



대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2023. 06. Vol. 30, No.2, pp. 52-64

치료적 운동을 병행한 발목 관절가동술이 만성 발목 불안정성을 가진 노인의 발목 관절가동범위와 균형에 미치는 영향

김선민¹ · 이근수² · 장상훈²

¹한국교통대학교 물리치료학과 · ²청주성모병원 물리치료실 · ²한국교통대학교 물리치료학과

The effect of ankle mobilization combined with therapeutic exercise on ankle joint range of motion and balance in the elderly with chronic ankle instability

Sun Min Kim¹, M.Sc., P.T. · Keun Su Lee², Ph.D., P.T. · Sang Hun Jang², Ph.D., P.T.

¹Dept. of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

²Dept. of Physical Therapy, Mary's Hospital, Choengju

²Dept. of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

Abstract

Background: This study analyzed the effects of balance and ankle joint range of motion in elderly people suffering from chronic ankle instability; when therapeutic exercise was applied alongside ankle joint mobilization, as a method to reduce the risk of falls and improve the ability to balance.

Design: A Single Subject experience design.

Method: This study was conducted on 10 elderly people aged 65 years or older with chronic ankle instability. Therapeutic exercise and four types of ankle joint mobilization were used during the study. The therapeutic exercise was applied for 10 minutes, and after a 5-minute rest period, four joint mobilization techniques were applied for 5 minutes each time, for a total of 20 minutes. The procedures were performed by a skilled person with more than 10 years of physical therapy clinical experience and conducted three days a week for a four-week period. An evaluation was conducted before and after the experiment, for four weeks. The evaluation items were the joint range of motion and static and dynamic balance.

Result: The study results show that, as a result of applying therapeutic exercise and ankle joint mobilization for four weeks, static and dynamic balance improved significantly after the intervention compared to before the intervention ($p<.05$), and instep and plantar flexion joint angles in the range of motion of the ankle joint were also significantly improved ($p<.05$).

Conclusions: Ankle joint mobilization combined with therapeutic exercise for the elderly with chronic ankle instability can be proposed as an effective treatment intervention method to improve joint range of motion and balance, and the study suggests that it can be more actively used in clinical practice.

Key words: Chronic ankle instability, Ankle mobilization, Therapeutic exercise, Balance

교신저자

장상훈

충청북도 증평군 대학로 61 한국교통대학교 보건관 404호

T: 043-820-5208, E: upsh22@ut.ac.kr

I. 서론

낙상은 넘어지거나 떨어져서 몸을 다치는 것으로 부상으로 인한 사망의 주요 원인이다(WHO, 2021). 특히 노인에서 발생률이 높아 국내 노인의 15.9%가 1년에 한 번 이상 낙상을 경험하며, 이중 64.9%가 병원에 내원한다(통계청, 2018). 또한 노인은 낙상으로 인한 사망이나 중상 위험이 높다(질병관리청, 2017). 실제로, 국내 일개 종합병원 대상 조사연구에서 낙상 후 응급실을 내원한 노인 중 의학적 처치가 필요한 중등도 이상 손상이 80.9%로 보고되었다(조경미와 김민영, 2019). 일반적으로 노인의 경우 자세를 조절하는 체간 조절 능력이 저하하여 몸의 흔들림이 증가되지만 노인의 체간조절 능력에 관여하는 근육의 동시 수축과 균형간의 상관관계에 대해서는 아직 불분명하다. 하지만 적절한 근육의 동시 수축은 자세를 유지하는 중요한 요인이 되며(Nagai 등, 2011), 노인의 관절가동범위 제한은 임상적으로 노인들의 일상생활 제한과 구조적 결함을 일으키는 주요 원인으로 노화에 의한 고유 감각의 퇴화에 의해 균형 능력의 저하 및 낙상과 관련이 있다(Abate 등, 2011; 정경만와 정유진, 2022), 낙상경험이 있는 노인은 균형 손상과 함께 발목근력이 심각하게 감소하는데, 원위부의 근력 중 특히 발등 굽힘근은 낙상의 가장 큰 위험요소로 발등 굽힘근의 근력으로 낙상 예측이 가능하다(Whipple 등, 1987). 최근 노인의 낙상뿐만 아니라 발목관절의 반복적인 손상으로 인해 만성적으로 인대가 약해져 습관적으로 발목이 불안정하게 접질러지는 만성 발목 불안정성을 초래하게 되는데 적절한 근육의 동시 수축은 자세를 유지하는 중요한 요인이 되며 이는 발목 발등 굽힘(ankle dorsiflexion) 관절가동범위(range of motion)와 동적 균형(dynamic balance)을 감소시켜 발목 손상을 재발하여 말초신경의 움직임조절에 부정적인 영향을 주게 되며 낙상의 위험까지 증가시키는 원인이 된다(Basnett 등, 2013). 이러한 노인 낙상의 빈번성과 위험성은 낙상예방 중재의 중요성을 지적하고 있다. 이에 따라 낙상예방을 위해 교육, 운동, 환경 조정에 대해 다양한 중재가 개발되었고, 그 효과에 대해 많은 연구가 수행되었다(Ferrer 등, 2014; 정경만, 2021), 노인의 급성 발목 염좌의 경우 80%는 보존적 치료를 통하여 완전한 회복이 이루어지지만, 나머지 20%는 급성 손상 후 초기 치료와 재활의 정상적인 회복 과정을 거치지 않아 반복적인 발목 손상을 경험하는 만성적 발목 불안정성(Chronic Ankle Instability, CAI)으로 발전하게 된다(Abe 등, 2014). 만성 발목 불안정성 환자의 경우에는 실제 발목의 구조적인 문제도 발생이 되지만 인대, 감각, 관절낭과 같은 다양한 구조물도 손상을 받게 된다. 그 결과로 협응 능력과 자세 조절 능력이 감소하게 되어 균형 능력이 감소된다(Olmsted 등, 2002). 선행연구 의하면 Holland 등 (2002)의 연구에 따르면, 젊은이들과 비교하였을 때 노인의 발목 발등 굽힘 관절가동범위가 6° 감소하는 결과를 보고하였으며 이러한 발목 발등 굽힘 관절가동범위가 감소 될수록 동적 균형 및 자세조절 능력이 함께 감소하여 낙상의 위험을 증가시키게 된다(Hoch 등, 2011). 위와 같은 이유로 균형과 이동 수행력에 있어 발과 발목 관절의 관절가동범위가 매우 중요하며, Mccagni 등 (2000)은 발목의 관절 가동 범위와 균형은 서로 상관이 있다고 보고하였다. 또한 주성범 등 (2011)은 고령 남성에게 발목 관절가동술을 적용한 결과 발목 관절가동범위 및 균형능력의 향상을 가져왔으며 이는 고령자들의 낙상 예방과 균형능력 향상에 유용하다고 보고하였다. 위와 같이 선행연구의 내용들을 보시면 실제 균형능력의 향상을 낙상을 예방하는데 있어서 중요하며 이는 정상적인 발목 관절가동범위가 중요한 요소임을 알 수 있다. 따라서 만성 발목 불안정성을 가진 노인들을 대상으로 발목 관절 가동범위를 향상시킬 수 있는 치료방법들은 노인의 낙상을 예방하는데 크게 기여할 것이라 생각된다. 그 중에서 발(feet)과 발목관절(ankle joints) 그리고 발바닥(plantar sole)에 대한 가동성 향상을 위한 치료의 적용은 비수축성 캡슐과 인대 조직의 확장성을 가져오고 관절의 기계적 수축기를 자극함으로써 구심성 정보의 전달을 향상시킬 수 있다. 한편, 발목관절에 치료적 운동의 적용은 통증의 관리, 부종 감소, 관절가동범위와 근력 및 고유수용성 감각 향상에 효과적이라고 하였으며(Arnold 등, 2009), 신경근육

