

Original Article

Open Access

엄지발가락 벌림을 강조한 PNF 하지 패턴이 엄지발가락가쪽힘증을 지닌 대상자의 발의 내재근 근활성도에 미치는 영향

김병조 · 박두진[†]

동의대학교 물리치료학과, ¹가야대학교 물리치료학과

The Impact of PNF Leg Patterns Hallux Abduction on the Intrinsic Foot Muscles of Participants with Hallux Valgus

Byeong-Jo Kim · Du-Jin Park[†]

Department of Physical Therapy, Dongeui University

¹Department of Physical Therapy, Kaya University

Received: November 7, 2018 / Revised: November 12, 2018 / Accepted: November 12, 2018

© 2018 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: This study aimed to compare the impact of proprioceptive neuromuscular facilitation leg patterns emphasizing hallux abduction (PNF-LPHA) on the intrinsic foot muscles of participants with hallux valgus (HV) using the toe-spread-out exercise (TSO).

Methods: The present study recruited 12 individuals with HV. All the participants voluntarily agreed to participate in the study after hearing explanations of its purpose and process. All participants performed the TSO, PNF-LPHA 1, and PNF-LPHA 2. The participants' abductor hallucis (AbH), adductor hallucis (AdH), extensor hallucis longus (EHL), and flexor hallucis brevis (FHB) activity was measured, and the ratio of AbH:AdH was measured during the three interventions using electromyography. Additionally, the participants' AbH thickness was measured by ultrasonography. An intraclass correlation coefficient (ICC) was used to verify the intra-rater reliability of ultrasonography at rest and during contraction.

Results: The intra-rater reliability was excellent at rest and during contraction ($ICC_{3,1}=0.90$ and $ICC_{3,1}=0.83$, respectively). There were no statistically significant differences in the activity of the AbH, the ratio of AbH: AdH, and the thickness of AbH between the TSO and PNF-LPHA2 groups. Additionally, EHL activity was significantly higher in the PNF-LPHA2 group than in the TSOgroup.

Conclusion: PNF-LPHA 2 can be recommended as a method to optimize AbH and EHL activity, the ratio of AbH:AdH, and the thickness of AbH in individuals with HV.

Key Words: Hallux valgus, Proprioceptive neuromuscular facilitation, Toe spread out, Intrinsic muscle

[†]Corresponding Author : Du-Jin Park (djpark35@hanmail.net)

I. 서론

현대사회에서 신체적 발의 특징과 상관없이 미적 인 욕구에 의해 신발을 선택하는 경향이 점차 증가하고 있으며, 잘못된 보행 습관으로 인해 발과 관련된 질환이 급증하고 있는 추세이다. 엄지발가락가쪽힘증(hallux valgus)는 발의 변형과 관련된 질환 중 가장 빈번하게 발생하는 질환의 하나이며(Deschamps et al., 2010), 연령이 높을수록 남성보다는 여성에게 호발한다(Scott et al., 2007). 이 질환의 주요 발병 원인은 발에 맞지 않는 신발의 장시간 착용에 의한 것으로 보고되며(Coughlin & Jones, 2007), 신발을 신지 않는 민족에게는 이와 같은 질환이 거의 나타나지 않는다고 하였다(Sim-fook & Hodgson, 1958).

엄지발가락가쪽힘증이란 첫 번째 발허리뼈(metatarsal bone)의 내측 전이와 엄지발가락의 외측 전이를 동반하며 첫 번째 발허리발가락관절(metatarsophalangeal joint)의 안쪽에 융기가 발생하는 질환이다. 첫 번째 발허리발가락관절의 각도는 발허리뼈의 중간선과 몸쪽 엄지발가락의 중간선이 이루는 각도이며, 이 각도에 따라 15°미만은 정상, 15~20°미만은 경증, 20~40°미만은 중등도, 40°이상은 중증 엄지발가락가쪽힘증으로 분류한다(Coughlin et al., 2002). 그리고 모든 엄지발가락가쪽힘증을 지닌 환자의 90%이상은 경증과 중등도 증상을 주로 보인다(Xiang et al., 2018).

