

Trampoline Exercise Improves Functional Performance in Young Adults with Ankle Instability

Ji-Seok Kim, Jong-Hee Kim*

Hanyang University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Received: January 23, 2018

Accepted: April 23, 2018

Published online: April 30, 2018

Keywords:

CAI
Functional performance
Lateral ankle sprain
Rehabilitation
Trampoline exercise



PURPOSE The purpose of this study was to examine the effect of trampoline exercise on functional performance in persons with chronic ankle instability.

METHODS A total of 24 college students were assigned to one of three groups: control (CON), ankle sprained without chronic ankle instability (NAI), and ankle sprained with chronic ankle instability (CAI). Both NAI and CAI exercised on the trampoline for 40-70 min, three times a week during six weeks. To determine ankle's functional performance, Romberg test, Y-balance test, Side hop test, Figure-of-8 hop test, and Square hop test were conducted both injured and uninjured sides of foot before and after exercise. The data were analyzed utilizing two-way repeated ANOVA.

RESULTS The result showed significant differences among groups and time in Romberg test(NI), Y-balance test posteromedial(NI), Y-balance test posteromedial(I), Y-balance test posterolateral(I), Figure-of-8 hop test(NI), Square hop test(NI), and Square hop test(I). The result showed a significant interaction in Romberg test(I), and there was a significant differences between time in Romberg test(I). There were significant differences according to time in Y-balance test front(NI), Y-balance test front(I), Y-balance test posterolateral(NI), Side hop test(NI), Side hop test(I), and Figure-of-8 hop test(I). Trampoline exercise significantly improved functional performance measures including static and dynamic balance, postural control, muscle strength, and proprioception although the positive effectiveness is differential depending on the degree of ankle instability.

CONCLUSIONS Our data demonstrate positive effects of rehabilitative trampoline exercise against impaired functional performance of ankle with instability.

© The Asian Society of Kinesiology and the Korean Academy of Kinesiology

서론

발목 염좌는 가장 빈번하게 발생하는 스포츠 손상 유형의 하나로(Mascaro & Swanson, 1994), 주로 발목 관절의 갑작스런 발바닥굽힘(plantarflexion)이나 안쪽번짐(inversion)으로 발목 외측 인대가 늘어나거나 찢기는 손상을 말한다(Balduini & Tetzlaff, 1982; Docherty et al., 2005). 발목 염

좌는 재발의 위험이 높은 손상으로 발목 염좌가 있는 사람들의 40~70%는 반복적인 발목 염좌로 인한(Verhagen et al., 1995; Gerber et al., 1998; McKay et al., 2001), 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability : CAI)을 경험한다(Hertel, 2000; Peters et al., 1991). 부상 초기의 적절한 치료와 중재의 부재, 앞정강근(tibialis anterior muscle)과 긴종아리근(peroneus longus muscle)의 근력 약화, 고유수용성 감각(proprioception) 기능의 저하, 그리고 발목의 재손상 등은 CAI의 발생 원인이 된다(Lentell et al., 1995).

CAI는 기계적 발목 불안정성(mechanical ankle instability: MAI)과 기능적 발목 불안정성(functional ankle in-

*Correspondence: Jong-Hee Kim, Hanyang University, Department of Physical Education, 303 Olympic Gymnasium 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, 04763, Korea.

E-mail address: carachel07@hanyang.ac.kr



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.kci.go.kr

stability: FAI)으로 구분된다(Hertel, 2000). MAI는 발목 인대 조직의 구조적 손상에 의해 발목 관절의 퇴행적 변화(degenerative changes)와 윤활액의 변화(synovial changes)를 동반하여 불안정성이 초래된 것을 말한다. 일반적으로, MAI는 전방 당김 검사(anterior drawer test), 내반 스트레스 검사(varus stress test), 방사선 검사(X-ray), 자기공명영상(MRI) 등을 통해 발목 인대의 이완 상태를 기준으로 판별한다. 한편, FAI는 발목 주변의 인대, 근육, 건의 고유수용성 감각 기능의 결여, 근력 약화, 그리고 협응력과 자세 조절 능력의 저하 등에 의하여 발생하며, 주로 발목 염좌의 재발(recurrence)이나 발목의 휘청거림(giving way) 등을 기준으로 판별한다.

발목 염좌의 재발을 최소화하고, CAI로 전이되는 것을 사전에 예방하기 위해서는 주로 손상 초기에 POLICE(Protection, Optimum Loading, Ice, Compression, Elevation) 요법, 물리치료, 목발과 보조기 착용, 약물 투여, 운동 요법과 같은 보존적 치료 방법이 이용된다. 또한, 다양한 보존적 치료에도 불구하고 증세가 호전되지 않는 경우나 손상 후 장기간 방치하여 증세가 더 악화되는 경우에는 환자 개인의 상태에 따라 인대 재건술(ligament reconstruction)과 같은 외과적 처치가 시행되기도 한다. 하지만, 보존적 치료 방법이나 외과적 처치를 통해 증상이 완화되어도, 손상으로 인한 기능적인 문제가 여전히 남아있는 경우가 빈번하다. 재활 운동은 발목의 불안정성을 개선하고 기능적 수행능력(functional performance)을 회복하는데 반드시 필요하다(Zech et al., 2009). 또한, 재활 운동의 목적은 부상을 입기 전과 동일하거나 그 이상의 기능적 수행능력을 회복하는 것이므로(Seung Hee & Shin Eon, 2011), 기능적 수행능력은 성공적인 재활의 가장 중요한 지표가 된다. 따라서, CAI를 가지고 있는 환자들의 재활 운동과 평가는 발목의 기능적 움직임에 반드시 고려해야 한다(Docherty et al., 2005).

