한국전문물리치료학회지 2013년 20권 3호 45-53 ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
Phys Ther Kor 2013;20(3):45-53 http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.045

각속도 300 °/sec에서 기능적 발목불안 유무에 따른 고유수용성감각, 발목 근력, 그리고 최고 회전력까지 걸리는 시간의 생체역학적 특성 차이

박은영[1], 김원호[2]
[1]전주대학교 사범대학 중등특수교육과, [2]울산과학대학교 물리치료과

Different Biomechanical Characteristics in Proprioception, Muscle Strength, and Time to Peak Torque at Velocity of 300 °/sec of the Ankle Joint in People With or Without Functional Ankle Instability

Eun-young Park[1], PhD, PT, Won-ho Kim[2], PhD, PT
[1]Dept. of Secondary Special Education, College of Education, Jeonju University,
[2]Dept. of Physical therapy, College of Ulsan

Abstract

The purpose of this study was to examine the differentiation of proprioception, invertor and evertor muscle strength, and time to peak torque at a velocity of 300 °/sec of the ankle joint in people with or without functional ankle instability (FAI). Nineteen subjects with a history of ankle sprain participated. All subjects were divided into FAI group (n_1=9, Cumberland ankle instability tool (CAIT)≤24) and a control group (n_2=10) based on their CAIT scores. Isokinetic dynamometer was used to measure the sense of active joint position of the ankle at mid-range and end-range of an inversion motion and invertor as well as the evertor muscle strength and time to peak torque at 300 °/s. The FAI group showed a statistically reduction in invertor and evertor muscle strength and time to peak torque when compared to the control group ($p<.05$). Muscle strength and time to peak torque of the invertor and evertor, as well as the sense of active joint position at end-range were also lower in the FAI group than in the control ($p<.05$). Correlations between CAIT score and position sense at end-range ($r=-.577$) and invertor muscle strength ($r=.554$) were statistically significant ($p<.05$). Individuals with FAI showed reduction in invertor and evertor muscle strength and recruitment time as well as in proprioception of the ankle joint. Thus, proprioception and invertor and evertor muscle strength of the ankle joint at fast angular velocity may be investigated when examining and planning care for individuals with FAI.

Key Words: Ankle instability; Evertor; Invertor; Proprioception.

Ⅰ. 서론

발목 삠(ankle sprain)은 인구 10,000명당 1명이 경험하는 것으로 보고되고 있으며, 스포츠 활동뿐만 아니라 일상생활 중 흔히 발생한다(Kannus와 Renström, 1991). 발목 삠의 85%는 가쪽 발목인대에 손상이 발생하는 것으로, 발목이 발바닥쪽 굽힘된 상태에서 안쪽번짐 움직임 있는 경우 유발된다(Ekstrand와 Tropp, 1990). 일상활동 중에는 주로 점프, 달리기, 언덕 내려오기 활동 동안 발생한다(Balduini와 Tetzlaff, 1982). 급성 발목 삠 이후 73%는 발목 삠이 재발하며 59%는 만성적인 불편을 호소하는데(Yeung 등, 1994), 이를 만

Corresponding author: Won-ho Kim whkim@uc.ac.kr

ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.045

성 발목불안이라 부른다.

만성 발목불안은 기계적 발목불안과 기능적 발목불안으로 구분될 수 있다. 기계적 발목불안은 발목 삠 이후 해부학적 변화가 있는 것으로 인대 느슨함, 관절운동학적 손상, 활액막 손상 등에 의해 발목불안이 유발되는 것이다(Hertel, 2002). 기능적 발목불안은 발목 삠 이후 관절의 기계적 수용기 손상으로 인해 고유수용감각의 결핍, 종아리신경 전도속도 감소, 감각운동 결핍이 유발되어 발목불안이 발생하는 것이다(Hertel, 2008).

