

발과 무릎관절 위치가 편마비 환자의 안쪽넓은근과 가쪽넓은근 근활성도에 미치는 영향



The Journal Korean Society of Physical Therapy

장준혁, 김경환, 김태호¹, 한동욱²

대구대학교 대학원 재활과학과, ¹대구보건대학 물리치료과, ²신라대학교 물리치료학과

The Effects of Foot and Knee Position on Electromyographic Activity of the Vastus Medialis and Vastus Lateralis for Hemiplegic Patients

Jun-Hyeok Jang, PT, MS; Kyung-Hwan Kim, PT, MS; Tae-Ho Kim, PT, MS¹; Dong-Wook Han, PT, PhD²

Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University; ¹Department of Physical Therapy, Daegu Health College; ²Department of Physical Therapy, College of Medical and Life Science, Silla University

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the electromyographic (EMG) activity of vastus medialis oblique (VMO) and vastus lateralis (VL) muscles on foot position and knee angle for hemiplegia patients.

Methods: Ten stroke subjects (10 males) participated in the study. Subjects were all right-hemiplegic patients. All subjects did 0°, 20° and 40° knee flexion while maintaining the foot in a neutral position, or at 30° adduction or at 30° abduction. Surface EMG data were collected for VMO and VL muscles on the non-hemiplegic side and hemiplegic side. Collected data were analyzed using two-way ANOVA.

Results: VMO and VL activities for the non-hemiplegic and the hemiplegic sides were highest for 40° knee flexion while maintaining the three foot positions. There were no significant differences in EMG activity of the VMO and VL muscles with different foot positions. There were significant differences between VMO and VL activity for knee flexion angle while maintaining the foot in neutral ($p < 0.05$), at 30° adduction ($p < 0.05$), or at 30° abduction ($p < 0.05$).

Conclusion: Foot position does not influence VMO and VL activities. But, knee flexion exercise in a closed chain can increase VMO and VL muscle activity for hemiplegic patients. In particular, VMO and VL activities for both the non-hemi side and the hemi side were highest for 40° knee flexion.

Keywords: Vastus medialis oblique muscle, Vastus lateralis muscle

논문접수일: 2010년 1월 15일

수정접수일: 2010년 3월 31일

게재승인일: 2010년 6월 3일

교신저자: 김경환, ejptkh@hanmail.net

1. 서론

감각 결함, 근육 약증, 변화된 근육 긴장과 운동 조절의 어려움은 뇌졸중 환자에 있어 흔히 나타나는 문제점들이며, 보행 수행에 있어 광범위하게 연구되는 것 중의 하나는 근력이다.¹⁻⁷ 뇌졸중 발생 이후 운동 조절 능력의 감소와 무용성 근위축으로 인해 대부분 근육에서 근력 저하가 발생한다. 근력 약화는 뇌졸중 환자에 있어 일반적인 문제점이며 보조없이 의자에서 일어서기

와 같은 일상생활동작 수행을 어렵게 한다. 뇌졸중 이후 근력은 이동, 보행, 계단 오르기와 같은 독립된 기능적 활동을 위해 필수적이며, 입원에서 퇴원을 위한 기능적 상태, 입원을 해서 치료하는 동안 머무르는 기간과 같은 미래의 운동 기능 상태를 예측할 수 있다.⁸⁻¹¹

뇌졸중으로 인한 근력 약화는 통증, 경련성, 균형 결함, 감각 문제, 무시, 자세 조절 변화와 함께 마비측으로 체중지지를 어렵게 한다. 편마비 환자의 마비측 다리로 체중을 이동시키는

것은 기능 회복을 위한 목표로써 무엇보다 대칭적인 체중지지가 중요하다. 하지만, Lee 등¹²은 편마비 환자의 중력선 이동에 따른 역학적 분석 연구에서 편마비 환자는 체간을 마비된 쪽으로 기울이지만 대부분 마비된 쪽의 엉덩관절로 체중을 지지하지 않고 마비측 하지에 31.33%의 힘만 부과하기 때문에 비마비측의 체중지지율이 높음을 보고하였다.

하지 근육 중 넙다리내갈래근은 무릎관절에 대한 정상적인 자세 배열과 보행의 입각기 초기 충격 완화 작용을 담당하며, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 협응작용은 무릎넙다리관절의 배열과 무릎관절의 정상 기능을 위해 필요하다.^{13,14} 하지만, 뇌졸중 이후 무릎관절 펌근 근육들은 신경학적인 변화가 발생되어 기능에 있어 근육의 특성이 변화하게 된다. 마비측 근육에서는 선택적으로 type II 근육의 위축과 근육의 수축 속도가 느려지게 되며, 변화된 근육 섬유 요소와 손상된 신경 전달은 토크 발생을 더욱 약화시킨다. 이러한 변화들이 마비측 근육에 근육 약화를 일으키며 지속시키게 한다.^{5,7}

