

변형된 Brostrom 수술 후, Anti-gravity treadmill 가속재활운동이 만성발목불안정성 환자의 발목기능 회복에 미치는 영향

최인혁, 이장규*
단국대학교 운동처방재활학과

Effect of Accelerated Rehabilitation with Anti-Gravity Treadmill Exercise on Ankle Joint Function After Surgery of Modified Brostrom Operation in Chronic Ankle Instability Patients

In-Hyuk Choi, Jang-Kyu Lee*
Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University

요약 이 연구의 목적은 만성발목불안정성 환자의 변형된 Brostrom 수술 후, 6주간의 Anti-gravity treadmill을 이용하여 조기체중부하를 포함하는 가속재활운동 프로그램이 발목관절의 통증지수와 발목 관절가동범위, 등속성 근기능, 동적 안정성에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 구명하고자 실시되었다. 연구대상자는 만성발목불안정성에 의해 변형된 Brostrom 수술을 받은 환자 12명을 대상으로 하였으며, 6주간의 가속재활운동 프로그램은 매일 60분씩 실시되었고 Anti-gravity treadmill 프로그램 또한 매일 15~30분간 실시되었다. 이 연구의 결과에서, 시각적 사상척도(VAS)를 이용한 주관적 통증지수는 가속재활운동 프로그램 적용 후, 유의하게 감소한 것으로 나타났으며($p < .001$) 발목 관절가동범위 또한 가속재활운동 후, 배측 굴곡과 저측 굴곡, 내번, 외번 모두에서 유의하게 증가하였다($p < .05$). 등속성 근기능은 가속재활운동 후, 내반력과 외반력 모두 $60^\circ/\text{sec}$ ($p < .001$, $p < .01$)와 $180^\circ/\text{sec}$ ($p < .001$)에서 유의하게 증가하였으며 건측에 대한 환측의 근결손율은 $60^\circ/\text{sec}$ 의 내반력($p < .01$)과 외반력($p < .001$), $180^\circ/\text{sec}$ ($p < .01$)의 내반력에서 유의하게 감소하였고 외반력에서는 다소 감소하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 동적 안정성은 6주간의 가속재활운동 프로그램 적용 후, 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p < .001$). 이러한 결과는 6주간의 Anti-gravity treadmill을 이용하여 조기체중부하를 포함하는 가속재활운동 프로그램이 변형된 Brostrom 수술을 받은 만성발목불안정성 환자들의 통증과 발목 관절가동범위, 등속성 근기능, 동적 안정성에 긍정적인 효과가 있는 것으로 사료되며 또한 Anti-gravity treadmill을 이용한 조기체중부하의 재활운동 보다 안전하고 빠르게 발목의 안정성을 회복하여 일상생활 및 스포츠 현장으로의 빠른 복귀를 가능하게 할 것으로 사료된다.

Abstract The purpose of this study was to investigate the effect of 6 weeks' accelerated rehabilitation with anti-gravity treadmill exercise on VAS, ROM, isokinetic myofunction, and dynamic stability after surgery of modified brostrom operation in chronic ankle instability patients. The subjects of this study were 12 chronic ankle instability patients who underwent modified Brostrom operation(MBO) by the same doctor. 6 weeks' accelerated rehabilitation program is scheduled to perform for 60min, everyday, and also anti-gravity program performed for 15~30min, everyday. The visual analog scale(VSA) and significantly decreased($p < .001$) and ROM in all of dorsal flexion, plantar flexion, inversion and eversion significantly increased($p < .05$) after 6 weeks' accelerated rehabilitation with anti-gravity treadmill exercise. Both inversion and eversion peak torque at $60^\circ/\text{sec}$ ($p < .001$, $p < .01$) and at $180^\circ/\text{sec}$ ($p < .001$) significantly increased after 6 weeks' accelerated rehabilitation with anti-gravity treadmill exercise respectively. In muscle defect, although inversion($p < .01$) and eversion($p < .001$) at $60^\circ/\text{sec}$ and inversion($p < .01$) at $180^\circ/\text{sec}$ significantly decreased, eversion at $180^\circ/\text{sec}$ tended to decrease but did not change significantly after 6 weeks' accelerated rehabilitation with anti-gravity treadmill exercise. The dynamic stability significantly increased after 6 weeks' accelerated rehabilitation with anti-gravity treadmill exercise($p < .001$). These results suggest that 6 weeks' accelerated rehabilitation with anti-gravity treadmill exercise has positive effect of VAS, ROM, isokinetic myofunction, and dynamic stability after surgery of modified brostrom operation in chronic ankle instability patients. Therefore, we consider that the accelerated rehabilitation with anti-gravity treadmill exercise, which is safely and fast method, has effect on more faster recovery of ankle stability, play ground and normal daily activities.