CAI 환자들을 위한 재활운동은 발목 주위의 근력 강화 운동, 운동감각 기능의 향상을 위한 고유수용성 감각 운동, 자세 조절 능력의 호전을 목표로 하는 평형성 운동, 신경근 회복 운동 등이 권장된다(Eils & Rosenbaum, 2001; Sefton et al., 2011). 재활 운동의 형태는 도구 없이 한 발로서기와 같은 균형 운동에서부터 흔들판(wobble board), 듀라디스크(dura disc), 뱍스 보드(baps board), 트램폴린(trampoline), 세라밴드(thera-band) 등의 기구를 사용하는 균형 운동에 이르기까지 매우 다양하다.(Kaminski et al., 2003;

Kidgell et al., 2007; McKeon et al., 2008; Cha & Kim, 2009; Doherty et al., 2017). 여러 선행연구들은 불안정한 지면에서의 균형 운동이 근력, 평형성, 자세 진동 등에 긍정적인 영향을 주어 근신경계의 통합에 효과적임을 보고하였다(Richie, 2001; Mettler et al., 2015). Mckenzie et al(1985)은 재활 운동 시 에너지를 흡수하는 기구를 사용하는 것이 인체의 충격력(impact force)을 감소시켜 손상 부위의 부담을 최소화하는 장점이 있다고 하였다.

특히, 트램폴린 운동은 스프링의 탄력과 반동을 이용하는 운동으로, 신체 균형 감각과 하지 근력, 그리고 발목의 유연성을 증진시키는 데 효과적이다. 또한, 트램폴린 운동은 참여자들의 운동 흥미를 강하게 유발함과 동시에 종합적인 신체 기능을 향상시키고, 고유수용성 감각과 관절위치 감각을 회복하는데 유용하다(Schlosser, 1997). Cha & Kim (2009)은 발목 불안정성이 있는 학생을 대상으로 뱍스 보드 운동과 트램폴린 운동이 정적 평형성과 동적 평형성에 유의한 향상을 나타냈다고 하였으며, Elis & Rosenbaum (2001)은 트램폴린을 포함한 복합 재활 운동이 발목 불안정성 환자들에게 관절 위치 감각(joint position sense), 자세 동요(postural sway), 근 반응 시간(muscle reaction time)을 향상시키고, Kidgell et al. (2007)은 트램폴린 운동이 자세 조절 능력(postural control) 증진에 효과적임을 규명하였다.

하지만, CAI 환자들의 발목 불안정성 정도를 고려하여 트램폴린 재활 운동의 독립적인 효과를 비교한 연구는 없으며, CAI 환자를 위한 세부적인 트램폴린 재활 운동 프로그램을 제시하고, 발목의 건측(uninjured side)과 환측(injured side)을 포함한 종합적인 기능적 수행능력에 미치는 영향을 분석한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 트램폴린 운동이 발목 불안정성에 따른 기능적 수행능력에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

연구방법

연구대상

본 연구의 대상은 서울에 소재한 H대학에 재학 중인 20대 대학생으로 사전에 연구의 취지 및 내용을 충분히 듣고 연구에 동의한 참여자를 대상으로 하였다. 먼저 자발적으로 참여의사를 밝힌 대상자들을 사전 모집하여 국제 발목 컨소시엄(international ankle consortium)에서 제시하는 CAI 환자 모집에 대한 최소한의 표준 선정 기준 및 배

제 기준(Gribble et al., 2016; Gribble et al., 2014)을 바탕으로 세 가지의 발목 불안정성 검사지(AII, IdFAI, CAIT)를 통해 24명을 최종 선정하였다. 통제군으로는 발목 염좌를 한 번도 경험하지 않은 집단(CON, n=8), 운동군으로는 발목 염좌가 있었지만 현재 발목의 안정성이 있는 것으로 판별된 집단(NAI, n=6)과 발목 염좌가 있었고 현재 발목의 불안정성이 있는 것으로 판별된 집단(CAI, n=10)으로 분류하여 진행하였다. 본 연구의 모든 과정은 H대학교 기관생명윤리위원회(IRB)에 사전승인(HYI-16-073-2)을 받은 후에 실시하였으며, 사전 실험 및 본 실험은 2016년 6월부터 2016년 12월까지 실시되었다. 피험자들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

실험설계 및 절차

트램폴린 운동 강도는 운동자각도 측정지수(Rating of Perceived Exertion: RPE), 즉 실험 참여자들이 자각하는 강도를 고려하여 운동을 수행하도록 하였다. 트램폴린의 운동 강도는 1~2주는 저강도(RPE: 9-10, very light), 3~4주는 저중강도(RPE: 11-12, fairly light), 5~6주는 중등강도(RPE: 13-14, somewhat hard)로 총 6주간 주 3회씩 실시하였다. 운동 처치는 CAI 환자 및 운동용 트램폴린(Jumping Fitness사의 Jumping PROFI)을 처음 접해보는 것을 고려하여 가벼운 강도의 트램폴린 운동 적응기간(1주간, 주 3회, 40분)을 두었다. 또한, 트램폴린에 손잡이를 장착하여 운동 중 안전을 고려하였다. 트램폴린 운동 프로그램은 Tawney & Gast(1984)의 운동 프로그램을 본 연구의 목적에 맞게 동작을 추가하고 변형하여 basic motion, jogging, stomping, left/right leg balance, combined balance, rebound, scissors, one on one, two on two의 10개 동작을 운동 시간과 운동 박자를 조절하여 실시하였다. 운동은 준비운동 5분, 본 운동(저강도 30분, 저중강도 45분, 중강도 60분) 정리운동 5분

으로 회당 40-70분간 실시하였다. 트램폴린 운동은 동일한 지도자의 지도하에 음악 및 박자에 맞추어 그룹운동의 형태로 수행되었다.

