

보수볼을 이용한 발목 강화 운동과 테이핑이 엄지발가락가쪽힘증을 가진 20대 환자의 발바닥 압력에 미치는 영향

JARGALSAIKHAN SAIKHANZUL¹, 정범철², 유경태^{3*}

¹남서울대학교 물리치료학과 대학원생, ²노블케어요양병원 물리치료사, ³남서울대학교 물리치료학과 교수

Effect of ankle strengthening exercise using BOSU ball and taping on plantar pressure in patients in their 20s with hallux valgus

JARGALSAIKHAN SAIKHANZUL¹, Beom-Cheol Jeong², Kyung-Tae Yoo^{3*}

¹Student, Dept. of Physical Therapy, Namseoul University

²Physical therapist, Noblecare Hospital

³Professor, Dept. of Physical Therapy, Namseoul University

요약 본 연구는 보수볼을 이용한 발목 근력 강화 운동과 테이핑이 엄지발가락가쪽힘증 환자의 정적과 동적 발바닥 압력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시하였다. 대상자는 엄지발가락가쪽힘증을 가지고 있는 20대 남녀 26명이며, 테이핑군 (Taping group, TG; n=13)과 발목 강화 운동군 (Ankle strengthening group, ASG; n=13)으로 무작위로 배치하였고, 각 군은 총 4주에 걸쳐 해당 중재를 실시하였으며, 중재 전과 후에 정적, 동적 발바닥 압력을 측정하였다. 집단 간 변화량의 차이를 알아보기 위해 독립 T검증을 실시하였고, 집단 내의 사전-사후값의 측정값 차이가 유의한지 알아보기 위해 대응표본 T검증을 실시하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다. 발의 전체 체중에 대한 비율(Foot)은 왼쪽 발의 ASG가 TG에 비해 집단 내 변화량이 유의하게 감소하였고($p < .05$), 발의 표면적(Surface area)에서는 오른쪽 발의 TG가 ASG에 비해 집단 내 변화량이 유의하게 증가하였다($p < .05$). 발의 옆침 운동의 정도(MP/change ratio)는 오른쪽 발의 TG가 ASG에 비해 집단 내 변화량이 유의하게 감소하였고($p < .05$), 발의 힘(Force)에서는 왼발의 TG가 ASG에 비해 집단 내 변화량이 유의하게 증가하였으며($p < .05$), 집단 간의 변화에서는 TG의 변화량이 ASG의 변화량보다 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 따라서 보수볼을 이용한 발목 강화 운동과 테이핑은 엄지발가락가쪽힘증을 가진 환자에게 효과적인 변화를 주기에는 부족하다고 할 수 있다.

키워드 : 발목 근력 강화, 보수볼, 엄지발가락가쪽힘증, 테이핑, 발바닥 압력

Abstract This study was conducted to investigate the effect of ankle muscle strengthening exercise using BOSU ball and taping on static and dynamic plantar pressure in patients with hallux valgus. Subjects were 26 men and women in their twenties with hallux valgus, and they were randomly assigned to a taping group (TG; n=13) and an ankle strengthening group (ASG; n=13). Each group received the appropriate intervention over a total of 4 weeks, and static and dynamic plantar pressure were measured before and after the intervention. Independent T-test was performed to examine the difference in the amount of change between groups, and paired-sample T-test was performed to determine whether the difference between the pre-post values within the group was significant. The statistical significance level was set as $\alpha = .05$. As for the ratio of the total body weight of the foot (Foot), the amount of change in the ASG of the left foot was significantly decreased compared to the TG within the group ($p < .05$). Significantly increased ($p < .05$). As for the degree of pronation of the foot (MP/change ratio), the amount of change in the TG of the right foot was significantly decreased compared to the ASG ($p < .05$), and in the force of the foot, the TG of the left foot was the amount of change within the group compared to the ASG. was significantly increased ($p < .05$), and in the group-to-group change, the amount of change in TG was significantly different than that of ASG ($p < .05$). Therefore, it can be considered that ankle strengthening exercise using bosu ball and taping are insufficient to give effective change to patients with hallux valgus.

Key Words : BOSU ball, Hallux valgus, Muscle strengthening, Plantar pressure, Taping

*Corresponding Author : Kyung-Tae Yoo(taeyoo88@nsu.ac.kr)

Received September 13, 2021

Revised October 30, 2021

Accepted December 20, 2021

Published December 31, 2021

1. 서론

엄지발가락가쪽휨증은 제1 발허리뼈 머리부 안쪽의 비대와 다른 발가락들에서도 변형이 나타나는 복합적인 질환으로써, 제1 발허리발가락관절에서 엄지발가락이 가쪽 방향으로 과하게 변형되고, 제1 발허리뼈는 안쪽으로 기울어져 제2 발허리뼈와 떨어져 있으며, 엄지발가락가쪽휨증은 증상이 없을 수도 있지만, 엄지발가락에 통증을 동반하여 상당한 고통을 주기도 한다[1].

엄지발가락가쪽휨증은 엄지발가락 가쪽굽음 각도에 따라 15°~20°는 경증, 20°~40°는 중등도, 그리고 40° 이상은 중증으로 분류되며[2], 경증과 중등도 엄지발가락가쪽휨증을 방지하면 수술이 필요한 중증으로 악화하므로 발생 초기에 통증을 감소시키고 엄지발가락 가쪽굽음 각도가 더 커지지 않고 유지될 수 있도록 보존적 치료를 권장한다[3]. 엄지발가락가쪽휨증 환자의 발의 변형은 통증을 증가시키고 발목과 발가락을 움직이는 힘줄과 근육의 위치가 바뀌는 원인이 되므로 위치감각 조절과 관련하여 필수적인 고유수용성 감각(Proprioception)을 감소시키게 되고[4], 이로 인한 위치감각 저하는 평형성을 감소시키게 되어 보행 시 낙상의 위험을 2배까지 증가시킨다[5].