근골격계질환이나 중추신경계 손상으로 인해 하지쪽에 통증, 운동범위 감소, 조직 상태 변화, 근약화, 관절 구축이 발생된다면 정상적인 하지 기능이 제한을 받게 된다. 이러한 하지의 기능장애를 해결하기 위해 근골격계 질환을 지닌 사람들에게는 안정화 운동이나 근육 강화 훈련 방법 등이 사용되고,¹⁵⁻²⁰ 중추신경계 환자의 치료에 있어서는 마비측 하지의 근육을 촉진시키는 방법이나 근육 강화 훈련방법이 사용되고 있다.²¹⁻²³ 최근에는 편마비 환자에게 스포츠 활동과 관련된 운동을 시행하는 연구들도 발표되고 있다.²³

Bourbonnais와 Vanden Noven²⁴은 뇌졸중 이후에 편마비 환자의 신체에서 발생하는 생리학적 변화를 연구한 결과 type II 근육의 위축, 운동 단위 동원의 손상, 최대 수축력 감소와 운동 단위 발화율이 감소되는 것을 확인하고 이들 요소들이 마비측 근육에서 발생하는 근약화와 관련성이 있음을 보고하였다. 근력은 편마비 환자에 있어 이동이나 보행과 같은 독립적인 활동에 필요한 요소로 작용한다.¹⁴ 뇌졸중 발생 이후 마비측 근력이 감소되기 시작해서 약 7일쯤에는 비마비측과 비교해 무릎관절 펌근의 근력이 평균 30% 감소되며, 근력 소실이 신체 기능에도 좋지 않은 영향을 끼치기 때문에 편마비 환자의 마비측 근육을 강화시키는 운동 프로그램이 필요하다.^{1-7,25,26}

Sharp와 Brouwer¹는 발병일이 6개월 이상인 뇌졸중 환자를 대상으로 무릎관절 굽힘과 폼에 대한 등속성 훈련을 실시한 결과 훈련 기간 동안 근육 긴장이 지속적으로 유지되면서 마비측 굽힘근과 펌근의 근력이 증가되는 것을 보고하고, 뇌졸중 환자의 마비측 근육을 강화시키는 방법으로 가능한 근육 긴장을 동반하지 않고 운동을 시키는 것이 효과적인 근육 강화 방법이라고 보고하였다. 감소된 무릎관절 펌근을 강화시키기 위해 안

쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근력을 증가시킬 수 있는 훈련 방법들이 연구되어 왔다. Doucett와 Child²⁷는 컴퓨터전산화단층촬영을 이용하여 무릎넙다리통증(patellofemoral pain)을 지닌 대상자들에게 열린 사슬과 닫힌 사슬 상태에서 무릎뼈 움직임을 연구한 결과 두 조건 모두 무릎관절 굽힘 0°, 10°, 20°, 30°보다 굽힘 40° 각도에서 관절의 적합성이 증가되었다고 보고하였다. Hanten과 Schulthies²⁸은 등속성 기기인 Cybex를 이용하여 무릎관절 폼에 대한 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 비교한 결과 엉덩관절 모음을 동반하여 무릎관절을 펴 경우 안쪽넓은근의 근활성도가 더 높아졌다는 연구결과를 보고하였고, Lam과 Ng²⁹은 무릎넙다리통증을 지닌 사람들을 대상으로 엉덩관절을 안쪽돌리면서 쪼그려 앉는 동작을 했을 때 무릎관절 40° 굽힘 각도에서 안쪽넓은근의 근활성도가 가쪽넓은근의 근활성도보다 증가했다고 보고하였다.

뇌졸중 환자의 근력 연구 중 Gerrits등⁵은 뇌졸중 환자의 양측 무릎관절 펌근과 동일 연령대의 건강한 대상자의 무릎관절 펌근의 기능을 비교한 결과 뇌졸중 환자의 비마비측과 마비측의 펌근 토크 발생률이 건강한 대상자들보다 낮다고 하였다. 이와 같은 연구 결과로 볼 때 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 경우 마비측뿐만 아니라 비마비측 안쪽넓은근과 가쪽넓은근에 대한 근력 강화운동이 필요하다. 뇌졸중 환자의 근력 강화를 위해 여러 가지 방법들이 시행되었다. 이들 연구들은 두 가지의 큰 범주 안에서 연구되었는데 하나는 앉은 자세에서 일어나기 같은 닫힌 사슬에서의 운동 방법이고, 나머지 하나는 누운 자세 혹은 앉은 자세에서 장비를 이용한 열린 사슬 운동이다.¹⁻⁷ 이 두 가지 운동 방법 중 정상인이나 무릎넙다리통증을 가진 사람에게는 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 모두 높이기 방법으로 닫힌 사슬 운동을 이용한다.^{14,30}

