

신경근 훈련이 기능적 발목 불안정성 축구선수의 자세조절과 점프 수행력에 미치는 영향

양대중¹ · 강정일¹ · 박승규¹ · 이민기² · 정용식²

¹세한대학교 보건대학 물리치료학과, ²세한대학교 대학원 물리치료학과

Effect of Neuromuscular Training on Postural Control and Jump Performance in Functional Ankle Instability Soccer Player

Dae-Jung Yang¹ · Jeong-Il Kang¹ · Seung-Kyu Park¹ · Min-Ki Lee² · Yong-Sik Jeong²

¹Department of Physical Therapy, School of Public Health, Sehan University, Yeong-am, Korea

²Department of Physical Therapy, Graduate School of Sehan University, Yeong-am, Korea

Received 3 August 2014; Received in revised form 27 August 2014; Accepted 11 September 2014

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects on jump performance and balance in soccer player with functional ankle instability of difference of neuromuscular training. In 33 male college soccer player with functional ankle instability subjects of this study randomization, combined training group (group I, n=11), balance training group (group II, n=11) and control group (group III, n=11) that included in the plyometric training and balance training was classified group. The intervention was conducted three times a week for 8 weeks. Before and after intervention, measured in surface area ellipse and countermovement jump and countermovement jump with arm swing. Showed a significant improvement in postural control and jump performance from the combined training group and balance training group compared to the control group. Showed a significant improvement in countermovement jump from the combined training group compared to the balance training group. Combined training and balance training showed the increased jump performance and postural control in soccer player with functional ankle instability.

Keywords : Functional Ankle Instability, Postural Control, Jump Performance, Neuromuscular Training

I. 서 론

스포츠 손상에서 발생 빈도수가 가장 높은 부위는 발목 손상이며(Hale & Hertel, 2005), 발목 염좌 후, 70~80%가 재발되는 것으로 추정된다(Yeung, Chan. So, & Yuan, 1994). 20% 이상은 지속적인 발목 불안정 증상을 갖고 있으며(Attenborough et al., 2014) 이러한 손상과 증상은 축

구선수들에게 자주 발생한다(Mohammadi, 2007). 만성 발목 불안정성은 많은 발목 염좌의 결과로 발목 인대 손상 후 병리적 느슨함에 의한 기계적 불안정성과 인대 손상 후 고유수용성감각과 신경근 손실에 의한 반복적인 발목 불안정성과 관절 감각 불안정성을 발생시키는 기능적 발목 불안정성의 두 가지 원인에 기인한다(Hertel, 2002). 기능적 발목 불안정성은 관절의 믿을 수 있는 정적 및 동적 지지의 상실과 발이 꺾이는 경향으로(Buchanan, Docherty, & Schrader, 2008), 발목 염좌에 의한 고유수용성 감각의 손상이 중추 운동 프로그램이 제 기능을 유지하기 위해 필요한 피드백을 손상시킴으로써 발생한다(Tropp, 2002).

정적 혹은 동적 균형의 유지는 축구, 농구 그리고 체조와 같은 스포츠의 더 나은 수행을 위한 필수적인 요소로

본 논문은 2014년도 세한대학교 교내 연구지원에 의하여 쓰여진 것임.
Corresponding Author Min-Ki, Lee
Department of Physical Therapy, School of public health,
Sehan University, 1113, Noksae-ro, Samho-eup, Yeongam-gun, Jeollanam-do, Korea
Tel : +82-10-2263-8334 / Fax : +82-61-283-5800
E-mail : Leeminkim@me.com

특히, 축구는 슈팅이나 패싱과 같은 기술적 움직임을 수행하게 되는 한발서기 자세가 필요하며 정확한 수행을 위해 지지 다리의 안정성이 매우 중요하다(Paillard et al., 2006). 그러나 기능적 발목 불안정성 환자들은 자세조절의 손상을 갖으며, 이러한 손상은 고유수용성 감각 그리고 신경근 조절 손상과 결합하여 비정상적 자세반응 패턴, 반응 시간 지연, 안정성의 장애를 일으킬 수 있다(Boucher et al., 1995).