Keywords : Accelerated Rehabilitation, Anti-Gravity Treadmill, Modified Brostrom Operation(MBO), ROM, VAS Score, Isokietic Muscle Strength, Dynamic Stability

*Corresponding Author : Jang-Kyu Lee(Dankook Univ.)

email: kyu1216@hanmail.net

Received April 23, 2019

Revised May 14, 2019

Accepted July 5, 2019

Published July 31, 2019

1. 서론

노동 시간의 단축과 생활수준의 향상으로 많은 사람들의 운동 및 각종 스포츠에 대한 참여도가 높아지고 있으며 이에 따른 손상빈도 또한 증가 되고 있다. 특히 발목 관절의 손상은 내번 염좌(inversion sprain)가 85% 이상을 차지하는 것으로 알려져 있으며[1] 발목의 내번 염좌는 주로 70~80%가 전거비인대(anterior talofibular ligament)에서 발생되고, 손상 정도에 따라 급성 손상(acute injury)과 만성적인 손상(chronic injury)으로 나누기도 한다[2].

발목 염좌의 주요 원인은 불규칙한 지면을 걸을 때와 갑작스런 방향전환 및 급정지, 점프 후 잘못된 착지 등이며[3], 그러나 손상 초기에 치료를 소홀히 하면 재발성 염좌로 진행되며, 발목 염좌 손상을 입은 환자 중, 10~30% 이상이 만성발목불안정성으로 발전되는 것으로 알려져 있다[4].

만성발목불안정성(Chronic ankle instability)은 발목 외측측부인대 손상 후, 6개월 이상 불안정성이 지속되는 경우를 말하며[5] 기계적발목불안정성(mechanical ankle instability)과 기능적발목불안정성(functional ankle instability)으로 나눌 수 있다[6]. 이러한 만성발목불안정성은 비골근(peroneal muscle)과 내번근(inversion muscle)의 약화와 발목근육의 반응 시간 지연, 고유수용감각 기능 결함, 관절가동범위의 감소와 깊은 관련이 있는 것으로 보고되고 있다[7].

만성발목불안정성의 치료방법으로는 보존적 치료방법과 수술적 치료방법이 있으며 보존적 치료방법으로 발목 보조기를 이용한 고정 처치와 발목 주변 근력 강화운동, 그리고 고유수용성감각 운동 등이 있는 것으로 알려져 있다[8]. 수술적 치료방법으로 지금까지 약 60여가지 이상의 수술방법이 있는 것으로 알려져 있으며[9,10], 이중 변형된 Brostrom 수술 방법(Modified Brostrom Operation)은 비골건을 보존하고 전거비 인대를 보강하여 발목 불안정성을 해결하는 가장 많이 사용하는 방법으로 알려져 있다[11,12].

최근에는 이러한 수술적 치료 후, 보다 빠른 발목관절의 기능회복과 일상생활 및 스포츠 현장으로의 복귀를 위해 여러 종류의 재활운동이 권장되고 있으며 이중, Anti-gravity treadmill은 특수 압력공기시스템을 이용하여 사용자의 특성에 맞게 체중의 1%단위로 정밀 조절하여 통증이 없는 범위 내에서 걷기나 달리기 등의 트레이닝을 실시 할 수 있는 것으로 보고되고 있다[13].

Moore 등[14]의 연구와 Saxena 등[15]의 연구에서 Anti-gravity treadmill을 이용한 재활운동이 요추 추간판 탈출증 환자와 아킬레스건 봉합술을 시행한 환자들의 수술 후, 조기부분체중부하운동을 실시하는데 안전하고 효과적이라고 보고하였다. 또한 여러 선행연구에서 조기부분체중부하운동을 포함한 가속재활운동이 하지 수술 환자들의 근력과 관절가동범위 등의 발목관절 기능을 향상 시켰다고 보고하였다[16,17].

여러 선행연구에서 나타났듯이 하지의 수술적 치료 이후 나타나는 급격한 기능저하 및 퇴행을 예방하기 위해서는 조기체중부하운동을 포함하는 가속재활운동 프로그램을 보고하고 있지만 변형된 Brostrom 수술 후 Anti-gravity treadmill을 이용한 가속재활운동 프로그램뿐만 아니라 발목관절의 조기 기능 회복에 대한 연구는 매우 미비한 실정이다. 따라서 이 연구는 만성발목불안정성 환자를 대상으로, 변형된 Brostrom 수술 후, Anti-gravity treadmill을 이용한 가속재활운동 프로그램이 수술 환자의 발목관절 기능 회복에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고 이를 토대로 보다 효과적인 재활운동 프로그램을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구 설계

이 연구의 대상자는 서울시 S정형외과에 내원한 환자 중, 정형외과적 소견상 만성발목 불안정성 진단을 받고 변형된 Brostrom 수술을 실시한 환자 남녀 무작위로 12명을 선별 하였으며 모든 대상자들은 수술 전 신체적 특징과 통증지수, 발목 관절 가동범위, 등속성 근기능, 동적 안정성을 사전 측정하였고 수술 후, 3주차부터 6주간 Anti-gravity treadmill을 이용한 가속재활운동 프로그램을 실시하여 사후 측정을 통해 가속재활운동 프로그램 적용 전·후의 변화를 분석하였다. 또한 실험에 앞서 이 연구에 대한 내용을 충분히 설명하고 이해할 수 있도록 하였으며 실험 참여에 스스로 동의한 사람들로 선정하였다. 연구 대상자들의 신체적 특성은 <Table 1>에 제시된 바와 같다.

