

Case Study

Open Access

PNF을 이용한 엉덩관절 강화운동이 피부 결손을 동반한 개방성 정강뼈 골절 환자의 균형과 앉았다 일어서기, 보행에 미치는 영향 - 단일사례연구 -

정두교 · 정이정[†]

순천향대학교 서울병원 물리치료실, ¹삼육대학교 물리치료학과

The Effect of a Hip Joint Strengthening Exercise using PNF on Balance, Sit-to-Stand Movement, and Gait in a Tibia Fracture Patient with Skin Defects - A Single Case Study -

Du-Kyo Jung · Yi-Jung Chung[†]

Department of Physical Therapy, Soon Chun Hyang University Seoul Hospital

¹*Department of Physical Therapy, Sahmyook University*

Received: September 28, 2018 / Revised: November 20, 2018 / Accepted: November 20, 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: Patients with tibial fractures can have functional problems with balance and gait, as well as lower extremity muscle weakness. This case report aimed to describe the effect of hip joint strengthening exercises using proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) on balance and gait and lower limb function in a patient with tibia fracture.

Methods: One patient diagnosed with tibial fracture was treated for seven weeks with the basic procedure, pattern, and technique of PNF for a hip joint strengthening exercise.

Results: The results of pre- and post-intervention treatment showed improvements in physical function and structure in the clinical tests, including the manual strength test; the modified Ashworth scale; sensory evaluation; balance, sit-to-stand, and gait performance; and evaluation of lower limb function.

Conclusion: Based on the results of this study, it is suggested that the use of theory-based proprioceptive neuromuscular stimulation for hip joint strengthening exercises positively affects patients' functional improvement in tibial fracture patients, and this may be used as a therapeutic exercise method for those with orthopedic problems in the lower extremities.

One limitation of this study was that it was performed on only one tibia fracture patient, which makes it difficult to extend the treatment effects to all patients with this condition.

Key Words : PNF, Tibia fracture, Balance, Gait

[†]Corresponding Author : Yi-Jung Chung (yijung36@syu.ac.kr)

I. 서론

정강뼈 골절 환자에게 나타나는 일반적인 합병증으로는 부정 유합, 감염, 연부 조직 손상을 초래하기 때문에 초기에는 정강뼈 골절 손상의 문제를 빠르고 정확하게 파악하고 적절한 손상 부위의 세척과 항생제를 이용하여 감염을 초기에 예방하는 것이 초기의 치료 목표이며, 최종 치료의 목적은 골절 부위의 안정성을 만들고 바른 신체의 정렬, 다리의 길이를 확보하여 기능을 회복하는 것이다(Melvin et al., 2010). 또한 환자의 전반적인 상태가 호전되고 연부 조직이 회복된 후 관절 가동 범위와 근력을 증진 시키는 운동을 시행하며, 목발을 이용하여 부분적인 체중 지지를 통해 보행을 실시한다고 하였다(Lim et al., 2014). Suh 등(1999)은 정강뼈 골절 환자를 대상으로 초기에 관절 운동을 소홀히 하여 관절의 구축이 올 수가 있다고 하였으며 실제 분석 결과 발목관절의 강직이 7%(4명) 발생하였으며, 골절 시 골절부에서 근접한 관절 주위의 근육과 힘줄의 손상과 함께 관절면의 부조화, 허혈성 구축 등 일반적인 하지의 관절운동장애가 발생할 수가 있다고 하였다. 발목 골절로 수술 받은 환자 54명을 대상으로 근력, 발목 가동성, 힘 판에서 외발서기 균형능력을 측정하였는데, 발목 골절로 수술 한 4명 중 1명은 자세 조절에 장애가 있었으며, 성별에 따른 대조군과 비교했을 때 45세 이상의 나이에서 발등굽힘근과 발바닥쪽굽힘근의 근력의 감소는 균형 능력과 관련이 있는 것으로 나타났다고 하였으며, 또한 재활 단계에서 근육과 균형 훈련이 자세 조절 능력을 향상시킬 수 있다고 하였다(Gertrud et al., 2006). 또 다른 연구에서 35명을 대상으로 기능적인 문제를 분석하였는데 임상검사인 하지 기능 척도(lower extremity functional scale, LEFS)검사서 평균 68.5점으로 평가되었다(Lim et al., 2014).

발목관절 발바닥쪽굽힘근의 약화는 보행의 중간 유각기에서 정강뼈를 앞으로 움직이기 위하여 근육의 길이를 길게 하면서 수축하는 원심성 수축의 문제를 가지며, 엉덩관절 벌림근은 반대쪽 다리의 유각기

동안 골반의 가쪽기울기를 조절하게 되는데 이러한 기능의 소실은 몸통의 가쪽 이동을 만들게 되는 것이다. 뼈와 관절의 변형은 하지의 정렬과 보행의 패턴을 변화 시키게 되는데 통증은 진통 보행패턴의 원인이 되며 이것은 체중 지지에 대한 스트레스를 최소화하기 위해서 통증이 있는 유각기를 최소화하게 되는 것이다(Kisner & Colby, 2007). 또한 엉덩관절 벌림근의 피로도가 증가하면 정적인 균형의 불안정성과 보행 중 한발서기능력이 중요하게 감소된다고 하였다(Hwang et al., 2016). 이러한 선행 논문들을 보았을 때 많은 정강뼈 골절 환자들은 감염과 골 유합과 같은 합병증뿐만 아니라 근력의 약화와 함께 균형과 보행과 같은 기능적인 문제를 가지게 된다는 것이다.

발목관절과 무릎관절의 부상은 엉덩관절의 이상으로 발생시킬 수 있다고 하였으며 또한 반대로 엉덩관절 벌림근의 기능에 문제가 발생했을 때에는 엉덩관절의 모음이 증가하며 무릎의 외반에 직접적으로 부정적인 영향을 줄 수 있으며(Kim, 2011), 이는 하지의 손상에 가장 주된 문제라고 하였다(Reiman et al., 2009). 이러한 불안정한 하지는 엉덩관절 펌근과 엉덩관절벌림근의 지연 수축과 지구력의 저하와 같은 문제를 발생할 수 있다고 하였으며(Leinonen et al., 2000), 무릎관절을 수술한 다리와 수술하지 않은 다리의 비교 연구에서 엉덩관절굽힘근, 펌근, 엉덩관절벌림근, 모음근의 등척성 근력이 12~25%정도 감소한다고 하였다(Jaramillo et al., 1994). 엉덩관절 벌림근의 약화는 노인들이 기능적인 움직임을 하는데 있어서 부정적인 영향을 줄 수가 있다고 하였으며(Shumway-Cook et al., 1997), 앞잡자인대의 지속적인 부하가 증가되어 다양한 하지의 조직 손상을 일으키는 주요 원인으로 나타날 수 있다(Hollman et al., 2006). 엉덩관절벌림근의 근력 강화 운동은 기능적인 활동을 하는 동안 팔 다리의 위치를 조절하며 몸통의 안정성을 만드는데 있어서 중요한 역할을 하며, 통증을 감소와 다리의 손상을 방지하고 다리의 기능적인 움직임을 만들 수가 있다고 하였으며 치료와 예방을 위해서 엉덩관절 근육의 연구가 중요시되고 있다(Dwyer et al., 2010; Fredericson

et al., 2000).