균형은 지지면에 대하여 자세의 안정성을 유지시키는 과정이며, 발바닥 압력(족저압, Plantar pressure)은 발의 특정 부위 및 전체에 가해지는 압력으로써 균형의 정도를 반영할 수 있는 하나의 요소이다[6]. 발바닥 압력은 발과 지면이 접촉하는 동안 서 있거나 이동 중에 체중을 분산시키고 하지 기능에 영향을 주어 균형을 유지하는 역할을 한다[7]. 엄지발가락가쪽휨증 환자는 보행 시 정상적인 보행 패턴과 비교하였을 때, 발 앞부분(전족부, Forefoot)에서 현저하게 발바닥 압력이 감소하고, 대신 발 가운데 부분(중족부, Midfoot)의 발바닥 압력이 크게 증가한다[8]. Wen et al.[9]은 엄지발가락가쪽휨증 환자의 보행 시 발 가운데 부분의 발바닥 압력이 증가하는 이유를 제1 발허리뼈머리 부위의 통증에 대하여 불편함을 회피하기 위한 전략으로 해석하였다.

엄지발가락가쪽휨증의 일차적 치료와 마찬가지로 증상이 없는 단순한 엄지발가락가쪽휨증 변형의 경우에는 보존적 치료를 통한 방식으로 접근해야 한다고 하였다[10, 11].

그중 테이핑은 최상의 기능적인 움직임을 수행할 수 있도록 관절을 지지하고 보호할 수 있고, 인대의 보강

과 움직임의 제한을 통해 관절의 안정성을 증가시킬 수 있다[12]. 특히 탄력 테이핑은 늘어나는 방향으로 당김력(pulling force)을 발생시키게 되어 자연적인 움직임을 제한하지 않으면서 지나친 움직임을 교정하는 것에 있어서 유용한 임상 도구이다[13]. 또한 기울인 플랫폼 위에서 비탄력 테이핑 및 맨발과 비교하였을 때, 안쪽변짐 속도율을 감소시킬 수 있어 동역학적 효과가 있다고 하였다[14]. 선행연구에서는 엄지발가락가쪽휨증 환자에게 테이핑을 적용하여 발의 변형 각도와 통증을 감소시켰다고 보고하였고[15], 보조기 대신 테이핑을 적용한 결과 변형 각도를 감소시켰다는 연구결과도 있었다[16].

최근에 엄지발가락가쪽휨증 환자를 대상으로 운동을 통한 보존적 치료에 관련된 연구가 보고되고 있다. 특히 불안정한 지지면에서 실시하는 운동은 근력과 균형능력 향상에 효과적이며, 인체의 심부 안정성을 향상시켜 기능적 발목 불안정성 감소에 효과적이다[17]. Mckeon et al.[18]은 발내재근에 대하여 Foot core system이라는 새로운 개념을 제시하였는데, 그들은 몸통의 안정성에 주로 사용되고 있는 심부 근육을 발내재근에 비유하였고, 몸통 안정성 훈련에 기본이 되는 드로잉 기법(Abdominal Drawing-In Maneuver, ADIM)을 단축 발 훈련(short foot exercise)에 비유하여 하체의 전반적인 안정화에 사용되는 단축발 기법(Short Foot Maneuver, SFM)으로 설명하고 있다. 최근 보수볼(BOSU Ball)이라는 반구체의 소도구를 활용한 운동으로 필라테스나 스포츠재활 측면에서 많이 사용되고 있는데, 보수볼을 이용한 운동은 인위적인 불안정 지지면에서 안정을 찾기 위한 몸통 안정화 근육(Core muscle)을 활성화하는 운동을 통해 코어를 강화하거나 신체 불균형을 교정하는 재활로 이용되고 있다[19].

엄지발가락가쪽휨증과 관련된 연구들이 지속적으로 이루어지고 있음에도 불구하고 보수볼을 이용한 연구는 몸통 안정화 근육의 활성화에 대한 연구[20-22]가 대부분이고, 테이핑과 관련된 연구는 각도와 통증과 관련된 연구가 주를 이루고 있으나[14-16], 엄지발가락가쪽휨증 환자를 대상으로 실시한 발목 근력 강화와 테이핑 적용에 관련된 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구는 이러한 근거를 토대로 보수볼을 이용한 발목 근력 강화와 테이핑을 엄지발가락가쪽휨증 환자에게 적용하여 정적과 동적 발바닥 압력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구는 충남소재 N 대학교에 재학중이며, 엄지발가락가쪽힘증을 가지고 있는 20대 남녀 26명이며, 대상자의 선정기준은 Foot print(족문 검사)와 고니오미터 각도기를 이용하여 양쪽 엄지발가락의 각도가 15°~25° 이상에 해당하는 자, 엄지발가락가쪽힘증에 의한 통증으로 수술을 받은 경험이 없는 자, 엄지발가락가쪽힘증과 관련된 운동을 하지 않은 자, 엄지발가락가쪽힘증 이외에 다른 발과 다리에 질환이 없는 자이다. 대상자는 실험에 참여 전에 연구목적과 방법에 대하여 충분히 설명을 듣고, 연구 동의서에 서명한 뒤 자발적으로 참여하였다. 대상자는 테이핑군 (Taping group, TG; n=13)과 발목 강화 운동군 (Ankle strengthening group, ASG; n=13)으로 무작위로 배치하였고, 각 군은 총 4주에 걸쳐 해당되는 중재를 제공받았다.



Fig. 1. Foot print

실험 전 대상자의 엄지발가락 각도를 알아보기 위해 Foot-print 검사를 실시하였고 Fig. 1과 같다. 검사 방법은 발바닥에 염료를 바르거나 적신 후 두꺼운 유리판

위에 올라서서 발 모양을 촬영하거나 흡수성 종이 위에 발자국을 찍어서 판정할 수 있고, 발뒤꿈치의 안쪽과 엄지의 발허리발가락관절의 안쪽을 잇는 선과 엄지발가락의 가장 튀어나온 부분과 엄지의 발허리발가락관절의 안쪽을 잇는 선을 연결한 사이의 각도를 측정하는 것이며, 각도가 15°~25° 이상에 해당하면 엄지발가락가쪽힘증이라 할 수 있다[23]. 이후 각 집단의 대상자들은 중재를 적용하기 전 대상자의 발바닥 압력을 측정하고 4주 후 재측정하였다.

2.2 측정 도구

대상자의 신체적인 특성을 파악하기 위하여 몸 성분 분석기 (InBody 720, Biospace, Korea), 엄지발가락의 각도를 알아보기 위하여 고니오미터 각도기 (Goniometer, ZHOU, China), 대상자의 발바닥 압력을 알아보기 위해 발바닥 압력 평가 시스템(Gaitview AFA-50 & Alps electric Co, Korea)을 이용하였다.