측정항목 및 방법

발목의 기능적 수행능력을 측정하기 위하여 Romberg test, Y-balance test, Side hop test, Figure-of-8 hop test, Square hop test를 실시하였다. 그리고 모든 측정 변인은 건측과 환측을 구분하여 측정하였다. 통제군의 건측과 환측은 자신이 우세하다고 응답한 발을 건측으로, 나머지 발을 환측으로 설정하여 측정하였다. Y-balance test는 2회, 그리고 그 이외의 검사는 각 3회씩 측정값의 평균을 측정값으로 사용하였다.

Romberg test Romberg test는 정적 평형성과 자세 조절 능력을 평가하기 위한 검사로, 검사의 측정자 간 신뢰도는 ICC=.99 이고, 측정자 내 신뢰도는 ICC=.90-.91로 높다(Franchignoni et al., 1998). 피험자는 양손을 허리에 두고 한 쪽 다리는 들어서 엉덩관절(hip joint)과 무릎관절(knee joint)을 90° 로 굽힘(flexion) 자세에서 한 발로 선 다음 시작 신호와 함께 눈을 감고 최대한 오랜 시간 동안 균형을 유지하는 시간을 측정하였다(Khasnis & Gokula, 2003). 검사 종료는 피험자의 다리가 무릎에서 떨어져 지면에 닿는 경우나, 균형을 잃고 심하게 흔들리는 경우로 하며, 측정값은 0.01초(sec) 단위로 기록하였다.

Y-balance test Y-balance test는 하지의 동적 평형성을 포함한 기능적 수행능력을 평가하기 위해 개발된 도구인 Star Excursion Balance Test(SEBT)의 8개 방향 중에서 CAI를 가진 피험자를 판정하는 데 높은 신뢰도를 지닌 것으로 알려진 3개 방향인 전방(front), 후내측(posteromedial), 후외측(posterolateral)을 측정하는 검사이다. 검사의 측정자 간 신뢰도와 측정자 내 신뢰도가 각각 ICC=.85-.89와 ICC=.99-1.00로 높은 신뢰도를 가지고 있다(Plisky et al., 2009). 테이프를 이용하여 전방의 일직선을 기준으로 양쪽으로 135° 가 되는 곳에 Y자가 되도록 후내측과 후외측을 표시하고, 중앙선에서 피험자가 다리를 내딛은 점까지의 거리를 cm 단위로 측정하였다. 학습효과를 최소화하기 위해 각 방향마다 2회의 연습 후 측정하였다. 디딤발이 지면에서 들리거나, 균형을 잡기 위해 내딛은 발로 지면을 지지하는 경우, 발을 내딛은 후 다시 시작자세로 돌

Table 1. Physical characteristic of subjects (M±SEM)

Group	Height (cm)	Weight (kg)	Age (yr)
CON(n=8; male:6, female: 2)	172.59±2.38	66.45±3.58	21.40±0.55
NAI(n=6; male: 5, female: 1)	169.27±1.83	66.85±6.31	21.45±0.87
CAI(n=10; male: 7, female: 3)	172.54±2.48	73.50±4.37	22.62±1.00

아오지 못하는 경우에는 실패로 간주하고 재측정하였다.

Side hop test Side hop test는 발목의 관상면(frontal plane)과 횡단면(transverse plane)에서 일어나는 안쪽번짐(inversion)과 가쪽번짐(eversion)의 방향전환능력을 평가하기 위한 검사로, 측정자 간 신뢰도는 ICC=.87-.93이고, 측정자 내 신뢰도는 ICC=.84로 높다(Docherty et al., 2005; Gustavsson et al., 2006). 한 발로 30cm 간격의 선을 좌우로 뛰어넘었다가 다시 원위치로 돌아오는 것을 1회로 하여 최대한 빠르게 10회 반복 수행하는 시간을 0.01초(sec) 단위까지 기록하였다. 만일 선을 밟았을 시, 반칙 처리하고 30초 뒤 재측정하였다.

Figure-of-8 hop test Figure-of-8 hop test는 발목의 관상면과 횡단면에서 일어나는 안쪽번짐과 가쪽번짐, 그리고 안쪽돌림(medial rotation)과 가쪽돌림(lateral rotation)의 방향전환능력을 평가하기 위한 검사로, 측정자 간 신뢰도는 ICC.96-.98이고, 측정자 내 신뢰도는 ICC=.95로 신뢰도가 높다(Caffrey et al., 2009; Mohammadi et al., 2015). 5m 간격으로 훈련용 콘(training cone)을 일직선으로 배치한 후, 한 발로 8자 모양을 그리며 콘을 가로질러와 출발 지점으로 돌아온 시간을 0.01초(sec) 단위로 기록하였다. 반대쪽 발이 지면에 닿는 경우, 넘어지는 경우, 콘을 쓰러트리는 경우는 실패로 간주하고 30초간 휴식 후 재측정하였다.

Square hop test Square hop test는 관상면과 시상면(sagittal plane)에서의 종합적인 발목관절의 움직임과 방향전환능력을 평가하기 위한 검사로, 측정자 간 및 측정자 내 신뢰도는 각각 ICC=.85, ICC=.90으로, 신뢰도가 높

은 검사다(Caffrey et al., 2009; Gustavsson et al., 2006). 한 면이 40cm인 정사각형 바깥에 한 발로 선다. 그리고 각 사면을 밖에서 안으로, 안에서 밖으로 넘나드는 동작을 반복 후 시작점으로 돌아오는 것을 2번 연이어 수행한 시간을 0.01초(sec) 단위로 기록하였다. 오른발은 시계방향, 왼발은 반시계 방향으로 수행하였다. 반대 발이 지면에 닿거나, 반대 방향으로 뛰거나, 선을 밟은 경우에는 간주하고 30초 후에 재측정하였다.