수직 점프는 대표적인 기능적 수행력 검사로써 하지의 기능을 평가하기 위해 사용된다(Broztnan, Manske, & Daugherty, 2011). 기능적 수행력 평가들은 관절 부상 후 영향을 받을 수 있는 근력, 신경근 협응 그리고 관절 안정성 등의 여러 구성 요소를 결합하기 때문에 유용하며 (Buchanan, Docherty, & Schrader, 2008), 점프능력은 축구 선수의 경기력을 위해 중요하게 여겨지며, 점프와 관련된 평가는 축구 능력을 측정하지는 않지만 축구 활동의 신체적 수행 특성을 대표적으로 반영한다(Garstecki, Latin, & Cuppett, 2004).

신경근 훈련은 균형, 동요, 플라이오메트릭 등을 포함한 다양한 구성요소를 가진 운동을 지칭하는 광범위한 용어로, 신경근 훈련은 스포츠 부상의 방지 및 부상 후 재활 등과 관련하여 사용된다(Hall et al., 2012).

선행연구들은 신경근 훈련이 운동역학적 변화와 부상 예방 그리고 수행력 향상에 효과적이라고 하였다(Wester, Jespersen, Nielsen, & Neumann, 1996; Rozzi, Lephart, Sterner, & Kuligowski, 1999; Verhagen et al., 2004; Myer, Ford, McLean, & Hewett, 2006). 효과적인 신경근 훈련 프로토콜들은 신경근 변화와 잠재적인 부상방지 효과를 유도하는 플라이오메트릭, 균형훈련 그리고 코어 안정화 훈련 등을 사용했으나 기능적 발목 불안정성 축구선수에게 신경근 훈련의 어떠한 구성이 가장 효과적인지는 알려져 있지 않다. 또한 기능적 발목 불안정성 선수들에게 신경근 훈련을 중재한 선행연구들은 주관적 기능만을 평가하였을 뿐, 객관적인 수행력을 평가하지 못했다(Wester et al., 1996; Rozzi et al., 1999)

따라서 본 연구의 목적은 기능적 발목 불안정성 축구선수들을 대상으로 신경근 훈련의 구성에 따른 자세조절 능력과 점프 수행력을 측정하여 기능적 발목 불안정성 축구선수들에게 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구의 연구대상자는 광주 소재 J대학교와 전남 소재 S대학교의 축구선수 중 Functional ankle instability

Questionnaire 설문지의 항목 중 5가지 이상을 만족하는 대상자로 선발하였고(Hubbard & Kaminski, 2002), 기능적 발목 불안정성으로 진단된 33명의 남자 축구선수를 대상으로 자세 조절 능력과 점프 수행력을 측정하였다. 세부 선정 기준은 아래와 같다.

- 1) 발목의 수술 경력이 없는 선수.
- 2) 발목 이외의 하지에 문제가 없는 선수.
- 3) 발목 관절 움직임이 정상의 범위를 초과하지 않는 선수.
- 4) 완전한 체중지지가 가능한 선수.
- 5) 시각 및 청각에 의학적 문제가 없는 선수.

2. 실험 절차

본 연구의 목적은 8주간의 각기 다른 신경근 훈련이 기능적 발목 불안정성 축구선수들의 자세 조절 능력과 점프 수행력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하는데 있다. 대상자는 기능적 발목 불안정성 축구선수로 자세 조절 능력과 점프수행력에 대한 사전검사를 시행하도록 하고 중재 방법에 따라 복합적 훈련군 11명(Group I), 균형훈련군 11명(Group II) 그리고 대조군 11명(Group III)으로 나누어 중재를 실시했다(Table 1). 8주 후 사전검사와 동일한 방법으로 검사를 실시하였다.

(1) 복합적 훈련 그룹

복합적 훈련 그룹은 균형 훈련과 플라이오메트릭 훈련으로 구성되었다. 복합적 훈련 그룹의 균형 훈련은 Verhagen 등 (2004)과 Gioftsidou 등 (2012)의 훈련을 변형하여 8주간 주3회 20분씩 실시하였다. 훈련은 무릎을 완전히 편 상태와 약간 굽힌 상태로 나뉘어 수행되었고 안정적인 바닥에서 불안정한 발목 원판으로 점진적으로 난이도를 높였다(Table 2).

