

엄지발가락가쪽힘증의 발가락벌리기 운동 시 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백의 효과

강선영¹, 정성대², 심재훈²

¹한국산업진흥원 기업부설연구소, ²백석대학교 보건학부 물리치료학과

The Effects of Ultrasound Imaging Visual Feedback During Toe-Spread-Out Exercise in Subjects With Hallux Valgus

Sun-young Kang¹, PhD, PT, Sung-dae Choung², PhD, PT, Jae-hoon Shim², PhD, PT

¹Company-affiliated Research Institute, Korea Industry Development Institute

²Dept. of Physical Therapy, Division of Health Science, Baekseok University

Abstract

Background: The toe-spread-out (TSO) exercise has been introduced as a strengthening exercise for the abductor hallucis muscle in subjects with hallux valgus. Visual biofeedback using ultrasound imaging during exercise, may increase the ability to selectively contract the abductor hallucis muscle, compared with exercise alone.

Objects: The aim of this study was to investigate the effects of ultrasound imaging visual feedback during the TSO exercise with respect to its influence on the angle of the first metatarsophalangeal joint (1st MPJ) and the cross-sectional area (CSA) of the abductor hallucis muscle in subjects with hallux valgus.

Methods: Twenty-five healthy young subjects with a mean average age of 22.5 years, and a standard deviation of 2.3 years, were recruited for this study. Hallux valgus was defined as an angles greater than 15° angle of 1st MPJ. Goniometric measurement was used to determine the angle of 1st MPJ. In addition, an ultrasound system was used to collect the CSA of the abductor hallucis muscle in each foot. The angle of the 1st MPJ and CSA of the abductor hallucis were measured in three positions; the resting position, during TSO exercise, and during TSO exercise in conjunction with real-time ultrasound imaging feedback. All data analyzed using a repeated analysis of variance with Bonferroni correction in order to compare the dependent variables in all three positions. Statistical level of significance was set up as $p < .05$.

Results: The angle of the 1st MPJ was noted to be significantly reduced and the CSA of the abductor hallucis to be significantly greater during TSO exercise used in conjunction with ultrasound imaging visual feedback, compared to when the values were recorded during TSO exercise alone ($p < .05$).

Conclusion: Based on these findings, it can be concluded that the application of ultrasound imaging visual feedback during TSO exercise is more effective in contracting selectively the abductor hallucis than the use of exercise alone.

Key Words: Abductor hallucis; Hallux valgus; Metatarsophalangeal Joint; Toe-spread-out; Ultrasound.

I. 서론

엄지발가락가쪽힘증(hallux valgus; HV)은 첫 번째 발허리발가락관절(metatarsophalangeal joint)의 안쪽 편

위(medial deviation)와 엄지발가락의 가쪽 편위(lateral deviation)가 나타나는 엄지발가락의 대표적인 변형이다 (Coughlin, 1996; Coughlin과 Jones, 2007). 성인의 약 23%에서 발생하는 질환으로 흔히 엄지발가락의 안쪽

용기가 발달하고, 첫 번째 발허리발가락관절에서의 통증과 께양, 또는 피부의 자극을 호소하며, 신발을 오래 신을 수 없는 것이 특징이다(Coughlin, 1996; Munuera 등, 2007). 엄지발가락가쪽휨증은 남성보다는 여성에게서 흔히 발병하며 특히 앉아서 일하는 여성보다 선 자세에서 일하는 여성이 발생률이 높게 보고된다(Coughlin, 1996).

엄지발가락가쪽휨증의 정도는 첫 번째 발허리뼈의 중간선(bisection line)과 몸쪽엄지발가락뼈의 중간선이 이루는 각도에 따라 정상(no deformity, 15° 미만), 경증 엄지발가락가쪽휨증(mild, 15° 이상 20° 미만), 중증도 엄지발가락가쪽휨증(moderate, 20° 이상 40° 미만), 중증도 엄지발가락가쪽휨증(severe, 40° 이상)로 분류한다(Coughlin과 Jones, 2007). 엄지발가락가쪽휨증을 발생시키는 원인은 크게 외적요인, 내적요인으로 나눌 수 있다. 먼저 외적요인으로 발이 좁고 높은 굽의 신발의 착용이며(Cong 등, 2011), 내적 요인으로는 첫 번째 발허리뼈의 길이가 정상보다 긴 경우, 첫 번째 발허리뼈의 머리 부분이 둥근 모양인 경우, 첫 번째 발허리뼈와 췌기뼈를 포함하는 첫 번째 열(first ray)의 과도한 움직임(hypomobility) 등이 있다(Coughlin, 1996; Munuera 등, 2007; Smith와 Coughlin, 2008). 또한 엄지벌림근(abductor hallucis muscle)과 엄지모음근(adductor hallucis muscle)의 근육 불균형(muscle imbalance)이 중요한 내적 요인으로 언급된다(Arinci Incel 등, 2003; Groiso, 1992).