자료처리방법

본 연구는 Windows용 SPSS version 21.0을 활용하여 측정된 자료의 분석을 실시하였다. 기술 통계값은 평균과 표준오차(standard error of mean : SEM)로 제시하였고, 효과크기를 부분 에타 제곱(partial eta squared)으로 제시하였다. 세 집단 간, 그리고 두 시기 간의 차이를 분석하기 위하여 반복 이원분산분석을 실시하였다. 집단과 시기의 주효과 또는 집단과 시기의 유의한 상호작용이 나타났을 경우, 집단 내 시기 간의 차이는 종속 t-검증을, 집단 간 차이는 일원변량분석으로 검증하였고, 사후검사로 Bonferroni를 사용하였다. 통계처리에 대한 유의 수준(a)은 .05로 설정하였다.

결과

<Table 2>는 집단 및 시기에 따른 Romberg test의 변화를 검증한 결과이다. 건축 기록은 집단과 시기에서 유의한 차이가 나타났다. 사후검증 결과, CAI 집단이 CON 집단과 NAI 집단에 비해 유의하게 낮았고, 운동 후에 유의하게 높았다. 환측 기록은 집단과 시기의 상호작용효과와 시기에서 유의한 차이가 나타났다. 이는 발목 불안정성이

Table 2. The change of Romberg test score in both sides of foot (M±SEM)

Variables	Group	Pre test	Post test		F	post hoc	η^2
Romberg test(NI) (sec)	CON①	37.60±4.55	41.30±5.18	group(G)	6.164**	①=②<③	.19
	NAI②	35.79±10.87	64.08±1.34	time(T)	10.272**	pre<post	.16
	CAI③	22.71±6.02	36.35±10.26	(G) × (T)	2.264	-----	.08
Romberg test(I) (sec)	CON①	34.58±3.49	32.11±3.34	group(G)	3.005	-----	.10
	NAI②	24.66±1.93	34.36±4.02	time(T)	6.482*	pre<post	.11
	CAI③	13.91±2.06	32.60±7.49	(G) × (T)	3.263*	①=②=③	.11

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001, CON: Control group, NAI: Injured and not CAI group, CAI: Injured and CAI group, I : injured side, NI : non-injured side

Table 3. The change of Y-balance test score in both sides of foot (M±SEM)

Variables	Group	Pre test	Post test		F	post hoc	η^2
Y-balance test 1(NI) (cm)	CON①	73.76±1.30	74.20±1.16	group(G)	16.695***	①<②=③	.38
	NAI②	83.04±0.15	85.32±0.80	time(T)	1.111	-	.02
	CAI③	81.70±2.79	83.93±3.25	(G) × (T)	0.148	-	.01
Y-balance test 1(I) (cm)	CON①	74.18±1.66	73.03±1.80	group(G)	21.758***	①<③<②	.45
	NAI②	79.27±0.43	83.90±0.97	time(T)	2.467	-	.04
	CAI③	76.57±0.95	77.75±0.89	(G) × (T)	2.871	-	.10
Y-balance test 2(NI) (cm)	CON①	90.26±2.19	95.81±1.89	group(G)	5.258**	①=②>③	.16
	NAI②	89.44±0.71	89.40±1.05	time(T)	4.221*	pre<post	.07
	CAI③	81.57±4.07	88.50±3.18	(G) × (T)	1.117	-	.04
Y-balance test 2(I) (cm)	CON①	88.62±1.81	91.38±1.44	group(G)	7.117**	①=②>③	.21
	NAI②	86.48±1.53	89.79±0.37	time(T)	5.446*	pre<post	.09
	CAI③	79.55±2.67	85.38±3.32	(G) × (T)	0.308	-	.01
Y-balance test 3(NI) (cm)	CON①	91.88±3.24	92.88±3.28	group(G)	7.190**	①>②=③	.21
	NAI②	84.42±0.27	86.68±1.17	time(T)	1.827	-	.03
	CAI③	79.36±3.11	85.13±3.50	(G) × (T)	0.411	-	.02
Y-balance test 3(I) (cm)	CON①	93.50±2.92	93.76±2.89	group(G)	13.175***	①>②=③	.33
	NAI②	80.10±1.75	85.56±2.05	time(T)	4.284*	pre<post	.07
	CAI③	75.66±2.92	84.20±3.86	(G) × (T)	1.108	-	.04

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001, CON: Control group, NAI: Injured and not CAI group, CAI: Injured and CAI group, 1 : front, 2 : posteromedial, 3 : posterolateral I : injured side, NI : non-injured side

클수록 정적 평형성이 낮은 것을 의미한다.

<Table 3>는 집단 및 시기에 따른 Y-balance test의 변화를 검증한 결과이다. 전방 기록은 건측과 환측 모두 집단에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 사후검증 결과, 전방에서는 CON 집단이 NAI 집단과 CAI 집단에 비해 기록이 유의하게 낮았다. 후내측 기록은 건측과 환측 모두 집단과 시기에 통계적으로 유의하게 나타났다. 사후검증 결과, 후내측에서는 CAI 집단이 CON 집단과 NAI 집단에 비해 기록이 유의하게 낮았으며, 운동 후에 유의하게 높아진 것으로 나타났다. 후외측 기록은 건측에서는 집단에서, 환측에서는 집단과 시기에 유의한 차이를 보였다. 사후검증 결과, 건측과 환측에서는 CON 집단이 NAI 집단과 CAI 집단에 비해 기록이 유의하게 높았으며, 환측

에서는 운동 후에 유의하게 향상된 것으로 나타났다. 이는 발목 불안정성이 클수록 하지 후내측 및 후외측의 동적 평형성의 저하가 나타나는 것을 의미한다.