복합적 훈련 그룹의 플라이오메트릭 훈련은 Cone Zigzag, Backward running, Countermovement jump, Agility ladder drill, Side hop, Alternate leg bounding, Sprint로 구성되었고<Figure 1>, 균형훈련을 마친 후 20분씩 실시하였다. 가능한 빠르고 폭발적으로 수행하도록 감독하였다.

Table 1. General characteristics of subjects

	Group I	Group II	Group III
Age (years)	19.7±0.9	19.6±0.8	19.8±0.9
Height (cm)	175.6±6.0	177.0±5.0	176.7±6.6
Weight (kg)	68.4±4.4	72.4±4.2	70.4±4.9

Group I: Combine training group
Group II: Balance training group
Group III: Control group

Table 2. Method of balance training

Stable surface	Full extension position	One leg standing (3 reps of 1min) Heading (2 reps of 1min) Leg passing (2 reps of 1min)
	Semisquat position	Heading and leg passing alternate (1 reps of 1min) Control and leg passing (1 reps of 1min)
Unstable surface (Using ankle disc)	Full extension position	One leg standing (3 reps of 1min) Heading (2 reps of 1min) Leg passing (2 reps of 1min)
	Semisquat position	Heading and leg passing alternate (1 reps of 1min) Control and leg passing (1 reps of 1min)

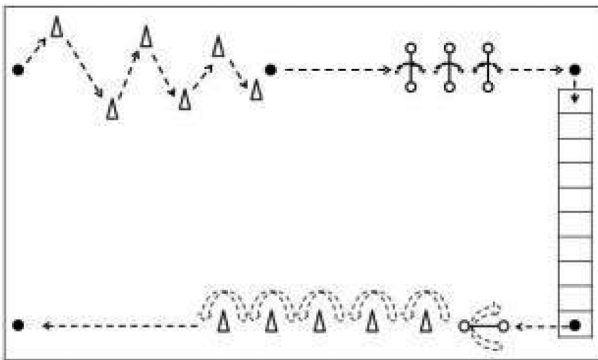


Figure 1. Method of plyometric training

(2) 균형훈련 그룹

균형 훈련 그룹은 Verhagen 등 (2004)과 Gioftsidou 등 (2012)의 훈련을 변형하여 균형 훈련만을 8주간 주3회 40분씩 실시하였다(Table 2).

(3) 대조군

대조군은 별도의 신경근 훈련 없이 8주간 주3회 40분씩 트랙에서 달리기만을 실시하였다.

3. 측정 방법

(1) 자세조절 측정

자세조절 능력의 측정을 위해 Biorescue (RM Ingenierie, France)을 사용하였다. 이 장비는 이동이 가능한 사각형의 기립용 힘판으로 구성되어 있고, 힘판 위에는 적절한 발의 위치를 위해서 눈금자가 표시되어있다. 검사 방법은 자세 조절 측정을 위해 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태로 힘판 위에 서서 30초간 한발로 서기를 수행하는 동안 신체 중심 이동면적을 측정하였다. 모든 평가는 3회 측정하여 얻은 결과 값의 평균값을 이용하였다.

(2) 점프 수행력 측정

점프 수행력은 G-jump (BTS, Italy)를 이용하여 측정하였다.

G-jump의 측정은 G-sensor를 벨트에 고정하고 요추 5번 부위에 착용 후 점프 높이를 측정하였다. 점프는 역학적 특성에 따라 분류되었고 각기 다른 신장-단축 주기를 갖는 Counter movement jump (CMJ)와 Counter movement jump with arm swing (CMJA)을 측정하였다(Lee & Ju, 2006; Markovic, 2007). 모든 평가는 3회 측정하여 얻은 값의 평균값을 이용했으며 측정된 높이는 G-studio를 통하여 분석하였다.