이상의 선행 연구를 볼 때 정상인과 무릎넙다리통증을 지닌 사람들을 대상으로 닫힌 사슬에서 발과 엉덩관절의 위치를 변화시키거나, 무릎관절의 굽힘 각도를 변화시켜 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 높이는 방법들을 제시하고 있다. 이에 본 연구는 정상인과 무릎넙다리통증을 지닌 사람들처럼 뇌졸중으로 인한 편마비 환자에 있어서도 발의 위치와 무릎관절 각도 변화가 비마비측과 마비측 안쪽넓은근과 외가쪽넓은근의 근활성도 증가에 영향을 주는지 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 창원시 소재 C병원에 입원 및 통원 치료를 받고 있는 남성 편마비 환자 중 연구에 참여하기로 동의하고, 양

하지에 정형외과적 질환이 없으며, 선 자세에서 양측 무릎관절 40° 굽힘 유지가 10초 이상 가능하고, 타인의 도움 없이 10 m 이상 독립 보행이 가능하며, 연구자의 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 우측 편마비 환자 10명을 선정하였다.

2. 연구설계

본 연구는 연구 대상자 선정을 위해 편마비 대상자들의 일반적 특성과 병력 특성을 조사한 후 대상자들의 비마비측과 마비측에 근전도 전극을 부착하고 비마비측의 안쪽넓은근과 가쪽넓은근을 최대 수의적 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)시킨 값을 이용하였다. 다음으로, 대상자를 체중계 위에 세우고 발의 위치를 중립 위치, 30° 모음 위치, 30° 벌림 위치에서 무릎관절을 0°, 20°, 40°로 각각 굽힘 동작을 시킬 때 발생하는 근활성도 값을 측정하였다. 발의 위치와 무릎관절 각도에 따라 3회 반복하여 측정하였고, 각 측정 후 1분간의 휴식시간을 가졌다. 용어에 있어 발의 위치는 발꿈치뼈의 중심과 2번째 발가락 사이를 일직선으로 지나는 것을 0°라 하고, 그 각도에서 7° 바깥으로 향하는 위치를 발의 중립 위치, 30° 안쪽을 향하는 위치를 30° 모음 위치, 마지막으로 30° 바깥쪽을 향하는 위치를 30° 벌림 위치라고 하였다.

3. 측정도구

1) 근전도 신호 수집 및 분석 시스템

무릎관절 각도 변화와 발 위치 변화에 따른 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 활성도를 측정하기 위해 표면 근전도(Myosystem 1200, Norraxon Ins, AZ, 미국)를 이용하였다. 수집된 표면 근전도 아날로그 신호는 Myostem 1200으로 보내져 디지털 신호로 전환한 다음, 개인용 컴퓨터에서 Myoresearch XP 1.04 소프트웨어를 이용하여 필터링과 기타 신호처리하였다. 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1,000 Hz(1,000 samples/second)로 설정하였고, 증폭된 파형을 대역통과필터(band pass filter)인 40~250 Hz로 필터링하였고, 60 Hz 노치 필터(notch filter)를 사용하여 잡음을 제거하였으며, 심전도 감소 필터(ECG reduction filter)를 사용하였다. 무릎관절 굽힘과 발 위치 변화시 수집된 근전도 신호를 정량화하기 위해 실효평균값(root mean square, RMS) 처리하여 분석하였다. 근활성도 값을 정규화하기 위하여 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 최대 등척성 수축(MVIC)을 5초 동안 수행하고, 중간 3초 동안의 평균값을 이용하여 정규화(%MVIC)하였다.

2) 거울 및 체중계(mirror and body weight scale)

대상자의 신체 좌우 중심을 나누도록 거울에 테이프를 부착하고 측정 위치에서 2 m 거리를 두었다. 근활성도 측정시 환자

의 양하지 체중 분포를 일정하게 유지시키기 위해 가정용 디지털 체중계(BNB-1300, B&B Co., Ltd, 중국) 2개를 이용하였다. 체중계의 신뢰도를 보기 위해 검사-재검사 신뢰도를 확인하였다. 환자를 체중계에서 체중을 확인한 후 10분 후 다시 재측정하여 두 값에 대한 피어슨 상관관계를 보았다. 피어슨 상관계수 $r=0.99(p=0.01)$ 이었다. 발 위치를 표시하기 위해 발꿈치뼈의 중심과 2번째 발가락 사이를 지나는 폭 0.5 cm, 길이 30 cm 직선 모양의 테이프를 체중계에 부착하여 발의 위치가 중립, 모음 30°, 벌림 30°를 각각 취할 수 있도록 표시하였다. 두 발 사이 간격은 각 발꿈치뼈 중심을 기준으로 32 cm로 하였다.

3) 각도계(goniometer)

본 연구에서는 대상자가 무릎관절을 0°, 20°, 40° 각도에서 자세를 유지할 수 있도록 투명 플라스틱 각도계(Jamar Plastic Goniometer 7539, SammonsPreston Inc, 미국)를 무릎관절 가쪽에 부착하여 각도를 측정하였다.