엄지발가락가쪽힘증에 대한 중재 방법으로는 수술적 요법, 보조기 교정, 반전 신발 착용(reverse shoe wearing), 도수치료, 발의 내재근 훈련 등이 있다. 발의 내재근 훈련은 수술적 중재와 보조기 교정 시에도 함께 병행하여 수행되고 있다. 발의 내재근을 강화시키는 운동으로는 짧은 발 운동(short foot exercise)이 대표적인 운동 중 하나이다. 짧은 발 운동은 안쪽세로발활의 높이 감소를 예방하면서 엄지발가락벌림근(abductor hallucis)의 활동을 촉진시키는데 효과적이다(Jung et al., 2011). 엄지발가락가쪽힘증 환자의 경우에는 엄지발가락벌림근과 모음근 사이의 불균형한 활동이 문제가 되며(Arinci Incel et al., 2003), 이를 해결하기 위해 약화된 엄지발가락벌림근을 강화시키는데 초점을 둔다(Kim, 2015).

엄지발가락가쪽힘증을 위한 새로운 중재 방법으로는 발가락 펼침 운동(toe spread out exercise: TSO)이 있으며, 이 운동은 엄지발가락가쪽힘증을 예방하고 관리하기 위한 목적으로 사용된다(Keller, 2008). 발가락 펼침 운동은 짧은 발 운동에 비해 수평면에서의 첫 번째 발허리발가락관절의 벌림 움직임과 엄지발가락벌림근(abductor hallucis)의 두께 변화에 더 효과적이라 하였다(Kim et al., 2013). 이러한 연구 결과를 바탕으로 최근에는 엄지발가락가쪽힘증 대상자에게 발가락 펼침 운동의 적용이 점차 증가하고 있다. 이외에도 3차원적인 발목관절의 움직임을 통해 발의 내재근과 외재근을 강화시킬 수 있는 방법으로 고유수용성 신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)의 하지 패턴이 있다(Adler et al., 2014).

PNF 상지 패턴에서 손가락 벌림 동작을 포함하지만, 하지 패턴에서는 발가락의 벌림 동작이 포함되지 않아 엄지발가락가쪽힘증 대상자에게는 제한적으로 적용되었다. PNF의 기본 절차(basic procedure) 중 “강조를 위한 타이밍(time for emphasis)”은 특정 분절이나 원하는 분절의 활동을 촉진시키기 위해 정상적인 운동 순서를 변형시킬 수 있는 것을 의미한다(Adler et al., 2014). 엄지발가락가쪽힘증 대상자를 위해 발가락 벌림에 대한 “강조를 위한 타이밍”을 적용하여 PNF 하지 패턴을 사용하면, 발의 내재근 활동을 극대화시킬 수 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 엄지발가락 벌림을 강조한 PNF 하지패턴(PNF leg pattern emphasized hallux abduction, PNF-LPHA)이 엄지발가락가쪽힘증 대상자의 발 내재근에 미치는 영향을 규명하고, 나아가 PNF 운동 방법의 효과를 발가락 펼침 운동 방법과 비교하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 20대 성인 중 엄지발가락가쪽힘증으로 진단된 12명을 대상으로 실시하였다. 모든 대상자들은 실험 과정에 대한 충분한 설명을 듣고, 자발적인

참여에 동의하였다. 대상자 중 첫 번째 발허리발가락 관절의 가동범위 제한이 있는 자, 당뇨 질환자, 엄지발가락가쪽힘증에 대한 수술 이력이 있는 자, 발과 관련된 관절염이 있는 자, 본 연구의 운동 수행이 불가능한 자, 신경계 손상이 있는 자는 실험에서 제외하였다. 참여 대상자 중 10명은 경증, 2명은 중등도 엄지발가락가쪽힘증으로 진단받았다.

2. 측정 방법 및 도구

1) 발바닥 프린트(foot print)

엄지발가락가쪽힘증을 구분하기 위해 발바닥 프린트 검사를 다음과 같이 실시하였다(Fig. 1). 의자에 앉은 자세에서 프린팅 롤러를 이용하여 대상자의 우세 측 발에 잉크를 묻힌 뒤, 평평한 바닥에 놓인 종이 위에 발을 올려 찍는다. 그 다음 2개의 선을 그어 각도를 측정하였다(Jang, 2016). A선은 내측선으로 발꿈치 각과 발가락관절을 직선으로 표시한다. B선은 엄지발가락 선으로 발가락관절을 중심으로 엄지발가락가쪽힘각을 직선으로 그어 두 선의 각도를 측정하였을 때, 15° 이상이면 엄지발가락가쪽힘증 질환으로 진단한다.