엄지발가락가쪽휨증의 엄지벌림근과 엄지모음근의 근육 불균형은 이전 많은 연구들에서 보고되어 왔으며, 연구자들은 엄지발가락가쪽휨증의 악화를 예방하기 위하여 초기단계 동안 엄지벌림근의 근력 강화훈련의 필요성을 언급해왔다(Arinci Incel 등, 2003; Groiso, 1992; Shimazaki와 Takebe, 1981). 특히 발가락벌리기(toe-spread-out) 운동이 이전에 엄지벌림근 강화운동으로 흔히 사용되었던 숏풋(short foot) 운동보다 엄지벌림근의 근전도 활성화도와 단면적을 유의하게 증가시키는 것으로 보고됨에 따라(Heo 등, 2011; Kim 등, 2013), 최근 엄지발가락가쪽휨증의 재활 운동으로 발가락벌리기 운동이 사용되고 있다. Kim 등(2015) 연구에서는 발가락보조기와 발가락벌리기 운동을 8주 동안 병행한 엄지발가락가쪽휨증 그룹이, 발가락보조기만 착용한 엄지발가락가쪽휨증 그룹보다 엄지발가락가쪽휨 각도가 유의하게 감소하였으며, 엄지벌림근의 단면적이 유의하게 증가되었음을 보고하였다(Kim 등, 2015).

최근 자기공명영상(magnetic resonance imaging)이나 초음파영상(ultrasound imaging) 등의 높은 신뢰도를 보이는 진단장비들이 환자의 치료방법에 사용되고 있다(Bemben, 2002). 자기공명영상은 높은 해상도와 다양한 측면의 이미지를 제공하여 근육의 평가 및 관찰에 매우 효과적인 장점이 있지만, 사용하기에 비용이 많이 드는 단점이 있다(Mckiernan 등, 2011; Mitsiopoulos 등, 2010). 그러나 초음파 장비는 비침습적이고, 사용하기 간편하며, 비용이 적게 드는 장점 때문에 최근 임상에서 초음파장비를 이용한 재활운동이 많이 적용되고 있다(Hodges, 2005; Takai 등, 2011). 재활에 사용되는 초음파 영상은 실시간 초음파 화면을 통해 선택적인 근육의 움직임과 두께 변화에 대한 시각적인 피드백과 순간적인 수행 정보를 제공하여 근육의 재교육(re-education), 운동조절 및 운동 수행능력을 향상 시킬 수 있다(Mckiernan 등, 2011; Whittaker 등, 2010). 일반적으로 초음파 영상은 재활과정의 환자 근육의 두께(thickness), 너비(width), 단면적(cross-section area) 등 다양한 측면에서 측정할 수 있어 근육 재활운동에 다양하게 적용될 수 있다(Potter 등, 2012; Whittaker 등, 2010). 엄지벌림근의 초음파 영상 장비의 사용은 시각적인 근 위축을 관찰할 수 있는 장점뿐만 아니라, 근전도나 도수근력검사 와도 높은 타당도를 보여 신경근계 문제를 평가하기 위해서도 많이 이용되어왔다(Severinsen와 Andersen, 2007). 그러나 현재 초음파 연구들은 엄지벌림근의 평가 및 측정을 위한 초음파 영상 장비를 이용하였으며, 초음파 영상을 이용한 근육 재활운동에 적용된 연구는 부족한 상태이다. 이에 본 연구는 엄지발가락가쪽휨증을 위한 보다 효과적인 운동방법을 제공하고자, 최근 엄지발가락가쪽휨증에 가장 많이 사용되는 발가락벌리기 운동에 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백을 적용하여 엄지발가락가쪽휨 각도와 엄지벌림근 단면적을 변화를 알아보고자 한다. 본 연구의 가설은 엄지발가락가쪽휨증의 발가락벌리기 운동 시 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백을 적용하였을 경우, 엄지발가락가쪽휨 각도의 감소와 엄지벌림근의 단면적이 증가할 것이라고 설정한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 실험 전에 본 연구의 목적과 방