발, 발목과 다리의 기능부전을 치료하기 위한 최근 치료법으로는 발 변형에 대한 보조기 치료, 환자의 신발 선택, 연부조직 가동술, 깊은 조직 마사지, 관절가동술, 유연성 운동, 근력운동, 고유수용성 운동, 기능적 그리고 전문적 운동을 사용하여 치료한다고 하였다(Peggy & Houghlum, 2013). 그러나 발목과 다리의 직접적인 치료는 통증으로 인하여 환자에게 두려움을 줄 수가 있기 때문에 치료를 하는 데 있어서 제한이 따를 수가 있다. 그러므로 환자의 손상부위인 발목에 직접적으로 치료하는 방법보다는 다른 강한 부분을 이용하여 손상 부분을 간접적으로 치료하는 방법이 필요하다고 하겠다.

고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)은 대각선과 나선형 방향을 이용하며 고유수용성 감각을 촉진하여 신경근육들의 반응을 자극하는 방법으로 패턴과 일상생활에서 하는 활동과 비슷하여 기능적인 움직임을 촉진할 수 있으며 뇌손상과 척수손상과 같은 중추신경계 손상 환자와 말초신경계 손상 환자뿐만 아니라 정형외과 질환을 가진 근골격계 문제로 인한 환자의 균형 및 하지 근력운동에 적용한 연구가 늘어나고 있다(Adler et al., 2008; Ma & Kim 2010). 많은 연구에서 강하고 통증이 없는 신체 부위를 이용하는 간접적인 치료의 효과가 입증되었으며, 한 팔다리의 최대 운동 중 및 운동 후 신체의 운동하지 않은 부분에서 근육 긴장의 발달을 보고했다. 특히 패턴 안에서 강한 신체 부위를 이용하여 방산을 유발해 약한 부분의 근 수축을 유도하면서 통증을 느끼지 않으면서 신체기능과 구조적인 문제를 해결할 수가 있다고 하였다(Adler et al., 2008).

이에 본 연구에서는 정강뼈 골절 환자에 대한 균형과 보행에 관한 임상적 양상과 균형과 보행과 관련된 정보와 PNF을 이용한 간접적인 치료의 효과의 필요성을 알아보고자 한다. 또한 정강뼈 골절 환자의 균형과 보행에 관한 임상 양상을 분석하고 이와 더불어 고유수용성 신경근촉진법을 이용하여 엉덩관절 강화운동이 균형과 보행에 미치는 영향에 대해서 분석하고 치

료하여 환자의 기능적 회복에 이바지하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 서울시에 소재한 OO병원에서 정강뼈 골절과 피부 결손 진단을 받은 입원 환자 1명을 대상으로 하였으며 2016년 8월 12일부터 동년 9월 30일까지 7주간 실시하였다. 대상자에게 본 연구의 목적을 설명하고 실험 참여에 대해 동의를 얻었다.

발병 일은 2015년 10월 19일 날 교통사고의 의해서 병원에 입원하였으며 연구 대상자의 나이는 34세이며 신장은 164cm이며 체중은 52kg이다.

연구 대상자의 전반적인 치료 과정은 정강뼈의 개방성 골절로 인하여 정형외과에서 수술 시 외고정술(external fixator)로 고정하였으며 초기 상처 치료 후 외고정 상태에서 매일 소독을 통하여 상처를 관리 하였다. 2015년 11월에는 정강뼈 골절이후 다리의 통증으로 인하여 일상생활 동작에 지장이 있고, 이전까지 쉽게 했던 일들을 잘 하지 못하자 우울감을 호소하는 모습을 보였으며, 2015년 12월에는 감염으로 인하여 약물치료를 받았다. 정형외과에서 2016년 2월에 외고정에 추가하여 신연골 형성술(ilizarov)로 변경하였으며, 성형외과에서는 지속적인 소독을 통하여 상처 관리를 하였으며 감염이 없는 상태로 잘 치료하였다. 그리고 2016년 2월달에 외고정 장치 제거 후 금속정을 이용한 내고정 장치 삽입술 및 뼈이식술 시행을 받았지만 통증이 극심하여 마취통증의학과의 관리를 지속적으로 받았다. 2016년 4월에 발목 보조기 착용을 하였으며, 발목관절 관절가동범위 운동과 단순한 보행운동을 물리치료실에서 실시 하였으나, 통증으로 인하여 수면장애에도 문제를 가지고 있었다. 2016년 8월달에 보행과 함께 능동적 운동을 실시하였다. 이 당시에 발의 부종과 가려움증상을 호소하였다.

관절가동범위 검사(range of motion)에서 엉덩관절

ICF Framework

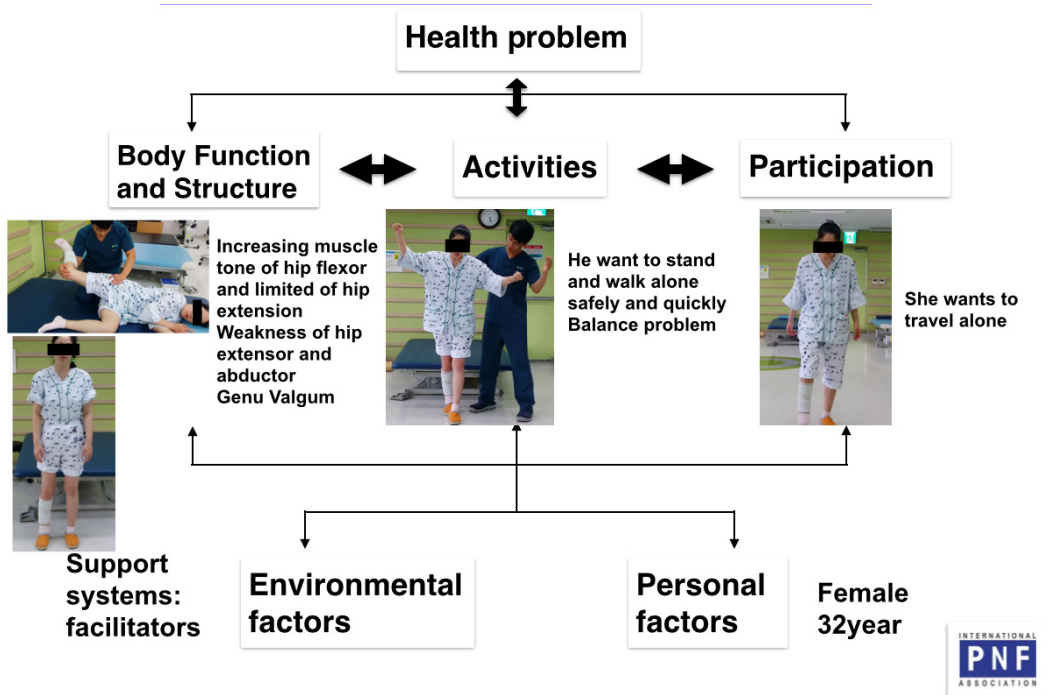


Fig. 1. ICF framework.