최근에 발표된 많은 연구들은 기능적 발목불안에 초점을 두고 있다(Gutierrez 등, 2012; Hopkins 등, 2012; Lin 등, 2012). 기능적 발목불안을 유발하는 요인에 대한 연구는 치료계획을 세우는데 중요하지만, 연구에 따라 결과는 상이하다. 일반적으로 발목관련 연구들은 근력과 고유수용성감각을 검사하기 위해 등속성운동장비를 사용하여왔다. 등속성운동장비는 미리 설정된 각속도 이상으로 사지가 움직이지 않도록 저항을 제공하여 근력, 근육피로, 근육일(work) 등을 객관적으로 측정하는 장비이다(Rothstein 등, 1987). Pontaga(2004)는 각속도 60 °/s과 120 °/s에서 바깥번짐근과 안쪽번짐근의 근력비율 이상이 기능적 발목불안의 주요 요인으로 보고하였다. David 등(2013)은 기능적 발목불안이 있는 집단에서 안쪽번짐근과 바깥번진근의 근력 특히 원심성 수축력의 중요성을 강조하였다. 또한 Hertel(2000)은 발목근육의 근력뿐만 아니라 위치감각의 결핍, 종아리근육의 반응시간, 균형결핍, 그리고 발목발등굽힘 가동범위의 감소가 기능적 발목불안과 관련이 있음을 보고하였다. 하지만, 몇몇 연구들은 발목의 고유수용성감각이 기능적 발목불안과 관련이 없다고 보고하고 있다(Pourkazemi 등, 2012). de Noronha 등(2007)은 기능적 발목불안이 있는 사람을 대상으로 안쪽번짐 가동범위 중 중간 범위에서의 고유수용성감각과 한발서기 같은 동작을 통한 운동조절능력을 알아본 결과, 기능적 발목불안이 없는 사람과 유의한 차이가 없다고 하였다. 또한 Ebig 등(1997)은 발목 삠 스트레스 검사 동안 종아리근육과 앞정강이근의 반사반응 시간이 기능적 발목불안 유무에 따라 차이가 없다고 하였다.

일반적으로 발목불안을 줄이기 위한 물리치료 프로그램으로 발목근육, 특히 바깥번짐근의 원심성수축 조절 능력과 고유수용성감각 증진을 위한 훈련들이 강조되어져 왔다(Collado 등, 2010; Sekir 등, 2007; You 등, 2004). 하지만 아직까지 발목불안을 유발하는 위험요인에 대한 연구결과가 서로 이견을 보이기 때문에 적절한 물리치료 프로그램을 구성하는데 어려움이 있다. 연구마다 결과가 다르게 나타나는 주요 이유는 연구 방법이 상이하기 때문으로 생각된다. 선행연구에서 나타는 주요 차이는 발목근력을 측정하는 등속성 각속도 및 고유수용성감각의 측정방법이다. 일상생활 중 발목 삠은 매우 빠른 속도로 유발된다. Nieuwenhuijzen 등(2002)은 여가활동 동안 발목 삠의 각속도가 403 °/s에 이른다고 하였고, Chu 등(2010)은 발목 삠의 최저 역치 각속도가 300 °/s라고 하였다. 특이성 원리(Cameron과 Monroe, 2007)에 따라, 발목불안을 줄이기 위해서는 빠른 각속도에서 발목 불안에 대한 위험요인을 파악하고 훈련시키는 것이 필요하다. 하지만 이전에는 대부분 각속도 30 °/s, 60 °/s, 그리고 120 °/s에서 기능적 발목불안에 대한 검사와 측정을 실시하여(Lin 등, 2009; van Cingel 등, 2006; Willems 등, 2002), 효과적인 치료를 위한 정보가 부족한 실정이다. 따라서 실제 발목 삠이 유발되는 각속도에서 발목 주변 근육의 근력, 최고 회전력까지 걸리는 시간, 그리고 고유수용성감각을 알아보는 것이 필요하다.

대부분의 사람은 발목 삠을 경험하고(van Cingel 등, 2006) 이중 일부는 기능적 발목불안을 호소하고 있기 때문에 이 연구는 발목 삠 경험이 있는 사람 중 기능적 발목불안이 있는 사람과 없는 사람을 대상으로 각속도 300 °/s에서 발목 안쪽번짐근과 바깥번짐근의 근력 및 최고 회전력까지 걸리는 시간과 고유수용성감각의 차이를 알아보기 위해 실시되었다. 구체적인 가설은 다음과 같다: 첫째, 안쪽번짐근과 바깥번짐근의 근력 및 최고 회전력까지 걸리는 시간은 기능적 발목불안 유무에 따라 유의한 차이가 있을 것이다. 둘째, 고유수용성감각(가동범위 중 중간 위치 및 끝 위치)은 기능적 발목불안 유무에 따라 유의한 차이가 있을 것이다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상자

연구대상자는 발목 통증이 없이 완전한 체중지지가 가능한 건강한 성인 19명이었다. 이전에 오른쪽 발목 삠 이력이 있고 Cumberland 발목불안도구(Cumberland ankle instability tool; CAIT)를 적용한 결과 30점 중 24점 이하인 대상자는 기능적 발목불안집단으로 분류하

ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.045

Table 1. Subject characteristics (N=19)

	Ankle instability group	Control group	p
Gender (male/female)	6/3	8/2	
Age (yr)	21.6±2.2	23.3±1.7	.074
Weight (㎏)	74.8±20.3	65.8±8.8	.238
Height (㎝)	173.3±10.1	172.3±6.1	.845
Body mass index (㎡/㎏)	24.7±6.1	22.1±2.3	.234