법에 대해 충분히 설명을 듣고, 자발적으로 실험 참여에 동의한 강원도 원주시 Y대학교에 재학 중인 성인 40명(남자 20명, 여자 20명)을 대상으로 실시하였다. 대상자 선정 시 발 또는 발목 관절의 골절, 수술력, 염증성 관절염, 신경근계 병변 그리고 엄지발가락가쪽힘증으로 인한 보조기 착용 및 수술을 받은 경험이 있는 사람은 제외하였다. 본 연구의 엄지발가락가쪽힘증은 관절각도계 측정(goniometric measurement)을 이용하여 엄지발가락가쪽힘 각도가 경증 이상(15° 이상)인 발로 선정하였으며, 측정된 40명의 대상자 중 경증 엄지발가락가쪽힘증 발은 25명(남자 16명, 여자 9명)의 44개의 발이 선정되었다. 연구대상자들의 우세발(dominant foot)은 모두 오른발이었으며, 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

2. 실험도구 및 절차

본 연구는 관절각도계를 이용한 엄지발가락가쪽힘 각도와 초음파 영상을 이용한 엄지발림근의 단면적을 측정하였다. 측정은 편안자세, 발가락벌리기 운동 시, 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동 시, 총 3가지 자세에서 측정되었다. 먼저 엄지발가락가쪽힘 각도를 측정하기 위해 먼저 연구 대상자들은 무릎을 90° 굽혀 의자에 바로 앉는다. 동일한 측정자가 대상자의 발허리뼈의 몸통(shaft of metatarsal bone)과 엄지발가락의 첫마디 뼈 몸통(shaft of proximal bone)에 각각 두 점을 표시하여 두 개의 세로 축 직선을 만든다. 측정자는 생성된 두 세로 축 직선을 이루는 각을 총 3번 측정하여 평균값을 엄지발가락가쪽힘 각도로 기록하였다(Figure 1)(Choung 등, 2013).

엄지발가락가쪽힘 각도 측정 후, 초음파 장비(SonaAce X8, Medison Co Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 대상자들의 엄지발림근 단면적을 측정하였다. 측

정자는 대상자의 안쪽 복사뼈(medial malleolus)를 측정한 뒤, 자를 이용하여 안쪽 복사뼈의 앞쪽 경계로부터 발바닥 방향으로 수직으로 선을 표시하였다. 그 후 3MHz 선형 탐침(linear array probe)을 이용하여 그려진 선 위에 직각으로 위치시켜 엄지발림근을 촬영하였다(Figure 2)(Cameron 등, 2008). 측정자는 탐침에 최소한의 압력만을 가하여 근섬유들의 두께 및 구조의 변형을 최소화하였으며, 초음파 측정 시 가장 선명한 화면이 나타났을 때 화면을 정지시키고 이미지 파일로 저장하였다. 저장된 이미지는 초음파 장비의 화면으로 출력하여 화면상의 커서(cursor)를 이용하여 근육과 건막이 만나는 지점에 윤곽선을 그린 후, 내장된 캘리퍼를 이용하여 엄지발가락의 단면적을 측정하였다. 엄지발림근의 초음파 촬영은 대상자마다 각 3회 측정되었고, 측정마다 30초씩 휴식을 가졌으며, 측정값은 분석을 통하여 평균과 표준편차로 산출하였다(Kang 등, 2014).

측정을 시작하기 전에, 대표 실험자는 엄지발가락가쪽힘증의 엄지발림근 근력 운동의 중요성과, 시연을 통한 발가락벌리기 운동 방법 및, 초음파 영상에서 엄지발림근을 식별하는 방법에 대해 설명하였다. 발가락벌



Figure 1. Goniometric measurement of hallux valgus angle (1st metatarsophalangeal joint).



Figure 2. Ultrasound imaging of cross-sectional area of the abductor hallucis.

Table 1. General characteristics of subjects (N=25)

Characteristics	Mean±standard deviation
Age (years)	22.0±2.3
Height (cm)	171.2±4.7
Weight (kg)	68.8±18.8
Body mass index (kg/m ²)	23.4±3.1
Angle of 1st metatarsophalangeal joint (°)	20.9±5.5



Figure 3. Sequence of toe-spread-out exercise (A: lifting the toes, B: flexing little toe toward lateral side, C: flexing great toe toward medial side).