Fig. 1. Foot print.

2) 표면근전도(electromyography, EMG)

발 내재근의 근활성도를 측정하기 위하여 8채널

표면근전도(Free EMG 300, BTS Bioengineering, Italy)를 사용하였으며, 표본추출율과 대역폭은 1,000Hz와 20~400Hz로 설정하였다. 표면 전극은 엄지발가락벌림근, 엄지발가락모음근(Adductor hallucis), 엄지발가락굽힘근(flexor hallucis brevis), 엄지발가락펴기근(extensor hallucis longus)에 부착하였으며, 전극의 부착 부위는 다음과 같다(Arinci Incel et al., 2003)(Fig. 2). 엄지발가락벌림근은 발배뼈 결절 뒤쪽 대략 1~2cm 가상의 선 앞쪽, 안쪽 복사뼈 앞 가장자리에 전극을 부착한다. 엄지발가락모음근은 몸쪽 3번째 발허리발가락관절 횡단면에 가장 두드러진 근육부에 전극을 부착한다. 엄지발가락굽힘근은 몸쪽 긴엄지굽힘근의 가장 안쪽의 힘줄에서 두드러진 근육에 전극을 부착한다. 엄지발가락펴기근은 가쪽 발목 복사뼈를 기준으로 세 손가락 위에 위치한 정강이뼈와 종아리뼈 사이에 전극을 부착한다.

각 근육의 근활성도를 표준화하기 위해 최대 수의 적 등척성 수축을 실시하였으며, 근육별 검사 자세는 근력 측정 자세를 기준으로 하였다(Hislop et al., 2013). 최대 수의적 등척성 수축은 근육별 총 2회에 걸쳐 5초간 측정하였으며, 처음과 마지막 1초를 제외한 3초간의 평균값으로 산출하였다. 모든 운동은 5초간 총 2회에 걸쳐 실시하였으며, 처음과 마지막 1초를 제외한 3초간의 평균값을 결과 분석에 사용하였다. 엄지발가락벌림근의 선택적인 활동을 분석하기 위해 엄지발가락벌림근과 모음근의 비율을 분석하였으며, 엄지발가락벌림근의 근활성도/엄지발가락모음근의 근활성도로 계산하였다.

3) 초음파 영상장치(ultrasonography)

엄지발가락벌림근의 두께를 측정하기 위해 초음파 영상장치(Prosound 2, Hitachi Aloka Medical, Japan)를 사용하였다. 6~13MHz의 직선형 탐촉자를 사용하였으며, 대상자는 의자에 앉은 자세에서 발이 떠있는 상태로 운동 전 발꿈치뼈의 거친면에서 엄지발가락에 기시되는 엄지발가락벌림근을 측정하였다(Angin et

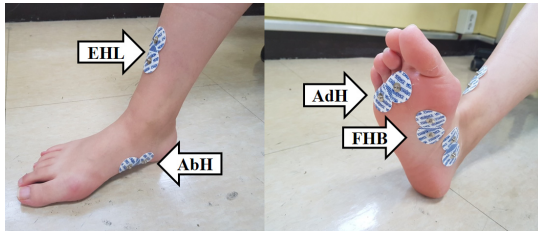


Fig. 2. Placements of surface electrodes on foot. EHL: extensor hallucis longus, AbH: abductor hallucis, AdH: adductor hallucis, FHB: flexor hallucis brevis.

al., 2014)(Fig. 3). 각 운동을 시행하기 전 엄지발가락벌림근의 두께를 측정하고, 운동 수행 직후에 측정하였다.



Fig. 3. Ultrasonography for abductor hallucis.