4. 실험방법

1) 근전도 전극 부착

대상자의 다리쪽에 표면 근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위해 부착 부위를 면도기로 털을 제거한 후 검사할 부위를 알코올로 소독하였고, 기존의 연구를 참고하여 안쪽넓은근의 경우 무릎뼈의 안쪽위 모서리에서 위 4 cm, 안쪽으로 3 cm 지점에 펜으로 표시하고, 가쪽넓은근의 경우 무릎뼈 가쪽위 모서리로부터 위 10 cm, 가쪽으로 6~8 cm 지점에 표시를 하였다.³¹ 표시된 부위를 참조하여 각 근육에 대해 도수 근력검사의 최대 근수축이 뚜렷이 보이는 근육에 근전도 전극 부착부위를 최종적으로 표시하여 지름 1 cm의 활성전극을 부착하였으며, 참고전극은 정강뼈결절 부근에 부착하였다. 기록전극과 참고전극이 함께 부착되어 있는 지름 3 cm 크기의 일회용 접착식 전극을 사용하였으며 접지전극(ground electrode)은 정강뼈결절 부근에 부착하였다. 마비측 다리쪽에도 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 전극 부착 부위를 펜으로 표시한 후 무릎관절을 능동적으로 펴 때 근수축이 되는 근육에 비마비측과 동일한 방법으로 전극을 부착하였다.

2) 측정 과정

(1) 체중 측정 및 체중 이동 연습

대상자의 체중을 측정하여 체중의 절반 값에서 마비측 체중지지가 80~100%되는 값을 다시 기록하였다. 대상자를 거울과 2 m 떨어진 거리에서 발을 중립 상태로 놓고 체간 중심선과 거울에 부착된 중력 중심선이 일치되게 해서 앉는 동작을 한 번 실시하였다. 동일한 방법으로 발 위치가 30° 모음, 30° 벌림된 상태에

서도 연습을 하였다. 발을 30° 모음 위치를 취할 때 정강뼈는 자연스럽게 안쪽돌림이 동반되었으며, 발의 30° 벌림 위치에서는 정강뼈의 가쪽돌림이 동반되었다. 발이 30° 모음된 위치에서 무릎관절을 구부릴 경우 엉덩관절은 모음, 안쪽돌림 되었으며, 30° 벌림된 위치에서는 엉덩관절이 벌림, 가쪽돌림 되었다. 무릎관절 각도를 측정하기 위해서 각도기의 돌림 중심부를 관절 돌림 중심에 직접적으로 위치하였다. 고정자는 넓다리의 가쪽부에 놓고 큰돌기를 기준으로 해서 넓다리 가쪽의 중심선과 일치하게 하였다. 가동자는 하지의 가쪽면에 놓고 가쪽관절용기를 기준으로 해서 정강뼈의 외측 중심선과 일치하게 하여 접착용 테이프를 이용하여 고정한 후 대상자가 무릎관절의 굽힘 동작을 할 때 측정하고자 하는 각도에서 유지되게 하였다.

(2) 측정

표면 근전도를 비마비측과 마비측 안쪽넓은근과 가쪽넓은근에 부착하여 대상자를 의자에 앉힌 후, 양발을 중립 위치로 유지시키기 위해 비마비측과 마비측 발을 각각 체중계에 표시된 선에 대상자의 발꿈치뼈 중심과 두 번째 발가락이 일치되게 하여 체중계에 서게 하였다.

검사자 1명은 발 중립 상태에서 무릎관절을 굽힘 동작을 할 때 대상자가 앞에 위치한 거울을 보면서 체간을 똑바로 유지하도록 구두명령을 하였다. 동시에 마비측 발의 체중 지지가 전체 체중의 40~50% 범위에 놓일 때 측정자에게 “시작”이라는 말을 하여 측정 시작을 알려주었으며, 측정자는 그 범위가 7초간 유지될 때 발생하는 근활성도 값을 측정하였다. 근피로를 막기 위해 측정 후 1분간의 휴식을 취하게 하였고, 각각의 각도에서 3회 반복 측정하였다. 발의 위치를 30° 모음, 30° 벌림 시킨 상태에서도 위의 절차와 동일한 방법으로 측정을 하였다.

5. 자료 분석

본 연구에 참여한 편마비 환자의 비마비측과 마비측 다리 모두 발 위치(중립, 30° 모음, 30° 벌림)와 무릎관절 각도(굽힘 0°, 20°, 40°)에 따라 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 이원배치분산분석(two-way ANOVA)을 사용하였으며, 사후검정은 Scheffe 검증을 이용하였다. 통계분석에 사용한 프로그램은 SPSS version 12.0이었으

며, 유의수준 p=0.05이었다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구에 참여한 대상자는 10명으로 모두 오른쪽 편마비를 지닌 남성들로 구성되었으며, 평균 연령은 50.6세, 신장은 166.7 cm, 체중은 67.5 kg이었고, 손상유형을 보면 뇌출혈 환자가 3명, 뇌경색 환자는 7명이었다(Table 1).