2.3 테이핑 집단 중재 방법

TG에 적용된 중재 내용은 Table 1, Fig. 2와 같다. 테이핑을 위해 목과 발목용으로 제작된 Kinesio tape (Benepekt tape, NIPPON SIGMAX, JAPAN)를 사용하였고, 엄지발가락을 중심으로 가로 5cm, 세로 20cm 길이로 자른 두 장의 탄력 테이프(Kinesio tape)를 엄지발가락 안쪽부터 뒤편이 발 안쪽 복사뼈 방향으로 주행할 수 있도록 부착하였다. 가로 5cm, 세로 12.5cm 길이로 자른 테이프는 엄지발가락가쪽힘증이 있는 부위에 세로 방향으로 붙이고 끝부분은 각각 발등 쪽과 발바닥 쪽에 고정하였다. 시작되는 4cm 지점은 늘리지 않고 붙였다[24, 25].

Table 1. Method of taping intervention

Exercise	Contents	Details	Time
Warm-up	Stretching	Abductor / Adductor hallucis Flexor digitorum longus /brevis Flexor hallucis longus /brevis Extensor hallucis brevis	2 minute
		1-2 weeks	
Main approach	Taping	-Elasticity of elastic tape that attached vertically to the inside of the plantar: 50%, -Elasticity of elastic tape that attached transversely to the malleolus: 80%	2 times / a week 12 hours / a day
		3-4 weeks	
		-Elasticity of elastic tape that attached vertically to the inside of the plantar: 60%, -Elasticity of elastic tape that attached transversely to the malleolus: 90%	
Cool-down	Massage	Tibialis anterior, Gastrocnemius	5 minute / Foot

Table 2. Method of Ankle strengthening exercise using BOSU ball intervention

Exercise	Contents	Details	Time
Warm-up	Stretching	Abductor / Adductor hallucis Flexor digitorum longus /brevis Flexor hallucis longus /brevis Extensor hallucis brevis	2 minute
Main exercise	Ankle strengthening using BOSU	1~2 weeks Squat: 10 times, 3 set Lunge: 10 times, 3 set (5 times / leg, no rest), Toe up: 1 time (maintain 30s), 3 set, Heel up: 1 time (maintain 30s), 3 set	Rest between -> sets: 20s -> exercise: 1 minute
		3~4 weeks Squat: 12 times, 3 set Lunge: 12 times, 3 set (6 times / leg, no rest) Toe up: 2 times (maintain 30s), 3 set Heel up: 2 times (maintain 30s), 3 set	
Cool-down	Massage	Tibialis anterior, Gastrocnemius	5 minute / Foot



Fig. 2. Taping intervention method

2.4 발목 강화 운동 집단 중재 방법

본 연구에서 ASG에 적용한 운동은 Park[26]의 연구에서 실시한 중재를 본 연구의 목적에 맞게 런지(Lunge), 엄지발가락 들기(Toe up), 뒷꿈치 들기(Heel up)을 추가한 방법으로 수정하여 실시하였으며, Table 2, Fig. 3과 같다. 주 2회, 하루 15분 실시하였고, 모든 운동은 보수볼보수볼(BOSU ball, Fila Korea, China) 위에서 실시하였다. 스쿼트(Squat)를 실시할 때 환자는 선 자세에서 양발을 편하게 어깨 넓이로 벌리고 엉덩관절과 무릎관절을 굽혀 쉽게 스쿼트를 실시한다. 체중은 발꿈치 쪽으로 쏠리도록 하고 다리가 최대한 수직을 유지하여 무릎이 발가락보다 전방으로 나가지 않도록 한다. 스쿼트 자세를 유지하고 다시 선 자세로 돌아온다. 환자는 양팔을 몸 앞으로 뻗어 균형을 유지하도록 하거나 필요시에는 안정된 벽에 가볍게 지지하여 균형을 유지한다. 런지(Lunge)를 실시할 때, 몸통을 곧은 자세로 유지하는 동안 환자는 한발을 앞으로 내밀어 런지 동작을 취하며 무릎을 앞으로 90° 굽히고 다리는 수직으로 유지하여 무릎이 발가락보다 뒤에 위치하도록 한

다. 이후 다시 선 자세로 돌아온다. 필요시에 한쪽 손을 안정된 벽에 가볍게 지지하여 균형을 유지한다. 보수볼 위에서 발끝 들기(Toe up)와 발꿈치 들기(Heel up)를 시행할 때 보수볼 위에 서서 환자가 균형을 잡도록 한 후, 환자의 발이 보수볼 모서리에 닿지 않도록 지시한다. 동시에 빠르고 변화하는 저항을 환자의 발목과 골반에 가하도록 한다. 인체 모든 조직의 특성인 적응성을 방지하기 위해 운동의 횟수를 점진적으로 증가시켰다[27].