였고, 25점 이상인 사람은 대조군으로 분류되었다(O' Driscoll 등, 2011). 제외조건은 하지 수술 병력이 있는 사람이나 척추질병 및 신경근육 질병이 있는 사람, 3개월 이내에 기능적 발목불안으로 치료적 운동을 받은 사람, 그리고 1달 이내에 발목 삠을 경험한 사람은 제외하였다(de Noronha 등, 2007). 대상자에게 연구의 목적과 방법을 설명한 후 자발적으로 연구 참여에 동의한 자를 선정하였다. 기능적 발목불안 집단에는 남자 6명과 여자 3명이 포함되었으며, 평균 나이는 21.6세이었고 신체질량지수는 24.7 ㎡/㎏이었다. 대조군은 남자 8명과 여자 2명이었으며, 평균 나이와 신체질량지수는 각각 23.3세와 22.1 ㎡/㎏이었다(Table 1). 발목불안 집단과 대조군 사이 일반적인 특성은 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05).

2. 측정도구

발목불안 정도를 알아보기 위해 CIAT를 사용하였다. CIAT는 9개의 질문으로 구성되어 있으며 총점이 30점이다. 점수가 낮을수록 발목 안정성이 떨어짐을 의미하는 것으로, 24점 이하인 경우는 기능적 발목불안이 있는 것으로 해석한다. 이 도구의 기능적 발목불안을 측정하기 위해 널리 사용되고 있다. 구성타당도와 내적신뢰도 α=.83으로 수용할만하며, 민감성과 특이성은 각각 82.9%와 74.7%이다. 또한 검사-재검사 신뢰도는 우수하다($ICC_{2,1}$=.96)(Hiller 등, 2006). 발목 근력과 최고 회전력까지 걸리는 시간은 등속성 기구(Cybex® ⅡNorm 770 Isokinetic Dynamometer, Lumex Inc., NY, USA)를 이용하여 측정하였다. 측정자는 연구대상자가 속한 집단을 알지 못하도록 맹검법을 적용하였다.

3. 측정절차

자발적으로 연구 참여에 동의한 사람의 오른쪽 발목에 대해 이전의 발목 삠 이력을 조사였고 CAIT를 이용하여 기능적 발목불안 정도를 조사하였다. 또한 등속성 기구를 이용한 모든 측정은 오른쪽 발목에서만 실시되었으며 등속성 기구를 이용한 경험이 5년인 물리치료사 1명에 의해 이루어졌다.

연구대상자는 측정 전 설정된 각속도(300 °/s)에 적응할 수 있도록 3회 반복 연습을 실시하고 3분간 휴식시간을 가졌다. 이후 대상자는 각속도 300 °/s에서 구심성으로 발목 안쪽번짐과 바깥번짐 움직임을 가능한 빠르게 3회 반복하였다. 측정자는 안쪽번짐근과 바깥번짐근의 근력(%체중), 바깥번짐근/안쪽번짐근 근력비율(%), 그리고 근육동원시간을 의미하는(van Cingel 등, 2006) 최고 회전력까지 걸리는 시간(초)을 3회 반복한 평균값으로 기록하였다(Willems 등, 2002). 근력측정을 위한 반복회수(3~5회)는 연구마다 다양하다. 각속도가 빠른 경우 부상의 위험이 있기 때문에(Lin 등, 2009) 이 연구에서는 3회만 반복하였다. Holmbäck 등(1999)은 젊은 정상 성인의 발목발등굽힘근을 대상으로 실시한 연구에서, 각속도가 빠를수록 변이계수가 커지는 경향을 보고하였는데, 60 °/s인 경우 변이계수가 6.6%이었으며 150 °/s인 경우 13.5%이었다. 이 연구에서는 안쪽번짐근과 바깥번짐근의 변이계수가 각각 15.6%와 9%이었다. 각속도 300 °/s인 점을 감안할 때 변이계수는 커지 않은 것으로 여겨진다. 또한 비록 집단 사이 체중의 차이가 없었지만(Table 1), 개인간 차이를 고려하여 %체중으로 근력을 기록하였다. 또한 각속도 300 °/s에서 바깥번짐근의 원심성 근력을 3회 반복한 후 평균값을 기록하였다. 측정 동안 발의 상처를 피하기 위해 신발을 착용하게 하였다. 측정은 바로 누운 자세에서 실시되었으며(Figure 1), 오른쪽 발의 축과 동력기(dynamometer)의 축을 일치시킨 후 15° 발바닥굽힘 상태로 발판에 발을 고정하였다. 또한 몸통과 하지의 대상작용을 방지하기 위해 몸통과 오른쪽 무릎부위를 70° 굽힌 상태에서 벨트로 단단히 고정하였다(Nickson, 1987). 이후 발목관절의 고유수용성감각을 알아보기 위해 발목관절의 위치감각을 측정하였다. 위치감각을 측정하기 위해, 개인별 안쪽범짐의 전체 가동범위 중 중간위치와 끝 위치(최대 안쪽범짐 각에서 10%의 각을

ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.045

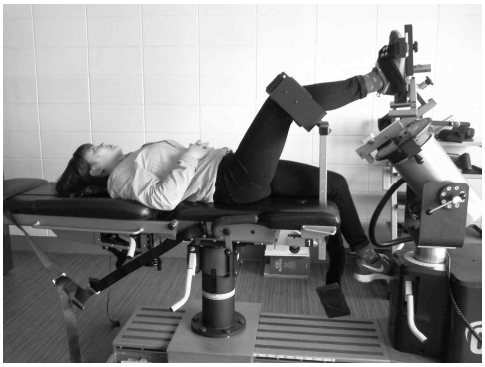

Figure 1. Starting position for measurement using isokinetic dynamometer.

뻗 위치)를 기준 각도로 정하였다. 대상자가 위치재현 할 2개의 기준 각도를 지각할 수 있도록 측정자는 위치 재현 할 기준 각도까지 수동적으로 대상자의 발목을 안쪽번짐시킨 후 10초간 유지하였다. 이후 최대 바깥번짐 위치에서 대상자가 능동적으로 안쪽번짐 동작을 통해 각각의 기준 각도에 도달하였을 때 측정자에게 신호를 보내라고 지시하였다. 2회 반복 측정 후 기준 각도와 대상자가 재현 한 각도 사이 차이를 °로 기록하였다. 측정 동안 대상자의 눈을 가리고 시행하였다. 측정 자세는 신발을 착용하지 않고 맨발로 시행된 것을 제외하고 근력 측정 자세와 동일하였다.

4. 분석방법

연구대상자의 일반적 특성을 알아보기 위해 기술통계를 적용하였다. 수집된 자료의 정규분포를 알아보기 K-S 검정을 실시한 결과 정규분포하는 것으로 나타나 모수검정을 실시하였다. 집단별 발목 주변 근육의 근력과 비율, 최고 근력까지 도달 시간, 그리고 위치감각의 차이를 알아보기 위해 독립 t-검정을 실시하였다. 또한 수집된 자료 사이 관련성을 알아보기 위해 피어슨상관검정을 실시하였다. 유의수준은 α=.05로 정하였다.

Ⅲ. 결과

1. 집단별 발목 근력과 최고 근력까지 걸리는 시간의 차이

기능적 발목불안 집단과 대조군 사이 발목 근육의 근력과과 최고 근력까지 도달 시간의 차이를 알아본 결과, 기능적 발목불안 집단의 안쪽번짐근(29.63%체중)과 바깥번짐근(44.45%체중)의 구심성 근력은 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 하지만 안쪽번짐근과 바깥번짐근의 근력 비율은 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). 원심성 바깥번짐근의 근력 역시 두 집단 사이 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 최고 근력까지 도달 시간은 안쪽번짐근과 바깥번짐근 모두 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 2).

2. 집단별 능동적 위치감각의 차이

집단별 능동적 위치감각의 차이를 알아본 결과, 중감위치인 경우 발목불안집단의 평균 오류는 5.57°이었고 대조군은 4.09°이었다. 끝 위치인 경우 발목불안집단의 평균 오류는 5.71°이었고 대조군은 3.00°이었다. 집단별 능동적 위치감각은 중간위치인 경우 유의한 차이가 없었지만($p>.05$), 끝 위치인 경우 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 3).

3. 기능적 발목불안 점수와 발목 근력 및 위치감각의 상관성

CAIT를 이용한 기능적 발목불안 점수와 발목 주변

Table 2. Differences in muscle performance and position sense of the ankle by groups

		Ankle instability group (n_1=9)	Control group (n_2=10)	t	p
Concentric strength (300 °/s)	Invertor (%BW[a])	29.63±8.25[b]	44.45±11.29	3.022	.008
	Evertor (%BW)	31.51±9.67	48.18±16.58	2.395	.029
	Evertor/Invertor ratio (%)	109.57±25.49	108.55±20.10	.095	.925
Eccentric strength (300 °/s)	Evertor (%BW)	72.74±16.35	93.27±31.16	1.597	.130
Time to peak torque	Invertor (sec)	.19±.06	.12±.05	2.547	.021
	Evertor (sec)	.21±.08	.13±.04	2.531	.022

[a]body weight, [b]mean±standard deviation.

ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.045

Table 3. Difference in active position sense of the ankle by groups

		Ankle instability group (n_1=9)	Control group (n_2=10)	t	p
Active position sense	Mid angle (°)	[a]5.57±3.90[a]	4.09±2.80	.938	.405
	End angle (°)	5.71±2.81	3.00±2.48	2.147	.047

[a]mean±standard deviation.

Table 4. Relationship between ankle instability score and muscle strength and active position sense

	Invertor strength	Active position sense at end angle
CAIT[a] score	.554*	-.577*

[a]Cumberland ankle instability tool, *p<.05.

근육의 근력 및 위치감각 사이 상관성을 알아본 결과, 기능적 발목불안 점수는 안쪽번짐근 근력과 끝 위치에서의 위치감각과 보통정도의 유의한 상관성을 보였다(p<.05)(Table 4).

Ⅳ. 고찰

임상에서 발목 삠 이후 발생하는 기능적 발목불안을 줄이기 위해 발목주변 근육의 강화와 고유수용성감각을 증진하기 위한 치료프로그램을 적용하고 있지만, 아직 기능적 발목불안에 영향을 주는 요인에 대한 연구결과에는 이견이 있다. 이 연구는 발목 삠 이후 기능적 발목불안이 있는 사람을 대상으로 발목 삠이 유발되는 실제 각속도에서 발목 근력, 최고 회전력까지 걸리는 시간과 위치감각이 발목 불안이 없는 사람과 어떤 차이를 보이는지 알아보고, 물리치료 프로그램 구성에 도움을 주기 위한 기초자료로 활용하기 위해 시행되었다.

Freeman 등(1965)이 처음으로 기능적 발목불안에 대해 발표한 이후로 고유수용성감각 결핍이 발목불안을 유발하는 주요 원인으로 여겨져 왔으며 치료 프로그램 역시 고유수용성감각을 증진시키는 훈련으로 구성되어져 왔다(Hertel, 2000; Konradsen과 Magnusson, 2000; Sekir 등, 2007). 고유수용성감각은 한발서기 또는 흔들판 위에 서기 동안 자세 흔들림 같은 방법으로 측정될 수 있지만(Willems 등, 2002), 신경근육조절, 시각, 안뜰감각 또는 다른 관절의 감각을 배제하고 순수 발목관절의 고유수용성감각을 측정하였다. 그 결과, 기능적 발목불안이 있는 집단이 대조군에 비해 기준 각도가 중간인 경우는 유의한 차이가 없었지만 끝 부분인 경우 능동적 위치감각이 유의하게 떨어졌다. 또한 기능적 발목불안은 능동적 위치감각과 보통정도의 역상관성(r=-.577)을 보였다. 하지만 Hubbard와 Kaminski(2002)은 기능적 발목불안에 고유수용성감각이 영향을 주지 않는다고 하였다. 또한 de Noronha 등(2007)도 고유수용성감각이 기능적 발목불안 집단과 정상집단 사이 차이가 없으며, 고유수용성감각과 운동조절능력 사이 관련성도 없다고 하였다. 고유수용성감각은 관절 움직임감각과 위치감각(수동 및 능동)으로 구분되며 인대, 관절수용기, 그리고 근육수용기를 통해 중추신경계까지 전달된다(Hertel, 2002). 이들 연구들은 고유수용성감각 중 관절움직임감각을 측정하였기 때문에 본 연구와 다른 결과를 보였을 것이다. 발목 안쪽번짐 가동범위 중 초기와 끝 위치를 기준 각도로 정하고 수동 및 능동 위치감각을 측정한 Willems 등(2002)의 연구에서는 끝 위치에서만 능동적 위치감각이 발목불안 정도에 따라 유의한 차이를 보였다. 이는 본 연구의 결과와 일치하는 것으로, 발목 삠 이후 수동적 위치감각을 감지하는 인대 또는 관절수용기 보다 능동적 위치감각에 중요한 근육수용기 결핍이 더욱 크기 때문일 것이다(Khin-Myo-Hla 등, 1999). Hertel(2002)도 발목불안과 근육수용기인 γ-운동신경원 활성화 사이 상관성이 있음을 보고하였다.