3. 실험 절차

본 연구는 모든 대상자에게 발가락 펼침 운동, PNF-LPHA 1과 2를 30분간 교육시켰으며, 충분한 숙지 후 무작위 순서로 각 운동을 실시하였다. 발가락 펼침 운동은 대상자가 일어난 상태에서 먼저 발꿈치와 발가락을 들고 발가락을 모두 벌린 후, 발꿈치를 닿게 한 뒤에 새끼발가락, 엄지발가락, 그 외 발가락 순으로 바닥에 닿아 유지하도록 실시하였다(Kim et al., 2013)(Fig. 4).

PNF-LPHA 1과 2 운동은 앉은 자세에서 지면과 발을 띄워 다음과 같이 실시하였다(Alder et al., 2014). PNF-LPHA 1은 먼저 발가락벌림과 함께 발목의 발등굽힘(dorsi-flexion), 뒤침(supination), 안쪽번짐(inversion),

발가락 폼을 실시하면서 엉덩관절의 굽힘-모음-가쪽돌림(external rotation)을 실시하였다(Fig. 5). PNF-LPHA 2는 먼저 발가락벌림과 함께 발목의 발등굽힘, 옆침(pronation), 가쪽번짐(eversion), 발가락 폼을 실시하면서 엉덩관절의 굽힘-벌림-안쪽돌림(internal rotation)을 실시하였다(Fig. 6).

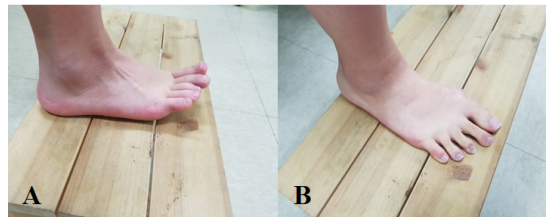


Fig. 4. Toe spread out exercise. (A) Start position, (B) End position.

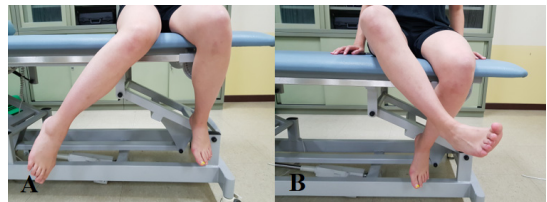


Fig. 5. PNF leg pattern emphasized hallux abduction 1. (A) Start position, (B) End position.

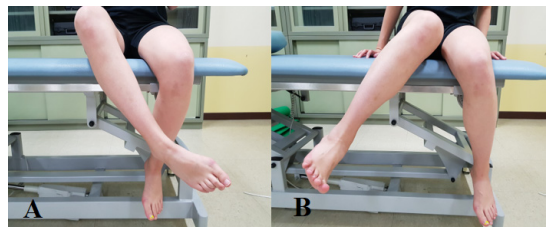


Fig. 6. PNF leg pattern emphasized hallux abduction 2. (A) Start position, (B) End position.

먼저 운동 방법에 대한 교육 후, 최대 수의적 등척성 수축에 대한 근활성도를 측정하였다. 측정 후 10분간의 휴식을 취한 다음, 무작위로 수행할 운동을 선택하였다. 선택된 운동의 수행 전 휴식 상태에서 엄지발가락벌림근의 두께를 2회 걸쳐 측정하였으며, 본 운동을

Table 1. Comparison of activity of foot intrinsic muscles among exercises (n=12)

| | TSO | PNF-LPHA 1 | PNF-LPHA 2 | F | p |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------|------|
| AbH (%MVIC)* | 80.32±10.94 | 60.94±19.39 | 72.78±13.05 | 9.37 | 0.01 |
| AdH (%MVIC)* | 88.56±11.62 | 74.92±12.39 | 70.91±11.60 | 9.38 | 0.01 |
| EHL (%MVIC)* | 50.87±17.87 | 83.82±11.89 | 83.27±13.12 | 28.87 | 0.01 |
| FHB (%MVIC)* | 70.37±13.71 | 47.50±20.53 | 38.51±18.92 | 20.24 | 0.01 |

AbH: abductor hallucis, AdH: adductor hallucis, EHL: extensor hallucis longus, FHB: flexor hallucis brevis, TSO: toe spread out, PNF-LPHA: PNF leg pattern emphasized hallux abduction

*p<0.05

수행하는 동안 엄지발가락벌림근의 두께를 2회 걸쳐 측정하였다. 그리고 발 내재근의 근활성도는 선택된 운동을 5초간 수행하는 동안 수집되었다. 각 운동은 2회에 걸쳐 반복하였으며, 동일한 운동과 각 운동 사이의 휴식 시간은 1분과 5분간 적용하였다.