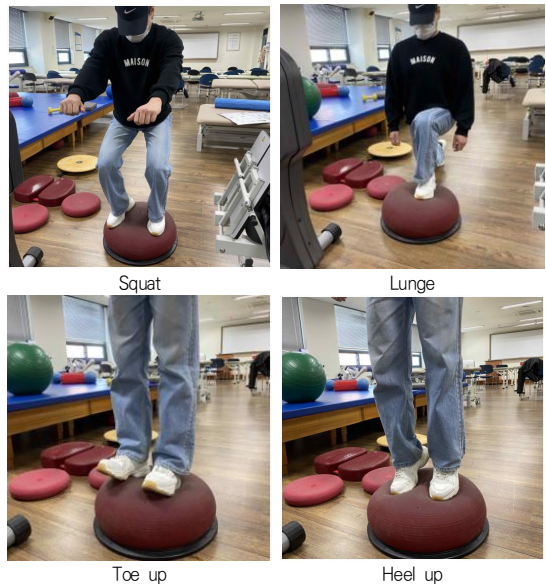


Fig. 3. Ankle strengthening using BOSU ball

2.5 발바닥 압력 측정

본 연구에서 발바닥 압력을 측정하기 위해 게이트뷰

(Gaitview)를 사용하였다. 게이트뷰는 Internatiaoal Quality System PTY 및 CE, FCC 등의 해외기준에서 인증된 의료기기이다[28]. 전체 크기는 550 × 480 × 35mm이고, 센서의 수는 2,304(48 × 48)개, 센서 크기는 0.73 cm², 압력센서 두께는 0.15 mm, 최대압력은 100N/cm²이다. 정적 발바닥 압력 검사(Static Test)는 GaitView Pro 2.0 Win10 Ver. 프로그램에서 정적 검사 모드(Static Test Mode)를 사용하였으며, 대상자는 장비 위에 올라선 후 양팔은 다리에 붙이고 시선은 전방을 주시하고 20초간 선 자세(Standing position)를 유지하며 측정하였다. 본 연구에서는 각 발의 전체 체중에 대한 비율(Foot, %), 각 발바닥의 표면적(Surface area, cm²), 각 발의 압력(Pressure, %), 각 발의 앞, 뒤 압력(F/F; R/F, %)을 측정하였다[29]. 동적 발바닥 검사(Dynamic Test)는 동적 검사 모드(Dynamic Test Mode)를 사용하였으며, 대상자는 측정 장비 위를 지나가게 하는 보행을 측정하였는데, 자연스럽게 보행을 할 수 있도록 정면을 주시한 후 왕복 2회의 연습을 하였다. 측정은 왼발을 디딘 후 오른발을 디디게 하였다. 본 연구에서는 각 발바닥의 표면적(Surface area, cm²), 각 발의 옆침 운동의 정도를 나타내는 MP/change ratio(%)와 각 발의 힘(Force, kgf)을 측정하였다[30].

2.6 자료 처리 방법

본 연구의 통계 분석은 SPSS Ver. 23.0 for Windows 통계프로그램을 이용하였으며, 모든 자료는 평균과 표준편차를 산출하였다. 정규성 입증을 위하여 Kolmogorov-Smirnov test를 실시하였으며, 동질성 검증을 위해 Levene F-test를 실시하였다. 각 집단에서의 차이를 알아보기 위해 독립 T검증과 사전값, 사후값의 측정값 차이가 유의한지 알아보기 위해 대응표본

T검증을 실시하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

3. 연구 결과

3.1 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자들의 일반적 특성은 Table 3과 같고, 두 집단 간의 동질성 검증에서 유의한 차이가 없었으며, Kolmogorov-Smirnov test를 통하여 정규성이 입증되었다.

3.2 중재에 따른 정적 발바닥 압력의 변화

테이핑과 발목 강화 운동에 따른 정적 발바닥 압력의 변화 비교 결과는 Table 4와 같다. 발의 전체 체중에 대한 비율(Foot)은 왼쪽 발의 ASG가 TG에 비해 집단 내 변화량이 유의하게 감소 하였으나($p<.05$), 집단 간의 변화는 나타나지 않았고, 발의 표면적(Surface area)에서는 오른쪽 발의 TG가 ASG에 비해 집단 내 변화량이 유의하게 증가하였으나($p<.05$), 집단 간의 변화는 나타나지 않았다.

3.3 중재에 따른 동적 발바닥 압력의 변화

테이핑과 발목 강화 운동에 따른 동적 발바닥 압력의 변화 비교 결과는 Table 5와 같다. 발의 옆침 운동의 정도(MP/change ratio)는 오른발의 TG가 ASG에 비해 집단 내 변화량이 유의하게 감소하였으나($p<.05$), 집단 간의 변화는 나타나지 않았고, 발의 힘(Force)에서는 왼발의 TG가 ASG에 비해 집단 내 변화량이 유의하게 증가하였고($p<.05$), 집단 간의 변화에서는 TG의 변화량이 ASG의 변화량보다 유의한 차이가 나타났다($p<.05$).

Table 3. General Characteristics

	ASG (n=13)		TG (n=13)		t	p	
	Mean	SD	Mean	SD			
Age (years)	21.62	1.33	21.31	1.44	.568	.576	
Height (cm)	170.3	7.22	168.61	9.32	.517	.610	
Weight (kg)	64.46	9.98	63.46	18.82	.169	.867	
BMI (kg/m ²)	21.77	1.92	21.92	4.73	-1.109	.914	
HVA	Right	18.08	2.53	16.54	2.40	1.589	.125
	Left	18.85	3.63	16.15	2.19	1.757	.092

*: $p<.05$; ASG: Ankle strengthening group; TG: Taping group; HVA: Hallus valgus angle.

Table 4. Comparison of changes in static plantar pressure according to taping and ankle strengthening exercise

Static			Pre	Post	t	p
			Mean±SD	Mean±SD		
Foot (%)	Left	TG	50.46±3.86	49.69±2.32	.710	.488
		ASG	52.3±2.65	50.69±3.11*		
	Right	TG	49.53±3.86	50.3±2.32		
		ASG	46.15±5.78	49.33±3.11		
Surface Area (cm ²)	Left	TG	86.83±24.53	91.74±19.35	1.197	.243
		ASG	98.63±14.64	98.7±16.32		
	Right	TG	84.76±21	91.02±20.09†		
		ASG	93.73±16.09	98.68±11.18		
Pressure (%)	Left	TG	123.36±17.27	121.18±18.08	-.699	.491
		ASG	127.58±16.11	130.02±16.01		
	Right	TG	123±14.89	123.09±13.78		
		ASG	123.2±17.23	127.45±15.10		
F/F (%)	Left	TG	102.8±23.06	105.37±22.32	-.289	.775
		ASG	115.39±24.5	115.39±24.50		
	Right	TG	105.17±23.07	105.06±21.79		
		ASG	102.03±28.75	110.53±17.90		
R/F (%)	Left	TG	150.66±18.14	142.2±19.21	-1.363	.186
		ASG	142.2±19.21	147.14±15.65		
	Right	TG	147±18.36	149.46±13.36		
		ASG	150.74±17.83	146.37±20.89		

*: Significance of before-and-after changes within groups.(p<.05);

†: Significance of the difference in the amount of change between groups(p<.05); ASG: Ankle strengthening group; TG: Taping group

Table 5. Comparison of changes in dynamic plantar pressure according to taping and ankle strengthening exercise