발목안정성을 높이기 위해서는 발목 주변 근육의 역할이 중요하다. 발목 삠을 방지하기 위해서는 두 가지 측면에서 근육반응을 고려해야 한다(Gutierrez 등, 2012). 먼저 되먹임이 중요한 반사적 반응(닫힌사슬 운동조절)은 전통적으로 발목 재활을 위해 중요시 되어져 온 것으로, 발목 삠이 유발되었을 때 반사적으로 바깥번짐근이 수축하여 발목 삠을 억제하는 것이다. 실제로 여러 연구들이 기능적 발목불안이 있는 사람에서 바깥번짐근(종아리근육)의 반사적 수축 지연을 보고하여 왔다(Gutierrez 등, 2012; Levin 등, 2012). 하지만 발목

ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.045

삠시 안쪽번짐움직임 속도가 빨라 반사적 바깥번짐근 수축으로 제어하기에는 힘들다(van Cingel 등, 2006). 또 다른 근육반응은 선행적 반응(열린고리 운동조절)으로 발목 삠이 유발되기 전에 미리 발목발등굽힘을 하는 것이다. 발목 삠은 발목발바닥굽힘 위치에서 유발되기 때문에 발목발등굽힘 동작은 발목 삠을 예방하는데 중요하다. 앞정강이근은 안쪽번짐과 발목발등굽힘을 유발하는 주요 근육이다. 발목주변 근육에 대한 이전 연구를 살펴보면, 기능적 발목불안이 있는 집단이 정상인 집단보다 발목근육의 근력 차이가 없다는 연구(Lentell 등, 1995; Pourkazemi 등, 2012)와 차이가 있음을 보고한 연구가 보고되고 있다(Leem 등, 2010; Pontaga, 2004; Palmieri-Smith 등, 2009). 하지만 이들 연구에서 발목 근력을 위해 측정된 각속도가 실제 발목 삠 유발되는 각속도보다 느리다는 제한점이 있다. 비록 Arnold 등(2009)이 실시한 메타분석에서, 느린 각속도와 빠른 각속도에 관계없이 발목근육 특히 바깥번짐근의 근력약화가 있다고 보고 하였지만, 110 °/s~240 °/s 사이의 각속도를 빠른 각속도로 분류하였다. 본 연구에서 발목 삠이 유발되는 최소 역치 각속도(300 °/s)에서 발목근육의 근력차이가 있는지를 알아본 결과, 기능적 발목불안 집단과 대조군 사이 안쪽번짐근과 바깥번짐근의 근력과 근력비율을 알아본 결과 기능적 발목불안 집단이 두 근육 모두에서 유의하게 근력이 약하였고 안쪽번짐근의 근력은 기능적 발목불안 점수와 유의한 정상관성을 보였다. 하지만 근력비율은 유의한 차이가 없었다. 이는 비교적 빠른 각속도(240 °/s) 에서 측정한 Hartsell과 Spaulding(1999)의 연구와 일치하는 결과이었다. 근력비율은 작용근과 대항근의 근육균형정도를 알려주는 지표이다. 일반적으로 10% 이상 차이가 있을 경우 근육 불균형이 있는 것으로 판단한다(Grace 등, 1984). 본 연구에서는 기능적 발목불안 집단의 안쪽과 바깥번짐근이 동시에 약화되어 근력비율이 변하지 않았을 것이라 여겨진다. 각 근육의 동원(recruitment)되는 시간을 알아볼 수 있는 최고 근력까지 도달되는 시간을 알아본 결과, 기능적 발목불안 집단이 대조군에 비해 시간이 유의하게 길었다. 이는 van Cingel 등(2006)의 연구와 일치하는 결과이다. Hertel(2002)은 기능적 발목불안이 있는 사람에서 나타나는 근육약화의 원인이 근육손상 때문인지, 근육위축 때문인지, 또는 신경근육 동원의 문제인지를 구별하는 것이 필요하다고 하였다. 발목불안이 있는 사람은 안정 시 종아리근육을 담당하는 대뇌겉질의 활성수준이 낮고(Pietrosimone와 Gribble, 2012) 관절기원성 자가억제로 인해 발목 주변 근육의 활성이 떨어진다는 점(Palmieri-Smith 등, 2009)을 감안할 때 기능적 발목불안이 있는 사람은 근유위축과 신경근육의 동원 이상으로 인해 발목 주변 근육의 약화가 있는 것으로 여겨진다.

이상으로 볼 때 기능적 발목불안이 있는 사람은 그렇지 않은 사람보다 빠른 각속도에서의 안쪽 및 바깥번짐근의 약화 및 근육 동원의 속도가 떨어질 뿐만 아니라 능동위치감각이 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 기능적 발목불안을 개선하기 위한 물리치료 프로그램 구성 시 빠른 각속도에서 발목 안쪽 및 바깥번짐근의 근력강화와 더불어 신경근육의 반응을 촉진할 수 있는 훈련방법을 고안하여 적용하는 것이 필요할 것이다.