Table 1. General and medical characteristics of subjects (N=10)

General characteristics		Mean± SD
Age (years)		50.56±7.45
Height (cm)		166.67±6.97
Weight (kg)		67.46±6.22
Type (%)	Hemorrhage	3(30.0)
	Infarction	7(70.0)

2. 발 위치와 무릎관절 각도에 따른 비마비측의 근활성도 변화

1) 안쪽넓은근 근활성도 변화

각각의 무릎관절 굽힘 각도에 대한 발의 위치 변화는 비마비측 안쪽넓은근의 근활성도 변화에 영향을 주지 못하였다. 하지만, 각각의 발 위치에서 무릎관절의 굽힘 각도를 변화시킨 결과 무릎관절 굽힘 각도가 증가함에 따라 비마비측 안쪽넓은근의 근활성도가 증가하였고(p<0.05), 무릎관절 40° 굽힘 각도에서 비마비측 안쪽넓은근의 근활성도 값이 모두 높았다(Table 2).

2) 가쪽넓은근 근활성도 변화

각각의 무릎관절 굽힘 각도에 대한 발의 위치 변화는 비마비측 가쪽넓은근의 근활성도 변화에 영향을 주지 못하였다. 하지만 각각의 발 위치에서 무릎관절의 굽힘 각도를 변화시킨 결과 무릎관절 굽힘 각도가 증가함에 따라 비마비측 가쪽넓은근의 근활성도가 증가하였고(p<0.05), 무릎관절 40° 굽힘 각도에서 비마비측 가쪽넓은근의 근활성도 값이 모두 높았다(Table 3).

Table 2. VMO activities of the non-hemi side on foot position and knee angle (N=10, Unit: %MVIC)

Variations	Neutral	Adduction 30°	Abduction 30°	F	P
0°	13.19±7.97 ^a	11.38±8.08	10.13±6.67	1.91	0.15
20°	18.43±6.97	28.54±15.99	22.37±9.42		
40°	46.03±11.10	53.41±22.10	43.82±15.08		
F	65.68				
p	0.00				

^aMean±SD

Table 3. VL activities of the non-hemi side on foot position and knee angle (N=10, Unit: %MVIC)

Variations	Neutral	Adduction 30°	Abduction 30°	F	P
0°	19.49±11.45 ^a	22.51±13.93	20.17±14.74	1.85	0.16
20°	28.58±10.30	35.65±16.48	33.36±14.69		
40°	44.41±18.65	55.72±20.80	57.11±15.46		
F	32.12				
p	0.00				

^aMean±SD

3. 발 위치와 무릎관절 각도에 따른 마비측의 근활성도 변화

1) 안쪽넓은근 근활성도 변화

각각의 무릎관절 굽힘 각도에 대한 발의 위치 변화는 마비측 안쪽넓은근의 근활성도 변화에 영향을 주지 못하였다. 하지만, 각각의 발 위치에서 무릎관절의 굽힘 각도를 변화시킨 결과 무릎관절 굽힘 각도가 증가함에 따라 마비측 안쪽넓은근의 근활성도가 증가하였고($p<0.05$), 무릎관절 40° 굽힘 각도에서 마비측 안쪽넓은근의 근활성도 값이 모두 높았다(Table 4).

Table 4. VMO activities of the hemi side on foot position and knee angle (N=10, Unit: %MVIC)

Variations	Neutral	Adduction 30°	Abduction 30°	F	P
0°	6.99±7.51a	11.94±10.08	8.36±8.49	0.82	0.44
20°	17.61±17.57	23.74±19.00	21.06±15.61		
40°	29.90±25.33	38.42±30.15	35.76±28.47		
F	12.65				
p	0.00				

^aMean±SD

2) 가쪽넓은근 근활성도 변화

각각의 무릎관절 굽힘 각도에 대한 발의 위치 변화는 마비측 가쪽넓은근의 근활성도 변화에 영향을 주지 못하였다. 하지만 각각의 발 위치에서 무릎관절의 굽힘 각도를 변화시킨 결과 무릎관절 굽힘 각도가 증가함에 따라 마비측 가쪽넓은근의 근활성도가 증가하였고($p<0.05$), 무릎관절 40° 굽힘 각도에서 마비측 가쪽넓은근의 근활성도 값이 모두 높았다(Table 5).