Dynamic			Pre	Post	t	p
			Mean±SD	Mean±SD		
Surface Area (cm ²)	Left	TG	123.43±23.11	126.19±25.63	.903	.376
		ASG	129.02±20.38	129.3±18.14		
	Right	TG	122.5±22.68	123.56±26.89		
		ASG	128.07±17.62	129.67±18.16		
MP/change Ratio (%)	Left	TG	47.03±23.12	38.21±10.63	-1.292	.209
		ASG	31.19±15.12	31.35±12.22		
	Right	TG	47.13±14.79	36.13±10.16*		
		ASG	38.38±17.37	30.62±10.08		
Force (kgf)	Left	TG	172.19±50.58	185.46±54.35*	2.350	.027†
		ASG	183.98±38.24	181.63±28.65		
	Right	TG	172.73±50.78	178.13±57.09		
		ASG	179.7±29.21	187.27±28.34		

*: Significance of before-and-after changes within groups.(p<.05);

†: Significance of the difference in the amount of change between groups(p<.05).; ASG: Ankle strengthening group; TG: Taping group

4. 고찰

본 연구는 4주간 보습볼을 이용한 발목 강화 운동과 테이핑을 엄지발가락가쪽힘줄을 가진 환자에게 적용하여 정적과 동적 발바닥 압력의 변화를 알아보고, 효율적인 재활을 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

정적 발바닥의 압력의 변화에서 발의 전체 체중에 대한 비율(Foot)은 왼쪽 발의 ASG가 TG에 비해 집단 내 변화량의 유의한 감소가 나타났으나(p<.05), 집단 간의 변화는 나타나지 않았고, 오른쪽에서는 두 집단 모두 유의한 변화가 없었다. 이는 탄력밴드와 단축발 운동을 이용한 발바닥 압력의 유의한 차이가 없었다고

보고한 선행연구[23] 결과와 도구 운동이 자세균형과 발바닥 압력 분포에 미치는 영향을 연구하여 발바닥 압력에 유의한 차이가 없다고 보고한 선행연구[31] 결과와 상반되는데, 불안정한 지지면에서 하지복합운동이 발목의 안정성을 향상시켜 균형 능력이 향상되었다고 보고한 선행연구[32]를 비추어 볼 때, 본 연구의 결과는 테이핑보다 보수볼을 이용한 발목 강화 운동이 균형 능력이 향상에 도움이 되었고 왼발과 오른발의 체중에 대한 비율에 긍정적인 영향을 준 것으로 사료된다.

발의 표면적(Surface area)에서는 왼발에서는 두 집단 모두 유의한 변화가 나타나지 않았고, 오른쪽 발의 TG가 ASG에 비해 집단 내 변화량이 유의하게 증가했지만($p < .05$), 집단 간의 변화는 나타나지 않았다. 이는 Kim[33]의 연구에서 적용한 비탄력 Low-dye 테이핑에서 발의 면적에 유의한 차이가 없었으나, 탄력 Low-dye 테이핑에서는 유의한 차이로 면적의 증가가 나타난 것과 유사한 결과인데, 탄력 테이핑의 특성 중에서 늘어나는 방향으로 당김력(pulling force)을 발생시키게 되어 자연적인 움직임에 제한하지 않으면서 인대의 보강을 통해 관절의 안정성이 증가된다[12, 13]는 기전을 바탕으로 본 연구 결과를 비추어 볼 때, 테이핑의 적용이 엄지모음근과 엄지 벌림근에 당김력을 발생시키게 되어 엄지발가락의 가쪽벌림 각도에 영향을 주게 되었고, 이로 하여 보수볼을 이용한 발목강화 운동보다 발의 표면적 증가에 영향을 주었다고 생각된다.

압력(Pressure)과 각 발의 앞(F/F)과 뒤(R/F) 압력에서는 양발 모두 두 집단 내와 집단 간에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 Kim & Heo[32]은 불안정 지지면을 적용한 테라테이먼트 하지 복합 운동을 실시하여 발목 안정성을 향상시켜 체중을 앞과 뒤로 분산시키고 신체 중심이동에 대한 반응을 빠르게 하여 양쪽 발의 앞쪽 비율이 감소하고 뒤쪽 비율이 증가하였다고 보고한 연구 결과와 상반되며, Kim[33]의 연구에서 실시한 탄력 Low-dye 테이핑과 비탄력 Low-dye 테이핑을 적용하였을 때, 비탄력 체중부하의 분포가 평발의 뒤쪽 부분으로 체중 분포가 유의하게 증가하였다는 결과와 상반된다. 이는 테이핑을 통한 발의 앞부분의 압력이 감소하여 발의 과도한 옆침을 감소시키게 되고 이로 인한 체중 분포의 변화와 상호 작용에 의하여 발 뒤쪽의 체중 분포를 증가시킨다는 선행연구[34]를 토대로 보았을 때, 본 연구에서 사용한 보수볼을 이용한 발목

강화 운동과 테이핑은 발바닥에서 체중의 앞, 뒤 변화에는 효과적이지 않다고 볼 수 있지만, 후후 연구에서는 비탄력 테이핑의 사용과 하지의 복합운동이 포함한 발목 강화 운동을 한다면 보다 효과적인 증체가 될 것으로 기대한다.

동적 발바닥 압력의 변화에서는 발의 표면적(Surface area)에서는 양발 모두 두 집단에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. Vicenzino et al[35]은 보행과 달리기 동안 안쪽 세로발궁(내측 종족궁, Medial Longitudinal Arch)의 높이 변화는 유지는 되지만 기능적 효과는 없다는 결과와 이후의 연구에서 반-옆침 테이핑 적용으로 발의 자세는 변화되었지만, 보행 중 발바닥에서의 접촉은 개선 시키지 못함을 보고한 선행연구[36] 결과와 유사하였다. 보행은 수많은 근육과 신경의 조화로 반응하고 수행되는 것이기 때문에 본 연구에서 시행된 두 증재는 발의 표면적에 변화에 큰 영향을 줄 수 없는 것으로 생각된다.