4. 자료 분석

운동에 따른 발의 내재근 근활성도를 비교하기 위하여 일요인 분산분석을 사용하였다. 사후분석은 본페로니 검정(Bonferroni test)을 이용하였다. 대상자의 일반적인 특성은 Shapiro-wilk를 이용하여 정규성 검증을 실시하였다. 또한 초음파 측정에 대한 측정자내 신뢰도를 알아보기 위해 급간내 상관계수인 ICC_{3,1}를 사용하였다. 본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 18.0 for Windows 프로그램을 통해 분석하였으며, 통계적 유의수준 α는 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에서 엄지발가락가쪽힘증 대상자의 일반적 인 특징은 다음과 같다. 평균 나이, 신장, 체중, 체질량 지수, 그리고 엄지발가락가쪽힘각도는 21.17±1.11세, 168.75±6.52cm, 62.83±11.30kg, 22.08±3.98kg/m², 그리고 17.17±2.48°로 나타났다.

2. 운동 방법에 따른 발 내재근의 근활성도

운동 방법에 따른 엄지발가락가쪽힘증 대상자의 발 내재근의 근활성도는 표1과 같다. 엄지발가락벌림근의 근활성도는 운동 방법 간 유의한 차이를 보였으며, 발가락 펼침 운동과 PNF-LPHA 2가 PNF-LPHA 1에 비해 높게 나타났다. 엄지발가락모음근의 근활성도는 운동 방법 간 유의한 차이가 나타났으며, 발가락 펼침 운동이 PNF-LPHA 2에 비해 높게 나타났다. 엄지발가락편근의 근활성도는 운동 방법 간 유의한 차이를 보였으며, PNF-LPHA 1과 2가 발가락 펼침 운동에 비해 유의하게 높게 나타났다. 엄지굽힘근의 근활성도는 운동 방법 간 유의한 차이가 나타났으며, 발가락 펼침 운동이 PNF-LPHA 1, 2에 비해 높게 나타났다.

3. 운동 방법에 따른 엄지발가락벌림근의 두께와 근활성도 비율

운동 방법에 따른 엄지발가락벌림근의 두께 변화 및 엄지발가락벌림근과 모음근의 근활성도 비율은 Table 2와 같다. 엄지발가락벌림근의 두께는 운동 방법 간 유의한 차이를 보이지 않았으며, 엄지발가락벌림근과 모음근의 근활성도 비율은 운동 방법 간 유의한 차이가 나타났다. PNF-LPHA 2가 PNF-LPHA 1에 비해 유의하게 높았다(Fig. 7).

Table 2. Comparison of thickness of abductor hallucis and ratio of muscle activity among exercises (n=12)

| | TSO | PNF-LPHA 1 | PNF-LPHA 2 | F | p |
|-----------|-------------|-------------|-------------|------|------|
| AbHT (cm) | 0.15±0.06 | 0.10±0.04 | 0.14±0.05 | 3.86 | 0.06 |
| AbH:AdH* | 0.91:1±0.16 | 0.82:1±0.23 | 1.03:1±0.15 | 4.97 | 0.02 |

AbHT: abductor hallucis thickness, AbH: abductor hallucis, AdH: adductor hallucis, TSO: toe spread out, PNF-LPHA: PNF leg pattern emphasized hallux abduction

*p<0.05

Ratio of abductor hallucis/adductor hallucis

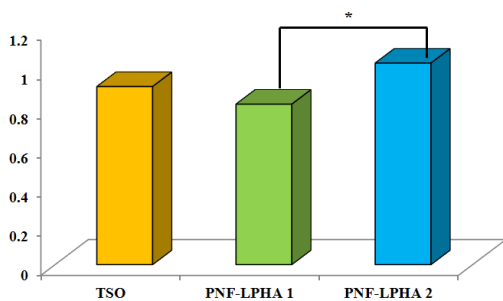


Fig. 7. Ratio of muscle activity among interventions.