Table 1. General characteristics of subject

Characteristics	
Gender	Female
Age (Yrs)	34
Onset	2015.10.19
Hip extension (Degree)	0
Ankle dorsiflexion (Degree)	-30
Sensory (Score)	2
Genu valgum	20
Pain	4
Berg balance scale	39

편의 정상 각도는 20도이나 연구 대상자의 각도는 0도로서 관절가동범위의 제한을 볼 수 있었으며, 또한 발목관절 굽힘의 정상 각도는 20도이나 연구 대상자는 정강뼈와 종아리뼈의 심각한 개방성 골절로 인하

여 -30도로서 관절가동범위의 많은 제한을 가졌으며 발목관절 발바닥 굽힘의 30도~50도 사이에서만 움직임이 가능하였다. 감각 평가는 표재성 감각(superficial sensation)인 가벼운 촉각(light touch)과 심부 감각(deep sensations)인 고유수용성감각(proprioception)을 사용하였는데 가벼운 촉각 검사에서는 발바닥쪽에서 고유수용성감각 검사는 발목관절에서 지연된 반응을 보였다(Table 1).

ICF(국제기능장애분류)로 보았을 때 본 연구자는 신체기능과 구조적인 문제로서 정강뼈 골절과 발목의 통증이 생겼으며 무릎 외반슬 증상을 가지고 있었다. 이러한 원인으로 인하여 엉덩관절 굽힘근의 단축과 함께 엉덩관절 벌림근과 펴근의 약화를 만들었으며 활동 영역인 버그균형척도에서 동적인 균형과 보행의 문제를 가지는 것으로 가설을 설정하였다(Fig. 1).

2. 측정 도구

1) 근력, 감각, 관절가동범위의 변화

연구 대상자의 신체기능장애 정도를 객관적인 자료에 근거하여 세부적으로 평가한다. 김진에서 검사와 측정 방법으로 도수근력검사(manual muscle test, MMT)와 감각 평가(sensory assessment), 관절가동범위(range of motion, ROM) 평가를 이용하여 객관적으로 측정하였다.

도수근력검사는 근력 등급의 목적으로 대상자가 얼마나 기능적인지 알기 위해서 사용하는 방법으로 검사자의 의한 도수적 저항을 이용하여 근력의 등급을 결정한다(Kendall et al., 2005). 일반적으로 환자의 자세는 근육이나 근 그룹이 중력에 대항하여 움직이거나 유지하도록 자세를 취하며 만약에 환자가 잘 견디어 낼 수 있다면 근육의 정지부에 힘의 반대 방향으로 점진적으로 도수 저항을 준다. 만약에 환자의 근육이 약하다면, 중력을 최소화할 수 있는 자세로 바꾼다(Sullivan & Schmitz, 2007). 검사 동안에는 근육의 기시부를 고정하고 보상작용이 나타나지 않도록 주의하여야 한다. Kendall과 그의 동료들은 0~100%, 0~10점 척도의 사용을 제시하였다(Kendall et al., 2005).

감각평가는 가벼운 촉각(light touch)과 심부감각(deep sensations)인 고유수용성감각(proprioception)을 사용하여 평가하였다. 가벼운 촉각은 검사하고자 하는 부위에 휴지나 솜조각을 가볍게 접촉하여 검사한다. 고유수용성감각은 관절의 위치감각을 평가하기 위하여, 평가할 관절의 원하는 가동 범위를 움직여 정적 자세를 만들고 난 후 반대쪽 사지로 그 자세를 만들도록 한다. 등급의 열쇠는 6등급으로 나누었으며 1점은 정상: 정확한 반응이며, 2점은 감소: 지연된 반응, 3점은 과민: 민감도가 증가되거나 자극을 멈춘 후에도 인식, 4점은 부정확: 주어진 자극에 대한 잘못된 인식, 5점은 없음: 반응 없음, 6점은 불일치 또는 모호함: 감각 기능을 정확하게 평가하기가 불충분함으로 세부적으로 나누어서 객관적으로 평가하였다(Sullivan &

Schmitz, 2007).

관절가동범위 평가는 수동 관절가동범위(passive range of motion)를 이용하여 평가하였다. 연구 대상자의 도움을 받지 않고 검사자가 수행하는 움직임을 통하여 측정하는데 임상에서 수동관절가동범위는 관절 각도계를 이용하여 측정하거나 경사계, 유연성이 있는 자 또는 줄자를 사용할 수 있다. 보통의 평가 방법은 0도에서 180도의 관절가동범위를 이용하는데 돌림을 제외한 모든 운동은 해부학적인 자세인 0도에서 시작하며 180도로 움직인다. 예를 들면, 0도에서 시작하여 135도에서 관절가동범위 운동이 끝나면 0에서 135도로 기록하는 것이다(Sullivan & Schmitz, 2007).

2) 균형검사

(1) 버그균형척도(Berg balance scale)

버그균형척도는 노인들의 균형능력을 측정하는데 널리 사용되고 있으며 정적 균형능력과 동적 균형능력을 평가하는 객관적인 평가 방법으로서 14가지 항목으로 구성되었다. 각 항목에서 점수는 0점에서 4점으로 수치화한다. 0점은 그 항목을 완전히 수행할 수 없는 것을 나타내며 4점은 완벽하게 독립적으로 수행할 수가 있을 때 주어지게 된다. 각 항목으로서는 앉은 자세에서 일어나기, 선 자세에서의 균형능력의 평가, 잡지 않고 서 있기, 의자의 등받이에 기대지 않고 바른 자세로 앉기, 선 자세에서 앉기, 의자에서 의자로 이동, 눈 감고 서 있기, 눈을 뜨고 양발을 붙이고 서기, 선 자세에서 앞으로 팔 뻗기, 바닥에 있는 물건 집어 올리기, 왼쪽과 오른쪽으로 뒤돌아보기, 360도 회전하기, 발판 위에 교대로 발 놓기, 일자로 발을 두고 서기, 한 다리로 지지하고 서기로 나누어져 있다. 이 측정도구는 측정자간 신뢰도 .98, 측정자내 신뢰도 .99로 높은 신뢰도와 타당도를 가진 도구이다(Berg et al., 1989).

(2) 다섯 번 일어서기 검사(5 time sit to stand test)

앉고 일어서기의 능력을 평가하기 위하여 다섯 번 앉아서 일어서기 검사를 이용하였다. 앉고 서기 동작

을 완전히 수행하는데 걸리는 시간을 측정하는 방법으로 환자의 균형능력과 하지 근력을 평가하기 위해서 사용되었다(Bohannon, 1995). 이 평가 방법은 팔의 사용 없이 등받이가 없는 의자에 앉아서 일어서는 동작을 5회 실시하는데 걸리는 시간을 측정하는 방법이며 완전히 수행된 일어난 자세는 체간을 바로 세우고 엉덩관절과 무릎관절을 완전히 편 상태이다. 측정자 간 신뢰도가 0.87 로 보고되었다(Lord et al., 2002).

(3) 일어나서 걸어가기 검사(timed up and go test)

일어나서 걸어가기 검사는 기능적 가동성을 위한 검사이며 장점으로서는 간단하면서 빠르게 평가를 할 수가 있다. 과정은 의자에서 일어나서 3M 걸어간 후에 목적 지점을 돌아서 다시 돌아온 후 의자에 앉는 순으로 진행한다. 이것을 수행하는데 걸린 시간을 기록하면 된다. 측정자내 신뢰도는 0.99이고, 측정자간 신뢰도도 0.99로 아주 높은 신뢰도를 보인다(Podsiadlo & Richardson, 1991).