4. 자료 분석

측정된 자료는 SPSS 18.0(IBM, USA)을 이용하여 통계처리 하였으며, 세 집단 간의 정규성 검증을 위해 일원 분산분석(one-way ANOVA)을 시행하였고, 중재방법에 따른 그룹 간 자세조절 능력과 점프 수행력의 차이를 검증하기 위해 공분산분석(ANCOVA)을 이용하여 분석하였다. 사후검정으로 Bonferroni 검정을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 자세조절 능력 비교

그룹 간 중재 전과 후 눈을 뜬 상태에서 자세 조절 능력의 비교에서 그룹 I과 그룹 II가 대조군과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다. Bonferroni 사후검정 결과 그룹 I과 그룹 II가 대조군보다 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며($p<0.05$), 그룹 I과 그룹 II의 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

그룹 간 중재 전과 후 눈을 감은 상태에서 자세조절 능력의 비교에서 그룹 I과 그룹 II가 대조군과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다. Bonferroni 사후검정 결과 그룹 I과 그룹 II가 대조군과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며($p<0.05$), 그룹 I과 그룹 II의 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

Table 3. Comparison of postural control among subject group (unit: cm²)

		Group I (n=11)		Group II (n=11)		Group III (n=11)		F	P	Post-hoc
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post			
Surface area ellipse	Eyes open	26.30±2.49	20.30±1.21	26.13±2.01	19.64±1.40	26.08±4.04	25.95±1.10	89.92	0.04	Group I > Group III* Group II > Group III*
	Eyes closed	152.86±11.03	115.52±5.69	150.98±11.87	112.63±7.49	153.93±10.84	146.44±6.28			

P<.05*

Group I: Combine training group

Group II: Balance training group

Group III: Control group

Table 4. Comparison of jump performance among subject group (unit: cm)

		Group 1 (n=11)		Group 2 (n=11)		Group 3 (n=11)		F	P	Post-hoc
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post			
CMJ		44.43±3.69	50.66±3.77	46.27±4.92	49.20±4.60	44.28±4.26	46.13±3.70	3.36	0.05	Group I > Group III* Group II > Group III* Group I > Group II†
CMJA		55.87±6.34	62.84±5.37	54.40±6.29	60.44±5.07	56.92±3.72	57.56±2.23			

P<.05*, P<.01†

Group I: Combine training group

Group II: Balance training group

Group III: Control group

2. 점프 수행력 비교

그룹 간 중재 전과 후 CMJ 수행력 비교에서 그룹 I과 그룹 II가 대조군과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다. Bonferroni 사후검정 결과 그룹 I과 그룹 II가 대조군과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며(p<.05), 그룹 I이 그룹 II와 비교하여 통계학적으로 더 유의하였다(p<.01).

그룹 간 중재 전과 후 CMJA 비교에서 그룹 I과 그룹 II가 대조군과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다. Bonferroni 사후검정 결과 그룹 I과 그룹 II가 대조군과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며(p<.05), 그룹 I과 그룹 II의 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

IV. 논 의

신경근 훈련은 발목손상을 포함한 부상 후 손상된 신경근 요소의 향상을 통해 부상 재발 방지 및 수행력 향상을 이끌어 내기 위한 효과적인 중재도구로 알려져 있다. 그러나 기능적 발목 불안정성 축구선수에게 어떠한 신경근 훈련의 구성이 가장 효과적인지는 알려져 있지 않다. 이에 따라 본 연구는 기능적 불안정성 축구선수를 대상으로 다

르게 구성된 신경근 훈련을 적용 후 균형과 점프수행력을 측정하여 효과에 대해서 비교해보고 그 효과들이 기능적 발목 불안정성 축구선수들에게 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

Rozzi 등 (1999)의 연구에서 4주간의 균형훈련은 건강한 사람과 기능적발목불안정성 환자들 모두에게 자세조절과 기능의 유의한 향상을 일으켰고, 그 결과 기능적 발목 안정성이 향상되었다고 보고하였다.