4. 초음파 측정에 대한 측정자내 신뢰도

엄지발가락벌림근의 두께 측정에 대한 초음파 검사의 신뢰도는 표3과 같다. 측정자내 신뢰도는 휴식과 수축 시 0.90과 0.83로 나타났으며, 표준오차는 휴식과 수축 시 0.12mm와 0.21mm이었다.

Table 3. Intra-rater reliability of thickness measurement of abductor hallucis (n=6)

| | Intra-rater | | |
|-------------|--------------------|-----------|----------|
| | ICC _{3,1} | 95% CI | SEM (mm) |
| Rest | 0.90 | 0.78-0.95 | 0.12 |
| Contraction | 0.83 | 0.59-0.95 | 0.21 |

ICC: intraclass correlation coefficients, CI: confidence interval, SEM: standard error of measurement

IV. 고찰

엄지발가락가쪽휨증은 엄지발가락벌림근의 약화 뿐만 아니라 엄지발가락벌림근과 모음근 사이의 불균형한 활동을 초래한다. 이를 해결하기 위해 다양한 운동 방법들이 사용되고 있다. 짧은 발 운동은 발가락 굽힘운동(toe curl)에 비해 엄지발가락벌림근의 근활성도를 증가시키는데 효과적이며(Jung et al., 2011), 발가락 펼침 운동은 짧은 발 운동에 비해 엄지발가락가쪽휨증 대상자의 엄지발가락벌림근을 활성화시키는데 효과적인 운동임이 증명되었다(Kim et al., 2013; Kim, 2015). 하지만 엄지발가락벌림을 강조한 PNF 하지패턴(PNF-LPHA)이 엄지발가락가쪽휨증 대상자의 발 내재근에 미치는 영향을 규명한 연구는 부족한 실정이며, 이로 인해 임상적 사용이 제한적이다. 이에 본 연구에서 PNF-LPHA가 엄지발가락가쪽휨증 대상자의 발 내재근에 미치는 영향을 객관적으로 규명하기 위해 발가락 펼침 운동과 비교하고자 한다.

본 연구에서도 발가락 펼침 운동이 다른 운동 방법에 비해 가장 높은 엄지발가락벌림근의 근활성도를 보였고, PNF-LPHA 1과 유의한 차이가 있었다. 그리고 엄지발가락벌림근의 두께 변화에서는 운동 방법 간 유의한 차이를 보이지 않았지만, 엄지발가락벌림근의 근활성도에서는 PNF-LPHA 2가 PNF-LPHA 1에 비해 유의하게 높게 나타났다. 두 결과를 종합하여 볼 때, 발가락 펼침 운동과 PNF-LPHA 2는 PNF-LPHA 1에 비해 엄지발가락벌림근의 근활성도를 증가시키는데 효과적인 운동이라 보여진다. 이는 발가락 펼침 운동과 PNF-LPHA 2의 서로 다른 기전에 의한 결과라 생각된다.

엄지발가락벌림근은 발꿈치뼈 결정의 내측에서부터 기시하여 엄지발가락의 몸쪽 마디뼈(phalanx) 기저부에 정지하며(Kahle et al., 1992), 첫 번째 발허리발가락관절의 굽힘과 엄지발가락을 벌림한다(Kendall et al., 2005). 이러한 활동 기전처럼, 발가락을 펼치면서 지면을 누르기 때문에 발가락 펼침 운동에서 엄지발가락벌림근의 근활성도가 높게 나타나는 것으로 여겨진다. 반면에 PNF-LPHA 2에서의 엄지발가락벌림근의 근활성도는 이 근육의 기능적 역할에 의한 것으로 생각된다. 엄지발가락벌림근의 기능적 역할은 선 자세를 유지하는 동안 안쪽세로발활을 지지하면서 발의 옆침을 만들고, 보행을 하는 동안에도 과도한 발의 옆침을 조절하는 것이다(Fiolkowski et al., 2003; Headlee et al., 2008). PNF-LPHA 2는 발가락벌림과 함께 발의 발등굽힘, 옆침, 가쪽변짐, 그리고 발가락 폼으로 구성되어 있어 발가락벌림과 옆침의 움직임을 통해 엄지발가락벌림의 근활성도를 촉진시킨 것으로 생각된다. 그리고 Adler 등(2014)에 의하면, PNF의 기본 원리 중 강화(reinforcement)는 “더해진 새로운 자극에 의해 자극을 증가시키는 것”이라 하였으며, 이러한 원리처럼 옆침에 더해진 엄지발가락벌림이 엄지발가락벌림근의 근활성도에 긍정적인 영향을 미친 결과라 할 수 있다.