3) 10M 보행 검사(10M walk test)

보행속도의 변화를 측정하기 위하여 10M 보행 검사를 사용할 수가 있다. 수행의 시작은 2M에서 정지는 8M 선을 발의 발가락이 지날 때 타임 시계를 이용하여 시간을 시작하고 멈추며 감속과 가속의 효과를 방지하기 위해 6M만 편안하게 걸으며 시간과 거리로 나누어서 측정하게 된다(Bohannon et al., 1996). 안정 보행 속도를 평가하는 방법으로 측정자 간, 측정자 내 신뢰도($r=0.89\sim 1.00$)로 나타났다(Steffen, 2002).

4) 다리기능척도(lower extremity functional scale, LEFS)

다리기능척도는 근 골격계 하지 기능장애를 갖고 있는 환자의 기능적 움직임을 평가하기 위한 설문지 형식의 자가 보고 형식으로, 점수를 측정하거나 작성을 하는데 있어서 매우 쉽고 대부분의 근골격계 하지







질환에 사용할 수가 있다고 보고되었다(Yeung et al., 1995).

일상생활에 관한 20가지 항목으로 구성되었으며 근 골격계 다리 질환의 영향을 받은 환자의 자가 보고 형식의 설문지이다. 각 항목에서 현재 자신의 상황과 비슷한 상황을 평가하면 된다. 각 항목은 0~4점으로 4점은 일상생활 동작에 어려움이 없는 상태이고 0점이 가장 기능장애가 큰 것으로 평가하며 총 점수는 20가지 항목의 검사를 합한다. 점수가 낮을수록 기능의 문제를 가지는 것으로 생각되며 점수가 높을수록 좋은 기능을 가지는 것으로 평가한다(Binkley et al., 1999). LEFS는 SF-36의 신체기능과 통증점수, 신체 건강 점수와 유의한 상관관계를 보였으며, 검사-재검사 간 신뢰도 예서는 .98로서 높은 신뢰도를 보였다(Lee et al., 2011).

3. 치료 방법

정강뼈 골절과 피부 결손을 진단받은 대상자에게 정강뼈 골절환자 프로토콜을 이용하여 고유수용성 신경근축진법(Adler et al., 2008)을 다음과 같은 운동방법으로 실시하였다. 무릎관절을 포함한 전반적인 다리의 신장운동을 실시하며 몸통 근육의 강화와 함께 손상되지 않은 부분의 엉덩 관절을 강화시키기 위하여 닫힌사슬운동을 적용과 함께 전반적인 다리의 근력운동이 중요하다고 하였다. 특히 엉덩관절 근육들과 넙다리두갈래근, 넙다리네갈래근 근력운동을 포함한 점진적인 다리 강화 운동이 필요하다고 하였다. 그리고 스쿼트와 두발 서기 자세에서 한 발 서기자세로의 체중 지지하에서 점진적인 균형 운동을 추천하였으며 환자가 가능하면 보행과 달리기 운동을 시작하여야 한다고 하였다. 또한 강도있는 다리 근력운동이 필요하며 스포츠 활동을 통하여 환자의 잠재성을 만들어 주어야 한다고 하였다. 위의 정강뼈 골절 환자의 프로토콜을 바탕으로 PNF을 이용하여 신체기능과 신체구조의 문제를 해결하기 위하여 엉덩관절 굽힘근을 이완시키고 펴근을 활성화시키는데 초점을 맞추었다. 매

Table 2. Intervention for 7 weeks

Position	Pattern/Changing position	Technique (Repeated/Set Time)	Goal
1~2 week			
	Hip flexion, adduction, external rotation with knee extension	CR (5 repeated, 3 set, 5 min)	To increase of the hip extension
	Hip extension, abduction, internal rotation with knee extension	CI (10 repeated, 3 set, 5 min)	To increase the strength of the hip abductor and extensor
	Pelvic anterior elevation	CI (10 repeated, 3 set, 5 min)	To increase the strength of the hip abductor and extensor
	Pelvic posterior depression	SR (10 repeated, 3 set, 5 min)	For stability of trunk
	Pelvic anterior elevation	SR (10 repeated, 3 set, 5 min)	To increase the strength of the hip abductor and extensor
	posterior depression (move slowly backward)	CI (10 repeated, 3 set, 5 min)	
2~7 week			
	Sit to standing (pelvic anterior elevation posterior depression)	CI (10 repeated, 3 set, 10 min)	To increase the strength of the hip extensor
	Move weight from side to side with pelvic posterior tilting Forward Step	CI (10 repeated, 3set, 10 min)	To promote the stance phase (hip abductor)
	One leg standing (pelvic anterior elevation posterior depression)	CI (5 repeated, 4 set, 10 min)	To stability of hip abductor To increase gait ability

CR: contract relax, CI: combination of isotonic, SR: stabilizing reversals

트 활동을 통하여 엉덩관절의 펌근과 별림근의 기능적 근력을 강화시키는데 초점을 맞추었으며, 앉았다 일어서기와 선 자세에서의 엉덩관절 펌근과 별림근을 촉진하였으며 실질적인 보행훈련을 실시하였다.

(Table 2).

PNF의 기본 절차와 기술을 각각의 상황에서 실시하였으며 7주 동안 1주일에 5일 30분씩 실시하였으며 추가로 운동치료실에서 근력을 위하여 자전거를 30분

Table 3. Changes of lower extremity (examination) before and after intervention

Lower extremity (clinical test)	Right lower extremity		
	Before-intervention	After 1 week-intervention	After 7 week-intervention
Hip extensor (MMT)	3	3+	4
Hip abductor (MMT)	3	3+	4
Rt. lower extremity (LT)	2	1	1
Rt. lower extremity (P)	2	1	1
Hip extension (ROM)	0	20	20
Ankle dorsiflexion (ROM)	-30	-20	-20

MMT: manual muscle testing, LT: light touch, P: proprioception, ROM: range of motion

타셨으며 발목관절의 가동성을 증가시키기 위하여 foot board에서 10분 동안 스트레칭 운동을 하였다.

4. 분석 방법

본 연구에서는 치료 전후의 검진, 균형, 보행, 하지 기능척도의 변화를 알아보기 위하여 자료를 수집하였으며 각 시점의 결과 값과 3번 측정의 평균값을 이용하여 연구 대상자의 중재 전과 후의 차이에 대한 결과 값을 비교하였다. 추가적으로 변화된 차이를 알아보기 위하여 치료 전과 치료 후의 차이의 값을 퍼센트로 평가하였다 (증진(%)=(치료 전 평가-치료 후 평가)/치료 전 평가×100).

Ⅲ. 연구 결과

1. 근력, 감각, 관절가동범위의 변화

1) 근력(muscle strength)의 변화

정강뼈 골절 대상자에게 PNF을 이용한 엉덩관절 강화 운동 중재 전과 후의 manual muscle testing(도수근력검사)에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 3). 엉덩관절 강화 운동 중재 전후의 도수근력검사는 오른쪽 엉덩관절 펴근에서 중재 전 3에서 1주 후 3+로 7주 후 4로 호전된 양상을 보였으며, 엉덩관절 벌림근은

3에서 1주 후 3+로 7주 후 4로 향상되었다(Table 3).

2) 감각평가(sensory assessment)의 변화

감각평가는 가벼운촉각(light touch)과 심부감각(deep sensations)인 고유수용성감각(proprioception)을 평가하였으며 가벼운 촉각과 고유수용성감각 양쪽에서 중재 전 2에서 1주 후 1과 7주 후 1로 호전된 양상을 보였다(Table 3).

