다. 본 연구의 제

한점은 연구 대상자들의 일상생활을 통제하지 못하였기에 실험 결과에 영향을 미칠 수 있으며, 연구 대상자들을 선정하는데 있어서 특정지역에 국한하여 선정하였다.

5. 결론

본 연구는 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련이 기능적 발목 불안정성을 갖고 있는 축구선수의 발목 조절 능력과 점프 수행력에 미치는 영향에 대해 알아보 고자 시행하였다. 기능적 발목 불안정성을 갖고 있는 축구선수에게 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련을 적용한 실험군과 일반적인 트레이드밀 훈련을 적용한 대조군을 6주간 중재하여 균형 능력과 점프 수행력을 통해 평가해본 결과 균형 능력인 신체 중심 이동면적, 총 궤적길이 및 안정성 한계와 점프 수행력인 Counter movement jump with arm swing, 제자리 멀리 뛰기에서 실험군이 대조군보다 통계적으로 유의한 향상을 보였다. 본 연구를 통하여 가상현실 기반 신경근 자세조절 융합 훈련이 균형 능력과 점프 수행력에 효과적인 치료방법이 될 수 있음을 확인하였으며, 중추신경계 환자들 뿐 만 아니라 정상인이나 운동선수를 대상으로도 적용했을 때도 효과적인 프로그램으로 제안하고자 한다. 앞으로 본 연구를 바탕으로 운동선수들에게 생체피드백의 효과에 대해 더욱 체계적인 연구들이 필요하다.

ACKNOWLEDGMENTS

The research was has been conducted by the research grant of Sehan university in 2016.

REFERENCES

- [1] H. C. Kim, Y. J. Kim, "A research into injuries to taekwondo trainees during exercise", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 11, No. 4, pp.415-430, 2013.
- [2] J. M. Hootman, R. Dick, J. Age, "Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and

- recommendations for injury prevention initiatives". *J Athl Train*, Vol. 42, No. 2, pp. 311-319, 2007.
- [3] E. G. Meyer & R. C. Haut, "The effect of impact angle on knee tolerance to rigid impacts", *Stapp Car Crash J*, Vol. 47, pp. 1-19, 2003.
- [4] T. J. Hubbard & J. Hertel, "Mechanical contribution to chronic ankle instability", *Journal of sports medicine*, Vol. 36, pp. 263-277, 2006.
- [5] J. N. Hertel, "Functional instability following lateral ankle sprain", *Sports medicine*, Vol. 29, pp. 361-367, 2000.
- [6] V. Valderrabano, A. Wiewiorski, Frigg, "Chronic ankle instability", *Unfallchirurg*, Vol. 100, No. 8, pp. 691-700, 2007.
- [7] Hertel J, "Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability", *J Athl Train*, Vol. 37, No. 4, pp. 364-375, 2002.
- [8] E. I. Eils & D. Rosenbaum, "A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability", *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 33, No. 12, pp. 1991-1998, 2001.
- [9] H. Tropp, "Commentary: functional ankle instability revisited", *J Athl Train*, Vol. 37, No. 4, pp. 512-515, 2002.
- [10] A. S. Buchana, C. L. Docherty, J. Schrader, "Functional performance testing in participants with functional ankle instability and in a healthy control group", *Journal of athletic training*, Vol. 43, No. 4, pp. 342, 2008.
- [11] T. Paillard & F. Noe, Riviere, "Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition", *Journal of athletic training*, Vol. 41, No. 2, pp. 172, 2006.
- [12] M. S. Song, T. W. Kang, S. M. Kim, "Effects of mechanical horseback riding training on trunk control and balance function in stroke patients", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 11, No. 12, pp.487-494, 2013.
- [13] M. K. Jeong, D. W. Oh, "Effects of 12 week balance training with visual feedback on balance and walking functions in patients with chronic stroke", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 11, No. 11, pp.537-544, 2013.
- [14] P. Boucher, N. Teasdale, R. Courte manche, "Postural stability in diabetic polyneuropathy", *Diabetes Care*, Vol. 18, No. 5, pp. 638-645, 1995.
- [15] P. A. Gribble, J. Hertel, O. Plisky, "Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review", *Journal of athletic training*, Vol. 47, No. 3, pp. 338-357, 2012.
- [16] T. A. McGuine, "Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball player", *Clinical Journal of Sport Medicine*, Vol. 10, No. 4, pp. 239-244, 2000.
- [17] T. M. Willems, E. Witvrouw, K. Delbaere, "Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in male subjects: a prospective study", *American Journal of Sports Medicine*, Vol. 33, No. 3, pp. 415-423, 2005.
- [18] Y. H. Lee, "The effects of cycle strength training on lower extremity muscle and balance in football player." dissertation, Graduate school of education, Chosun university. 2014.
- [19] M. J. Adrian & J. M. Cooper, "The biomechanics of human movement. Indiana: Benchmark press", 1989.
- [20] J. J. Winnick, J. M. Davis, R. S. Welsh, "Carbohydrate feeding during team sport exercise preserve physical and CNS function", *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 37, No. 2, pp. 306-315, 2005.
- [21] Y. K. Yu, W. S. Song, Y. S. Jung, "The effects of complex training on leg muscular power and maximum strength in university basketball player following 6 weeks", *Korean journal of physical education*, Vol. 44, No. 2, pp. 405-414, 2005.
- [22] L. Z. Chiu, G. J. Salem, "Pelvic kinematic method for determining vertical jump height", *J Appl Biomech*, Vol. 24, No. 4, pp. 508-511", 2010.
- [23] S. B. Brotzman, R. C. Manske, K. Dautherty, "Clinical orthopaedic rehabilitation: an evidence-based approach, 3th edition. Philadelphia: Elsevier Health