계 조절 향상과 발목관절의 이차적 손상의 예방을 위해서는 근력강화 운동이 필수적이라고 하였다(Uh 등, 2000). Kim과 Jeon (2016)은 12주간의 근력강화에 초점을

맞춘 치료적 운동방법이 발목 불안정성 환자의 발목 관절 가동범위 향상뿐만 아니라 발목 통증, 근력 및 기능적 능력 등이 향상되었음을 보고하였다. 또한 Salom-Moreno 등(2015)의 연구에서는 근력과 고유수용성 감각 향상을 기반으로 한 치료적 운동을 발목 불안정성이 있는 환자에게 적용한 결과 통증 및 기능적 능력이 향상되었음을 보고하였다. 위와 같이 선행연구를 보시면 만성 발목 불안정성을 가진 노인의 통증, 관절가동범위, 균형 향상을 위한 방법으로 발목 관절가동술과 치료적 운동에 대한 효과를 언급하였다. 하지만 이러한 가동성을 향상시키기 위한 중재 연구는 여전히 부족한 편이며 대부분이 발목 관절가동술에 대한 효과를 알아본 연구이며 치료적 운동과 병행했을 때의 효과를 알아본 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 발목 관절가동술과 치료적 운동이 병행된다면 만성 발목 불안정성을 가진 노인의 낙상 위험을 줄이고 균형 능력을 증진시키기 위한 방법으로 발(foot)과 발목관절(ankle joints) 그리고 발바닥(plantar sole)에 가동성 향상을 위한 발목 관절가동술과 함께 치료적 운동을 적용하였을 때 만성 발목 불안정성 노인의 균형 및 발목 관절가동범위의 효과를 분석하여 노인의 낙상 예방을 위한 기초자료로 제시하고자 연구를 진행하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 청주시에 위치한 S병원에 만성 발목 불안정성을 가진 65세 이상의 노인을 대상으로 실시하였다. 대상자의 선정기준은 만성 발목 불안정성을 판단하기 위하여 만성 발목 불안정성 평가(CAIT : Cumberland Ankle Instability Tool) 점수가 24점 미만인 자, 발목 염좌를 경험한 환자 중 반복적인 발목의 상해가 있는 자, 현재 발목에 대한 치료를 받지 않는 자로 하였다. 대상자 제외 기준은 현재 발목 염좌 이외의 정형외과적 문제가 있는 자, 최근 3개월 이내 발목 손상을 경험하여 발에 문제가 있거나 발목 상태가 병적인 자는 연구대상에서 제외하였다. 연구 대상자는 연구에 대한 목적 및 실험방법에 대한 충분한 설명을 듣고 참여의지가 적극적인 사람들로 실험참여에 동의한 총 16명의 인원 중 CAIT 점수가 24점 이상인 자 6명을 제외하고 최종적으로 총 10명의 연구대상자를 선정하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