Wester 등 (1996)의 연구는 스포츠 활동을 즐기는 일차적 발목염좌를 겪은 환자들에게 염좌 발생 1주일 후부터 12주 간 흔들림 판에서의 균형훈련을 중재하였고, 발목염좌 후 기능적 발목불안정성으로 이어지는 환자의 수가 감소하였다고 보고하였다.

이러한 결과는 스포츠 현장에서 발목 부상 과거력을 지닌 환자들의 지속적인 재발을 예방하기 위한 신속하고 지속적인 신경근 훈련의 필요성을 나타낸다.

본 연구에서도 복합적 훈련 그룹과 균형 훈련 그룹이 대조군과 비교하여 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 중재 전과 후 자세 조절 능력의 유의한 향상을 볼 수 있었다.

발목의 기계적 수용기의 기능 향상은 신경근 조절의 회복을 일으켜 고유수용성 감각을 증진시키고, 피드백 회로의 재형성을 통해 발목을 안정적인 상태로 회복할 수 있는 긍정적인 요인이라고 하였다(Rozzie et al., 1999). 신

경근 훈련은 자세 조절동안 근육 신장반사와 같은 척수 반사 흥분성을 억제하여, 불안정한 움직임을 줄이고 각각의 스포츠가 요구하는 균형을 향상시킨다(Taube, Gruber, & Gollhofer, 2008).

본 연구의 사후 검증 결과, 자세 조절 능력에 대한 복합적 훈련 그룹과 자세조절 훈련 그룹 간에 유의한 차이는 없었다.

Kean, Behm과 Young (2006)의 연구결과에서 균형운동 그룹은 정적균형에서 유의한 향상을 보였던 반면, 플라이오메트릭 그룹은 유의한 변화를 얻지 못했다. 이 결과는 운동 특이성의 개념에 따라 플라이오메트릭 그룹에 자세 조절 향상이라는 운동전이가 일어나지 않은 것이라고 여겨진다.

본 연구는 균형능력에 대한 신경근 중재방법에 따른 효과를 비교해보고자 하였으며, 복합적 훈련 그룹과 균형 훈련 그룹 간 유의한 차이가 없었다. 플라이오메트릭 훈련의 효과는 자세조절 향상에 대해 큰 영향을 미치지 않았다.

Myer, Ford, Brent와 Hewett (2006)의 연구는 균형훈련 군과 플라이오메트릭 군의 점프높이를 측정했으며, 두 그룹 모두 유의한 상승을 보였고 그룹 간의 유의한 차이는 없었다. 또, Gruber와 Gollhofer (2004)와 Gruber 등 (2007)의 연구에서는 4주의 균형훈련이 점프에 영향을 미치는 무릎 펌근과 발바닥 굽힘근의 힘발생율(Rate of force develop)에 유의한 향상을 일으켰다고 보고했다. 이러한 결과는 균형 훈련도 수직점프의 향상에 영향을 줄 수 있음을 시사한다. 힘발생율의 향상은 사지의 빠른 운동이 요구될 때, 근육의 초기 수축기에 높은 근력 수준에 도달할 수 있게 한다(Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, & Dyhre-Poulsen, 2002).

본 연구에서 복합적 훈련과 균형훈련을 중재한 실험군이 대조군과 비교하여 두 가지 점프 높이에 유의한 향상을 보였다.

Zech 등 (2010)은 운동선수와 비-운동선수에게 균형훈련이 근력향상에 미치는 차이를 기술하였고 비-운동선수들과 달리 운동선수들에게는 근력 향상이 일어나지 않는다고 하였다. 이러한 결과들을 미루어볼 때 운동선수들은 비-운동 선수들과 비교하여 더욱 발달된 운동수행능력을 가지며 더 높은 강도의 훈련이 필요할 것으로 사료되지만, 본 연구의 대상자들은 운동선수임에도 불구하고 두 가지 점프의 유의한 향상을 나타내었다.