Table 1. The characteristics of subjects

	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)
N=12	25.08±7.14	167.01±7.03	65.69±10.99

Values are Means ± SED.

2.2 재활 프로그램

Anti-gravity treadmill program은 Alter-G에서 제시한 프로토콜을 수정·보완하여 매일, 15~30분씩 6주간 운동재활을 전공한 전문가와 함께 실시하였다(Table 2). 가속재활운동 프로그램은 Mattacola 등[18]과 이승엽 등[19]이 제시한 프로그램을 기초로 수정·보완하여 사용하였으며 6주간 매일 60분간 실시하였다(Table 3).

Table 2. Anti-gravity treadmill program

	Body weight (%)	Speed (MPH)	Time (min)
Exercise 1~2 wks (Post Op.3~4 wks)	30~50	1.0~2.0	15
Exercise 3~4 wks (Post Op.5~6 wks)	50~80	2.0~4.0	15~20
Exercise 5~6 wks (Post Op.7~8 wks)	80~100	4.0~6.0	20~30

Post Op. : post operation.

2.3 측정방법

2.3.1 통증지수(Visual Analogue Scale, VAS)

피험자의 통증 정도를 측정하기 위해 10cm 길이의 시각적 사상척도를 이용하였으며 0~4mm는 통증이 없는 상태, 5~44mm는 약간의 통증, 45~74mm는 보통의 통증, 그리고 75~100mm는 심한 통증으로 구분하고

Table 3. Accelerated Rehabilitation Program

Post Op.	3~4 weeks	5~6 weeks	7~8 weeks
Exercise	1~2 weeks	3~4 weeks	5~6 weeks
Flexibility	-	ROM Ex. (DF/PF/EV)	ROM Ex. (DF/PF/EV/IV)
Weight bearing	Partial weight bearing	Full weight bearing	Full weight bearing
Isometric	Manual Ex.(DF/PF/IV/EV)		-
Personal Ex.	Quad sets	Leg extension	Ankle tubing Ex. (DF/PF/EV/IV)
	SLR	Leg Curl	
	Ball squeeze	Multi-hip (Flex.Ext.Abd.Add)	
	Leg extension	Ankle tubing Ex. (DF/PF/EV)	
Leg Curl	Calf raises	Calf raises	Squats
Multi-hip (Flex.Ext.Abd.Add)	Leg press	Lunge	Lunge
Toe Ex.(tubing)	Squats	Balance ex. (One leg standing, BAPS board Ex. Tilt board squats, Trampoline Ex.)	
		Box step up & down	
		Balance ex. (BAPS board, Tilt board)	
Isokinetic EX. (DF/PF/IV/EV)	-	60°/sec	60°/sec
		120°/sec	120°/sec
		180°/sec	180°/sec

Post Op. : post operation, DF : dorsal flexion, PF :plantar flexion, IV : inversion, EV : eversion.

피험자에게 선에 표시하게 하였다.

2.3.2 관절가동범위(Range of motion, ROM)

발목 관절가동범위는 Goniometer (Fabrication Enterprises Inc, Korea)를 이용하여 측정하였으며 대상자의 족배굴곡과 족저굴곡, 내반·외반의 각도를 측정하였다.

2.3.3 등속성 근기능 검사

발목의 등속성 근기능을 측정하기 위하여 등속성 장비인 HUMAC NORM(CSMi, UAS)를 이용하였으며 대상자는 최대 외반상태를 시작자세로 하여 내반한 후, 다시 시작 자세로 돌아오는 과정을 1회로 측정하였다. 근력은 각속도 60°/sec에서 4회 측정하여 최대근력(peak torque)을 구하였으며 근지구력은 각속도 180°/sec에서 15회 측정하여 산출하였다. 또한 근 결손율을 알아보기 위해 건측과 환측의 측정값 비율(deficit)을 산출하였다.

2.3.4 동적 안정성 검사(Dynamic stability test)

동적 안정성 검사인 Y-Balance test 방법은 SEBT(Star excursion balance test)에서 고안된 측정 방법[20]으로 만성발목불안정성 환자와 같은 근골격계 손상 환자의 하지 움직임 시 약화된 부분과의 병리적인 관계를 알아볼 수 있는 검사 방법이다[21]. 측정방법은

한발을 지지하고 있는 상태에서, 무게 중심의 붕괴 없이 하지를 각각 세 방향으로 최대한 멀리 뻗어 그 길이(cm)를 측정하여 아래의 공식에 넣어 지지하고 서있는 다리로 자세를 유지하는 능력을 측정한다[22]. 공식은 다음과 같다.

$$\frac{\text{anterior} + \text{posteriomedial} + \text{posteriorlateral}}{(3 \times \text{limb length})} \times 100$$

2.4 자료분석

이 연구에서의 모든 자료는 SPSS 22.0 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준오차를 산출하였으며 운동프로그램 적용 전·후의 유의차를 검증하기 위하여 대응표본 T-검정을 이용하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1 통증지수(VAS)

6주간의 가속재활운동 프로그램 적용 후, 발목관절의 통증지수는 재활운동 전 보다 유의하게 감소한 것으로 나타났다($p < .001$) (Table 4).