리기 운동은 먼저 발꿈치와 발허리뼈가 지면에서 떨어지지 않게 유지하면서 모든 발가락을 핀 후(Figure 3A), 새끼 발가락을 가쪽 방향으로 벌리면서 지면에 누르듯 내려놓고(Figure 3B), 엄지 발가락은 안쪽 방향으로 벌리면서 지면에 누르듯 내려놓는다(Figure 3C). 그리고 새끼발가락과 엄지발가락을 지면에 떨어지지 않도록 누르면서 10초간 유지한다(Kim 등, 2013; Kim 등, 2015). 발가락벌리기 운동에 대한 자세한 순서는 Figure 3에 제시되어 있다. 각 대상자들은 발가락벌리기 운동을 앉은 자세에서 실시하도록 하였으며, 측정 전 발가락벌리기 운동에 충분히 익숙해지기 위해서 10분가량 대표 실험자와 연습을 실시하였다.

모든 연구대상자들은 총 3가지 자세(편안자세, 발가락벌리기 운동 시, 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동 시)에서, 엄지발가락가쪽휩 각도와 엄지벌림근의 단면적이 측정되었으며, 자세마다 5분간 휴식을 가졌다. 편안자세와 발가락벌리기 운동 자세 측정 시, 연구 대상자는 앞쪽에 지정된 부분을 바라보도록 하였다. 또한, 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동 시, 연구 대상자들은 초음파 영상에 나타난 엄지벌림근을 확인하면서 스스로 발을 조절하여 엄지벌림근을 크게 만들면서 운동을 실시하도록 하였다.

3. 분석방법

측정된 값들이 정규분포를 보이는지 확인하기 위해

Shapiro-Wilk 검정이 사용되었으며, 자세에 따른 엄지발가락가쪽휩 각도와 엄지벌림근의 단면적 값을 비교하기 위하여 반복측정 분산분석(repeated analysis of variance)과 본페로니 사후검정(Bonferroni correction)을 사용하였다. 통계적 유의수준은 .05로 설정하였으며, 모든 통계분석은 상용 통계프로그램인 SPSS ver. 21.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

III. 결과

본 연구 결과 엄지발가락가쪽휩 각도는 자세에 따라 유의한 차이를 보였다($p < .05$)(Table 2). 먼저 편안자세의 엄지발가락가쪽휩 각도와 비교하였을 경우, 발가락벌리기 운동과 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동 시 엄지발가락가쪽휩 각도가 유의하게 감소하였으며($p_{adj} < .001$), 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동 시 엄지발가락가쪽휩 각도는 발가락벌리기 운동 시 엄지발가락가쪽휩 각도보다 유의하게 작은 값을 보였다($p_{adj} < .001$)(Figure 4A).

엄지벌림근의 단면적 결과 또한 자세에 따라 유의한 차이를 보였다($p < .05$)(Table 2). 편안자세의 엄지벌림근의 단면적보다 발가락벌리기 운동과 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동 시 엄지벌림근의 단면적은 유의하게 증가하였으며($p_{adj} < .001$), 초음파 영상을 이

Table 2. Comparison of the angle of 1st metatarsophalangeal joint and the cross-sectional area of the abductor hallucis muscle according to positions (Foot=44)

	Resting	Without feedback	With feedback	p
1st MPJ ^a angle (°)	20.94±5.52 ^b	16.62±5.28	11.12±5.22	<.001
Cross-sectional area (cm ²)	2.39±.46	2.66±.47	2.83±.51	<.001

^ametatarsophalangeal joint, ^bmean±standard deviation.