IV. 고찰

본 연구에서는 닫힌 사슬에서 하지 위치와 무릎관절 각도를 변화시켜 비마비측과 마비측의 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 변화를 살펴보았다. 닫힌 사슬 상태에서 서 있는 상태에서 각각의 발의 위치를 취할 때 정강뼈의 돌림이 함께 발생하도록 하였다. 즉, 서 있는 자세에서 발을 30° 모음시킬 경우 정강뼈가 함께 안쪽돌림되었으며, 벌림 30° 위치를 취할 때에는 정강

뼈가 함께 가쪽돌림되었다. 발의 위치가 모음되어 있는 상태에서 무릎관절을 굽힐 경우 엉덩관절의 모음과 안쪽돌림 동작이 발생되었다. 이와 반대로 발의 위치가 벌림되어 있는 상태에서는 엉덩관절의 벌림과 가쪽돌림 동작이 발생되면서 무릎관절이 굽힘되었다. 본 연구는 세 가지 다른 발 위치에서 무릎관절을 굽힘해서 유지하고 있을 때 발생하는 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 연구한 것이다.

뇌졸중 환자의 경우 비마비측과 마비측 펌근의 근력이 동일 연령대의 건강한 사람들에 비해 낮으며, 마비측 펌근의 경우 피로도가 건강한 사람들보다 더 빠르다.⁶ Lomaglio와 Eng⁷의 연구에서 만성 뇌졸중 환자에 있어 마비측 무릎관절 펌근의 근력

Table 5. VL activities of the hemi side on foot position and knee angle (N=10, Unit: %MVIC)

Variations	Neutral	Adduction 30°	Abduction 30°	F	P
0°	10.69±8.04 ^a	12.53±9.24	10.85±10.65	0.87	0.42
20°	20.88±12.00	22.58±10.11	24.16±15.59		
40°	31.66±17.02	34.75±17.09	43.22±24.55		
F	22.20				
p	0.00				

^aMean±SD

은 의자에서 일어서기와 같은 동작과 상당한 관련성이 있음을 보고하였다. 뇌졸중 환자를 대상으로 시행한 본 연구에서는 무릎관절을 0°, 20°, 40° 굽힘시킨 상태에서 발의 위치를 변화시킬 경우 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 변화에 영향을 주지 못하였다. 발의 모음과 벌림 위치에서 각각 자연스런 정강뼈의 안쪽돌림과 가쪽돌림이 발생되었다. 본 연구와 같이 정상인과 무릎납다리통증을 지닌 사람들의 연구에서 정강뼈의 위치 변화를 변화시키거나, 엉덩관절의 위치 변화시켜 안쪽넓은근을 선택적으로 강화시키는 연구들이 시행되었다.^{16, 17, 28, 29, 32} 정상인을 대상으로 근전도 연구를 실시한 Serrão 등³³은 정강뼈를 중립, 안쪽돌림과 가쪽돌림을 시켜 안쪽넓은근이 선택적으로 강화가 되는지 살펴보았지만, 정강뼈의 돌림은 안쪽넓은근의 근활성도 영향을 끼치지 않았다. 또한 정상인을 대상으로 실시한 Herrington 등³⁴의 연구에서 엉덩관절의 돌림(중립, 30° 안쪽돌림, 30° 가쪽돌림)은 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 증가에 영향을 주지 못하였다. 편마비 환자를 대상으로 실시한 본 연구에서도 발의 위치 변화는 비마비측과 마비측의 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 변화에 영향을 주지 않는다는 결과를 얻었다.

하지만 다른 연구자들은 하지의 위치 변화가 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 영향을 끼칠 수 있다고 설명한다. Coqueiro 등³⁵은 정상인과 무릎납다리통증을 지닌 사람을 대상으로 서 있는 자세에서 무릎관절을 45°로 쪼그려 앉는 동작을 하는 동안 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 변화를 연구하였다. 연구 결과 엉덩관절을 중립으로 해서 똑바로 앉을 때보다 엉덩관절을 30° 모음해서 쪼그려 앉을 때 두 그룹 모두에서 두 근육의 근활성도가 증가됨을 보고하였다. Hanten과 Schulthies²⁸와 Lam과 Ng²⁹의 연구에서도 엉덩관절의 안쪽돌림 운동에 따라 두 근육의 근활성도가 증가되거나 가쪽넓은근 근활성도에 비해 안쪽넓은근의 근활성도가 더 많이 증가되었다.

연구 결과에서 무릎관절의 굽힘 각도가 0° 위치에서 발의 위치를 변화시켰을 경우 두 근육의 근활성도 변화에 영향을 주지 못하였다. 나머지 20°, 40° 무릎관절 굽힘 각도에서 발의 위치를 변화시켰을 때에도 두 근육의 근활성도 변화에는 영향을 끼치지 못하였다. 하지만 각각의 발 위치에 대해 무릎관절의 굽힘 각도가 증가함에 따라 비마비측과 마비측에 있는 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도가 증가하였다. 결국 발의 위치가 어떤 위치에 있던지 간에 무릎관절의 굽힘이 더 많이 발생된 굽힘 40° 위치에서 근활성도 값이 모두 높다는 것을 알 수 있었다.