Table 4. VAS score

Pre	Post	p-value
4.33 ± 2.14	0.67 ± 0.77	.001***

Means ± SEM. *** $p < .001$.

3.2 관절가동범위

관절가동범위의 변화는 (Table 5)에서 보는 바와 같이, 6주간의 가속재활운동 프로그램 적용 후, 모든 방향에서 유의하게 증가하였다($p < .05$).

3.3 등속성 근기능

6주간의 가속재활운동 프로그램 적용 후, 등속성 근기능 변화는 (Table 6)에서 보는 바와 같이 모든 측정변인에서 재활운동 전 보다 유의하게 증가하였다($p < .01$, $p < .001$). 또한 건측에 대한 환측의 근결손을 변화는 (Table 7)에서 보는 바와 같이 60°/sec의 경우 내반력

과 외반력 모두 유의하게 감소하였으며($p < .001$), 180°/sec에서는 내반력의 결손율은 유의하게 감소하였으나($p < .01$), 외반력에서는 감소하는 경향을 보였다.

Table 5. range of motion

	Pre	Post	p-value
D/F	15. ± 6.48	18.17 ± 5.42	.017*
P/F	48.33 ± 10.32	53.58 ± 6.52	.044*
Inversion	27.83 ± 9.72	33.58 ± 5.50	.025*
Eversion	16.92 ± 5.63	20.42 ± 5.45	.049*

Means ± SEM. * $p < .05$. DF ; dorsal flexion, PF ; plantar flexion.

Table 6. Isokinetic myofunction

		Pre	Post	p-value
60°/sec	Inversion	18.17±7.70	32.92±14.13	.001***
	Eversion	21.33±9.35	38.08±17.25	.002**
180°/sec	Inversion	14.33±4.49	21.67±6.52	.001***
	Eversion	15.92±5.48	28.17±11.36	.001***

Means ± SEM. ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Table 7. muscle deficit

	Deficit(%)	Pre	Post	p-value
60°/sec	Inversion	29.42±17.91	10±6.12	.002**
	Eversion	34.92±20.12	6.08±5.38	.001***
180°/sec	Inversion	25.25±15.93	11.17±6.53	.006**
	Eversion	22.58±18.37	12±10.66	.086

Means ± SEM. ** $p < .01$, *** $p < .001$.

3.4 동적 안정성(Y-balance test)

6주간의 가속재활운동 프로그램 적용 후, 동적 안정성은 재활운동 전 보다 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < .001$) (Table 8).

Table 8. dynamic stability

	Pre	Post	p-value
Y-balance test	90.73±9.18	102.32±5.03	.001***

Means ± SEM. *** $p < .001$.

4. 논의

발목 염좌는 스포츠 활동 중에 빈번하게 발생하는 부상 중 하나로 알려져 있으며 재발의 가능성이 매우 높기 때문에 발목 염좌 환자 중, 50% 이상이 반복적인 재손상을 경험하는 것으로 알려져 있다[23]. 이러한 반복적인 발목 염좌는 만성발목불안정성 및 관절염 등과 같은 합병증을 초래할 수 있으며[24], 치료 방법으로는 석고나 부목 등을 이용한 고정 치료와 비골 건 강화운동, 고유수용성감각운동 등의 보존적 치료[8], 변형된 Brostrom 수술방법 등이 있는 것으로 알려져 있다[12,25].

염좌로 인한 발목수술은 오랜 기간 동안의 고정과 부동(immobilization), 보호대 착용 등으로 인해 관절의 구축과 근력저하, 고유수용성 기능 감소 등과 같은 부정적 효과가 나타나며 이러한 문제점을 개선하기 위해 수술 후, 초기에 관절가동범위운동과 근력강화운동, 체중부하운동 등과 같은 재활운동을 실시하는 것이 긍정적 효과를 나타낸다고 보고하였다[19,26]. 이러한 선행연구의 결과를 토대로, 이 연구는 Anti-gravity treadmill을 이용한 초기체중부하를 포함하는 가속재활운동 프로그램이 만성발목불안정성 환자의 발목관절 기능에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고자 실시되었다.