<Table 4>는 집단 및 시기에 따른 Side hop test의 변화를 검증한 결과이다. 건측과 환측 기록 모두 집단에서만 유의한 차이가 나타났다. 사후검증 결과, CAI 집단이 CON 집단과 NAI 집단에 비해 기록이 유의하게 높았다.

<Table 5>는 집단 및 시기에 따른 Figure-of-8 hop test의 변화를 검증한 결과이다. 건측 기록은 집단과 시기에 유의한 차이가 나타났고, 환측 기록은 집단에서만 유의한 차이가 나타났다. 사후검증 결과, 건측에서는 CAI 집단이 CON 집단과 NAI 집단에 비해 높았으며, 운동 후에 유의하게 낮았다. 환측에서는 CON 집단이 NAI 집단과 CAI 집

Table 4. The change of Side hop test score in both sides of foot (M±SEM)

Variables	Group	Pre test	Post test		F	post hoc	η^2
Side hop test(NI) (sec)	CON①	9.55±0.12	9.54±0.28	group(G)	15.462***	①=②<③	.36
	NAI②	9.82±0.86	10.00±0.19	time(T)	0.214	-----	.00
	CAI③	11.61±0.41	11.05±0.62	(G) × (T)	0.633	-----	.02
Side hop test(I) (sec)	CON①	9.98±0.38	10.01±0.32	group(G)	12.889***	①=②<③	.32
	NAI②	9.86±0.63	9.49±0.60	time(T)	3.679	-----	.06
	CAI③	13.16±1.07	11.06±0.48	(G) × (T)	2.362	-----	.08

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001, CON: Control group, NAI: Injured and not CAI group, CAI: Injured and CAI group, I : injured side, NI : non-injured side

Table 5. The change of Figure-of-8 hop test score in both sides of foot (M±SEM)

Variables	Group	Pre test	Post test		F	post hoc	η^2
Figure-of-8 hop test(NI) (sec)	CON①	6.33±0.18	6.03±0.14	group(G)	9.965***	①=②<③	.27
	NAI②	7.20±0.11	6.21±0.77	time(T)	11.620***	pre>post	.18
	CAI③	7.92±0.56	6.90±0.29	(G) × (T)	1.095	-----	.04
Figure-of-8 hop test(I) (sec)	CON①	6.33±0.12	6.36±0.22	group(G)	10.180***	①<②=③	.27
	NAI②	7.16±0.10	6.62±0.93	time(T)	2.661	-----	.05
	CAI③	7.45±0.26	7.12±0.34	(G) × (T)	0.938	-----	.03

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001, CON: Control group, NAI: Injured and not CAI group, CAI: Injured and CAI group, I : injured side, NI : non-injured side

Table 6. The change of Square hop test score in both sides of foot (M±SEM)

Variables	Group	Pre test	Post test		F	post hoc	η^2
Square hop test(NI) (sec)	CON①	7.39±0.54	7.23±0.17	group(G)	15.274***	①<②<③	.36
	NAI②	8.17±0.21	7.59±0.21	time(T)	6.017*	pre>post	.10
	CAI③	8.76±0.30	8.22±0.33	(G) × (T)	0.607	-----	.02
Square hop test(I) (sec)	CON①	7.59±0.16	7.41±0.16	group(G)	21.788***	①=②<③	.45
	NAI②	8.06±0.13	7.65±0.14	time(T)	9.326**	pre>post	.15
	CAI③	9.24±0.37	8.33±0.13	(G) × (T)	1.712	-----	.06

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001, CON: Control group, NAI: Injured and not CAI group, CAI: Injured and CAI group, I : injured side, NI : non-injured side

단에 비해 유의하게 낮았다.

<Table 6>는 집단 및 시기에 따른 Square hop test의 변화를 검증한 결과이다. 건축과 환측 기록 모두 집단과 시기에 유의한 차이가 나타났다. 사후검증 결과, 건축에서는 CON 집단, NAI 집단, CAI 집단 순으로 기록이 유의하게 낮았고, 환측에서는 CAI집단이 CON집단과 NAI 집단에 비해 기록이 유의하게 높았다. 또한, 건축과 환측 모두 운동 전보다 운동 후에 기록이 유의하게 낮았다.

논 의

기능적 수행능력이란 다방향으로 협응된 움직임이 가

능하게 하는 능력으로 관절의 근력, 유연성, 평형성, 그리고 고유수용성 감각 등의 종합적인 기능이 연관된다(Demeritt et al., 2002). 특히, 발목의 기능적 수행능력은 주로 정적 평형성 검사(예: Romberg test), 동적 평형성 검사(예: Y-balance test), 한 발로 정해진 구간을 뛰는 형태의 호프 테스트(hop test)를 통해 평가한다(Sharma et al., 2011).

Caffrey et al. (2009)은 네 가지 hop test (6-meter crossover hop test, side hop test, figure-of-8 hop test, square hop test)를 통해 발목의 불안정성 집단과 안정성 집단을 비교한 결과, 불안정성 집단에서 기능적 결함이 나타난다고 하였으며, 건축과 환측의 기능적 수행능력의 비교에서는 유의한 차이가 나타나지 않는다고 보고하였다. Witchalls et al.