발의 엽침 운동의 정도(MP/change ratio)는 왼발에서는 두 집단 모두 유의한 차이가 없었으나, 오른발의 TG가 ASG에 비해 집단 내 변화량의 유의한 감소가 나타났고($p < .05$), 집단 간의 변화는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 Low-dye 테이핑 적용이 보행 중 하지 지지기 동안 발바닥 압력과 엽침 정도가 유의하게 감소한 결과를 보고한 선행연구[37]와 일치한다. 생체역학적 관점에서 한쪽 발 또는 양쪽 발에서 과도하게 엽침이 된 발은 보행과 관련된 움직임에 영향을 미치게 되어 불필요한 동작을 일으키게 되는데[38], 테이핑은 감각 되먹임과 근육 활성화 및 정렬을 향상시켜 관절 및 근육 기능을 촉진한다고 하였다[39]. 이러한 테이핑의 기전으로 본 연구에서 실시한 테이핑 적용이 보수볼을 이용한 발목강화 운동보다 발의 엽침 운동에 유의한 변화를 주었다고 볼 수 있다. 불안정한 지지면 위에서 실시되는 운동은 고유수용성 감각을 효율적으로 활성화와 근력 증가로 발목의 안정성을 도모한다[40]. ASG의 결과에서 유의하지는 않았으나 감소하는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 왼편 트레이닝과 복합트레이닝이 발목의 기능적 안정성 향상에 효과적이었다는 선행연구[41] 결과와 유사하며, Drewes et al.[42]의 연구에서 하지에 손상이 있는 환자에게 단축발 운동 적용을 하여 계단 내려오기와 발 내재근 검사에서 향상을 보였다는 결과와 유사하다. 본 연구에서 실시한 발목 강화 운동과

유사한 운동에 대하여 그 효율을 높이는 방법으로 시각적 되먹임을 이용한 운동을 제안하는 선행연구가 있는데[43, 44], 시각적 되먹임을 이용한 훈련은 운동학습 촉진에 도움이 되고, 뇌졸중 환자의 보행 능력이 향상되었다고 하였다[45]. 따라서 추후 연구에서는 시각적 되먹임을 이용한 발목 강화 운동을 실시한다면 보다 유의한 변화가 나타날 것으로 기대한다.

발의 힘(Force)은 힘판(Force platform)에 의해서 발바닥 압력을 측정하는 경우에 사용하는 것으로서 발에 가해지는 전체 힘(net force)을 말하는 것인데[46], 본 연구에서는 왼발에서 TG가 ASG에 비해 집단 내 변화량의 유의한 증가가 나타났고($p < .05$), 집단 간의 변화에서는 TG의 변화량이 ASG의 변화량보다 유의한 차이가 나타났고($p < .05$). 오른발에서는 두 집단 모두 유의한 변화가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 선행연구[47]에서 뇌졸중 환자의 마비측 다리에 테이핑을 적용하여 보행 능력에 개선이 있었다는 결과와 유사하며, 만성기 불완전 척추 손상 환자에게 발바닥 굽힘근의 키네시오 테이핑 적용 후 보행 속도(Speed), 분속수(Cadance), 활보장(Stride length), 디딤기(Stance phase)와 양발 지지기(Double support)에서 유의한 결과가 나타나 본 연구 결과와 유사하였으며, 이러한 선행연구를 비추어 볼 때, 본 연구에서 실시한 테이핑이 엄지모음근과 별림근의 긴장도에 영향을 주게 되었고 이로 인해 보수볼을 이용한 발목 강화 운동에 비해 발의 힘이 유의하게 증가된 것으로 유추할 수 있다.

본 연구에서 보수볼을 이용한 발목 근육 강화 운동과 테이핑을 엄지발가락가쪽힘증 환자에게 적용하여 정적, 동적 발바닥 압력을 측정된 결과 두 가지 중재 모두 발바닥 압력의 일부 요소에서 유의한 변화가 있었고, 다른 요소에서도 수치상의 긍정적인 변화를 확인할 수 있었으나 통계적으로는 유의하지 않았다. 이는 본 연구에서 시행한 하루 15분, 주 2회, 총 4주라는 중재 기간이 발바닥 압력의 유의한 변화를 끌어내기에는 충분하지 못하였고, 중재 이후의 시간에 대상자들의 활동을 통제하지 못한 결과로 생각되며, 본 연구의 결과를 일반화시키기에는 대상자 수가 적었다. 따라서 추후 연구에는 중재 기간을 보다 장기적으로 계획하고 운동프로그램에서 적용 시간과 강도를 수정할 필요가 있겠으며, 대상자의 일상생활을 통제하는 데에 있어 철저한 보완이 이루어지고 더 많은 수의 인원을 대상으로 다양

한 측면에서 연구를 진행할 것을 제안한다.

5. 결론

본 연구는 엄지발가락가쪽힘증을 가진 20대 성인들을 대상으로 보수볼을 이용한 발목 강화 운동과 테이핑을 4주간 적용하여 대상자의 정적, 동적 발바닥 압력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다. 그 결과 정적 발바닥 압력은 보수볼을 이용한 발목 강화 중재가 발의 전체 체중에 대한 비율에 유의한 변화를 나타내었고 테이핑을 이용한 중재는 발바닥 표면적에서 유의한 변화를 나타내었으나, 발의 압력과 앞, 뒤의 압력 비율의 변화에는 두 중재 모두 효과가 없었다. 동적 발바닥 압력은 두 중재 모두 표면적의 변화에는 효과적이지 않았고, 테이핑을 이용한 중재는 발의 옆집과 힘에서 유의한 변화가 있는 것을 알 수 있었으나 보수볼을 이용한 발목 강화 운동은 효과가 없었다. 이러한 결과를 통하여 보수볼을 이용한 발목 강화 운동과 테이핑의 적용이 엄지발가락가쪽힘증을 가진 환자의 발바닥 압력의 변화에 긍정적인 변화를 줄 수 있는 중재라고 하기에는 다소 부족할 수 있으나, 위에서 언급한 제한점을 보완한다면 보다 유의한 결과가 나타날 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] M. E. Easley & H. J. Trnka. (2007). Current concepts review: hallux valgus part 1: pathomechanics, clinical assessment, and nonoperative management. *Foot ankle Int*, 28(5), 654-659. DOI : 10.3113/FAI.2007.0654
- [2] D. M. King & B. C. Toolan. (2004). Associated deformities and hypermobility in hallux valgus: an investigation with weightbearing radiographs. *Foot Ankle Int*, 25(4), 251-255. DOI : 10.1177/107110070402500410
- [3] J. Ferrari, J. P. Higgins & T. D. Prior. (2004). Interventions for treating hallux valgus (abductovalgus) and bunions. *Cochrane Database Syst Rev.*, (1). DOI : 10.1002/14651858.CD000964.pub2
- [4] H. B. Menz, M. E. Morris & S. R. Lord. (2005). Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60(12), 1546-1552. DOI : 10.1093/gerona/60.12.1546
- [5] K. Koski, H. Luukinen, P. Laippala & S. L. Kivela.