Experimental group (n = 10)	
Age (year)	74.30±3.62 ^a
Sex(Male/Female)	4/6
Height (cm)	154.00±2.98
Weight (kg)	54.80±3.35
CAIT (score)	17.80±2.61

aM±SD, CAIT : Cumberland ankle instability tool

2. 실험도구 및 측정방법

1) 발목 관절가동범위 평가(Clinometer)

능동 발등 굽힘과 발바닥 굽힘 각도의 측정은 관절각도 기준 측정 방법(Golden standard method)인 관절측각기

(Goniometer)와 높은 상관관계를 보였다는 연구를 바탕으로 스마트폰 어플리케이션인 Clinometer를 사용하여 관절 각도를 측정하였다(Werner BC 등, 2014). 대상자는 바로 누운 자세에서 스마트폰을 제 5 발허리뼈의 외측을 기준으로 하여 위치시켜 둔 뒤 시상면에서 능동적 움직임이 나타나도록 하여 발등 굽힘과 발바닥 굽힘 각도를 측정하였다. 스마트폰 어플리케이션을 이용한 발목관절의 각도 측정방법은 측정자간 신뢰도($r=.80$)와 타당도($r=.83$)가 검증된 유용한 평가 도구이다(Williams 등, 2013)(Figure 1).

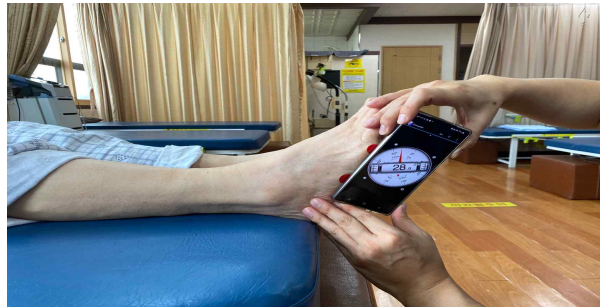


Figure 1. Ankle ROM measurement

2) 정적 및 동적 균형 평가

BT-4(Bt-4, Hur lab, Finland)를 이용하여 균형능력을 평가하기 위하여 자세 동요면적(Postural Sway Area; PSA)과 자세 동요거리 그리고 안정성 한계(Limit of Stability; LOS) 값을 측정하였다. BT-4는 사각형의 형태로 각 꼭지점에 측정 센서가 내장되어 있어 측정 센서를 통해서 연구 대상자의 압력중심을 찾아내고 그에 따른 자세 동요면적과 자세 동요 거리를 분석 측정하여 균형능력을 측정 할 수 있다. 대상자는 BT-4 플랫폼에 올라서서 양 발의 뒤꿈치 간격을 2cm로 유지한다. 발의 각도는 약 15도씩 외측으로 향하게 하고 손은 자연스럽게 위치하고 30초간 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 정적 균형(Static Balance)능력을 측정하였다. 정적 균형능력이 좋을수록 자세 동요면적과 동요거리가 좁고, 정적 균형능력이 나쁠수록 자세 동요면적과 동요거리가 넓다고 해석한다(Borg Laxåback, 2010). 또한 동적 균형(Dynamic balance)능력 측정은 대상자는 플랫폼 위에 올라선 상태에서 양발을 움직이지 않고, 앞·뒤 및 왼쪽·오른쪽 방향으로 최대한 몸을 기울여 안정성 한계의 이동범위 값을 측정하였으며 동적 균형능력이 좋을수록 이동범위 값이 증가하며, 나쁠수록 이동범위 값이 감소한다고 해석한다.(Figure 2).



Figure 2. measurement of balance ability

3) 발목 불안정성 평가

본 연구에서는 발목 불안정성 평가를 위하여 Cumberland 발목 불안정성 설문지를 이용하였다. 다른 평가 항목과는 다르게 본 평가도구는 발목 불안정성을 최초로 점수화 시킨 평가도구이며 9개의 질문을 통한 설문형태로 구성되어 있다. 총점은 30점 만점으로 28점 이상일 경우에는 안정적 발목으로 판단하며 24점 미만은 발목의 불안정성을 의미한다. 본 설문지의 검사 재검사 신뢰도는 선행 연구에서 높은 신뢰도와 타당도를 보고하였다 (ICC=.96)(Sawkins 등, 2007).

3. 중재방법

본 연구에서는 4가지의 발목 관절가동술 적용 후 치료적 운동이 적용이 되었다. 4개의 관절가동술은 각각 회당 5분씩 총 20분 적용하였으며 치료적 운동은 10분간 적용하였고 휴식시간 5분을 부여하였다. 중재는 물리치료 임상경력 10년 이상 된 숙련된 1인에 의해 행하여졌으며 4주간 매주 3일을 진행하였으며 평가는 중재 전과 중재 후에 실시하였다. 평가 항목은 관절가동범위와 정적, 동적 균형을 평가하였다.