(2013)은 다른 형태의 기능적 수행능력 검사(dorsiflexion lunge test, hop-and hold landing stability test, hexagon hop test, joint position sense test)를 통해, 발목의 안정성이 낮을수록 운동 감각의 기능적 저하가 확연히 드러난다고 하였다.

본 연구에서는, 발목의 손상 여부와 불안정성 정도에 따른 발목의 기능적 수행능력을 측정된 결과, 발목이 불안정할수록 기능적 수행능력이 떨어지는 양상이 나타났다(side hop test를 제외한 모든 검사에서 차이가 나타났다). 건측과 환측의 유의한 차이도 나타나지 않아($p>.05$) 선행연구의 결과와 일치하였다. Cho et al. (2010)은 운동학적 변인들의 분석을 통해 FAI 환자들은 기능적 동작을 수행하는 과정에서 발목, 무릎, 그리고 엉덩 관절의 움직임에 제한을 받아 충분한 충격 흡수를 하지 못한다고 하였다. Ferger et al. (2015)은 기능적 수행능력 검사(Romberg test, y-balance test, modified side hop test, forward lunge) 수행 시 하지 근육(앞정강근, 긴종아리근, 가쪽 장딴지근, 넓다리골은근, 넓다리두갈래근, 중간볼기근)의 근활성도를 측정하여, 발목 불안정성 환자의 근활성도가 현저히 감소하는 것을 보고하였다. 또한, 발목 불안정성에 따른 운동 제어 능력의 감소는 운동 동원 패턴의 변화를 초래한다고 하였다. Gutierrez et al. (2012)은 발목 불안정성에 따라 착지 동작 시에 근육의 패턴을 분석하여 발목의 불안정성이 있는 집단에서는 긴종아리근의 활성도가 증가하고, 발목의 불안정성이 없는 집단에서는 앞정강근의 근활성도가 증가하는 것을 발견하였다. 운동 제어 능력의 회복과 향상을 위해서는 중추신경계의 정보 전달을 담당하는 고유수용성 감각의 강화가 요구되며(Riemann & Lephart, 2002), 기능적 수행능력의 평가를 통해 알 수 있다. 즉, 발목의 기능적 수행능력은 근신경계 조절 능력의 개선을 위한 중요한 척도이므로, 발목 손상에 대한 재활 프로그램을 적용하는 초기부터 기능적 수행능력의 회복은 필수적으로 고려되어야 한다. 발목의 불안정성 정도를 더 정확하게 파악하기 위해서는 일반인의 정상수치(baseline value)와의 비교가 요구되며, 이를 위해서는 정상인의 평균적인 기능적 수행능력에 대한 다양한 표본이 요구된다.

만성 발목 불안정성 환자들의 재활의 최종 목표는 부상을 당하기 전과 동일하거나, 그 이상의 발목 관절의 기능을 회복하는 것이다(Seung Hee & Shin Eon, 2011). 특히, FAI 환자들은 발목 외측 인대의 반복적인 상해에 따른 후유증으로 인해 통증, 관절가동범위(ROM)의 제한(Drewes

et al., 2009), 휘청거림과 같이 주관적으로 불안정한 느낌을 경험하게 된다(Hertel, 2000). 재활의 효과를 파악하는 것은 상해의 예방과 기능적 회복을 위해 필수적이며, 이를 제대로 파악하기 위해서는 단순한 정적 자세의 분석보다는 움직임이 포함된 기능적 수행능력의 측면에서의 분석이 이루어져야 한다(Feger et al., 2014).

본 연구의 결과는, 트램폴린 운동과 같은 불안정한 지면에서의 재활 운동이 자세 유지 및 조절 능력을 증진시키고, 감마 운동신경원을 자극하여 근방추의 민감성을 증가시켜 균형 능력을 향상시킨다는 선행 연구 결과(Granacher et al., 2006; Lim et al., 2010)와 부합하여, 트램폴린 운동이 FAI를 가지고 있는 피험자의 정적 평형성과 동적 평형성을 향상시켰다(Cha & Kim, 2009). 그리고 건측과 환측에서 모두 유의한 향상이 일어났다는 점에서 본 연구의 트램폴린 운동 프로그램은 발목의 회복에 그치지 않고 발목 손상을 예방하는 효과까지 있는 것으로 사료된다.

Plisky et al. (2006)은 Y-balance test를 통해 여자 고등학생 농구선수들의 양발의 후방 안정성을 평가하였다. 그 결과 양발의 차이가 4cm 이상일 경우에는 상해 위험이 2.5배나 높아진다고 하였다. 본 연구에서 실험군(NAI 집단, CAI 집단)의 Y-balance test 후외측에서 건측과 환측의 운동 전의 평균 차이는 각각 4.32cm, 3.70cm였다. 트램폴린 운동 후, 건측과 환측의 평균 차이는 각각 1.12cm, 0.93cm로 실험군의 후방 안정성은 개선된 것으로 해석할 수 있다. 또한, 이와 같은 결과는 트램폴린 운동이 근력, 평형성, 고유수용성 감각 등을 종합적으로 발달시켜 발목 관절의 외측에서 일어나는 부상의 가능성을 감소시키는 효과가 있는 것으로 사료된다.

선행 연구에서는 발목 재활을 위한 운동 프로그램의 기간으로 2주(Hoch et al., 2012), 4주(Hale et al., 2007), 6주(Sefton et al., 2011), 8주(Lee & Lin, 2008) 이상의 운동을 실시할 것을 권고하는 등 다양한 의견이 존재한다. 하지만, 많은 연구들이 운동 선수들을 대상으로 하거나, 발목 불안정성 정도에 따른 비교보다는 발목 불안정성 여부만을 고려하는 제한점을 보여왔고, 특정 운동을 어느 정도 수행해야 하는지가 확실하지 않기에 그에 대한 논의가 필요하다(Doherty et al., 2017).