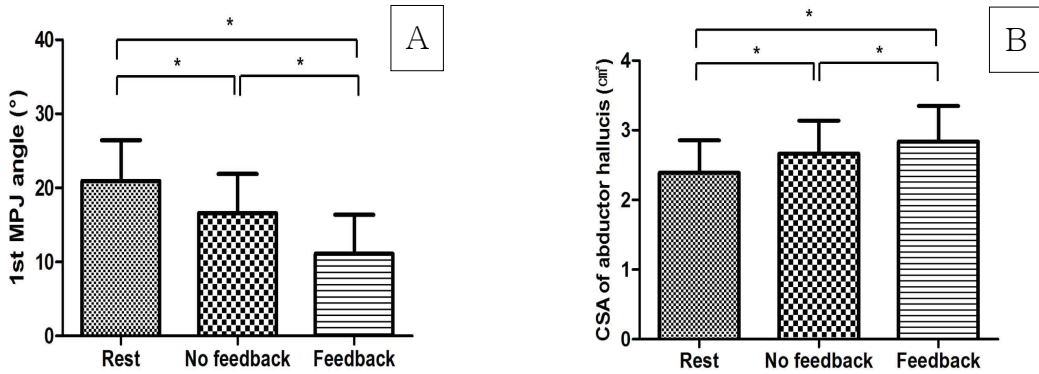


Figure 4. Comparison of dependent variables according to positions (A: angle of 1st metatarsophalangeal joint, B: cross-sectional area of the abductor hallucis, MPJ: metatarsophalangeal joint, CSA: cross-sectional area, * $P_{adj} < .016$).

용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동 시 엄지발림근의 단면적은 발가락벌리기 운동 시 엄지발가락가쪽힘 각도보다 유의하게 큰 값을 보였다($P_{adj} < .001$)(Figure 4B).

IV. 고찰

본 연구는 엄지발가락가쪽힘증 대상자에게 총 3가지 자세(편안자세, 발가락벌리기 운동 시, 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동 시)에서, 엄지발가락가쪽힘 각도와 엄지발림근의 단면적의 변화를 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과 편안자세와 비교하였을 경우, 발가락벌리기 운동 시 엄지발가락가쪽힘 각도는 감소되었으며, 엄지발림근 단면적은 증가되었다. 또한, 발가락벌리기 운동 시 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백의 적용은 피드백을 적용하지 않았을 경우보다 유의하게 엄지발가락가쪽힘 각도가 감소되었으며, 엄지발림근 단면적이 증가되었다.

엄지발림근은 발의 안쪽에 붙는 근육으로, 발꿈치뼈 융기(calcaneal tuberosity)부터 시작하여, 엄지발가락의 몸측 바닥면(base of the proximal phalanx)의 안쪽에 부착한다(Brenner, 1999). 엄지발림근은 첫번째 발허리 발가락관절의 벌림과 굽힘 그리고 뒷발의 뒤침(supination)을 야기하여 안쪽 세로발궁(medial longitudinal arch)을 유지하거나 증가시키는 역할을 한다(Fiolkowski 등, 2003). 또한 엄지발림근은 선 자세나 보행의 디딤기(stance phase)시에 근활성도(muscle activity)가 크게 증가하면서 첫번째 발허리 발가락관절의 안정성을 제공한다(Arinci Incel 등, 2003). 그러나 엄지

발가락가쪽힘증이 진행되면서 첫번째 발허리뼈의 정렬이 안쪽 방향과 발바닥 측면으로 이동하게 되며, 엄지발림근의 부착점은 발꿈치뼈 융기로부터 멀어지게 되는 역학적 변화가 일어난다(Brenner, 1999). 이러한 역학적 변화는 엄지발림근의 기능적 약화를 발생시켜, 근육원섬유마디(sarcomere)의 감소를 가져오고 결국 근 위축(atrophy)을 초래한다(Sahrmann, 2002). 따라서 엄지발가락가쪽힘증과 관련된 이전 연구들에서는 엄지발가락가쪽힘증이 진행되면서 첫 번째 발허리뼈의 역학적 변화에 따른 엄지발림근의 기능적 약화를 언급했으며, 엄지발가락가쪽힘증 대상자에게 엄지발림근의 근력강화의 필요성을 언급했다(Arinci Incel 등, 2003; Kang 등, 2014; Kim 등, 2015). 이에 본 연구에서는 최근 엄지발가락가쪽힘증 대상자에게 선택적인 엄지발림근 근력 재활운동으로 가장 많이 사용되고 있는 발가락벌리기 운동을 선정하여 연구를 진행하였다(Kim 등, 2013).