1) 발목 관절가동술

본 연구에서 발목 관절가동술은 발목관절의 발등굽힘과 발바닥굽힘 증진을 위해 Talocrural joint anteroposterior mobilization, Talocrural joint posteroanterior mobilization을 적용하였으며 안쪽번짐과 가쪽번짐 증진을 위해 Subtalar joint mediolateral mobilization, Subtalar joint lateromedial mobilization을 적용하였다. 관절가동술 방법은 메이틀랜드 관절가동술 3등급을 적용하였으며 메이틀랜드의 가동술은 통증완화와 관절과 관절주위 결합조직의 유연성을 증가시키며 통증완화를 목적으로 할 때는 1,2등급을 적용하며 관절가동범위의 시작과 중간지점에서 움직임이 이루어지고, 관절가동성 증가를 목적으로 할 때는 3,4등급을 적용하는데 관절가동범위 끝범위에서 움직임이 이루어진다(Figure 3).



Figure 3. Ankle joint mobilization

2) 치료적 운동

본 연구에서 적용된 치료적 운동은 Kaminski 등(2003)의 연구와 Smith 등(2012)의 연구에서 환자의 능력에 맞게 치료적 운동 프로그램을 수정 및 보완하여 수행하였으며 발목 관절가동술 적용 전 10분간 실시하였다. 총 4개의 프로그램으로 첫 번째는 탄성밴드를 이용한 발등 굽힘 및 발바닥 굽힘 근력강화 운동 두 번째는 고유 감각 향상을 위한 세미 스퀴트, 세 번째는 눈을 뜨고 감은 상태에서의 한발서기 훈련 마지막 네 번째는 불안정한 지면에서의 균형훈련이 포함되어있다. 4개의 세션을 모두 포함하여 10분간 적용하여 실시하였다(Figure 4).



Figure 4. therapeutic exercise

4. 분석방법

본 연구에서 수집된 데이터를 분석하기 위하여 SPSS Win. 21.0 통계프로그램을 사용하였으며 측정된 결과값을 평균과 표준편차로 산출하였다. 대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 사용하였고 실험군의 사전·사후 발목 관절가동범위(D/F, P/F), 균형능력 및 CAIT 점수 변화를 비교 분석하기 위하여 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 이용하였으며 모든 통계학적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 중재 적용 후 정적 균형의 변화

4주간의 중재 후 사전 사후 결과 값을 비교한 결과 눈을 뜬 상태에서 동요면적 값은 중재 전 242.54mm²에서 중재 후 210.21mm²로 정적균형이 유의하게 증가하였으며($p < .05$), 눈을 감은 상태에서 동요면적 값은 중재 전 412.75mm²에서 중재 후 340.36으로 정적균형이 유의하게 증가하였다($p < .05$)(Table 2).

Table 2. Compare of degree of Sway area

(unit : mm²)

Variables	Pre-test	Post-test	Z	P
Sway area(OE)	242.54 ± 52.54 ^a	210.21 ± 24.67	-1.988	.047
Sway area(CE)	412.75 ± 95.19	340.36 ± 77.15	-2.803	.005

^aM±SD, OE : Open Eyes, CE : Close Eyes

4주간의 중재 후 사전 사후 결과 값을 비교한 결과 눈을 뜬 상태에서 동요거리 값은 중재 전 311.30mm에서 중재 후 291.61mm로 정적균형이 유의하게 증가하였으며($p<.05$), 눈을 감은 상태에서 동요면적 값은 중재 전 538.28mm에서 중재 후 470.96mm으로 정적균형이 유의하게 증가하였다($p<.05$)(Table 3).

Table 3. Compare of degree of Sway length

(unit : mm)

Variables	Pre-test	Post-test	Z	P
Sway length(OE)	311.30 ± 47.54 ^a	291.61 ± 51.21	-2.803	.005
Sway length(CE)	538.28 ± 99.24	470.96 ± 106.57	-2.497	.013

^aM±SD, OE : Open Eyes, CE : Close Eyes

2. 중재 적용 후 동적 균형의 변화

본 연구에서는 동적 균형의 변화를 알아보기 위하여 전방 안정성 한계 값은 전후방 그리고 왼쪽·오른쪽 안정성 한계 값을 측정하였다. 4주간의 중재 후 사전 사후 결과 값을 비교한 결과 전방 안정성 한계 값은 중재 전 3.14mm에서 중재 후 3.58mm로 유의하게 향상되었으며($p<.05$), 후방 안정성 한계 값은 2.73mm에서 3.17mm로 유의하게 향상되었다($p<.05$). 또한 왼쪽 안정성 한계의 값도 중재 전 3.45mm에서 중재 후 4.00mm으로 유의하게 향상됨을 알 수 있으며($p<.05$), 오른쪽 안정성 한계의 값은 3.80mm에서 4.11mm로 유의한 향상을 보였다($p<.05$). 본 연구결과 4주간의 치료적 운동을 병행하여 발목 관절가동술을 적용한 결과 모든 안정성 한계의 값이 증가됨을 알 수 있으며 이는 동적 균형이 향상되었음을 의미한다. 중재 적용 후 안정성 한계 전·후의 변화는 다음과 같다(Table 4).