3) 관절가동범위(range of motion)

또한 엉덩관절 펴의 가동 범위는 중재 전 0에서 1주 후 20, 7주 후 20으로 관절가동범위를 지속적으로 유지할 수 있었으며, 발목관절 굽힘의 관절가동 범위는 중재 전 -30에서 1주 후 -20, 7주 후 -20으로 약간의 호전을 보였다(Table 3).

2. 균형 검사

1) 버그균형척도(Berg balance scale)의 비교

정강뼈 환자에게 PNF을 적용 후 중재 전과 후의 버그균형척도(Berg balance scale)에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 4). 버그균형척도에서 총점은 중재 전 39점에서 1주 후 53점, 7주 후 55점으로 증가된 양상을 보였다(Fig. 2).

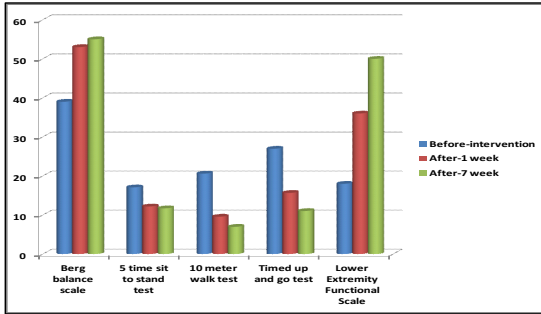


Fig. 2. Before-intervention, after- 1 week, after-7 week of Berg balance scale, 5 time sit to stand test, 10 meter walk test, timed up and go test, lower extremity functional scale.

2) 다섯 번 일어서기 검사(5 time sit to stand test)의 비교

정강뼈 골절 대상자에게 PNF을 적용 중재 전과 후의 다섯 번 일어서기 검사(5 time sit to standing test)에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 5). 다섯 번 일어서기 검사에서는 중재 전 17.09초에서 1주 후 12.19초, 7주 후 11.72초로 시간이 감소되어 기능적 근력이 증가되었다(Fig. 2).

3) 일어나 걸어가기 검사(timed up and go test)의 비교

중재 전과 후의 일어나 걸어가기 검사(timed up and go test)에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 5). 일어나 걸어가기 검사는 중재 전 26.97초에서 1주 후 15.66초, 7주 후 11.03초로 가동성이 증가된 양상을 볼 수가 있다(Fig. 2).

3. 10M 보행 검사(10 meter walk test)의 비교

중재 전과 후의 10M 보행 검사(10 meter walk test)에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 5). 10M 보행 검사는 중재 전 20.60초에서 1주 후 9.57초, 7주 후 6.97초로 보행속도가 증가된 것을 볼 수가 있다(Fig. 2).

4. 다리기능척도의 변화(lower extremity functional scale)의 비교

중재 전과 후의 다리기능척도의 변화(lower extremity

Table 4. Changes of Berg balance scale before and after intervention

Task	Before-intervention	After 1 week-intervention	After 7 week-intervention
Sitting to standing	3	4	4
Standing unsupported	4	4	4
Sitting unsupported	4	4	4
Standing to sitting	3	4	4
Transfers	4	4	4
Standing with eyes closed	2	4	4
Standing with feet together	2	4	4
Reaching forward with outstretched arm	3	4	4
Retrieving object from floor	3	4	4
Turning to look behind	3	4	4
Turning 360 degrees	3	4	4
Placing alternate foot on stool	2	4	4
Standing with one foot in front	2	4	4
Standing on one foot	1	1	3
BBS total	39/56	53/56	55/56

Table 5. Changes of 5 time sit to stand test and 10 meter walk test, timed up and go test before and after intervention

Task	Before-intervention	After 1 week-intervention (% improvement)	After 7 week-intervention (% improvement)
5 time sit to stand test (S)	17.09	12.19(28.67%)	11.72(3.85%)
10 meter walk test (S)	20.60	9.57(53.54%)	6.97(27.16%)
Timed up and go test (S)	26.97	15.66(41.93%)	11.03(29.56%)

S: second

Table 6. Changes of lower extremity functional scale before and after intervention

Activities	Before-intervention	After 1 week-intervention	After 7 week-intervention
Any of your usual work, housework or school activities	0	1	2
Your usual hobbies, recreational or sporting activities	0	1	1
Getting into or out of the bath	1	2	3
Walking between rooms	1	3	4
Putting on your shoes or socks	1	2	3
Squatting	0	1	2
Lifting an object, like a bag of groceries from the floor	0	1	2
Performing light activities around your home	0	2	3
Performing heavy activities around your home	0	1	2
Getting into or out of a car	2	3	3
Walking 2 blocks	2	3	4
Walking a mile	1	2	4
Going up or down 10 stairs (about 1 flight of stairs)	2	3	4
Standing for 1 hour	1	3	3
Sitting for 1 hour	4	4	4
Running on even ground	0	0	1
Running on uneven ground	0	0	0
Making sharp turns while running fast	0	0	0
Hopping	0	0	1
Rolling over in bed	3	4	4
LEFS total	18/80	36/80	50/80

functional scale)에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 6). 다리기능척도의 총점에서 중재 전 18에서 1주 후

36, 7주 후 50으로 다리기능척도가 증가된 양상을 볼 수가 있다(Fig. 2).

IV. 고 찰

본 연구는 PNF을 이용한 엉덩관절 강화 운동이 정강뼈 골절로 진단받은 대상자에게 있어서, 균형과 보행, 다리 기능과 관련된 임상 양상 및 치료 효과에 미치는 영향에 대하여 1주 후, 7주 후로 나누어서 알아보고자 하였다. 연구의 결과로 증재 전과 증재 후의 임상적 검사와 버그균형척도, 다섯 번 일어나기 검사, 10M 보행 검사, 다리기능척도에서 긍정적인 효과를 가져왔다.

인체의 무게중심과 자세 조절 유지하기 위해서는 지속적인 발목관절 주위 근육과 발목관절의 상호 작용이 필요하다고 하였으며(Mackinnon & Winter 1993), 엉덩관절 근육의 작용이 발목관절 주위의 안정성을 확보하는데 큰 역할을 한다고 하였다(Lentell, 1995). 엉덩관절 별립근의 약증으로 인하여 무릎관절의 외반슬과 발목관절의 옆침으로 인하여 무게 중심의 위치가 변화한다고 하였으며 이는 발목관절의 불안정성의 원인이 될 수 있을 것이다(Blackburn et al., 2009; Friel et al., 2006).

엉덩관절 주변 근육들은 보행시 체중 지지 기간인 입각기에서 하지의 안정성과 골반, 몸통을 조절하는 중요한 기능을 하며 만약에 이 근육들의 기능의 문제나 약증은 정상 보행을 하는데 많은 문제점을 유발함으로써 보행 문제를 야기하는 주요 원인이 될 가능성이 높다고 하였다(Jacquelin et al., 2010).

또한 엉덩관절 펍근의 근육의 불균형은 움직임 패턴을 변화시킨다고 하였으며(Page et al., 2010), 엉덩관절 별립근의 불균형과 약화는 관상면에서 보았을 때 골반의 좌우 높이에 영향을 주며 이러한 문제는 몸통의 가쪽 안정성을 조절능력을 감소시키게 되는 것이다(Sahrmann, 2002). 레그 깔베 퍼데스병 환자에서 근육의 약화나 불안정성, 통증으로 인하여 엉덩관절의 움직임을 줄이기 위하여 동측의 몸통을 기울이며 보상 작용을 하는 것을 볼 수가 있다고 하였다(Westhoff et al., 2006).

