

그라스톤을 이용한 연부조직가동술이 편마비 환자의 하지 관절 가동범위, 근력, 보행 능력에 미치는 즉각적인 영향에 관한 예비 연구

최울정, 심현보¹⁾, 이준용²⁾

로이병원 물리치료실, 강남세브란스병원 물리치료실¹⁾, 서울특별시 북부병원 물리치료실²⁾

The Pilot Study on the Immediate Effects of Graston Technique for Lower Extremity Range of Motion, Muscle Strength, Walking Ability in Hemiplegic Patients

Yul-jung Choi, Hyun-po Sim¹⁾, Jun-yong Lee²⁾

Dept. of Physical Therapy, Roi Hospital

Dept. of Physical Therapy, Gangnam Severance Hospital¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Seoul North Municipal Hospital²⁾

Key Words:

Gait, Graston, Hamstring, Straight leg raise, Strength

ABSTRACT

Background: The purpose of this study was to investigate the effects of Graston technique for lower extremity range of motion (ROM), muscle strength, walking ability in hemiplegia patients. Methods: Twelve subjects participated in this study. The ROM of the knee extension was measured by 90-90 straight leg raise test, the hamstring and quadriceps muscle strength was collected by utilizing a handheld dynamometer. In addition walking speed was evaluated by 10 meter walking test. The group was applied intervention using a Graston instrument for one minute. After intervention, immediate effect was assessed. The significant level was set at $\alpha = .05$. Results: The ROM of the knee extension, quadriceps muscle strength and walking speed were significantly increased. Hamstring muscle strength was significantly reduced. Conclusion: The results of this study suggest that Graston instrument technique has the effect of instantaneously flexibility the muscles, and the muscle applied with the technique has weakened, while the muscle of the opposite side has increased the muscle strength. In addition, the muscle flexibility and the walking speed have increased.

I. 서론

한국에서의 뇌졸중 사망률은 암, 심장질환 다음으로 3위를 차지하고 있으며, 우리나라 뿐 아니라 전 세계적으로 가장 중요한 사망원인 중 하나이며, 장애의 중요한 원인 질환이다(Jang, 2018).

Kim 등(2011)은 편마비 환자들의 임상적 특징으로 근 긴장도의 변화, 비정상적인 자세반사, 감각장애, 감정 장애 등이 있다고 하였으며, Geiger 등(2001)은 특히 편마비 환자의 하지에서 나타나는 경직 혹은 길항근의 공동수축 및 약한 근력과 운동조절의 저하 등은 비정상적인 보행 패턴을 만드는 임상적 특징이 있다고 하였다. 이러한 이유로 퇴원 후 가정과 사회로의 복귀를 결정하는 보행능력 향상은 재활치료의 가장 중요한 목적 중의 하나이며 필수적 조건으로 여겨지고 있다(Wandel 등, 2000).

넓다리뒤근은 반막모양근, 반힘줄모양근 그리고 넓다

교신저자: 최울정(로이병원, linuxer99@naver.com)
논문접수일: 2019.03.30, 논문수정일: 2019.04.23,
게재확정일: 2019.05.13.

최울정 등. 그라스톤을 이용한 연부조직가동술이 편마비 환자의 하지 관절가동범위, 근력, 보행 능력에 미치는 즉각적인 영향에 관한 예비 연구

리두갈래근으로 구성되어 있으며, 엉덩관절부터 무릎관절까지 길게 뻗어있는 두 관절 근육으로(Kendall 등, 2005), Yoon(2005)은 이 근육의 작용이 편마비 환자의 보행에 필수적인 요소라고 하였다. 또한 넙다리뒤근은 자세를 유지하는 근육으로 신체의 유연성에 중요한 영향을 미치며 다른 근육들에 비해 쉽게 단축이 발생한다고 하였다(Kumar, 2011). 넙다리뒤근의 단축은 유연성을 감소시키고 보행이상을 일으키며(Kisner와 Colby, 2012), Oh와 Choi(2012)는 넙다리뒤근의 단축이 움직임의 조절에도 영향을 준다고 보고하였고, Kwon과 Jung(2009)은 움직임을 원활하게 하기 위해서는 단축된 넙다리뒤근의 유연성을 증진시키는 중재가 필요하다고 하였다.

선행 연구들에서는 넙다리뒤근의 유연성을 증진시키는 중재방법으로 냉치료, 온열치료, 마사지, 전기치료, 능동운동, 정적신장기법, 유지-이완기법, 멀리간 기법, 신경가동기법 등의 효과를 보고했다(Choi, 등, 2015; Barlow 등, 2007). 또한 스스로 근육을 이완시킬 수 있는 치료방법으로 과거에는 치료용 공이나 테니스공, 폼롤(foam roll) 등과 같은 도구를 사용하여 근육을 이완시키거나 통증을 감소시켜왔다(Kim 등, 2014). Mohr 등(2014)은 폼롤을 이용하여 자가근막이완술(self myofascial release)을 실시한 결과 넙다리뒤근의 유연성이 증가하였다는 보고를 하였다.