많은 연구에서 주관적인 통증의 정도를 평가하는 시각적 사상척도(VAS)방법을 수술 환자들의 통증지수를 평가하는데 일반적으로 이용하고 있는 것으로 알려져 있다. 변형된 Brostrom 수술을 시행한 환자를 대상으로 한 신성일 등[27]의 연구에서 수술 후, 초기재활운동이 통증을 유의하게 감소시켰다고 보고하였으며 Glasoe 등[28]과 조한수 등[29]의 연구에서도 초기체중부하를 포함한 가속재활운동이 통증을 감소시켜 일상생활과 스포츠 활동으로의 복귀를 앞당길 수 있다고 보고하였다.

이 연구의 결과에서, 6주간의 Anti-gravity treadmill을 이용하여 초기체중부하를 포함하는 가속재활운동 프로그램이 수술환자들의 통증을 유의하게 감소시킨 것으로 나타나 여러 선행연구와 일치하는 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 초기체중부하운동이 수술부위의 치유와 회복과정에 긍정적 영향을 준 것으로 사료되며 수술환자들의 회복상태에 따라 %단위로 체중을 조절하여 초기체중부하운동을 안전하고 체계적으로 할 수 있도록 도움을 준 Anti-gravity treadmill 또한 긍정적 효과가 있는 것으로 생각된다.

발목의 염좌 손상 후, 고정적 치료방법과 수술적 치료 방법은 그 치료기간이 길어질수록 관절의 구축 및 근위축

등과 같은 부정적 증상이 나타나는 것으로 알려져 있으며[30], 이에 대해 Chalmers[31]는 그의 연구에서 발목이 정상적인 기능을 유지하기 위해서는 가능한 한 빠른 시간 안에 관절가동범위가 정상수준으로 회복되어야함을 강조하였다. 또한 변형된 Brostrom 수술 후, 정상적인 일상생활과 스포츠 현상으로의 빠른 복귀를 위해서는 발목 주변의 근력강화와 고유수용성감각의 회복이 중요하며 이를 위해서는 관절가동범위의 회복이 우선적으로 선행되어 최대 관절가동범위 안에서 통증과 구축이 없는 상태로 근력운동이 실시되어야만 한다고 보고하고 있다[32]. 이러한 선행연구의 결과는 통증이 없는 범위 내에서 초기에 능동적 재활운동을 시작하는 것이 모세혈관의 성장과 교원질 형성, 육아조직이 잘 발달하여 빠르게 회복하는데 효과적이라는 것을 의미하며, Mattacola 등[33]의 연구에서도 발목 손상 후 적절한 초기재활운동은 인대의 빠른 치유와 장력을 회복시켜 정상적인 관절가동범위를 유지하고 회복하는데 효과적이라고 보고하였다.

이 연구의 결과에서도, Anti-gravity treadmill을 이용하여 초기체중부하를 포함하는 가속재활운동 프로그램이 수술환자들의 발목 관절가동범위를 유의하게 증가시킨 것으로 나타나 여러 선행연구의 결과와 일치하였다[3,33,34]. 이러한 결과는 Anti-gravity treadmill을 이용하여 초기에 보행과 가속재활운동을 하는 것이 관절의 가동범위를 회복하는데 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료되며 또한 수술 후에 나타날 수 있는 관절의 구축과 근위축 및 근손실 등의 부정적 효과를 예방하는데 효과가 있는 것으로 생각된다.

발목주변 근력의 약화는 만성발목불안정성과 재손상의 중요한 원인의 하나로 알려져 있으며[32] 또 다른 선행연구에서도 만성발목불안정성 환자의 60% 이상이 비골근의 근력이 약해져 있었고 이는 재손상의 중요한 원인된다고 보고하였다[33,35]. Docherty 등[36]의 연구에서 밴드를 이용한 6주간의 재활운동이 발목관절의 근력을 향상시켰으며 김규완 등[37]의 연구와 이승엽 등[19]의 연구에서도 재활운동 프로그램의 적용 후, 발목의 근력이 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 이러한 선행연구의 결과는 발목 주변 근육의 근력 강화운동이 발목 불안정성을 회복하는데 중요한 역할을 하고 있으며, 특히 재손상을 방지하기 위해서는 비골근 강화운동이 선행되어야 함을 의미하는 것으로 생각된다[38].

이 연구의 결과에서도 Anti-gravity treadmill을 이용하여 초기체중부하를 포함하는 가속재활운동 프로그램이 60°/sec와 180°/sec에서의 내반력과 외반력을 모두

유의하게 증가시켜 여러 선행연구들의 결과와 일치하였다. 이러한 결과는 변형된 Brostrom 수술 후, Anti-gravity treadmill program을 적용한 가속재활운동 프로그램이 안전하게고 빠르게 발목 주변 근육의 근력을 회복하는데 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

차승혜 등[3]의 연구에서는 내반근 및 외반근의 근력 저하보다는 동적안정성 능력의 저하가 발목의 만성발목 불안정성과 재손상의 중요한 원인이라고 여러 선행연구의 결과와는 반대되는 주장을 하였으며 또 다른 연구에서도 동적 안정성 능력의 개선은 발목관절의 균형과 협응력 증가와 통증 감소, 관절가동범위 증가, 재손상 위험률 감소 등에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다[40]. Hale 등[40]의 연구에서 만성발목불안정성 환자를 대상으로 4주간의 재활운동 후, 발목의 동적 안정성이 유의하게 증가되었다고 보고하였으며 김선주 등[41]의 기능적 발목안정성 선수와 불안정성 선수를 비교한 연구에서 기능적 발목안정성을 가지고 있는 선수의 동적 안정성이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한 차승혜[3]의 연구에서도 재활운동 프로그램이 발목의 동적 안정성 능력에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다.