- (1996). Physiological factors and medications as predictors of injurious falls by elderly people: a prospective population-based study. *Age Ageing*, 25(1), 29-38. DOI : 10.1093/ageing/25.1.29
- [6] J. Beling & M. Roller. (2009). Multifactorial intervention with balance training as a core component among fall-prone older adults. *J Geriatr Phys Ther*, 32(3), 125-133. DOI : 10.1519/00139143-200932030-00008
- [7] J. M. Guralnik et al. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*, 49(2), M85-94. DOI : 10.1093/geronj/49.2.m85
- [8] S. Chopra, K. Moerenhout & X. Crevoisier. (2015). Characterization of gait in female patients with moderate to severe hallux valgus deformity. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 30(6), 629-635. DOI : 10.1016/j.clinbiomech.2015.03.021
- [9] J. Wen, Q. Ding, Z. Yu, W. Sun, Q. Wang & K. Wei. (2012). Adaptive changes of foot pressure in hallux valgus patients. *Gait Posture*, 36(3), 344-349. DOI : 10.1016/j.gaitpost.2012.03.030
- [10] M. J. Coughlin, R. A. Mann & C. Salzman. (2007). *Surgery of the foot and ankle*. 8th ed. Philadelphia: Mosby: 2007.
- [11] P. M. Lagaay, G. A. Hamilton, Ford LA, M. E. Williams, S. M. Rush & J. M. Schuberth. (2008). Rates of revision surgery using Chevron-Austin osteotomy, Lapidus arthrodesis, and closing base wedge osteotomy for correction of hallux valgus deformity. *J Foot Ankle Surg*, 47(4), 267-272. DOI : 10.1053/j.jfas.2008.03.002
- [12] S. Green, R. Buchbinder & S. Hetrick. (2003). Physiotherapy interventions for shoulder pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2003(2), CD004258. DOI : 10.1002/14651858.CD004258
- [13] S. C. Yen, E. Folmar, K. A. Friend, Y. C. Wang & K. K. Chui. (2018). Effects of kinesiotaping and athletic taping on ankle kinematics during walking in individuals with chronic ankle instability: A pilot study. *Gait Posture*. 66, 118-123. DOI : 10.1016/j.gaitpost.2018.08.034
- [14] P. Trégouët, F. Merland & M. B. Horodyski. (2013). A comparison of the effects of ankle taping styles on biomechanics during ankle inversion. *Ann Phys Rehabil Med*. 56(2), 113-122. DOI : 10.1016/j.rehab.2012.12.001
- [15] M. Y. Jeon, H. C. Jeong, M. S. Jeong, Y. J. Lee, J. O. Kim, S. T. Lee & N. Y. Lim. (2004). Effects of taping therapy on the deformed angle of the foot and pain in hallux valgus patients. *J Korean Acad Nurs*. 34(5), 685-692. DOI : 10.4040/jkan.2004.34.5.685
- [16] T. G. Yoo, H. S. Cho & M. G. Lee. (2020). Effects of a single corrective exercise and taping on gait patterns, plantar pressure, balance, and pain in female moderate hallux valgus patients. *Korean Journal of Sport Science*, 31(2), 153-168. DOI : 10.24985/kjss.2020.31.2.153
- [17] E. Verhagen, A. van der Beek, J. Twisk, L. Bouter, R. Bahr & W. van Mechelen. (2004). The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. *Am J Sports Med*, 32(6), 1385-1393. DOI : 10.1177/0363546503262177
- [18] P. O. McKeon, J. Hertel, D. Bramble & I. Davis. (2015). The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med*, 49(5), 290. DOI : 10.1136/bjsports-2013-092690
- [19] M. Y. Kim & Y. H. Seo. (2021). Effects of BOSU Ball Exercise on Vascular Age, α -amylase and Total Antioxidant Capacity in Obese Women. *The Korean Journal of Growth and Development*, 29(1), 39-43. DOI : 10.34284/KJGD.2021.02.29.1.39
- [20] K. Anderson & D. G. Behm. (2005). Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. *Can J Appl Physiol*, 30(1), 33-45. DOI : 10.1139/h05-103
- [21] E. J. Drinkwater, E. J. Pritchett & D. G. Behm. (2007). Effect of instability and resistance on unintentional squat-lifting kinetics. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(4), 400-413. DOI : 10.1123/ijssp.2.4.400
- [22] N. Y. Choi, H. S. Jang & Y. A. Shin. (2015). The Effect on Muscle Activation in Trunk and Low-limbs during Squat Exercise on Various Instability Surface. *The Korean Journal of Physical Education*, 54(1), 505-514. UCI : G704-000541.2015.54.1.045
- [23] H. S. Lee et al. (2015). The Effects of Combined Exercises of Elastic-Band and Short Foot Exercise on Plantar Foot Pressure, Toe Angle and Balance for Patients with Low to Moderate Hallux Valgus. *Journal of the Korean Society of Integrative Medicine*, 3(3), 73-88.