선행 연구에 의하면(Eustace et al., 1996), 엄지발가락가쪽힘증 대상자의 엄지발가락벌림근의 정지부가 변형이 없는 대조군에 비해 첫 번째 발허리발가락관절에서 발바닥 방향으로 활처럼 휘어져 있다고 보고하였다. 이러한 엄지발가락벌림근의 부착점 변형은 엄지발가락벌림근의 선택적인 활동의 감소를 초래한다(Arinci Incel et al., 2003). 발가락 펼침 운동은 엄지발가락벌림근과 모음근의 비율이 1.13으로 1에 가까운 수준으로 보였으며, 짧은 발 운동(0.59)에 비해 엄지발가락가쪽힘증 대상자의 불균형한 엄지발가락벌림근과 모음근 비율을 개선시키는데 효과적이라 하였다(Kim, 2015). 본 연구에서의 발가락 펼침 운동은 0.91로 선행 연구에 비해 다소 낮은 수준이지만, PNF-LPHA 1에 비해 높은 비율을 유지하였다. 그리고 PNF-LPHA

2는 발가락 펼침 운동과 유의한 차이를 보이지 않았지만 약간 높은 비율을 보였으며, PNF-LPHA 1에 비해 유의하게 높은 비율을 유지할 뿐만 아니라 1에 근접한 수준을 보였다. 이는 PNF-LPHA 2가 불균형한 엄지발가락벌림근과 모음근 비율을 개선시킬 수 운동임을 보여주는 결과이다.

대부분의 엄지발가락가쪽힘증 대상자는 평편발 변형을 동반하고 있으며(Faldini et al., 2016; Park, 2011), 평편발을 지닌 대상자들은 정상 관절가동범위의 엄지발가락 폼을 유지하면서 안쪽세로발활(medial longitudinal arch)을 유지하는 능력이 떨어진다(Rose et al., 1985). 이를 위해 엄지발가락가쪽힘증 대상자의 엄지발가락 폼근에 대한 관심과 강화 훈련이 필요하다. 본 연구의 PNF-LPHA 1과 2는 발가락 펼침 운동에 비해 엄지발가락 폼근의 근활성도가 유의하게 높게 나타났다. 모든 PNF-LPHA 방법은 엄지발가락 폼과 발목관절의 발등굽힘을 유도하여 엄지발가락 폼에 대한 근활성도를 증가시킨다. 이외에도 발가락굽힘근의 근활성도는 발가락 펼침 운동에서 PNF-LPHA 1과 2에 비해 유의하게 높게 나타났다. 이는 단한사슬운동인 발가락 펼침 운동에서 체중부하로 인한 엄지발가락굽힘근의 근활성도가 증가한 결과라 생각된다.

본 연구에서 발가락 펼침 운동은 선행 연구의 결과와 유사하게 엄지발가락벌림근, 모음근, 굽힘근의 근활성도 및 엄지발가락벌림근과 모음근의 비율을 개선시키는데 유용한 훈련임이 입증되었다. 그리고 PNF-LPHA 2는 엄지발가락벌림근과 엄지발가락 폼근의 근활성도 및 엄지발가락벌림근과 모음근의 비율을 개선시키는데 효과적인 운동임을 보여준다. 본 연구의 제한점은 다음과 같다. 모집단의 표본수가 적어 연구 결과를 일반화하는데 한계가 있으며, 젊은 성인의 특성상 엄지발가락가쪽힘증으로 인한 병원 내원의 경험이 없어 정확한 엄지발가락가쪽힘증의 이환기간을 알 수 없었다. 더하여, 본 연구는 운동 방법에 따른 발 내재근의 근활성도와 두께 변화를 관찰하여 엄지발가락가쪽힘증에 대한 측정을 통해 교정이나 정렬에 미치는 효과를 규명할 수 없었다. 그러므로 장기간의 운동 방법이

엄지발가락가쪽힘각의 변화에 미치는 효과를 규명함과 동시에 질환의 이환기간에 따른 효과를 비교 분석하는 연구가 이루어졌으면 한다.