본 연구의 대상자에서도 발목의 근력, 감각, 관절가

동범위의 문제를 가지고 있었다 이로 인하여 충분한 체중 지지가 불가능하였기 때문에 전반적인 하지의 근력의 문제점을 가지고 있었으며 특히 엉덩관절 굽힘근과 모음근의 근 긴장도의 증가와 함께 관절가동범위의 제한, 엉덩관절 펍근과 별립근에 근 약화를 가지고 있었다. 보행 시 충분한 체중 지지의 결여의 문제를 볼 수가 있었다.

무릎관절염 환자에게 엉덩관절 별립근 근력강화 운동을 실시하였는데 무릎관절의 통증이 감소되었고 신체 기능과 구조 개선에 중대한 역할을 하는 것으로 나타났으며(Bennell et al., 2010), 또한 무릎관절 수술 이후에 엉덩관절 별립근의 근력 강도를 평가하고 고려하는 것이 환자의 기능적인 회복에 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 하였다(Alnahdi et al., 2014). 또한 선 자세와 옆으로 누운 자세에서 탄력밴드를 사용하여 무릎 넓적다리 통증 증후군 연구 대상자에게 3주 동안 운동프로그램을 적용하였는데 엉덩관절 별립근 근력 강화 운동을 실시한 이후 통증과 근력, 보행 양상에 긍정적인 효과를 보여 주었으며, 특히 옆으로 누워있는 자세에서 근력 강화 운동을 실시하였을 경우 80% 정도의 근 활성도를 보여 주었다(Ferber et al., 2011; McBeth et al., 2012). 본 연구에서도 정강뼈 골절 환자에게 엉덩관절 별립근과 펍근의 근력 강화에 초점을 맞추었으며 초기에는 신체기능과 구조의 문제를 해결하기 위해서 낮은 자세에서 시작하였으며 후기에는 좀 더 기능적인 근력을 증진시키기 위해서 앉았다 일어서기, 실질적인 보행훈련을 통하여 근력을 강화로 인하여 기능의 증진을 보여준 것으로 사료된다. 고유수용성신경근촉진법은 대각선 패턴을 이용하여 고유수용성 감각을 촉진함으로써 신체기능과 구조의 문제를 해결하고 유연성과 근력을 증가시킨다(Klein et al., 2002). 이러한 고유수용성감각의 자극은 근육의 길이와 긴장도, 신체 위치에 관한 정보를 대뇌척질과 소뇌에 되먹임을 통하여 중요한 정보를 전달한다(Adler et al., 2008). 고유수용성신경근촉진법의 기술에서 이완 기법인 수축-이완기법을 이용하여 근육의 이완을 만들 수가 있다(Adler et al., 2008), 직접적인 수축

이완 기법은 자가 억제를 이용하는 방법으로 이완하고자 하는 근육의 골지힘줄기관 자극하는 방법이며 (Sharman et al., 2006), 관절가동범위의 증가를 위하여 PNF의 이완기법을 이용한 스트레칭과 관련된 연구에서 효과가 있다고 보고하였다(Park, 2007). 본 연구에서도 엉덩관절 굽힘근과 모음근에 수축 이완 기법(contract relax)을 적용하였으며, 적용 1주 후에 엉덩관절 폼이 0에서 20으로 호전되었으며 7주까지 관절가동범위를 유지할 수가 있었다. 엉덩관절 굽힘근과 모음근에서의 근 긴장도는 이완되는 것을 볼 수가 있었다. 이것은 신체기능과 신체구조의 문제인 관절가동범위의 제한의 문제를 해결함으로써 구조적인 문제를 해결하는데 있어서 많은 도움을 준 것으로 사료된다.

균형능력을 증진시키기 위하여 PNF의 기법 중 근력 강화와 협응력, 자세 조절 능력의 증진시키는 한 방법으로 근력 약화를 가지고 있는 환자에게 등장성 혼합과 안정적 반전 기법을 사용 할 수가 있다고 하였으며(Adler et al., 2008), 선행 연구에서 균형과 다리의 근력을 증진 시킨다는 연구들이 보고되고 있다(Ryu et al., 2015; Seo et al., 2015). 통증이 없으면서 강한 부위를 이용하는 매트 활동들은 강한 쪽에서 약한 쪽으로의 방향을 일으키기 쉽기 때문에 환자를 치료하는데 있어서 긍정적으로 접근할 수가 있다(Adler et al., 2008). 교각운동을 할 때 엉덩관절벌림과 함께 시행했을 때 엉덩관절뻘근의 근활성도가 증가되는 양상을 보였다(Hwang et al., 2017). 본 연구에서도 교각자세와 네발기기 자세에서 등장성 혼합과 안정적 반전 기법을 사용하였으며 이러한 기능적인자세에서 강한 부분을 이용하여 약한 부분을 촉진하였다. 이로 인하여 엉덩관절 뻘근과 벌림근의 근력과 자세 조절의 증가를 가져왔으며 이로 인하여 균형과 앞았다가 일어서기, 보행, 가동성, 다리 기능 등의 많은 향상을 볼 수가 있었다. Bohannon (2007)의 연구에서 다섯 번 일어나기 검사를 통한 평균값을 구하였는데 19-49세 성인에서 6.4sec의 평균값을 보였으며 최소값이 4.1초, 최대값이 11.5초 나타났다. 본 연구에서는 다섯 번 일어나기 검사에서 중재 전 17.09초에서 1주 후 12.19초, 7주

후 11.72초로 시간이 감소되어 기능적 근력이 증가되었으며, 선행 연구와 비교했을 때 중재 후 정상적인 평균값에는 도달하지는 못했지만 초기 평가와 비교했을 때 많은 호전을 볼 수가 있었다. 일어나 걸어가기 검사는 중재 전 26.97초에서 1주 후 15.66초, 7주 후 11.03초로 가동성이 증가된 양상을 볼 수가 있었다.

보행능력을 증진시키기 위하여 신체기능과 구조적인 문제를 해결하기 위하여 낮은 자세에서의 치료와 더불어 활동 영역인 보행능력을 치료하는 것이 환자의 기능적 능력에 많은 도움을 줄 수가 있다고 하였다(Adler et al., 2008). 몸통과 골반운동은 효율적인 보행운동을 하기 위해서 매우 중요하다고 하였다. 입각기 동안에는 같은 쪽 골반이 앞뒤로 4도 전후방 회전하게 되는데 이러한 과도한 회전의 문제는 에너지 소모를 증가시키며 보행속도에 문제를 가지는 것이다. 보행 동안 가장 효율적인 중력중심은 수직과 가쪽이동이 10cm 이하일 때이며 보행 동안 에너지의 소비는 중력중심의 움직임의 정도에 따라서 결정되는 것이다. 본 연구에서도 환자의 몸통과 골반의 안정성과 가동성에 초점을 맞추어서 골반 패턴을 이용하여 치료하였으며 이로 인하여 보행에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다. Bohannon와 Andrews (2011)의 연구에서 10 M 보행 속도의 평균값을 구하였는데 30-39세 여자성인에서 정상기준 1.33m/s 로 나타났다. 본 연구에서는 10M 보행 검사에서 중재 전 20.60초(0.29m/s)에서 1주 후 9.57초(0.62m/s), 7주 후 6.97초(0.86m/s) 초로 보행속도가 증가된 것을 볼 수가 있었으며, 초기 평가에 비해서는 많이 호전된 양상을 보였다.