본 연구와 유사하게 Hung과 Gross³⁶의 연구에서도 발의 위치 변화와 무릎관절의 굽힘 각도를 연구하였다. 그들은 건강한 사람들을 대상으로 발 밑에 깔창을 넣어 발을 중립, 옆침, 뒤침시킨 상태에서 쪼그려 앉을 때 발생하는 안쪽넓은근과 가쪽

넓은근의 근활성도를 비교하였다. 연구 결과 발의 위치 변화는 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 변화에 영향을 못하였다. 하지만 체중 부하를 한 상태에서 무릎관절을 50° 굽힘 동작을 했을 때 두 근육의 근활성도 값이 가장 높다는 것을 확인하고 두 근육의 근활성도를 증가시킬 수 있는 방법으로 통증이 없는 범위 내에서 쪼그려 앉는 운동방법을 제시하였다. 그들의 연구와 본 연구에 있어 발의 위치는 달랐지만, 무릎관절을 굽힘하여 쪼그려 앉는 운동 방법이 두 근육의 근활성도를 증가시킬 수 있다는 동일한 연구 결과를 가졌다. 또한 정상인을 대상으로 실험한 Mellor와 Hodges³⁰의 연구에서도 달린 사슬 운동을 이용하는 것이 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 모두 증가시킬 수 있는 효과적인 방법이라 하였다.

뇌졸중 환자를 대상으로 실험한 본 연구 결과 뇌졸중 환자의 비마비측과 마비측 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 증가시키기 위해서는 쪼그려 앉기와 같은 달린 사슬 운동이 효과적이며, 이런 운동을 할 때 발의 위치보다는 무릎관절의 굽힘 각도를 증가시키는 방법을 선택하는 것이 좋다는 결론을 얻었다. 하지만 본 연구에 있어 몇 가지 제한점이 있었다. 각각의 발 위치에서 무릎관절을 굽힘할 때, 각도기를 이용하여 무릎관절의 각도를 측정하였지만, 정강뼈의 돌림과 엉덩관절의 움직임에 대한 각도를 동시에 측정할 수 없었다. 또 다른 제한점으로는 서 있는 자세에서 무릎관절을 굽히는 운동을 하기 위해서는 체간의 조절, 발 관절의 조절 능력을 필요로 한다. 본 연구에서는 단지 무릎관절의 두 근육만을 측정하고, 나머지 이러한 체간과 발의 관절을 조절하는 근육 작용들은 측정에서 제외되었다. 마지막으로 본 연구의 대상자 수가 적었으며 오른쪽 편마비 환자들만 연구에 참여시켰다. 앞으로 이러한 제한점을 고려해서 더 많은 환자들을 대상으로 다양한 다른 조건에서 적용해 보는 연구들이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자 10명을 대상으로 발 위치를 중립, 30° 모음, 30° 벌림시킨 상태에서 무릎관절을 0°, 20°, 40°로 각각 굽히는 동작을 할 때 발생하는 비마비측과 마비측 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 알아본 결과, 편마비 환자의 발의 위치는 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도에 영향을 주지 못하였지만, 무릎관절의 각도는 각도가 증가할수록 근활성도가 증가하였다($p < 0.05$). 각각의 발 위치에서 무릎관절의 굽힘이 40° 각도일 때 근활성도 값이 모두 컸다.

이상과 같은 결과로 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 마비측과 비마비측 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 증가시키

기 위해서는 체중 지지가 되는 닫힌 사슬 상태에서 무릎관절의 굽힘 각도를 증진시키는 운동이 효과적이라는 결론을 얻었다.

Author Contributions

Research design: Jang JH

Acquisition of data: Jang JH, Kim TH

Analysis and interpretation of data: Han DW, Kim TH

Drafting of the manuscript: Jang JH

Research supervision: Kim KH

Acknowledgements

본 논문은 장준혁의 석사학위 논문으로 수행되었음.