- DOI : 10.15268/KSIM.2015.3.3.073
- [24] M. Y. Jeon, H. C. Jeong, M. S. Jeong, Y. J. Lee, J. O. Kim, S. T. Lee & N. Y. Lim. (2004). Effects of taping therapy on the deformed angle of the foot and pain in hallux valgus patients. *J Korean Acad Nurs*, 34(5), 685-692. DOI : 10.4040/jkan.2004.34.5.685
- [25] G. O. Karabicak, N. Bek & U. Tiftikci. (2015). Short-Term Effects of Kinesiotaping on Pain and Joint Alignment in Conservative Treatment of Hallux Valgus. *J Manipulative Physiol Ther*, 38(8), 564-71. DOI : 10.1016/j.jmpt.2015.09.001
- [26] J. W. Park. (2015). *A lower limb EMG comparative analysis of squat using BOSU. The graduate school*. Pukyong National University. Busan.
- [27] C. Kisner & L. A. Corby. (2016). *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. 6th ed. Philadelphia: F.A. Davis Company.
- [28] T. J. Lee. (2010). *The comparative analysis of the foot pressure by various carrying pack methods during walking. Graduate school of education*. Kyungsoong University. Master's degree.
- [29] S. H. Lee & G. D. Park. (2020). Effects of accelerated low extremity stabilization after ankle surgery on ankle muscle function and foot pressure of male Univ. student *The Korean Journal of Growth and Development*, 28(4), 443-448. DOI : 10.34284/KJGD.2020.11.28.4.443
- [30] K. J. Kang, J. S. Lee, J. O. Yang, J. S. Park & K. H. Han. (2020). Effect of aquatic walking exercise on gait and balance parameters of elderly women. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 30(1), 73-81. DOI : 10.5103/KJSB.2020.30.1.73
- [31] S. J. Kim & K. J. Lee. (2012). The Effect of TOGU Exercise on the Postural Balance and Foot Pressure Distribution. *J Kor Phys Ther*, 19(1), 9-15.
- [32] G. D. Kim & M. Heo. (2020). Effect of Theratainment Low Extremity Complex Exercise using Unstable Surface on Knee and Plantar Pressure in Patient with Genu Varum. *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, 14(8), 337-344. DOI : 10.21184/jkeia.2020.12.14.8.337
- [33] M. S. Kim. (2011). *Changes of Inversion angle of ankle joint and foot pressure on individuals with flexible platypodia by Low-dye taping*. Master's degree. Catholic University of Pusan. Pusan.
- [34] S. J. Russo & L. S. Chipchase. (2001). The effect of low-dye taping on peak plantar pressures of normal feet during gait. *Aust J Physiother*, 47(4), 239-244. DOI : 10.1016/S0004-9514(14)60271-3
- [35] B. Vicenzino, M. Franettovich, T. McPoil, T. Russell & Skardoon G. (2005). Initial effects of anti-pronation tape on the medial longitudinal arch during walking and running. *Br J Sports Med*, 39(12), 939-943. DOI : 10.1136/bjsm.2005.019158
- [36] B. Vicenzino, T. G. McPoil, T. Russell, & S. Peisker. (2006). Anti-pronation tape changes foot posture but not plantar ground contact during gait. *The Foot*, 16(2), 91-97. DOI : 10.1016/j.foot.2006.02.005
- [37] K. O'Sullivan, N. Kennedy, E. O'Neill, U. Ni Mhainin. (2008). The effect of low-dye taping on rearfoot motion and plantar pressure during the stance phase of gait. *BMC Musculoskelet Disord*, 9, 111. DOI : 10.1186/1471-2474-9-111
- [38] S. Otman, O. Basgöze & Y. Gökce-Kutsal. (1988). Energy cost of walking with flat feet. *Prosthet Orthot Int*, 12(2), 73-76. DOI : 10.3109/03093648809078203
- [39] M. A. Nakajima & C. Baldrige. (2013). The effect of kinesio® tape on vertical jump and dynamic postural control. *Int J Sports Phys Ther*, 8(4), 393-406. PMID: 24175126; PMCID: PMC3812836
- [40] S. H. Lee. (2007). *The Differences between Aero step Exercises and Weight training on Posture, Physical Fitness, Balance, and Hormone Levels in the Elderly*. Ewha Womans University, master's thesis.
- [41] Y. S. Kim, M. H. Suk, S. Y. Park, H. J. Kang & J. W. Oh (2004). The effect of the disk training and the combined training on functional stability of ankles. *Exercise Science*, 13(1), 113-124
- [42] L. K. Drewes, J. Beazell, M. Mullins & J. Hertel. (2008). Four weeks of short foot exercises affect lower extremity function, but not alignment, in patients with lower extremity injuries. *J Athl Train*, 43(3), 105-106. DOI : 10.4085/1062-6050-43.3.S1
- [43] S. M. Cha, M. H. Kang, D. C. Moon & J. S. Oh. (2017). Effect of the short foot exercise using an electromyography biofeedback on medial longitudinal arch during static standing position. *Phys Ther Korea*, 24(1), 9-18. DOI : 10.12674/ptk.2017.24.1.009
- [44] D. W. Jeong. (2017). *The effects of visual feedback short foot exercise on foot alignment*

and foot pressure in adults with flexible flatfoot. Master's degree. Daegu University. Daegu.

- [45] D. K. Seo, D. W. Oh & S. H. Lee. (2010). Effectiveness of ankle visuoperceptual feedback training on balance and gait functions in hemiparetic patients. *J Korean Soc Phy Ther*, 22(4), 35-41.
- [46] J. H. Moon, H. S. Lee, K. I. Jung & J. H. Park. (1996). Foot pressure distribution in normal subjects and patients with hallux valgus and pes planus. *J of Korean Acad of Rehab Med*, 20(3), 778-786.
- [47] D. D. Kim & S. J. Park. (2017). The immediate effects of spiral taping on improvement of gait ability in patients with chronic stroke. *J Digital Converg*, 15(4), 529-536.
DOI : 10.14400/JDC.2017.15.4.529

JARGALSAIKHAN SAIKHANZUL [학생회원]



- 2015년 2월 : 몽골국립의과대학교 가정의학과 졸업
- 2018년 9월~현재 : 남서울대학교 일반대학원 물리치료학과 석사수료
- 관심분야 : 가정의학, 정형물리치료학
- E-Mail : ssaikhanzul@gmail.com

정 범 철(Beom-Cheol Jeong) [정회원]



- 2009년 2월 : 신성대학 물리치료학과 졸업
- 2019년 2월 : 남서울대학교 일반대학원 물리치료학과 박사졸업
- 2019년 2월~현재 : 노블케어 요양병원 부팀장

- 관심분야 : 신경계물리치료학
- E-Mail : jbc0406@naver.com

유 경 태(Kyung-Tae Yoo) [정회원]



- 1995년 2월 : 대구대학교 물리치료학과 졸업
- 2008년 8월 : 경희대학교 체육대학원 박사졸업
- 2009년 9월~현재 : 남서울대학교 물리치료학과 교수

- 관심분야 : 스포츠의학, 기초물리치료학
- E-Mail : taeyoo88@nsu.ac.kr