근육의 힘의 변화는 생리적으로 단면적과 비례하여 나타나게 되므로 엄지발림근의 단면적 증속 변수는 매우 중요한 의미를 갖는다(Lieber, 2010). Stewart 등(2013)은 엄지발림근의 단면적과 엄지발가락가쪽힘증의 정도와의 관계에 대해 연구하였으며, 엄지발가락가쪽힘증이 없는 대상자가 엄지발가락가쪽힘증 대상자보다 큰 엄지발림근 단면적이 보고되었다. 본 연구의 결과 발가락벌리기 운동이 엄지발림근의 단면적을 유의하게 증가시켰으므로, 즉 발가락벌리기 운동은 엄지발림근의 힘에 영향을 주는 운동이라고 결론지을 수 있다. 이는 2주 단기간과 8주 장기간의 발가락벌리기 운동이 모두 엄지발림근의 단면적을 유의하게 증가시켰다는 이전 연구 결과와 일치한다(Kim 등, 2013; Kim 등, 2015).

본 연구의 또 다른 결과인 발가락벌리기 운동 시 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백을 적용한 경우는 피드백을 적용하지 않았을 경우보다 유의하게 엄지벌림근 단면적을 증가되었다. 이는 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동이 피드백을 적용하지 않은 발가락벌리기 운동보다 엄지벌림근의 힘을 향상시키는데 더 효과적이라고 결론지을 수 있다.

초음파영상 장비는 근육들의 위축과 비대를 직접적으로 평가하는데 사용되어 왔으며(Mckiernan 등, 2011; Whittaker 등, 2010), 초음파 영상은 근육 수축에 대한 정확한 피드백을 제공하여 운동의 질적 향상을 높이는 데 기여하여 재활 프로그램으로도 많이 사용되고 있다(Hodges, 2005; Takai 등, 2011). 근전도를 이용한 영상도 근육 수축에 대한 피드백 도구로써 사용되고 있지만 비침습성인 표면 근전도의 경우, 근접한 다른 근육들의 근전도 활성화 값을 구별화시키는데 많은 제한을 가지고 있다(Teyhen 등, 2005). 본 연구에서는 비침습성인 초음파 영상의 다양한 이점을 바탕으로 발가락벌리기 운동 시, 시각 피드백인 실시간 초음파 영상을 적용하였으며, 그 결과 피드백을 적용하지 않았을 경우보다 엄지벌림근 단면적이 증가되었다. 이는 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동이 엄지벌림근의 힘과 기능을 향상시키는데 더 효과적이라고 결론지을 수 있으며, 이전 다른 연구들의 결과와 같이 초음파 영상을 적용한 재활운동이 선택적인 근육 수축 및 활성화에 효과적임을 알 수 있다(Henry와 Westervelt, 2005; Mckiernan 등, 2011; Whittaker 등, 2010).

엄지벌림근은 발꿈치뼈움기에서 시작하여 발의 내측으로 이동하면서 안쪽 종자뼈(sesamoid bone)와 첫 번째 몸쪽 발가락의 아래 부분에 부착되며, 짧은엄지굽힘근(flexor hallucis brevis)의 안쪽힘줄과 엄지벌림근의 바깥쪽 섬유가 섞인다(Shimazaki와 Takebe, 1981). 그래서 일부 문헌에서는 엄지벌림근의 주기능은 엄지발가락의 첫번째 발허리발가락관절의 벌림이고, 부기능은 엄지발가락의 굽힘을 도와준다고 언급했다(Fiolkowski 등, 2003). 그러나 엄지발가락은 외측으로 향하는 엄지발가락가쪽굽힘증이 진행됨에 따라, 첫번째 발허리뼈는 내측 방향으로 이동하고 안쪽 종자뼈는 외측으로 이동하며, 이와 함께 내측에 부착되어 있는 엄지벌림근은 발바닥 방향으로 이동된다(Brenner, 1999). 따라서 이와 같은 엄지벌림근의 해부학적 변화는 엄지벌림근을 주된 기능인 벌림 기능보다 부가적인 굽힘 기능을 증가시킨