이 연구의 결과에서도, Anti-gravity treadmill을 이용하여 조기체중부하를 포함하는 가속재활운동 프로그램 적용 후, 만성발목불안정성 수술 환자의 발목 동적 안정성이 유의하게 증가 되었으며 이러한 결과는 Anti-gravity treadmill을 이용한 조기 가속재활운동 프로그램이 변형된 Brostrom 수술 환자의 동적 안정성 기능을 향상시켜 발목의 재손상을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결론

이 연구는 만성발목불안정성 환자의 변형된 Brostrom 수술 후, Anti-gravity treadmill을 이용한 가속재활운동 프로그램이 통증지수와 발목의 관절가동범위, 등속성 근기능, 동적 안정성에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고자 실시되어 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시각적 사상척도(VSA)를 이용한 주관적 통증지수는 유의하게 감소하였다($p<.001$).
2. 발목관절의 가동범위는 배측 굴곡과 저측 굴곡, 내번, 외번 모두에서 통계적으로 유의하게 증가되었다($p<.05$).
3. 등속성 근기능은 $60^\circ/\text{sec}$ 에서 내반력, 외반력 모두 유의하게 증가하였으며($p<.001$, $p<.01$), $180^\circ/\text{sec}$

에서도 내반력, 외반력 모두 유의하게 증가하였다($p<.001$).

건측에 대한 환측의 근결손을 변화는 $60^\circ/\text{sec}$ 에서 내반력, 외반력 모두 유의하게 감소하였으며($p<.01$, $p<.001$), $180^\circ/\text{sec}$ 에서는 내반력은 유의하게 감소한 결과를 나타냈지만($p<.01$), 외반력에서는 감소하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

4. 발목의 동적 안정성은 재활운동 후에 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<.001$).

이상의 결과에서 변형된 Brostrom 수술 후, 6주간의 Anti-gravity treadmill을 이용하여 조기체중부하를 포함하는 가속재활운동 프로그램이 통증과 관절가동범위, 등속성 근기능, 동적 안정성에 모두 긍정적인 효과가 있는 것으로 생각되며 이는 발목의 염좌 후, 불안정성 예방과 관절의 기능을 회복을 위해 관절의 가동범위와 근력, 고유수용성감각 등을 포함하는 재활운동 프로그램을 실시하는 것이 긍정적이라는 여러 선행연구들의 결과와 일치하였다[35,42]. Anti-gravity treadmill을 이용한 조기체중부하의 재활운동은 기존의 재활운동 프로그램 보다 안전하고 빠르게 발목의 안정성을 회복하여 일상생활 및 스포츠 현장으로의 빠른 복귀를 가능하게 할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] J. S. Cox, "Surgical and nonsurgical treatment of acute ankle sprains," *Clinical Orthopedic*, vol. 98, pp. 118-126, 1985.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00003086-198509000-00018>
- [2] K. T. Lee, B. Y. Song, K. W. Yang, N. M. Kim, J. R. Kim, S. R. Park, "Analysis of the Injuries in Professional Soccer Player," *The Korean Journal of Sports Medicine*, vol. 18, no. 2, pp. 176-180, 2000.
- [3] S. H. Cha, W. W. Kim, M. Y. Lim, "Effects of training mode on range of motion and isokinetic muscle function during ankle rehabilitation," *The official journal of the korean association of certified exercise professionals*, vol. 1, no. 1, pp. 43-52, 2009.
- [4] S. E. Ross, K. M. Guskiewicz, "Effect of coordination training with and without stochastic resonance stimulation on dynamic postural stability of subjects with functional ankle instability and subjects with stable ankle," *Clinical Journal of Sport medicine*, vol. 16, no. 4, pp. 323-8, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00042752-200607000-00007>
- [5] J. Karlsson, B. I. Eriksson, T. Bergsten, O. Rudholm, L. Sward, "Comparison of two anatomic reconstructions