최근 PNF을 이용한 운동프로그램이 낙상 위험이 있는 노인의 균형능력과 유연성, 근력 강화에 긍정적인 효과가 있다고 보고하였으며(Ferber et al., 2002; Kelley et al., 2001; Klein et al., 2002), 골다공증 환자에게 PNF 하지 패턴을 이용한 운동을 실시하였을 때 골밀도를 증진시켜 골다공증을 예방할 수 있어 낙상을 예방하며 건강한 삶과 노년의 일상생활활동의 질을 높이는데 도움을 줄 수 있다고 하였다(Lee & Kim, 2012). 여성 노인의 다리 근력과 균형, 보행, 일상생활

동작 능력 및 낙상 효능감에 미치는 영향을 알아보기 위하여 고유수용성신경근축진법운동과 낙상예방 교육을 시행하였는데 신체기능과 낙상 효능감에 긍정적인 변화를 유도하여 낙상을 예방하는데 있어서 효율적인 운동이라는 것을 알 수가 있었다(Kim, 2012). 본 연구에서도 하지기능척도의 총점에서 중재 전 18에서 1주 후 36, 7주 후 50으로 일상생활동작과 참여영역인 다리기능척도가 증가된 양상을 볼 수가 있다.

위와 같은 선행연구들로 보았을 때 PNF을 이용한 근력 강화 운동은 하지 근력과, 균형, 보행능력에 긍정적인 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서도 PNF의 기본 절차와 기술을 이용하여 엉덩관절 강화 운동에 초점을 맞추었으며 신체기능과 신체구조의 문제를 해결하기 위해서 노력하였다.

PNF을 사용할 때 적절하게 주어진 저항은 방산을 유도할 수가 있으며, 이러한 반응은 움직임의 패턴과 협력근으로 인하여 축진과 역제가 증가되며 근 활동의 확산을 통하여 특수한 패턴을 만들어 줄 수가 있다. 저항을 준 등장성과 등척성 운동 동안 반대 측 상 하지의 주동근과 길항근에 근전도상 활동을 기술하였다. 또한 간접적으로 몸통 근육을 운동시킬 수가 있는데 예를 들면 팔다리를 올릴 때 협력근으로 몸통을 수축시킬 수가 있다. 정상적인 움직임은 팔다리의 패턴과 관계가 있는 몸통 근으로 구성되며 운동 패턴 속에서 근육을 수의적으로 분리할 수는 없기 때문에 협력관계를 통하여 문제점을 가지고 있는 부분을 간접적으로 치료되는 것이다. 간접적인 치료의 최대 이익을 주기 위해서는 치료사는 패턴과 움직임에 강한 저항을 주어야 하며, 저항의 양은 근 반응의 증가를 가져올 수가 있다. 환자의 약한 부분과 함께 강한 운동을 할 때 최대 근력을 가질 수가 있으나 저항의 양과 근 수축의 종류를 환자의 근력과 협응력, 근 긴장도, 통증 다른 신체 사이즈, 치료적 목적에 맞게 조절을 하여야만 한다. 환자의 따라서 반응과 조건이 다르기 때문에 어떤 움직임에 저항을 주고 얼마만큼에 저항의 양을 주어야 하는지 일반적인 교육은 가능하지 못하며, 치료의 결과를 재 평가 함으로 인하여 저항의 양과 방산

을 효과적으로 사용할 수가 있다. 환자가 통증이 있을 때에는 통증이 없는 자세로 이동하여야 하며, 신체의 다른 부분을 이용하여 손상 부위를 통증 없이 운동시킬 수가 있다. 통증이나 손상의 위험의 증가 없이 관절과 손상 측을 조절된 방산을 통하여 치료할 수가 있다(Adler et al., 2008). 본 연구에서도 환자는 발목의 통증을 가지고 있었으며 발목 주위 근육뿐만 아니라 엉덩관절의 문제를 가지고 있었다. 환자의 약한 부분인 발목관절을 직접적으로 치료하는 것보다 좀 더 잠재성을 가지고 있는 엉덩관절 주위 근육들을 몸통의 안정성과 함께 방산과 적절한 저항을 통한 피드백으로 통하여 적절하게 적용된 엉덩관절 강화운동이 발목에 긍정적인 영향을 미쳤다고 볼 수가 있을 것이다.

이로 인하여 중재 전과 중재 후의 임상적 검사(도수 근력검사, 감각 평가, 관절가동범위평가), 균형능력 평가인 버그균형척도, 앉았다 일어서기 능력을 평가하기 위해 다섯 번 일어서기 검사, 보행능력을 평가하기 위한 10M 보행 검사, 다리기능척도에서 긍정적인 효과를 가져왔다. 특히 신체기능과 신체 구조적 문제였던 엉덩관절 굽힘근과 모음근의 이완과 함께 엉덩관절 펴근과 벌림근의 근력강화의 증가, 감각의 증가로 인하여 엉덩관절 조절 능력이 상승하여 활동 영역인 균형과 보행, 다리기능척도에서 긍정적인 결과를 가질 수가 있었다.

본 연구의 문제점 및 제한점으로서는 단독으로 고유수용성신경근축진법만을 적용 한 것이 아니고 자전거 타기, foot board 등 다양한 방법이 적용되어 고유수용성신경근축진법만의 효과라고 주장하기에는 무리가 있다. 또한 한 명의 정강뼈 골절 환자를 대상으로 진행하였기 때문에 모든 정강뼈 골절 환자와 정형외과적 하지의 문제를 가지고 있는 환자들에게 치료 효과를 대변하기에는 다소 어려움이 있을 것이다. 추후에 좀 더 많은 사례를 연구한다면 이 문제는 보완되리라 생각된다.

V. 결론

본 사례 연구는 정강뼈 골절로 진단받은 1명의 연구 대상자에게 고유수용성 신경근 촉진법을 적용하였다. 중재 전과 중재 후의 치료 결과는 임상적 검사인 도수 근력검사, 감각 평가, 관절가동범위평가에서 신체기능과 구조에서 많은 호전을 보였으며 활동 영역인 버그균형척도, 다섯 번 일어서기 검사, 10M 보행 검사, 일어나 걸어가기 검사, 다리기능척도에서 많은 향상의 결과를 가져왔다. 본 연구결과를 바탕으로 정강뼈 골절 환자나 하지의 정형외과적 문제를 가지고 있는 대상자에게 고유수용성 신경근촉진법을 이용한 엉덩관절 강화 운동이 환자의 기능적인 증진에 긍정적인 영향을 미치므로 임상에서 환자를 치료할 때 치료적 운동 방법으로 사용할 수 있을 것이다.