이는 기능적 발목 불안정성 환자들이 가진 특성 때문으로 보인다. 기능적 발목 불안정성 환자들은 점프와 관련된 발바닥 굽힘근의 편심성 근력 출력 기능의 손상을 보인다(Fox, Docherty, Schrader, & Applegate, 2008). 균형훈련은 이와 연관된 근육군의 근력 출력 기전에 유의한 향상을

을 나타내었다(Gruber & Gollhofer, 2004; Gruber et al., 2007). 이와 같은 점을 미루어보아 자세조절 훈련 그룹이 갖는 점프 높이 향상은 균형훈련이 기능적 불안정성 축구 선수들이 갖는 손상된 근육 출력 기능에 긍정적 영향을 미친 것으로 사료된다.

Kean 등 (2005)의 연구에서 균형훈련 그룹은 CMJ의 높이의 유의한 증가를 보인 반면에 20 cm의 장애물을 사용한 저항도 플라이오메트릭 훈련 그룹은 유의한 결과를 만들지 못했다.

본 연구의 사후 검증 결과, CMJ에 대한 복합적 훈련 그룹과 균형 훈련 그룹 간 비교는 유의성을 보였다. 이는 복합적 훈련 그룹이 CMJ 높이 향상에 균형훈련 그룹보다 효과적임을 의미한다. 이는 복합적 훈련 그룹에서 중재한 최대 강도 플라이오 메트릭 훈련이 영향을 미쳤다고 할 수 있다.

Salles, Baltzopoulos와 Rittweger (2011)에 따르면 최대 하 점프시 근육 파위는 주로 종아리에서 발생하며, 최대 점프를 위한 기계적 에너지는 대부분 허벅지와 엉덩이 근육에서 나온다고 하였다. 본 연구의 복합적 훈련 그룹에 포함된 플라이오메트릭훈련에서는 최대 강도의 점프를 유발할 수 있도록 설계되었고, CMJ 높이의 향상을 유발했을 것이라 생각된다.

본 연구결과, 복합적 훈련 그룹과 자세 조절 훈련 그룹은 대조군과 비교하여 기능적 발목 불안정성 축구선수의 자세 조절과 점프수행력에 유의한 향상을 보였고, 복합적 훈련은 CMJ 높이 향상에 보다 효과적이었다.

이와 같은 결과는, 균형 훈련과 플라이오메트릭 훈련으로 구성된 복합적 훈련이 기능적 발목 불안정성을 가진 축구 선수들의 균형과 점프 수행력 향상을 위해 사용되어질 수 있음을 보인다. 또한 본 연구는 한 지역의 선수들로 구성되어 지역적 제한을 갖으며, 표본 집단의 수가 적어 큰 통계적 유의성을 지니기 어렵다는 제한점이 있다.

앞으로 본 연구를 바탕으로 효율적인 기능적 발목불안정성 선수 관리를 위해 다양하게 구성된 신경근 훈련의 효과에 대해 더욱 체계적인 연구들이 필요하다.

V. 결 론

8주간의 자세 조절 훈련과 복합적 신경근 훈련은 통제 그룹과 비교해 기능적 발목 불안정성 축구선수의 균형과 점프 수행력에 유의한 향상을 보였다. 복합적 신경근 훈련은 CMJ 점프에서 자세조절 훈련 그룹보다 효과적이었다. 앞으로 본 연구를 바탕으로 효율적인 기능적 발목불안정성 선수의 관리를 위해 다양하게 구성된 신경근 훈련 효과에 대해 더욱 체계적인 연구들이 필요하다.