Table 4. Compare of degree of LOS

(unit : mm)

Variables	Pre-test	Post-test	Z	P
Forward LOS	3.14 ± 0.51 ^a	3.58 ± 0.75	-2.599	.009
Rearward LOS	2.73 ± 0.43	3.17 ± 0.54	-2.803	.005
Leftward LOS	3.45 ± 0.91	4.00 ± 0.81	-2.803	.005
Rightward LOS	3.80 ± 0.60	4.11 ± 0.55	-2.803	.005

^aM±SD, LOS : Limit Of Stability

3. 중재 적용 후 발목 관절가동범위의 변화

4주간의 중재 후 발등 굽힘 관절가동범위의 결과 값은 중재 전 5.48에서 중재 후 10.10으로 유의하게 향상되었으며($p<.05$), 발바닥 굽힘 관절가동범위의 결과 값은 중재 전 25.35에서 중재 후 32.77로 유의하게 향상되었다($p<.05$)(Table 5).

Table 5. Compare of degree of ROM (unit : degree)

Variables	Pre-test	Post-test	Z	P
Dorsi Flexion	5.48 ± 0.33 ^a	10.10 ± 3.31	-2.805	.005
Plantar Flexion	25.35 ± 0.67	32.77 ± 2.11	-2.803	.005

^aM±SD, ROM : Range Of Motion

4. 중재 적용 후 Cumberland 발목 불안정성의 변화

4주간의 중재 후 발목 불안정성 값인 CAIT 점수는 중재 전 17.80에서 중재 후 24.70으로 발목 불안정성이 유의하게 향상되었다($p < .05$)(Table 6).

Table 6. Compare of degree of CAIT (unit : score)

Variables	Pre-test	Post-test	Z	P
CAIT	17.80 ± 2.61 ^a	24.70 ± 2.45	-2.825	.005

^aM±SD, CAIT : Cumberland ankle instability tool

IV. 고찰

현재 우리나라는 고령화 사회로 접어들면서 노후 생활의 질적인 측면을 고려해 볼 때 신체적인 기능 상태는 독립적인 삶을 살아가는데 있어서 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 하지만 대부분의 노인들은 낙상으로 인하여 골절이나 신체적 손상을 경험하며 심각한 경우 기능장애 및 사망을 초래하기도 한다. 이와 같은 낙상에 대한 경험은 독립적인 생활에 영향을 주며 낙상의 두려움으로 인하여 사회적인 활동까지 제약을 받는다. 이러한 낙상을 발생시키는 원인은 다양하지만 그 중 발목관절의 안정성과 관련하여 관절의 가동범위는 가장 중요한 요인으로 알려져 있으며(Takao 등, 2005), 발목의 기능적 불안정성은 발목손상의 재발 및 균형능력의 감소 등을 발생시킨다(Eils & Rosenbaum, 2001). 이러한 이유로 본 연구에서는 만성 발목 불안정성을 가진 노인에게 치료적 운동을 병행하여 발목 관절가동술을 적용하였을 때 발목 관절가동범위와 균형에 어떠한 영향을 미치는지 알아보며 노인의 낙상을 예방하기 위한 기초자료를 제공하기 위해 본 연구를 진행하였다. 노인의 균형능력은 시각 및 고유수용 감각이 노화에 의해 저하된 상태이며 인위적으로 균형제어계의 감각을 향상시키는 것은 상당한 어려움을 가지고 있다. 또한 본 연구에서는 근골격계의 기능 감소에 의한 관절기능부전의 상태로 정상 관절가동범위로부터 역학적으로 바뀐 상황(Paris & Loubert, 1999)에 초점을 맞추어 발목 관절가동술을 적용하고 발목 관절가동범위 및 균형 제어능력의 향상을 가져오고자 하였다.

본 연구결과에 의하면 BT-4 균형측정시스템을 통해 눈 뜨고 감았을 때 롬버그 검사를 실시하여 정적균형을 측정하였다. 만성 발목 불안정성을 가진 노인에게 치료적 운동을 병행한 발목 관절가동술을 적용한 결과 자세동요면적과 자세동요거리 값이 모두 유의하게 감소하여 정적 균형능력이 향상됨을 알 수 있다. 이는 선행연구 결과와 동일하며 주성범 등(2011)은 노인에게 발목관절 가동술을 적용한 결과 발목 관절가동범위 및 균형능력의 향상

을 가져왔으며 이는 노인들의 낙상예방과 균형능력 향상에 유용하다고 보고하였다. 또한 발목 관절가동술을 통한 발목 가동성 증진은 발목관절 가동범위가 감소된 노인들이 균형을 바로잡는데 있어 체간이 흔들리거나 불필요한 움직임들을 감소시켜 균형능력이 향상되었다고 사료된다.