- Science", 2011.
- [24] S. J. Han, "Kinetic analysis of standing broad jump movement of male students by development." dissertation, Graduate school of Korea national university of education. 2012.
- [25] M. A. Garstecki, R. W. Latin, M. M. Cup pett, "Comparison of selected physical fitness and performance variables between NCAA Division I and II football players", *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Vol. 18, No. 2, pp. 292-297, 2004.
- [26] G. Markovic, "Does plyometric training improve vertical jump height? A meta analytical review", *British journal of sports medicine*, Vol. 41, No. 6, pp. 349-355, 2007.
- [27] M. D. Jakobsen, E. Sundstrup, M. B. Randers, "The effect of strength training, recreational soccer and running exercise on stretch - shortening cycle muscle performance during countermovement jumping", *Human movement science*, Vol. 31, No. 4, pp. 970-986, 2012.
- [28] G. Markovic, D. Dizdar, I. Jukic, "Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests", *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Vol. 18, No. 3, pp. 551-555, 2004.
- [29] G. Y. Oh, "A kinetic comparative analysis of male and female middle school student's standing broad jump movements." dissertation, Graduate school of Korea national university of education. 2012.
- [30] J. H. Kim, S. Y. Kim, "Effects of Neuro feedback training on Unilateral neglect and Depression in patients with stroke", *Applied Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 9. pp. 361-368, 2015.
- [31] K. H. Lee & K. C. Hwang, "Virtual reality training program using computer human interface for recovery of upper extremity use in stroke patients", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 14, No. 1, pp.285- 290, 2016.
- [32] S. H. Jang, H. S. Bang, B. O. Jung. "The effects of home based exercise program on balance recovery in a post-stroke population", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 12, No. 7, pp.297- 304, 2014.
- [33] M. J. Kim, "Research trends in rehabilitation program for disabled applying virtual reality technology in Korea", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 2, pp.381-391, 2015.
- [34] G. D. Myer, K. R. Ford, S. G. McLean, "The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics", *The American journal of sports medicine*, Vol. 34, No. 3, pp. 445-55, 2006.
- [35] D. T. Fong, Y. Hong, L. K. Chan, "A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports", *Sports Med*, Vol. 37, No. 1, pp. 73-94, 2007.
- [36] R. M. Van Riji, A. G. Van Os, R. M. Bernsen, "What is the clinical cause of acute sprain? a systematic literature review", *The American Journal of Medicine*, Vol. 121, No. 4, pp. 324-331, 2008.
- [37] D. S. Van, F. F. Staes, K. H. Stappaerts, "Relationship of chronic ankle instability to muscle activation patterns during the transition from double-leg to single-leg stance", *Am J Sports Med*, Vol. 35, No. 2, pp. 274-81. 2007.
- [38] C. Hrysomallis, "Balance ability and athletic performance", *Sports Med*, Vol. 41, No. 3, pp. 221-232, 2011.
- [39] S. W. Linens, S. E. Ross, B. L. Arnold, "Postural stability tests that identify individuals with chronic ankle instability", *J Athl Train*, Vol. 49, No. 1, pp. 15-23, 2014.
- [40] M. De Haert, A. C. Geurts, I. J. van Nes, "A review of standing balance recovery from stroke", *Gait Posture*, Vol. 22, No. 3, pp. 267-281, 2005.
- [41] H. B. Menz, M. E. Morris, S. R. Lord, "Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people", *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, Vol. 60, No. 12. pp. 1546-52, 2005.
- [42] S. D. Davis, D. A. Briscoe, C. T. Markowski, "Physical characteristics that predict vertical jump performance in recreational male athletes", *Physical Therapy in Sport*, Vol. 4, No. 4, pp. 167-174, 2003.
- [43] I. S. Jeong, J. S. Kim, C. H. Oh, "A biomechanical analysis on the action of volleyball vertical jumping