다. 이전 연구를 살펴보면, 엄지벌림근을 전기 자극했을 때 정상군보다 엄지발가락가쪽굽힘증 대상자에서 엄지발가락의 굽힘이 유의하게 증가하였다고 보고하였고(Kim 등, 2012), Arinci Incel 등(2003)의 근전도 연구에서 엄지발가락가쪽굽힘증 대상자의 엄지벌림근에서는 벌림보다 굽힘 시에 2배 이상의 근 활성도를 보였다고 언급했다. 엄지발가락가쪽굽힘증의 경우 해부학적으로 엄지벌림근을 엄지 벌림보다는 굽힘으로써 사용되고 있음을 보여주는 이전 연구를 바탕으로(Arinci Incel 등, 2003; Kim 등, 2012), 많은 연구자들은 엄지발가락가쪽굽힘증의 치료적 방법으로 사용되는 엄지벌림근의 근력 강화 운동 시, 굽힘 방향이 아닌 벌림 방향으로 수행할 수 있도록 주의 기울여야 한다고 제안해 왔다(Arinci Incel 등, 2003; Kang 등, 2014; Kim 등, 2013). 본 연구의 결과 발가락벌리기 운동 시 엄지발가락가쪽굽힘 각도가 유의하게 감소되었으므로, 이는 발가락벌리기 운동이 엄지발가락을 벌림 방향으로 수행하도록 하여, 엄지발가락가쪽굽힘증 대상자에게 올바른 방향으로 엄지벌림근 근력 강화 운동을 야기 시켰다고 해석할 수 있다. 이전 연구에서 엄지발가락가쪽굽힘증이 있는 대상자에게 일정 기간 동안 엄지발가락을 능동적으로 벌리는 운동이 엄지발가락가쪽굽힘 각도를 감소시킨다고 보고되었다(Bayar 등, 2011; Groiso, 1992). 이는 발가락벌리기 운동의 장기간 수행 시, 엄지발가락가쪽굽힘 각도 감소뿐만 아니라 엄지벌림근의 벌림 능력을 향상시킬 수 있음을 의미한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 실험에서는 20대의 연령의 정도 엄지발가락가쪽굽힘증 대상자로 진행되었기 때문에 본 연구의 결과를 다양한 연령과 다양한 엄지발가락가쪽굽힘증 정도에 일반화하기에는 어려움이 있다. 둘째, 발가락가쪽굽힘증은 여성 유병률이 훨씬 높은 질환으로 알려졌음에도 불구하고, 본 연구의 참여한 대상자는 남성(16명)이, 여성(9명) 대상자 보다 상대적으로 많았다. 이에 추후 연구에서는 다양한 연령층 및 성별에 따른 운동의 효과를 확인해 볼 필요할 것으로 사료된다. 마지막으로, 본 연구에서 측정된 종속변수는 발가락벌리기 운동과 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동 시 측정되었다. 즉 본 연구의 결과는 발가락벌리기 운동 과정 동안에 나타나는 효과를 제시할 수 있으며, 운동 이후의 효과 및 장기간 동안 운동 시 나타나는 결과를 예측하기에는 어려움이 있다. 그러므로 추후 연구에서는 많은 표본을 대상으로 장기간의 운동기간을 통해 초음파 영상을 이용한 시각

적 피드백 발가락벌리기의 효과를 살펴보는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 엄지발가락가쪽힘증 대상자에게 발가락벌리기 운동 시 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백을 적용하여 엄지발가락가쪽힘 각도와 엄지벌림근 단면적을 변화를 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과 발가락벌리기 운동 시 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백의 적용은 피드백을 적용하지 않았을 경우보다 유의하게 엄지발가락가쪽힘 각도를 감소되었으며, 엄지벌림근 단면적을 증가되었다. 본 연구 결과를 바탕으로, 초음파 영상을 이용한 시각적 피드백 발가락벌리기 운동이 선택적인 엄지벌림근의 근력 운동을 위한 효과적인 운동 방법이라고 결론지을 수 있다.