- for chronic lateral instability of the ankle joint," *Am. J. Sports Med.*, vol. 25, pp. 48-53, 1997.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/036354659702500109>
- [6] L. K. Drewes, P. O. Mckee, K. D. Casey, J. Hertel, "Dorsi flexion deficit during jogging with chronic ankle instability," *Sports Medicine*, vol. 12, no. 6, pp. 685-687, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2008.07.003>
- [7] J. Hertel, "Functional instability following lateral ankle sprain," *Sports Medicine*, vol. 29, pp. 361-371, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200029050-00005>
- [8] J. Karlsson, "Ligament injuries of the ankle what happens later? Non-surgical treatment is effective in 80-90 per cent of cases," *Lakartidningen*, vol. 95, no. 40, pp. 4376-8, 1998.
- [9] T. M. Messer, C. A. Cummins, J. Ahn, A. S. Kelikian, "Outcome of the modified Brostrom procedure for chronic lateral ankle instability using suture anchors," *Foot Ankle Int.*, vol. 21, pp. 996-1003, 2000.
- [10] L. Xinning, K. Heather, G. D. patrick, D. B. Brian, "Anatomical reconstruction for chronic lateral ankle instability in the high-demand athlete," *The American Journal Sports Medicine*, vol. 37, no. 3, pp. 488-494, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0363546508327541>
- [11] N. Gould, D. Seligson, J. Gassman, "Early and late repair of lateral ligament of the ankle," *Foot Ankle*, vol. 1, pp. 84-9, 1980.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/107110078000100206>
- [12] J. H. Ahn, Y. G. Lee, S. H. Jung, W. S. Choy, "Treatment of chronic ankle lateral instability using modified Brostrom procedure," *J Korean Orthop Assoc.*, vol. 42, pp. 91-97, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4055/jkoa.2007.42.1.91>
- [13] A. Saxena, A. Granot, "Use of an Anti-Gravity treadmill in the Rehabilitation of the Operated Achilles Tendon: A Pilot Study," *The journal of foot and ankle surgery*, vol. 50, no. 5, pp. 558-561, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/j.jfas.2011.04.045>
- [14] M. N. Moore, C. Vandenakker-Albanese, M. D. Hoffman, "Use of partial body-weight support for aggressive return to running after lumbar disk herniation: A case report," *Arch Phys Med Rehabil.*, vol. 91, no. 5, pp. 803-5, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2010.01.014>
- [15] A. Saxena, A. Granot, "Use of an Anti-gravity Treadmill in the Rehabilitation of the Operated Achilles Tendon: A Pilot Study," *Journal of Foot and Ankle Surgery*, vol. 50, no. 5, pp. 558-561, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/j.jfas.2011.04.045>
- [16] D. H. Moon, D. H. Oh, S. A. Zhang, J. K. Lee, "Effect of Backward Walking Exercise on ROM, VAS score and Proprioception in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 17, no. 5, pp. 522-529, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.5.522>
- [17] S. Hesse, C. Bertelt, M. T. Jahnke, A. Schaffrin, P. Baake, M. Malezic, K. H. Mauritz, "Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients," *Stroke*, vol. 26, pp. 976-981, 1995.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.26.6.976>
- [18] C. G. Mattacola, M. K. Dwyer, "Rehabilitation of the ankle after acute sprain or chronic instability," *Journal of Athletic Training*, vol. 37, no. 4, pp. 413-429, 2002.
- [19] S. Y. Lee, J. S. Jung, Y. S. Kim, "The Effects of Early Rehabilitation Exercise after Modified Brostrom Operation on Ankle Muscle Recovery in Chronic Ankle Instability Patients," *The Korean Journal of Growth and Development*, vol. 19, no. 1, pp. 43-48, 2011.
- [20] J. P. Phillip, P. G. Paul, J. B. Robert, B. K. Kyle, B. U. Frank, E. Bryant, "The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test," *J Physiother.*, vol. 4, pp. 92-99, 2009.
- [21] J. Hertel, L. C. Olmsted-Kramer, J. H. Challis, "Time-to-boundary measures of postural control during single leg quiet standing," *J Appl Biomech.*, vol. 22, no. 1, pp. 67-73, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/jab.22.1.67>
- [22] P. A. Grobble, J. Hertel, "Considerations for normalizing measures of the star excursion balance test," *measurement in physical education and exercise science*, vol. 7, no. 2, pp. 89-100, 2003.
DOI: http://dx.doi.org/10.1207/S15327841MPEE0702_3
- [23] S. F. Van, K. H. Stappaerts, L. Janssens, "Relationship of chronic ankle instability to muscle activation patterns during the transition from double-leg to single-leg stance," *Am J sport Med.*, vol. 35, no. 2, pp. 274-281, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0363546506294470>
- [24] S. B. Kim, S. K. Jung, J. Y. Hyun, Y. H. Yoon, J. H. Moon, "The Treatment of Chronic Ankle Instability," *Journal of the Korean orthopaedic association*, vol. 26, no. 5, pp. 1391-1395, 1991.
- [25] K. T. Lee, H. Jegal, H. W. Chung, Y. U. Park, "Return to Play after Modified Brostrom Operation for Chronic Ankle Instability in Elite Athletes," *The Journal of the Korean orthoaeidic association*, pp. 126-130, 2019.
- [26] A. A. Suchak, G. P. Bostick, L. A. Beaupre, D. C. Durand, N. M. Jomha, "The influence of early weight-bearing compared with non-weight-bearing after surgical repair of the Achilles tendon," *J Bone Joint Surg A*, vol. 90, no. 9, pp. 1976-83, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.G.01242>
- [27] S. I. Shin, G. R. Kim, J. S. Cho, H. B. Lee, J. W. Kwon, "Modified Brostrom Procedure with Suture Anchor & PushLock Anchor in Lateral Ankle Instability," *Journal of Korean Foot and Ankle Society*, vol. 16, no. 4, pp. 241-246, 2012.