- performance", JKSSPE, Vol. 19, No. 4, pp. 131-143, 2015.
- [44] D. H. Yun, "Contributing factors to vertical jumps of male middle school students." dissertation, Graduate school Chonnam National university. 2013.
- [45] D. Gehring, K. Faschian, B. Lauber, "Mechanical instability destabilises the ankle joint directly in the ankle sprain mechanism", Br J Sports Med, Vol. 48, pp. 377-382, 2014.
- [46] S. C. Yang, "Effect of the simple and integrated lower extremity strength training on the balance for the ankle stability of the middle and high school Male basketball players." dissertation, Graduate school of Korea national university. 2016.
- [47] Y. J. Kim, "A study on the ankle joint strength, proprioceptive and balance ability of national taekwondo demonstration players with chronic functional ankle instability." dissertation, Graduate school of Korea national sports university. 2016.
- [48] M. K. Lee, "Effects of neuromuscular training on postural control and functional performance in functional ankle instability soccer player." dissertation, Graduate school of Sehan university. 2014.
- [49] Herpin G, Gauchard GC, Lion A, "Sensori motor specificities in balance control of expert fencers and pistol shooters", J Electromyogr Kinesiol, Vol. 20, No. 1, pp. 162-169, 2010.
- [50] A. I. Filipa, R. Byrnes, M. V. Paterno, "Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes", Journal of Orthopedic Sports Physiotherapy, Vol. 40, No. 9, pp. 551-558, 2010.
- [51] S. E. Kang, J. H. Shim, S. D. Choung, "The convergence study on the effects of three pelvic floor muscle som exercise on thickness of pelvic floor muscle and abdominal muscle.", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 7, No. 1, pp. 105-111, 2016.
- [52] W. S. Ahn, "Kinetic, kinematic symmetry comparison of ankle instability patient and healthy during vertical jumping." dissertation, Graduate school of Daegu Catholic university. 2013.
- [53] M. Terada, B. Pietrosimone, P. A. Gribble, "Individuals with chronic ankle instability exhibit altered landing knee kinematics: potential link with the mechanism of loading for the anterior cruciate ligament", Clinical Biomechanics, Vol. 29, pp. 1125-1130, 2014.
- [54] K. J. Kim, "Effects of virtual reality training program with functional ankle instability." dissertation, Graduate school of Dongshin university. 2015.
- [55] S. Y. Chun, "The effect of proprioceptive exercise program on motor function of lower limb in male soccer players with functional ankle instability." dissertation, Graduate school of Korea national sports university. 2009.
- [56] J. H. Kim, & Y. H. Uhm, Effect of Ankle Stabilization Training Using Bio feedback on Balance Ability and Lower Limb Muscle Activity in Football Players with Functional Ankle Instability, J Kor Phys Ther, Vol. 28, No. 3, pp. 189-194, 2016.
- [57] J. C. Byun, "The converge effects of long-term weight-bearing exercise on lumbar, femur neck BMD and body compositions in person with intellectual disabilities and normal men", Journal of the Korea Convergency Society, Vol. 7, No. 2, pp. 101-107, 2016.

양 대 중(Yang, Dae Jung)



- 2003년 2월 : 대불대학교 보건대학원 물리치료학 석사
- 2011년 2월 : 동신대학교 일반대학원 물리치료학 박사
- 2011년 3월 ~ 현재 : 세한대학교 물리치료학과 교수
- 관심분야 : 정형물리치료
- E-Mail : hpydj@hanmail.net

박 승 규(Park, Seung Kyu)



- 2001년 2월 : 대구대학교 대학원 물리치료학 석사
- 2006년 2월 : 전남대학교 대학원 체육학 박사
- 2001년 3월 ~ 현재 : 세한대학교 물리치료학과 교수
- 관심분야 : 운동치료
- E-Mail : pt755@hanmail.net

엄 요 한(Uhm, Yo Han)



- 2013년 2월 : 세한대학교 대학원 물리치료학 석사
- 2014년 2월 ~ 현재 : 세한대학교 대학원 물리치료학 박사과정
- 관심분야 : 신경계물리치료
- E-Mail : uhmyo112@naver.com