참고문헌

- Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic Strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(11):1231-6.
- Flansbjerg UB, Dounham D, Lexell J. Knee muscle strength, gait performance, and perceived participation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(8):974-80.
- Barbic S, Brower B. Test position and hip strength in healthy adults and people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(4):784-7.
- Andrews AW, Bohannon RW. Short-term recovery of limb muscle strength after acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(1):125-30.
- Cerrits KH, Beltman MJ, Koppe PA et al. Isometric muscle function of knee extensor and the relation with functional performance in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(3):480-7.
- Horstman AM, Gerrits KH, Beltman MJ et al. Intrinsic properties of the knee extensor muscles after subacute stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(1):123-9.
- Lomaglio MJ, Eng JJ. Muscle strength and weight-bearing symmetry relate to sit-to-stand performance in individuals with stroke. *Gait Posture.* 2005;22(2):126-31.
- Miochael KM, Allen JK, Macko RF. Reduced ambulatory activity after stroke: the role of balance, gait, and cardiovascular fitness. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(8):1552-6.
- Wade DT, Hever RL, Wood VA, Skilbeck CE, Ismail HM. The hemiplegic arm after stroke: measurement and recovery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1983;46(6):521-4.
- Andrews AW, Bohannon RW. Discharge function and length of stay for patients with stroke are predicted by lower extremity strength on admission to rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2001;15(2):93-7.
- Sackley cm. Falls, sway, and symmetry of weight-bearing after stroke. *Int Disabil Stud* 1991 13(1):1-4.
- Lee HY, Jeong DH, Park RJ et al. Biomechanical analysis on the shift of gravity line in hemiplegic patients. *J Kor Soc Phys Ther.* 1999;11(1):63-70.
- Stevens JE, Binder-Macleod S, Synder-Mackler L. Characterization of the human quadriceps muscle in active elders. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(7):973-8.
- Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N et al. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(4):556-69.
- Boling MC, Bolgla LA, Mattacola CG et al. Outcomes of a weight-bearing rehabilitation program for patients diagnosed with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(11):1428-35.
- Ng GY, Zhang AQ, Li CK. Biofeedback exercise improved the EMG activity ratio of the medial and lateral vasti muscles in subjects with patellofemoral pain syndrome. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(1):128-33.
- Syme G, Rowe P, Martin D et al. Disability in patient with chronic patellofemoral pain syndrome: A randomised controlled trial of VMO selective training versus general quadriceps strengthening. *Man Ther.* 2009;14(3):252-63.
- Stensdotter AK, Grip H, Hodges PW et al. Quadriceps activity and movement reactions in response to unpredictable sagittal support-surface translations in women with patellofemoral pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(2):298-307.
- Forrester LW, Hanley DF, Macko RF. Effects of treadmill exercise on transcranial magnetic stimulation-induced excitability to quadriceps after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(2):229-34.
- Lathinghouse LH, Trimble MH. Effects of isometric quadriceps activation on the Q-angle in women before and after quadriceps exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2000;30(4):211-6.
- Newsam CJ, Baker LL. Effect of an electric stimulation facilitation program on quadriceps motor unit recruitment after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(12):2040-5.
- Kim EJ, Hwang BY, Kim JH. The effect of core strength exercises on balance and walking in patients with stroke.

- J Kor Soc Phys Ther. 2009;21(4):17-21.
23. Kim MS, Hwang BY, Kim JH. The effect of modified golf swing training on walking pattern in patient with hemiplegia-case study-. J Kor Soc Phys Ther. 2009;21(1):25-31.
 24. Bourbonnais D, Vanden Noven S. Weakness in patients with hemiparesis. Am J Occup Ther. 1989;43(5):313-9.
 25. Harris ML, Polkey MI, Bath PM et al. Quadriceps muscle weakness following acute hemiplegic stroke. Clin Rehabil. 2001;15(3):274-81.
 26. Canning CG, Ada L, Adams R et al. Loss of strength contributes more to physical disability after stroke than loss of dexterity. Clin Rehabil. 2004;18(3):300-8.
 27. Doucette SA, Child DD. The effect of open and closed chain exercise and knee joint position on patellar tracking in lateral patellar compression syndrome. J Orthop Sports Phys Ther. 1996;23(2):104-10.
 28. Hanten WP, Schulthies SS. Exercise effect on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles. Phys Ther. 1990;70(9):561-5.
 29. Lam PL, Ng GY. Activation of the quadriceps muscle during semisquatting with different hip and knee positions in patients with anterior knee pain. Am J Phys Med Rehabil. 2001;80(11):804-8.
 30. Mellor R, Hodges PW. Motor unit synchronization of the vasti muscles in closed and open chain tasks. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86(4):716-21.
 31. Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW et al. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis oblique relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(2):183-9.
 32. Earl JE, Schmitz RJ, Arnold BL. Activation of the VMO and VL during dynamic mini-squat exercises with and without isometric hip adduction. J Electromyogr Kinesiol. 2001;11(6):381-6.
 33. Serrão FV, Cabral CN, Bézin F et al. Effect of tibia rotation on the electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis longus muscles during isometric leg press. Phys Ther Sport. 2004;6(1):15-23.
 34. Herrington L, Blacker M, Enjuanes N et al. The effect of limbposition, exercise mode and contraction type on overall activity of VMO and VL. Phys Ther Sport. 2006;7(2):87-92.
 35. Coqueiro KRR, Bevilaqua-Grossi D, Bézin F et al. Analysis on the activation of the VMO and VLL muscles during semisquat exercises with and without hip adduction in individuals with patellofemoral pain syndrome. J Electromyogr Kinesiol. 2005;15(6):596-603.
 36. Hung YJ, Gross MT. Effect of foot position on electromyographic activity of the vastus medialis and vastus lateralis during lower-extremity weight-bearing activities. J Orthop Sports Phys Ther. 1999;29(2):93-105.