V. 결론

PNF-LPHA 2는 엄지발가락벌림근과 엄지발가락편근의 근활성도 및 엄지발가락벌림근과 모음근의 비율을 개선시키는데 효과적인 운동임을 보여준다. 나아가 PNF-LPHA 2 운동 방법이 엄지발가락가쪽힘증 대상자에게 미치는 장기간의 효과를 규명하는 연구가 지속되기를 희망한다.

Acknowledgements

This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by Ministry of Science and ICT (No. 2017R1C1B5074795).

Reference

- Adler SS, Decker D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide, 3rd ed. Heidelberg. Springer. 2014.
- Angin S, Crofts G, Mickle KJ, et al. Ultrasound evaluation of foot muscles and plantar fascia in pes planus. *Gait and Posture*. 2014;40(1):48-52.
- Arinci Incel N, Genç H, Erdem HR, et al. Muscle imbalance in hallux valgus: an electromyographic study. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003;82(5):345-349.
- Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot and Ankle International*. 2007;28(7):759-777.
- Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA 2nd. Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc committee of the American orthopaedic foot & ankle society on angular measurements. *Foot and Ankle International*. 2002;23(1):68-74.
- Deschamps K, Birch I, Desloovere K, et al. The impact of hallux valgus on foot kinematics: a cross-sectional, comparative study. *Gait and Posture*. 2010;32(1):102-106.
- Eustace S, Williamson D, Wilson M, et al. Tendon shift in hallux valgus: observations at MR imaging. *Skeletal Radiology*. 1996;25(6):519-524.
- Faldini C, Nanni M, Traina F, et al. Surgical treatment of hallux valgus associated with flexible flatfoot during growing age. *International Orthopaedics*. 2016;40(4):737-743.
- Fiolkowski P, Brunt D, Bishop M, et al. Intrinsic pedal musculature support of the medial longitudinal arch: an electromyography study. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2003;42(6):327-333.
- Headlee DL, Leonard JL, Hart JM, et al. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2008;18(3):420-425.
- Hislop H, Avers D, Brown M. Daniels and Worthingham's muscle testing, 9th ed. St. Louis. Saunders Elsevier. 2013.
- Jang MC. A study on the release of female hallux valgus. Westminster Theological Seminary. Dissertation of Doctorate Degree. 2016.
- Jung DY, Koh EK, Kwon OY. Effect of foot orthoses and short-foot exercise on the cross-sectional area of the abductor hallucis muscle in subjects with pes planus: a randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2011;24(4):225-231.
- Kahle W, Leonhardt H, Platzer W. Color atlas and text of human anatomy volume 1 locomotor system.

- Ludwigsburg. Thieme. 1992.
- Keller D. Yoga plus joyful living magazine. Himalayan Institute. 2008.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. Muscles: testing and function, with posture and pain. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2005.
- Kim MH. Effects of toe-spread-out exercise in subjects with hallux valgus. Yonsei University. Dissertation of Doctorate Degree. 2015.
- 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. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2013;26(2):163-168.
- Park JH. The effect of trunk and foot strengthening exercise to young with flexible flatfoot and hallux valgus. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2011.
- Rose GK, Welton EA, Marshall T. The diagnosis of flat foot in the child. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 1985;67(1):71-78.
- Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait and Posture*. 2007;26(1):68-75.
- Sim-fook L, Hodgson AR. A comparison of foot forms among the non-shoe and shoe-wearing Chinese population. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 1958;40-A(5):1058-1062.
- Xiang L, Mei Q, Fernandez J, et al. Minimalist shoes running intervention can alter the plantar loading distribution and deformation of hallux valgus: a pilot study. *Gait and Posture*. 2018;65:65-71.