- [28] W. M. Glasoe, M. K. Allen, B. F. Awtry, H. J. Yack, "Weight-bearing immobilization and early exercise treatment following a grade II latera l ankle sprain" *J Orthop Sports Phys Ther*, vol. 29, no. 7, pp. 394-9, 1999.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1999.29.7.394>
- [29] H. S. Cho, D. H. Oh, J. W. Lee, S. A. Zang, J. K. Lee, "Effect of Accelerated Rehabilitation with Anti-Gravity Treadmill Program : Isokinetic Myofunction and Functional Score of Knee Joint, ROM, and VAS Score in Meniscus Repair Patients," *Journal of the Korea Academial industrial cooperation Society*, vol. 17, no. 8, pp. 46-54, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.8.46>
- [30] G. P. Bostick, N. M. Jomha, A. A. Suchak, L. A. Beaupre, "Factors associated with calf muscle endurance recovery 1 year after achilles tendon rupture repair," *J Orthop Sports Phys Ther*, vol. 40, no. 3, pp. 45-51, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2010.3204>
- [31] J. Chalmers, "Treatment of achilles tendon ruptures," *The Journal of Orthopaedic Surgery*, vol. 8, no. 1, pp. 97-99, 2000.
- [32] J. A. Nicholas, E. B. Hershman, V. J. Turco, G. G. Gallant, "The lower Extremity and spine in sports medicine," 2nd ed, 1995.
- [33] C. G. Mattacola, L. C. Mccluskey, "Management of ankle sprains," *Americans Family Physiciam*, vol. 63, no. 1, pp. 93-104, 2001.
- [34] H. M. Mortensen, O. Skov, P. E. Jensen, "Early motion of the ankle after operative treatment of a rupture of the Achilles tendon. A prospective, randomized clinical and radiographic study," *J Bone Joint Surg Am*, vol. 81, no. 7, pp. 983-90, 1999.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2106/00004623-199907000-00011>
- [35] T. Willems, E. Witvrouw, J. Verstuyft, P. Vaes, D. Clercq, "Proprioception and Muscle Strength in Subjects With a History of Ankle Sprains and Chronic Instability," *Journal of Athletic Training*, vol. 37, no. 4, pp. 487-493, 2002.
- [36] C. L. Docherty, J. H. Moore, B. L. Arnold, "Effects of strength training on strength developmentand joint position sensein functionally unstable ankles," *Journal of Athletic Training*, vol. 33, no. 4, pp. 310-314, 1998.
- [37] K. W. Kim, K. K. Jeon, "Comparisons of Static Balance and Gait, Isokinetic Muscular Function of Involved& Non-involved Side for Chronic Ankle Instability," *The Society of Sport Science*, vol. 24, no. 2, pp. 1463-1472, 2015.
- [38] E. R. Scott, "Noise-enhanced postural stability in subjects with functional ankle instability," *British Journal of Sports Medicine*, vol. 41, pp. 656-659, 2007.
- [39] S. H. Cha, J. S. Kim, "The effects of Balance exercises on functional ankle stability with ankle sprained patients," *The official journal of the korean association of certified exercise professionals*, vol. 11, no. 2, pp. 73-83, 2009.
- [40] S. A. Hale, J. Hertel, L. C. Olmsted-Kramer, "The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability," *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, vol. 37, no. 6, pp. 303-311, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2007.2322>
- [41] S. J. Kim, H. J. Nam, J. K. Kim, H. S. Nho, "Original Aryicle : Characteristics of Lipid Metabolism during and after a Bout of Prolonged Exercise in Two Types of Obese Women," *Korean Journal of Sport Science*, vol. 24, no. 3, pp. 428-435, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.24985/kjss.2013.24.3.428>
- [42] U. Sekir, Y. Yildiz, B. Hazneci, F. Ors, T. Aydin, "Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability," *Knee Surgery Sports and Traumatology Arthroscop*, vol. 15, no. 5, pp. 654-664, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-006-0108-8>

최 인 혁(IN-HYUK CHOI)

[정회원]



- 2019년 3월 : 단국대학교 스포츠 과학대학원 스포츠의학과(석사 졸업)
- 2013년 10월 ~ 현재 : 서울제이에스 병원 근무

<관심분야>

스포츠의학, 운동재활, 발목손상

이 장 규(Jang-Kyu Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국체육대학교 대학원 운동생리학전공(이학박사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방재활학과 강의전담 조교수

<관심분야>

의·생명공학, 스포츠의학, 운동생리학