이 연구는 적은 수의 20대 젊은 성인을 대상으로 실시되었기 때문에 연구결과를 일반화하는데 제한점이 있다. 발목 삠의 정도에 따라 종아리신경이 섬유화가 있을 수 있지만(Acus와 Flanagan, 1991), 본 연구에서는 연구대상자 선정 시 이전의 발목 삠의 정도를 고려하지 않은 점이 있다. 또한 이 연구에서는 발목불안 정도를 알아보기 위해 CAI 척도를 사용하였지만, 좀 더 정확한 발목불안을 측정하기 위해 수동적 견고함(stiffness)(근육, 힘줄, 인대 등의 수동적 저항성) 및 능동적 견고함(근육수축과 반사)(You 등, 2004)을 고려하는 것이 필요하다. 더불어 이 연구는 발목 삠이 흔히 유발되는 발바닥굽힘된 상태에서 각속도 300 °/sec에서 안쪽 및 바깥번짐근의 생체역학에 초점을 두고 진행되었지만 다른 각속도도(예, 30 또는 120 °/sec) 함께 측정하여 결과를 해석하는 것이 필요할 것이다. 차후의 연구에서는 이런 점을 보완하여 발목 삠 유발 시 발등굽힘근과 발바닥굽힘근을 포함한 발목근육들의 근력, 고유수용성감각, 신경근육의 변화들이 기능적인 활동에 어떤 영향을 주는지를 알아보는 연구가 필요할 것이라 여겨진다.

Ⅴ. 결론

이 연구는 20대 성인을 대상으로 기능적 발목불안 유무에 따라 빠른 각속도(300 °/s)에서 발목 안쪽번짐근 및 바깥번짐근의 근력과 최대 회전력까지 걸리는 시간 그리고 능동적 위치감각의 차이를 알아보기 위해 시행되었다. 그 결과, 기능적 발목불안이 있는 사람은 안

ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.045

쪽번짐근 및 바깥번짐근의 근력이 약하였고 최고 회전력까지 걸리는 시간이 오래 걸렸다. 또한 안쪽번짐 끝 범위에서 능동적 위치감각이 떨어졌다. 따라서 발목불안이 있는 사람을 위한 검사와 치료계획을 수립할 때 빠른 각속도에서 발목 안쪽 및 바깥번짐근의 근력과 고유수용성감각에 대한 고려가 필요할 것으로 여겨진다.

References

Acus RW 3rd, Flanagan JP. Perineural fibrosis of superficial peroneal nerve complicating ankle sprain: A case report. Foot Ankle. 1991;11(4):233-235.

Arnold BL, Linens SW, de la Motte SJ, et al. Concentric evertor strength differences and functional ankle instability: A meta-analysis. J Athl Train. 2009;44(6):653-662.

Balduini FC, Tetzlaff J. Historical perspectives on injuries of the ligaments of the ankle. Clin Sports Med. 1982;1(1):3-12.

Cameron MH, Monroe LG. Physical Rehabilitation: Evidence-based examination, evaluation, and intervention. St. Louis, Missouri, Saunders Elsevier, 2007:72-73.

Chu VW, Fong DT, Chan YY, et al. Differentiation of ankle sprain motion and common sporting motion by ankle inversion velocity. J Biomech. 2010;43(10):2035-2038.

Collado H, Coudreuse JM, Graziani F, et al. Eccentric reinforcement of the ankle evertor muscles after lateral ankle sprain. Scand J Med Sci Sports. 2010;20(2):241-246.

David P, Halimi M, Mora I, et al. Isokinetic testing of evertor and invertor muscles in patients with chronic ankle instability. J Appl Biomech. 2013;Jan 18. [Epub ahead of print]

de Noronha M, Refshauge KM, Kilbreath SL, et al. Loss of proprioception or motor control is not related to functional ankle instability: An observational study. Aust J Physiother. 2007;53(3):193-198.

Ebig M, Lephart SM, Burdett RG, et al. The effect of sudden inversion stress on EMG activity of the peroneal and tibialis anterior muscles in the chronically unstable ankle. J Orthop Sports Phys Ther. 1997;26(2):73-77.

Ekstrand J, Tropp H. The incidence of ankle sprains in soccer. Foot Ankle. 1990;11(1):41-44.

Freeman MA, Dean MR, Hanham IW. The etiology and prevention of functional instability of the foot. J Bone Joint Surg Br. 1965;47(4):678-685.

Grace TG, Sweetser ER, Nelson MA, et al. Isokinetic muscle imbalance and knee-joint injuries. A prospective blind study. J Bone Joint Surg Am. 1984;66(5):734-740.

Gutierrez GM, Knight CA, Swanik CB, et al. Examining neuromuscular control during landings on a supinating platform in persons with and without ankle instability. Am J Sports Med. 2012;40(1):193-201.

Hartsell HD, Spaulding SJ. Eccentric/concentric ratios at selected velocities for the invertor and evertor muscles of the chronically unstable ankle. Br J Sports Med. 1999;33(4):255-258.

Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. J Athl Train. 2002;37(4):364-375.

Hertel J. Functional instability following lateral ankle sprain. Sports Med. 2000;29(5):361-371.

Hertel J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. Clin Sports Med. 2008;27(3):353-370.

Hiller CE, Refshauge KM, Bundy AC, et al. The cumberland ankle instability tool: A report of validity and reliability testing. Arch Phys Med Rehabil. 2006;87(9):1235-1241.

Holmbäck AM, Porter MM, Downham D, et al. Reliability of isokinetic ankle dorsiflexor strength measurements in healthy young men and women. Scand J Rehabil Med. 1999;31(4):229-239.

Hopkins JT, Coglianese M, Glasgow P, et al. Alterations in evertor/invertor muscle activation and center of pressure trajectory in participants

ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.045

with functional ankle instability. J Electromyogr Kinesiol. 2012;22(2):280-285.

Hubbard TJ, Kaminski TW. Kinesthesia is not affected by functional ankle instability status. J Athl Train. 2002;37(4):481-486.

Kannus P, Renström P. Treatment for acute tears of the lateral ligament of the ankle. Operation, cast, or early controlled mobilization. J Bone Joint Surg Am. 1991;73(2):305-312.

Khin-Myo-Hla, Ishii T, Sakane M, et al. Effect of anesthesia of the sinus tarsi on peroneal reaction time in patients with functional instability of the ankle. Foot Ankle Int. 1999;20(9):554-559.

Konradsen L, Magnusson P. Increased inversion angle replication error in functional ankle instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2000;8(4):246-251.

Leem MY, Park MS, Lim SK. Strength of hip and ankle muscles in taekwondo athletes with chronic ankle instability. Exercise Science. 2010;19(4):371-380.

Lentell G, Baas B, Lopez D, et al. The contributions of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. J Orthop Sports Phys Ther. 1995;21(4):206-215.

Levin O, Van Nevel A, Malone C, et al. Sway activity and muscle recruitment order during transition from double to single-leg stance in subjects with chronic ankle instability. Gait Posture. 2012;36(3):546-551.

Lin CW, Delahunt E, King E. Neuromuscular training for chronic ankle instability. Phys Ther. 2012;92(8):987-991.

Lin WH, Liu YF, Hsieh CC, et al. Ankle eversion to inversion strength ratio and static balance control in the dominant and non-dominant limbs of young adults. J Sci Med Sport. 2009;12(1):42-49.

Nickson W. Normative isokinetic data on the ankle invertors and evertors. Aust J Physiother. 1987;33(2):85-90.

Nieuwenhuijzen PH, Grüneberg C, Duysens J. Mechanically induced ankle inversion during human walking and jumping. J Neurosci Methods. 2002;117(2):133-140.

O'Driscoll J, Kerin F, Delahunt E. Effect of a 6-week dynamic neuromuscular training programme on ankle joint function: A Case report. Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol. 2011;doi:10.1186/1758-2555-3-13.

Palmieri-Smith RM, Hopkins JT, Brown TN. Peroneal activation deficits in persons with functional ankle instability. Am J Sports Med. 2009;37(5):982-928.

Pietrosimone BG, Gribble PA. Chronic ankle instability and corticomotor excitability of the fibularis longus muscle. J Athl Train. 2012;47(6):621-626.

Pontaga I. Ankle joint evertor-invertor muscle torque ratio decrease due to recurrent lateral ligament sprains. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004;19(7):760-762.

Pourkazemi F, Hiller C, Raymond J, et al. Perceived ankle instability is not related to ankle joint position sense, movement detection and inversion/eversion peak power: An observational study. J Foot Ankle Res. 2012;5(1):O52.

Rothstein JM, Lamb RL, Mayhew TP. Clinical uses of isokinetic measurements. Clinical issues. Phys Ther. 1987;67(12):1840-1844.

Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B, et al. Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2007;15(5):654-664.

van Cingel RE, Kleinrensink G, Uitterlinden EJ, et al. Repeated ankle sprains and delayed neuromuscular response: Acceleration time parameters. J Orthop Sports Phys Ther. 2006;36(2):72-79.

Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, et al. Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. J Athl Train. 2002;37(4):487-493.

Yeung MS, Chan KM, So CH, et al. An epidemio-

ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.3.045

logical survey on ankle sprain. Br J Sports Med. 1994;28(2):112-116.

You SH, Granata KP, Bunker LK. Effects of circumferential ankle pressure on ankle proprioception, stiffness, and postural stability: A preliminary investigation. J Orthop Sports Phys Ther. 2004;34(8):449-460.

This article was received April 5, 2013, was reviewed April 5, 2013, and was accepted May 28, 2013.