References

- Arinci Incel N, Genc H, Erdem HR, et al. Muscle imbalance in hallux valgus: An electromyographic study. *Am J Phys Rehabil.* 2003;82(5):345-349.
- Bayar B, Erel S, ŞİMŞEK İE, et al. The effects of taping and foot exercises on patients with hallux valgus: a preliminary study. *Turk J Med Sci.* 2011;41(3):403-409.
- Bemben MG. Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. *J Strength Cond Res.* 2002;16(1):103-108.
- Brenner E. Insertion of the abductor hallucis muscle in feet with and without hallux valgus. *Anat Rec.* 1999;254(3):429-434.
- Cameron AF, Rome K, Hing WA. Ultrasound evaluation of the abductor hallucis muscle: Reliability study. *J Foot Ankle Res.* 2008;1(1):12. <http://dx.doi.org/10.1186/1757-1146-1-12>
- Choung SD, Kang SY, Kim MH, et al. Reliability and validity of the goniometer for hallux valgus angle measurement. *Phys Ther Korea.* 2013;20(2):46-51. <http://dx.doi.org/10.12674/ptk.2013.20.2.046>
- Cong Y, Cheung JT, Leung AK, et al. Effect of heel height on in-shoe localized triaxial stresses. *J Biomech.* 2011;44(12):2267-2272. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.05.036>
- Coughlin MJ. Hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(6):932-966.
- Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: Demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int.* 2007;28(7):759-777.
- Fiolkowski P, Brunt D, Bishop M, et al. Intrinsic pedal musculature support of the medial longitudinal arch: An electromyography study. *J Foot Ankle Surg.* 2003;42(6):327-333.
- Groiso JA. Juvenile hallux valgus. A conservative approach to treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74(9):1367-1374.
- Henry SM, Westervelt KC. The use of real-time ultrasound feedback in teaching abdominal hollowing exercises to healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005;35(6):338-345.
- Heo HJ, Koo YM, Yoo WG. Comparison of selective activation of the abductor hallucis during various exercises. *J Phys Ther Sci.* 2011;23(6):915-918.
- Hodges PW. Ultrasound imaging in rehabilitation: Just a fad? *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005;35(6):333-337.
- Kang SY, Choung SD, Kim MH. Relationship between angle of metatarsophalangeal joint and abductor hallucis in hallux valgus. *J Korean Soc Phys Ther.* 2014;26:56-61.
- Kim MH, Koh EK, Jung DY. Analysis of kinematic motions of first metatarsophalangeal joint during electrical stimulation of abductor hallucis muscle in subjects with hallux valgus. *J Korean Soc Phys Ther.* 2012;24(4):276-281.
- Kim MH, Kwon OY, Kim SH, et al. Comparison of muscle activities of abductor hallucis and adductor hallucis between the short foot and toe-spread-out exercises in subjects with mild hallux valgus. *J Back Musculoskelet Rehabil.*

- 2013;26(2):163-168.
- Kim MH, Yi CH, Weon JH, et al. Effect of toe-spread-out exercise on hallux valgus angle and cross-sectional area of abductor hallucis muscle in subjects with hallux valgus. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(4):1019-1022. <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.27.1019>
- Lieber RL. *Skeletal Muscle Structure, Function, and Plasticity: The physiological basis of rehabilitation.* 3rd ed. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, 2010:203-206.
- McKiernan S, Chiarelli P, Warren-Forward H. A survey of diagnostic ultrasound within the physiotherapy profession for the design of future training tools. *Radiography.* 2011;17(2):121-125.
- Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, et al. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol* (1985). 1998;85(1):115-122.
- Munuera PV, Domínguez G, Reina M, et al. Bipartite hallux sesamoid bones: Relationship with hallux valgus and metatarsal index. *Skeletal Radiol.* 2007;36(11):1043-1050.
- Potter CL, Cairns MC, Stokes M. Use of ultrasound imaging by physiotherapists: A pilot study to survey use, skills and training. *Man Ther.* 2012;17(1):39-46.
- Sahrmann S. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes.* 1st ed. St. Louis, Mosby, 2002:16.
- Severinsen K, Andersen H. Evaluation of atrophy of foot muscles in diabetic neuropathy - a comparative study of nerve conduction studies and ultrasonography. *Clin Neurophysiol.* 2007;118(10):2172-2175.
- Shimazaki K, Takebe K. Investigations on the origin of hallux valgus by electromyographic analysis. *Kobe J Med Sci.* 1981;27(4):139-158.
- Smith BW, Coughlin MJ. The first metatarsocuneiform joint, hypermobility, and hallux valgus: What does it all mean? *Foot Ankle Surg.* 2008;14(3):138-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fas.2008.05.006>
- Stewart S, Ellis R, Heath M, et al. Ultrasonic evaluation of the abductor hallucis muscle in hallux valgus: a cross-sectional observational study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2013;14:45. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2474-14-45>
- Takai Y, Katsumata Y, Kawakami Y, et al. Ultrasound method for estimating the cross-sectional area of the psoas major muscle. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(10):2000-2004. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821994cb>
- Teyhen DS, Miltenberger CE, Deiters HM, et al. The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005;35(6):346-355.
- Whittaker JL, Warner MB, Stokes MJ. Ultrasound imaging transducer motion during clinical maneuvers: Respiration, active straight leg raise test and abdominal drawing in. *Ultrasound Med Biol.* 2010;36(8):1288-1297. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2010.04.020>
-
-
- This article was received July 17, 2016, was reviewed July 18, 2016, and was accepted August 18, 2016.