Reference

- Adler S, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide, 3rd ed. Heidelberg. Springer. 2008.
- Alnahdi AH, Zeni JA, Snyder-Mackler L. Hip abductor strength reliability and association with physical function after unilateral total knee arthroplasty: across-sectional study. *Physical Therapy*. 2014;94(8):1154-1162.
- Bennell K, Hunt M, Wrigley T, et al. Hip strengthening reduces symptoms but no knee load in people with medial knee osteoarthritis and varus malalignment: a randomised controlled trial. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2010;18(5):621-628.
- Berg K, Wood-dauphinee S, Williams JI, et al. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*. 1989;41(6): 304-311.
- Binkley JM, Stratford PW, Lott SA, et al. The lower extremity functional scale (LEFS): scale development, measurement properties, and clinical application. *North American Orthopaedic Rehabilitation Research Network. Physical Therapy*. 1999;79(4):371-383.
- Blackburn JT, Marshall SW, Padua DA. Gluteal muscle activation during common therapeutic exercise. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2009;39(7):532-540.
- Bohannon RW. Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Perceptual and Motor Skills*. 1995;80(1):163-166.
- Bohannon RW, Shove ME, Barreca SR, et al. Five-repetition sit-to-stand test performance by community-dwelling adults: a preliminary investigation of times, determinants, and relationship with self-reported physical performance. *Isokinetics and exercise science*. 2007;15(2):77-81.
- Bohannon RW, Andrews AW. Normal walking speed: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy*. 2011; 97(3):182-189.
- Dwyer MK, Boudreau SN, Mattacola CG, et al. Comparison of lower extremity kinematics and hip muscle activation during rehabilitation tasks between sexes. *Journal of athletic training*. 2010;45(2):181-190.
- Ferber R, Osternig L, Gravelle D. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2002;12(5):391-397.
- Ferber R, Kendall KD, Farr L. Changes in knee biomechanics after a hip-abductor strengthening protocol for runners with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Athletic Training*. 2011;46(2): 142-149.
- Fredericson M, Cookingham CL, Chaudhari AM, et al. Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2000;10(3):169-75.
- Friel K, McLean N, Myers C, et al. Ipsilateral hip abductor weakness after inversion ankle sprain. *Journal of athletic training*. 2006;41(1):74-78.
- Gertrud N, Eva A, Charlotte E, et al. Balance in single-limb

- stance after surgically treated ankle fractures: a 14-month follow-up. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2006;7(35):1471-2474.
- Hollman JH, Kolbeck KE, Hitchcock JL, et al. Correlations between hip strength and static foot and knee posture. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2006;15(1):12-23.
- Hwang JY, Ahn WY, Kim HJ. Effects of performing hip abduction and adduction during bridging exercise on trunk and lower extremity muscle activity in healthy individuals. *Physical Therapy Rehabilitation Science*. 2017;6(1):14-99.
- Hwang WJ, Jang JH, Huh MJ et al. The effect of hip abductor fatigue on static balance and gait parameters. *Physical Therapy Rehabilitation Science*. 2016;5(1):34-39.
- Jacquelin P, Judith M, Burnfield. Gait analysis: normal and pathological function, 2nd ed. Danvers. SLACK incorporated. 2010.
- Jaramillo J, Worrell TW, Ingersoll CD. Hip isometric strength following knees surgery. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 1994;20(3):160-165.
- Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Resistance training and bone mineral density in women: a meta-analysis of controlled trials. *American Journal Physical Medicine & Rehabilitation*. 2001;80(1):65-77.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. Muscles testing and function with posture and pain, 5th ed. Philadelphia. Williams and Wilkins. 2005.
- Kim CY. Effects of hip abductor muscles fatigue on drop landing performance. Yonsei University. Dissertation of Master's Degree. 2011.
- Kim, SH. The effect of PNF exercise on body functions and fall efficacy of elderly women. Chonnam National University. Dissertation of Doctorate Degree. 2012.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise: foundations and techniques, 5th ed. Philadelphia. F.A. Davis Company. 2007.
- Klein DA, Stone WJ, Phillips WT, et al. PNF training and physical function in assisted-living older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2002;10(4):476-488.
- Lee DK, Kim YN. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation exercise on the BMD, balance and lower muscular strength in patients with osteoporosis. *Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2012;24(5):313-318.
- Lee KW, Jung KS, Seo HD, et al. Reliability and validity of the Korean version of lower extremity functional scale in patients with lower-extremity musculoskeletal dysfunction. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*. 2011;50(3):451-467.
- Leinonen, V, Kankaanpää M, Airaksinen O, et al. Back and hip extensor activities during trunk flexion/extension: effects of low back pain and rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2000;81(1):32-37.
- Lentell G, Bass B, Lopez D, et al. The contributions of proprioceptive deficits, muscle functions, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 1995;21(4):206-215.
- Lim SY, Lee IJ, Joe JH, et al. Treatment of tType IIIb open tibial fractures. *The Journal of the Korean Society of Fracture*. 2014;27(4):267-273.
- Lord SR, Murray SM, Chapman K, et al. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance and psychological status in addition to strength in older people. *Journal Gerontology Series A: Biological Sciences Medical Sciences*. 2002;57(8):539-543.
- MacKinnon CD, Winter DA. Control of whole body balance in the frontal plane during human walking. *Journal of Biomechanics*. 1993;26(6):633-644.
- Ma SR, Kim HD. Effect of a PNF training program on functional assessment measures and gait parameters in healthy

- older adults. *Journal of Korean Society Physical Therapy*. 2010;22(1):39-45.
- McBeth JM, Earl-Boehm JE, Cobb SC, et al. Hip muscle activity during 3 side-lying hip-strengthening exercises in distance runners. *Journal of Athletic Training*. 2012;47(1):15-23.
- Melvin JS, Dombroski DG, Torbert JT, et al. Open tibial shaft fractures: II. Definitive management and limb salvage. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2010;18(2):108-117.
- Neumann DA. Kinesiology of the hip: a focus on muscular actions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010;40(2):82-94.
- Page P, Frank C, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance the Janda approach. Champaign. Human kinetics. 2010.
- Park JS. The effect of isokinetic muscular strength on static, dynamic and PNF stretching exercise in soccer players. Sejong University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
- Peggy A, Houghlum. Therapeutic exercise for musculoskeletal injuries, 3rd ed. Seoul. Yeong mun publishing company. 2013.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed up & go: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal American Geriatrics Society*. 1991;39(2): 142-148.
- Reiman MP, Bolgla LA, Lorenz D. Hip function's influence on knee dysfunction: a proximal link to a distal problem. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2009;18(1): 33-46.
- Ryu HS, Kim SH, Park HS. The effects of band exercise using proprioceptive neuromuscular facilitation on muscular strength in lower extremity. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2015;11(1):36-40.
- Sahrmann S. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. St. Louis. Mosby. 2002.
- Seo KC, Park SH, Park KY. The effects of stair gait training using proprioceptive neuromuscular facilitation on stroke patients' dynamic balance ability. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(5):1459-1462.
- Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: mechanisms and clinical implications. *Sports Medicine*. 2006; 36(11):929-939.
- Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M, et al. The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. *Physical Therapy*. 1997;77(1):46-57.
- Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age-and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: six-minute walk test, Berg balance scale, timed up & go test, and gait speeds. *Physical Therapy*. 2002;82(2):128-137.
- Suh JT, Park BG, Yoo CO. Treatment of open tibial shaft fractures with unreamed interlocking intramedullary nailing. *The Journal of the Korean Society of Fracture*. 1999;12(3):568-576.
- Sullivan SBO, Schmitz TJ. Physical rehabilitation, 5th ed. New Delhi. Jaypee Brothers Publication. 2007.
- Yeung TS, Wessel J, Stratford P, et al. Reliability, validity, and responsiveness of the lower extremity functional scale for inpatients of an orthopaedic rehabilitation ward. *Journal Orthopaedic Sports Physical Therapy*. 1995;39(6):468-477.
- Westhoff B, Petermann A, Hirsch MA, et al. Computerized gait analysis in Legg Calve' Perthes disease-analysis of the frontal plane. *Gait and Posture*. 2006; 24(2):196-202.