참고문헌

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318-1326.
- Attenborough, A. S., Hiller, C. E., Smith, R. M., Stuelcken, M., Greene, A., & Sinclair, P. J. (2014). Chronic Ankle Instability in Sporting Populations. *Sports Medicine*, 1-12.
- Boucher, P., Teasdale, N., Courtemanche, R., Bard, C., & Fleury, M. (1995). Postural stability in diabetic polyneuropathy. *Diabetes Care*, 18(5), 638-645.
- Brotzman, S. B., Manske, R. C., & Daugherty, K. (2011). *Clinical orthopaedic rehabilitation: an evidence-based approach*. 3th Edition. Philadelphia: Elsevier Health Sciences.
- Buchanan, A. S., Docherty, C. L., & Schrader, J. (2008). Functional performance testing in participants with functional ankle instability and in a healthy control group. *Journal of Athletic Training*, 43(4), 342.
- Fox, J., Docherty, C. L., Schrader, J., & Applegate, T. (2008). Eccentric plantar-flexor torque deficits in participants with functional ankle instability. *Journal of Athletic Training*, 43(1), 51.
- Garstecki, M. A., Latin, R. W., & Cuppett, M. M. (2004). Comparison of selected physical fitness and performance variables between NCAA Division I and II football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 292-297.
- Gioftsidou, A., Malliou, P., Pafis, G., Beneka, A., Tsapralis, K., Sofokleous, P., Kouli, O., Roka, S., & Godolias, G. (2012). Balance training programs for soccer injuries prevention. *The journal of Human Sports & Exercise*, 7(3), 639-647
- Gruber, M., & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European journal of applied physiology*, 92(1-2), 98-105.
- Gruber, M., Gruber, S. B., Taube, W., Schubert, M., Beck, S. C., & Gollhofer, A. (2007). Differential effects of ballistic versus sensorimotor training on rate of force development and neural activation in humans. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 274-282.
- Hale, S. A., & Hertel, J. (2005). Reliability and sensitivity of the Foot and Ankle Disability Index in subjects with chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training*, 40(1), 35.
- Hall, M., Hinman, R. S., Wrigley, T. V., Roos, E. M., Hodges, P. W., Staples, M., & Bennell, K. L. (2012). The effects of neuromuscular exercise on medial knee joint load postarthroscopic partial medial meniscectomy: 'SCOPEX' a randomised control trial protocol. *BMC musculoskeletal disorders*, 13(1), 233.
- Hertel, J. (2002). Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of Athletic Training*, 37(4), 364.
- Hubbard, T. J., & Kaminski, T. W. (2002). Kinesthesia is not affected by functional ankle instability status. *Journal of Athletic Training*, 37(4), 481.
- Kean, C. O., Behm, D. G., & Young, W. B. (2006). Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5(1), 138.
- Lee, H. S., Ju, M. D. (2006) The biomechanic analysis of various vertical jumps according to gender of high school students. *Korean Journal of Sports Biomechanics*, 6(4), 1-12
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349-355.
- Mohammadi, F. (2007). Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(6), 922-926.
- Myer, G. D., Ford, K. R., McLean, S. G., & Hewett, T. E. (2006). The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 445-455.
- Myer, G. D., Ford, K. R., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2006). The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 345-353.
- Paillard, T., Noe, F., Riviere, T., Marion, V., Montoya, R., & Dupui, P. (2006). Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *Journal of Athletic Training*, 41(2), 172.
- Rozzi, S. L., Lephart, S. M., Sterner, R., & Kuligowski, L. (1999). Balance training for persons with functionally unstable ankles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 29(8), 478-486.
- Salles, A. S., Baltzopoulos, V., & Rittweger, J. (2011). Differential effects of countermovement magnitude and volitional effort on vertical jumping. *European journal of Applied Physiology*, 111(3), 441-448.
- Taube, W., Gruber, M., & Gollhofer, A. (2008). Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica*, 193(2), 101-116.
- Tropp, H. (2002). Commentary: functional ankle instability revisited. *Journal of Athletic Training*, 37(4), 512.
- Verhagen, E., Van der Beek, A., Twisk, J., Bouter, L., Bahr, R., & Van Mechelen, W. (2004). The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains a prospective controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(6), 1385-1393.
- Wester, J. U., Jespersen, S. M., Nielsen, K. D., & Neumann, L. (1996). Wobble board training after partial sprains of the lateral ligaments of the ankle: a prospective randomized study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 23(5), 332-336.
- Yeung, M. S., Chan, K. M., So, C. H., & Yuan, W. Y. (1994). An epidemiological survey on ankle sprain. *British Journal of Sports Medicine*, 28(2), 112-116.
- Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer, K. (2010). Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. *Journal of Athletic Training*, 45(4), 392.