본 연구에서는 트램폴린 운동 중에 강도를 개인에게 알맞도록 조절하고, 발목의 추가 손상을 예방하기 위하여 운동을 시작하는 시점부터 모든 피험자에게 운동 자

각도(RPE)를 그리고 운동 중에 환측의 통증이 있다고 응답한 모든 피험자에게는 시각 통증 척도(VAS)를 이용하여 평가하였다. 그 결과, 운동 중에 피험자들이 평균적으로 느끼는 강도는 1주차에 저장도(10.69)에서 6주차에는 중등강도(13.25)에 해당하였고, 평균적인 통증은 1주차에는 약한 통증(2.63), 6주차에는 약한 통증 (1.6)으로, 통증과 손상을 유발하지 않는 가벼운 수준임을 알 수 있었다 (data not shown). 이에 따라 6주 간의 트램폴린 운동은 그 운동강도가 점증적으로 높아진다고 할지라도, 발목 관절에 충격을 줄이면서 재손상을 방지하는 효과가 있는 것으로 볼 수 있으며, 발목 관절의 종합적인 기능적 수행능력을 증진시키는데 적절한 강도의 운동이라고 할 수 있다.

특히, Square hop test를 제외한 모든 검사에서 정상인과 비슷한 수준으로 회복된 것은 단순히 기능적 수행능력의 향상만 일어난 것이 아니고, 재활의 최종 목표에 근접하게 달성한 것으로 해석될 수 있으며, 본 연구에서 실시한 6주라는 운동 기간은 발목 손상의 회복에 적합한 것으로 사료된다.

결론

6주간의 트램폴린 운동은 정적 평형성과 동적 평형성을 포함한 발목의 종합적인 기능적 수행능력을 효과적으로 개선시키며, 발목의 불안정성 정도에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 운동 후에는 대부분의 검사에서 정상인의 수준까지 회복되는 것을 보여, 트램폴린 운동이 기능적 발목 불안정성이 있는 환자들의 재활에 긍정적인 역할을 하였다고 할 수 있다. 후속 연구에서는 근활성도 평가를 통해 발목 관절에 영향을 미치는 근육의 기능 및 기능적 수행능력과의 관계에 대한 분석이 이루어져야 할 것이다.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

Balduini, F., & Tetzlaff, J. (1982). Historical perspectives on injuries of the ligaments of the ankle. *Clinics in sports medicine*, 1(1), 3-12.

- Caffrey, E., Docherty, C. L., Schrader, J., & Klossner, J. (2009). The ability of 4 single-limb hopping tests to detect functional performance deficits in individuals with functional ankle instability. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 39(11), 799-806.
- Cha, S., & Kim, J. (2009). The effect of balance on functional ankle stability with ankle sprained patients. *Health & sports medicine*, 11(11), 73-83.
- Cho, J. H., Kim, K. H., Lee, H. D., & Lee, S. C. (2010). Effects of rehabilitation duration on lower limb joints biomechanics during drop landing in athletes with functional ankle instability. *Korean journal of sport biomechanics*, 20(4), 395-406.
- Demeritt, K. M., Shultz, S. J., Docherty, C. L., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2002). Chronic ankle instability does not affect lower extremity functional performance. *Journal of athletic training*, 37(4), 507.
- Docherty, C. L., Arnold, B. L., Gansneder, B. M., Hurwitz, S., & Gieck, J. (2005). Functional-performance deficits in volunteers with functional ankle instability. *Journal of athletic training*, 40(1), 30.
- Doherty, C., Bleakley, C., Delahunt, E., & Holden, S. (2017). Treatment and prevention of acute and recurrent ankle sprain: an overview of systematic reviews with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 51(2), 113-125.
- Drewes, L. K., McKeon, P. O., Kerrigan, D. C., & Hertel, J. (2009). Dorsiflexion deficit during jogging with chronic ankle instability. *Journal of science and medicine in sport*, 12(6), 685-687.
- Eils, E., & Rosenbaum, D. (2001). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Medicine & science in sports & exercise*, 33(12), 1991-1998.
- Feger, M. A., Donovan, L., Hart, J. M., & Hertel, J. (2014). Lower extremity muscle activation during functional exercises in patients with and without chronic ankle instability. *PM&R*, 6(7), 602-611.
- Feger, M. A., Donovan, L., Hart, J. M., & Hertel, J. (2015). Lower extremity muscle activation in patients with or without chronic ankle instability during walking. *Journal of*