본 연구에서 치료적 운동을 병행한 발목 관절가동술 적용 후 BT-4 균형측정시스템을 통해 앞, 뒤, 좌, 우의 안정성 측정 결과 안정성 한계 값이 모두 유의하게 증가하였으며 동적균형능력이 향상된 결과를 보였다. 치료적 운동의 이점은 근력운동과 고유수용성 감각훈련에 모두 효과적이며 그 외에 관절가동술에 대한 증재 효과도 선행연구 결과와 일치한다. Hoch 등(2011)은 관절가동술은 관절의 안정화에 영향을 주며 구심성 정보를 활성화시켜 신경근 기능 강화와 자세를 조절하는 능력을 향상시키며 이는 발의 관절수용기와 피부수용기를 자극하여 감각입력정보의 활성화와 관절가동성을 증가시켜 신체의 자세조절 능력을 향상시킨다고 하였으며 이는 치료적 운동과 발목 관절가동술이 노인의 균형능력 향상에 영향을 미쳤을 것이라고 사료된다. 또한 박재명 (2013)의 연구에서 노인에게 발목 관절가동술을 적용한 결과 정적 및 동적 균형능력의 향상을 보고하였다. 동적 균형능력의 향상을 보면 발목에 관절가동술 적용이 관절의 가동범위를 증가시킴으로써 지지면에서의 안정성 한계에 대한 이동 범위를 증가시켜 동적 균형능력 향상에 기여했을 것이라 생각된다. 또한 치료적 운동을 통하여 균형에 관여하는 근육들의 근력증가와 발목 관절의 정렬이 교정됨으로써 중추신경계의 되먹임 체계에 영향을 주어 발목 관절의 고유수용성 감각의 증가와 함께 동적 균형능력 향상에 기여했을 것이라고 생각된다.

치료적 운동을 병행한 관절가동술 적용 후 발목 관절가동범위의 변화는 발등굽힘, 발바닥 굽힘 모두 유의하게 증가하였다. 선행연구에서는 만성 발목 불안정성이 있는 환자에게 발등 굽힘의 관절가동범위의 증가가 동적 균형능력에 기여한다고 보고하였다(Basnett 등, 2013). 이는 발목 관절가동범위의 증가는 균형에 크게 기여했을 것이라고 사료되며 발목 관절 주변 인대나 관절낭 등의 관절수용기의 자세조절 능력의 정보를 제공함으로써 발목 관절 불안정성을 해소시켜 균형제어능력의 향상을 가져왔을 것으로 생각된다. 또한 치료적 운동과 함께 발목 관절가동술을 적용하였기 때문에 관절가동범위 향상뿐만 아니라 발목 부위의 근력을 향상시킴으로써 자세적으로 안정성의 변화를 가져오며(Slayer 등, 2001), 관절가동범위의 향상은 자세 조절을 촉진하고 균형을 향상시킬 수 있다(Chevuttschi 등, 2015). Mccagni 등(2000)은 균형뿐만 아니라 이동 수행력에 있어 발목 관절가동범위가 중요하며 발목의 관절가동범위와 균형능력은 유의한 상관관계가 있다고 보고하였다. 이는 발목 불안정성 노인의 균형능력 향상은 발목 관절가동범위의 증가와 치료적 운동을 통한 근력향상이 영향을 미쳤을 것이라고 사료된다. 발목 관절 가동범위를 증진하기 위한 치료적 운동프로그램은 탄성밴드를 이용한 발목관절 근력 증가를 위한 운동과 고유수용성 감각 증진을 위하여 균형패드를 이용하여 불안정한 지지면을 제공함으로써 발목관절의 고유수용성 감각 입력과 자세를 조절하는 능력이 향상되는데 영향을 준 것이라고 볼 수 있다. 또한 균형능력은 다양한 감각의 집합과 운동계(motor systems)의 조절 및 수용의 복잡한 단계를 가지며(Lord와 Ward, 1994), 발목관절의 움직임, 그 중에서도 특히 발등 굽힘의 근력 및 신경근계 조절능력과 관련이 있다고 하였다(Park과 Kim, 2014).

발목 불안정성 노인의 발목관절 가동범위 증진과 균형증진을 위한 증재방법은 다양하다. 본 연구의 결과를 비추어 볼 때 치료적 운동과 발목 관절가동술이 병행이 될 때의 긍정적인 효과를 나타냈으며 실제 임상에서 발목 불안정성 노인의 관절가동범위와 균형 향상을 위한 효율적인 증재방법이라고 사료가 된다. 만성 발목 불안정성은 과유동성으로 인한 관절의 이완 및 변형, 연골의 퇴행적 변화, 활액막 변화와 같은 손상과 함께 발생이 되며(Gilbreath 등, 2014) 하지 근육의 근신경 반사 감소 및 관절 조절 저하, 균형 감소, 근력약화, 관절가동범위의 감소를 초래한다(Pak 등, 2012). 이러한 만성 발목 불안정성은 움직임을 조절하는데 부정적인 영향을 주기 때문에 본 연구 대상자와 같은 노인의 경우 낙상의 위험까지 증가시키며 관절가동범위와 동적 균형을 감소시켜 발목 손상을 재발할 위험이 있다. 이에 본 연구에서는 Cumberland 발목 불안정성 설문지를 통하여 발목 관절 불안정성을

평가하였으며 CAIT 점수가 24점 미만인 만성 발목 불안정성이 있는 노인을 대상으로 연구를 진행하였다. 본 연구 결과 발목관절 불안정성 점수도 중재 후 24점 이상으로 유의하게 향상되었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 이는 계단을 오르거나 갑작스럽게 방향을 바꾸는 등 일상생활에서 나타날 수 있는 동작 시 통증 및 불안정성에 대한 개선을 의미한다. 발목 관절 가동범위는 나이가 들어감에 따라 감소하는 경향이 있고 이는 노인의 일상생활 제한과 구조적 결함을 일으키는 주요 원인이며 노화에 의한 고유 감각의 퇴화는 균형능력의 저하 및 낙상과 관련이 있다(Abate 등, 2011). 또한 낙상의 경험은 노인들의 발목 근력에 심각한 감소를 초래하며 균형 능력을 저하시킨다. 약화된 발목 근육 중 특히 발등 굽힘근은 낙상의 가장 큰 위험요소로 발등 굽힘근의 근력으로 낙상에 예측이 가능하다(Whipple 등 1987). 만성 발목 불안정성 노인의 비율은 현재 증가하고 있는 추세이며 낙상의 원인 중 하나가 본 연구에서 평가했던 관절가동범위감소와 발목 불안정성으로 발생이 된다. 본 연구는 낙상에 취약한 만성 발목 불안정성 노인들을 대상으로 치료적 운동을 병행한 발목 관절가동술을 4주간 실시한 결과 발목 관절가동범위, 정적 동적 균형 및 만성 발목 불안정성 점수를 향상시켰다. 이러한 결과를 해석해 봤을 때 본 연구의 중재방법은 만성 발목 불안정성을 가진 노인의 일상생활능력의 제한과 낙상과 같은 이차적 손상을 예방할 수 있을 가능성이 시사되며 앞으로 발목 불안정성 환자에게 효과적인 중재 방법임을 제시 할 수 있을 것이다. 본 연구의 제한점으로는 발목 불안정성을 가진 노인을 대상으로 선정하였기 때문에 대상자의 수가 적어 결과를 일반화시키기 어렵다는 제한이 있다. 추후 연구에서는 대조군을 포함하여 효과가 어느 정도 지속되는지에 대한 사후 연구가 이루어져야하며 관절가동범위와 균형뿐만 아니라 발과 발목의 근력, 자세, 기능, 심리적인 다른 요소들과 만성 발목 불안정성을 가진 노인의 균형과 어떠한 상관관계가 있는지 알아보는 연구들이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 만성 발목 불안정성을 가진 노인의 낙상 위험을 줄이고 균형 능력을 증진시키기 위한 방법으로 발목 관절가동술과 함께 치료적 운동을 적용하였을 때 만성 발목 불안정성 노인의 균형 및 발목 관절가동범위의 효과를 분석하여 노인의 낙상 예방을 위한 기초자료로 제시하고자 연구를 진행하였다.

본 연구결과 치료적 운동과 발목 관절가동술을 4주간 적용 한 결과 중재 전보다 중재 후에 정적 및 동적균형이 유의하게 향상($p < .05$)되었으며 발목 관절가동범위에서 발등 및 발바닥 굽힘 관절각도도 중재 후 모두 유의하게 향상($p < .05$)되었다. 본 연구의 결과를 바탕으로 임상에서 만성 발목 불안정성을 가진 노인에게 치료적 운동을 병행한 발목 관절가동술은 관절가동범위와 균형 증진을 위한 치료에 있어 효과적인 중재방법으로 제안할 수 있을 것이며, 임상에서 보다 적극적으로 활용 할 수 있을 것으로 생각된다.

【감사의 글】

이 논문은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역 혁신 사업의 결과입니다.(2021RIS-001)

참고문헌

- 박재명. 발에 대한 관절가동술을 병행한 체성감각자극이 일부 노인 여성의 균형과 보행속도에 미치는 영향-사례조사. 대한정형도수물리치료학회지, 2013;19(2):67-71.
- 정경만. 후방 보행훈련이 급성기 뇌졸중 환자의 균형, 균형 자신감, 낙상 효능에 미치는 영향: 무작위 대조군 예비군. 대한물리치료과학회지, 2021;28(2):1-9.
- 정경만, 정유진. 휠체어 몸통 훈련이 급성기 뇌졸중 환자의 낙상 효능감, 낙상 위험도, 일상생활에 미치는 영향: 무작위 대조군 예비 연구. 대한물리치료과학회지, 2022;29(3):1-11.
- 조경미, 김민영. 노인 낙상후 중등도 이상 손상에 영향을 미치는 요인. 노인간호학회지, 2019;21(1).
- 주성범, 공원태, 박기덕 등. 고령남성에게 발목 관절가동술 적용이 발목 관절가동범위와 균형제어능력에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 2011;20(5):1037-45.
- Abate M, Schiavone C, Pelotti P et al. Limited joint mobility (LJM) in elderly subjects with type II diabetes mellitus. Archives of gerontology and geriatrics 2011;53(2):135-140.
- Abe Y, Sugaya T, Sakamoto M. The postural control characteristics of individuals with and without a history of ankle sprain during single-leg standing: relationship between center of pressure and acceleration of the head and foot parameters. J Phys Ther Sci 2014;26(6):885-8.
- Arnold BL, De La Motte S, Linens S et al. Ankle instability is associated with balance impairments: a meta-analysis. Medicine and science in sports and exercise 2009;41(5):1048-62.
- Basnett CR, Hanish MJ, Wheeler TJ et al. Ankle dorsiflexion range of motion influences dynamic balance in individuals with chronic ankle instability. Int J Sports Phys Ther 2013;8(2):121-8
- Borg FG, Laxåback G. Entropy of balance-some recent results. J Neuroeng Rehabil 2010;7:38.
- Chevutshi A, d'Houwt J, Pardessus V et al. Immediate effects of talocrural and subtalar joint mobilization on balance in the elderly. Physiotherapy Research International 2015;20(1):1-8.
- Eils, E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. Medicine and science in sports and exercise 2001;33(12):1991-8.
- Ferrer A, Formiga F, Sanz H et al. Multifactorial assessment and targeted intervention to reduce falls among the oldest-old: a randomized controlled trial. Clinical Interventions in Aging 2014;9:383-93.
- Gilbreath JP, Gaven SL, Van Lunen L. The effects of mobilization with movement on dorsiflexion range of motion, dynamic balance, and self-reported function in individuals with chronic ankle instability. Man Ther 2014;19(2):152-7.
- Hoch MC, Station GS, Mckee PO et al. Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. J Sci Med Sport 2011;14(1):90-2.
- Holland GJ, Tanaka K, Shigematsu R et al. Flexibility and physical functions of older adults: A review. J Aging Phys Act 2002;10(2):169-206
- Kaminski TW, Buckley BD, Powers ME et al. Effect of strength and proprioception training on eversion to
-

- inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability. *Br J Sports Med* 2003;37(5):410-5.
- Kim K, Jeon K. Development of an efficient rehabilitation exercise program for functional recovery in chronic ankle instability. *J Phys Ther Sci* 2016;28(5):1443-7.
- Korea disease control and prevention agency. Epidemiologic characteristics of injured elderly inpatients in Korea: the results of the Korea national hospital discharge survey, 2004-13.
- Lord SR, Ward JA. Age-associated differences in sensori-motor function and balance in community dwelling women. *Age Ageing* 1994;23(6):452-60.
- Mecagni C, Smith JP, Roberts KE et al. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: A correlational study. *Phys Ther* 2000;80(10):1004-11
- Nagai K, Yamada M, Uemura K et al. Differences in muscle coactivation during postural control between healthy older and young adults. *Archives of gerontology and geriatrics* 2011;53(3):338-43.
- Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J et al. Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *J Athl Train* 2002;37(4):501-6.
- Pak JY, Ahn YJ, Song YJ. A study on isokinetic strength and range of motion of low extremity in fin-swimming athletes with chronic ankle instability. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2012;50(2):835-44.
- Paris SV, Loubert PV. Foundations of clinical orthopaedics. St Augustine: University of St Augustine for Health Sciences 1999.
- Park JW, Kim WB. The Effect of Functional Training Using a Sliding Rehabilitation Machine on the Mobility of the Ankle Joint and Balance in Children with CP. *J Korean Soc Phys Med* 2014;9(3):293-9.
- Prevention Agency; 2017 Feb 2 [updated 2017 Feb 2; cited 2021 Oct 18]. Available from : http://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20602010000&bid=0034&act=view&list_no=728994
- Salom-Moreno J, Ayuso-Casado B, Tamaral-Costa B et al. Trigger Point Dry Needling and Proprioceptive Exercises for the Management of Chronic Ankle Instability: A Randomized Clinical Trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2015;2015:790209.
- Sawkins K, Refshauge K, Kilbreath S et al. The placebo effect of ankle taping in ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(5):781-7.
- Slayer MA, Hensley MJ, Lopert R. A randomized controlled trial of piroxicam in the management of ankle sprain in Australian Regular Army recruits. the Kapooka Ankle Sprain Study. *Am J Sport Med* 2001;25:544-53.
- Smith BI, Docherty CL, Simon J et al. Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength training program in people with functional ankle instability. *J Athl Train* 2012;47(3):282-8.
- Statistics Korea. 2018 Survey on Aged. Daejeon: Statistics Korea; 2018 Dec 12. Available from: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=117&tblId=DT_117071_050&conn_path=I2
- Takao M, Oae K, Uchio Y et al. Anatomical reconstruction of the lateral ligaments of the ankle with a gracilis autograft: a new technique using an interference fit anchoring system. *The American journal of sports medicine* 2005;33(6), 814-23.
-

- Uh BS, Beynnon BD, Helie BV et al. The benefit of a single-leg strength training program for the muscles around the untrained ankle. *Am J Sports Med.* 2000;28(4):568-73
- Werner BC, Holzgrefe RE, Griffin JW et al. Validation of an innovative method of shoulder range of motion measurement using a smartphone clinometer application. *Journal of shoulder and elbow surgery.* 2014;23(11):275-82.
- Whipple RH, Wolfson LI, Amerman PM. The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents: an isokinetic study. *Journal of the American Geriatrics Society* 1987;35(1):13-20.
- Williams CM, Caserta AJ, Haines TP. The tiltmeter app is a novel and accurate measurement tool for the weight bearing lunge test. *J Sci Med Sport* 2013;16(5):392-5.
- World health organization. Falls Geneva. World Health Organization; 2021 Apr 26 [updated 2021 Apr 26; cited 2021 Oct 18]. Available from : <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/falls>
-