- athletic training, 50(4), 350-357.
- Franchignoni, F., Tesio, L., Martino, M., & Ricupero, C. (1998). Reliability of four simple, quantitative tests of balance and mobility in healthy elderly females. *Aging-clinical and experimental research*, 10(1), 26-31.
- Gerber, J. P., Williams, G. N., Scoville, C. R., Arciero, R. A., & Taylor, D. C. (1998). Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population. *Foot & ankle international*, 19(10), 653-660. doi:10.1177/107110079801901002
- Granacher, U., Gollhofer, A., & Strass, D. (2006). Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. *Gait & posture*, 24(4), 459-466.
- Gribble, P. A., Bleakley, C. M., Caulfield, B. M., Docherty, C. L., Fouchet, F., Fong, D. T. P., & McKeon, P. O. (2016). 2016 Consensus statement of the international ankle consortium: prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *British journal of sports medicine*, bjsports-2016-096188.
- Gribble, P. A., Delahunt, E., Bleakley, C., Caulfield, B., Docherty, C., Fouchet, F., & Kaminski, T. (2014). Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the international ankle consortium. *British journal of sports medicine*, 48(13), 1014-1018.
- Gustavsson, A., Neeter, C., Thomeé, P., Silbernagel, K. G., Augustsson, J., Thomeé, R., & Karlsson, J. (2006). A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 14(8), 778-788.
- Gutierrez, G. M., Knight, C. A., Swanik, C. B., Royer, T., Manal, K., Caulfield, B., & Kaminski, T. W. (2012). Examining neuromuscular control during landings on a supinating platform in persons with and without ankle instability. *The American journal of sports medicine*, 40(1), 193-201.
- Hale, S. A., Hertel, J., & Olmsted-Kramer, L. C. (2007). The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 37(6), 303-311.
- Hertel, J. (2000). Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports medicine*, 29(5), 361-371.
- Hoch, M. C., Andreatta, R. D., Mullineaux, D. R., English, R. A., Medina McKeon, J. M., Mattacola, C. G., & McKeon, P. O. (2012). Two-week joint mobilization intervention improves self-reported function, range of motion, and dynamic balance in those with chronic ankle instability. *Journal of orthopaedic research*, 30(11), 1798-1804.
- Kaminski, T. W., Buckley, B., Powers, M., Hubbard, T., & Ortiz, C. (2003). Effect of strength and proprioception training on eversion to inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability. *British journal of sports medicine*, 37(5), 410-415.
- Khasnis, A., & Gokula, R. (2003). Romberg's test. *Journal of postgraduate medicine*, 49(2), 169.
- Kidgell, D. J., Horvath, D. M., Jackson, B. M., & Seymour, P. J. (2007). Effect of six weeks of dura disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability. *Journal of strength and conditioning research*, 21(2), 466.
- Lee, A. J., & Lin, W.-H. (2008). Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. *Clinical biomechanics*, 23(8), 1065-1072.
- Lentell, G., Baas, B., Lopez, D., McGuire, L., Sarrels, M., & Snyder, P. (1995). The contributions of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 21(4), 206-215. doi:10.2519/jospt.1995.21.4.206
- Lim, S. W., Kim, S. H., Kim, Y. N., Doo, Y. T., Seo, S. K., Hwang, T. Y., & Yoon, S. W. (2010). The effect of balance training on balance ability and ankle joint muscle activity. *Journal of the Korean academy of clinical electrophysiology*, 8(2), 13-18.
- Mascaro, T. B., & Swanson, L. E. (1994). Rehabilitation of the foot and ankle. *The orthopedic clinics of North America*, 25(1), 147-160.
- McKay, G. D., Goldie, P. A., Payne, W. R., & Oakes, B. W. (2001).

- Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *British journal of sports medicine*, 35(2), 103-108.
- McKenzie, D., Clement, D., & Taunton, J. (1985). Running shoes, orthotics, and injuries. *Sports medicine*, 2(5), 334-347.
- McKeon, P. O., Ingersoll, C. D., Kerrigan, D. C., Saliba, E., Bennett, B. C., & Hertel, J. (2008). Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Medicine & science in sports & exercise*, 40(10), 1810-1819.
- Mettler, A., Chinn, L., Saliba, S. A., McKeon, P. O., & Hertel, J. (2015). Balance training and center-of-pressure location in participants with chronic ankle instability. *Journal of athletic training*, 50(4), 343-349.
- Mohammadi, N., Kahlaee, A. H., Salavati, M., Akhbari, B., & Abdollahi, I. (2015). Reliability of functional performance and neurocognitive tests in athletes with and without functional ankle instability. *Physical treatments*, 5(2), 63-72. doi:10.15412/j.ptj.07050201
- Peters, J. W., Trevino, S. G., & Renstrom, P. A. (1991). Chronic lateral ankle instability. *Foot ankle*, 12(3), 182-191.
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 4(2), 92.
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 36(12), 911-919.
- Richie, D. H. (2001). Functional instability of the ankle and the role of neuromuscular control: a comprehensive review. *The journal of foot and ankle surgery*, 40(4), 240-251.
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part II: the role of proprioception in motor control and functional joint stability. *Journal of athletic training*, 37(1), 80.
- Schlosser, T. (1997). *USA Trampoline & tumbling: coaching the fundamentals*: Cooper publishing group, Traverse city.
- Sefton, J. M., Yarar, C., Hicks-Little, C. A., Berry, J. W., & Cordova, M. L. (2011). Six weeks of balance training improves sensorimotor function in individuals with chronic ankle instability. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 41(2), 81-89.
- Seung Hee, N., & Shin Eon, L. (2011). Effect of rehabilitation training program on the ankle ability after surgical and conservative treatment for chronic ankle instability. [Effect of rehabilitation training program on the ankle ability after surgical and conservative treatment for chronic ankle instability]. *Journal of sport and leisure studies*, 46(2), 1235-1246.
- Sharma, N., Sharma, A., & Sandhu, J. S. (2011). Functional performance testing in athletes with functional ankle instability. *Asian journal of sports medicine*, 2(4), 249.
- Tawney, J. W., & Gast, D. L. (1984). Single subject research in special education. *Single subject research in special education*.
- Verhagen, R. A., de Keizer, G., & van Dijk, C. N. (1995). Long-term follow-up of inversion trauma of the ankle. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 114(2), 92-96.
- Witchalls, J. B., Newman, P., Waddington, G., Adams, R., & Blanch, P. (2013). Functional performance deficits associated with ligamentous instability at the ankle. *Journal of science and medicine in sport*, 16(2), 89-93.
- Zech, A., Huebscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer, K. (2009). Neuromuscular training for rehabilitation of sports injuries: a systematic review. *Medicine & science in sports & exercise*, 41(10), 1831-1841.