Kumar와 Vaidya(2014)는 뇌성마비 아동에게 근막이완술을 적용하여 넙다리뒤근의 경직이 감소함을 보고하였고, Park와 Hwang(2016)은 만성 뇌졸중 환자의 넙다리뒤근에 테니스공을 이용한 근막이완술을 적용한 결과 균형능력과 보행속도의 향상을 보고하였다. 하지만 최근 연구 결과에서는 도구를 이용한 연부조직가동술의 적용 효과가 자가근막이완술에 비하여 더 큰 효과를 보이는 것으로 보고되고 있다(Kim 등, 2014). 뇌졸중 환자의 장딴지근에 도구를 이용한 연부조직가동술을 적용한 결과 장딴지근의 근육긴장도는 억제되고 길항근인 앞정강근은 활성화되어 보행 수행능력의 향상을 보고하였다(Lee 등, 2014)

도구를 이용한 연부조직가동술은 중국의 괄사(ghu sha)요법이 그 기원이라고 추측되는 마사지 형태의 치료법으로서, 피부를 긁어서 치료하는 방법으로 알려져 있다(Braun 등, 2011). 현재 도구를 이용한 연부조직가동술은 미국 일부 대학의 물리치료학과 교육과정에 포함되어 있으며, 스포츠 재활 및 운동 훈련 분야에서도 적용되어 사례가 증가하고 있는 추세이다(Kim 등, 2017). 도구를 이용한 연부조직가동술 중 대표적인 것이 그라스톤 기법이며, 이 기법은 치료효과를 증진시키

는 수기요법중의 하나로 스테인리스 재질의 도구를 사용하며, 상처 조직의 유착을 경감시키고, 섬유아세포의 분화를 촉진시키며, 근육을 이완시키는 등의 효과가 있다(Park 등, 2016).

그라스톤을 이용한 연부조직가동술에 관한 선행 연구들 대부분이 주로 근골격계 환자를 대상으로 한 통증 조절과 유연성에 대해서 이루어지고 있고, 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들의 근력 또는 보행 속도 등의 효과에 관한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 편마비 환자를 대상으로 그라스톤을 이용한 연부조직가동술을 넙다리뒤근에 적용하여 무릎관절 가동범위, 무릎 굽힘 및 폼, 근력, 보행속도에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 또한 그 효과를 확인함으로써 그라스톤을 이용한 연부조직가동술의 임상적 효용성과 환자 치료에 대한 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 서울 소재 R 병원에서 2019년 1월 11일부터 2019년 3월 5일까지 진행하였다. 연구 대상자들은 뇌졸중으로 진단받은 편마비 환자로, 발병 후 6개월 이상된 자, 수정된 애쉬워스 척도(modified Ashworth scale) 평가에서 등급 1 이하인 자, 독립적으로 15미터 이상 보행이 가능한 자, 마비 측 엉덩관절, 무릎관절에 관절 구축이 없는 자, 하지에 수술 경험이 없는 자를 선정하였다. 또한 실험자의 지시를 이해하고 수행할 수 있는 인지능력을 갖춘 자(한국형 간이 정신상태 검사 24점 이상)로 구성하였으며, 연구의 목적에 대한 설명을 들은 후 참여에 동의한 대상자 12명을 선발하였다.

2. 실험방법

1) 평가방법

(1) 능동 무릎관절 폼 가동범위 검사

중재 전 마비측 다리 무릎관절 폼 각도를 평가하기 위해 90-90 곧은다리들기(straight leg raise) 검사를 실시하였다. 대상자를 편평한 매트위에 눕혀서 이완시킨 후 검사 중 골반의 과도한 움직임을 제한하기 위하여 양쪽 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine)와 반대편 다리 무릎 위 부분을 스트랩으로 고정하였다. 이어서 무릎관절 90도 시작점을 맞추기 위해 측각기(Preston, USA)를 사용하여 유지하게 한 후 무릎관절을

능동적으로 펴게 하였다. 측정은 3회를 반복하여 평균값을 기록하였다. 또한 대상자들의 움직임이 방해받지 않도록 넓고 정숙한 실내에서 반바지를 착용한 후 진행하였다(Sim 등, 2010). 무릎관절 펴 각도 측정은 측각기를 사용하였다.

(2) 무릎관절 굽힘/펴 근력검사

실험 중재 전 마비측 다리 무릎관절 굽힘과 펴 근력을 측정하기 위해 동력계(dynamometer)를 이용하여 측정하였다. 뇌손상 환자의 마비 측 근력 측정 시 동력계 사용에 대한 신뢰도는 측정자내(ICC=.88~.98), 측정자간(ICC=.90~.98)으로 높은 신뢰도를 보인다(Riddle 등, 1989).

근력 측정 시 대상자를 의자에 앉혀 등을 받친 상태에서 엉덩관절과 무릎관절이 90도 구부러진 자세를 유지하게 하였다. 대상자가 힘을 줄 때 움직이거나 대상 작용이 일어나는 것을 방지하기 위하여 등 부위, 엉덩관절 및 무릎관절을 스트랩으로 고정시켰다. 동력계의 위치는 측정하려는 하지 쪽 발목의 전면부와 후면부에 위치시킨 후 동력계를 밀게 하여 무릎관절 굽힘과 펴 근력을 측정하였고, 이때 평가자는 대상자가 굽힘 또는 펴 시 힘을 줄 때 무릎관절 90도를 유지하게 한 상태에서 측정하였다. 측정은 3회를 반복하여 평균값을 기록하였다.

(3) 보행능력 검사

실험 중재 전 대상자의 보행 속도를 측정하기 위해 10미터 걷기 검사를 시행하였다. 이 검사 방법은 신경학적 손상 환자의 보행 능력을 평가하는 검사로서 측정자내(ICC=.83~.95), 측정자간(ICC=.86~.93) 신뢰도가 높은 검사로 알려져 있다(Chan과 Pin, 2019). 10미터 걷기 검사 시행 시 시작점과 10미터가 되는 지점에 표시를 하고, 그 중간에 2m 되는 지점과 8m 되는 지점을 표시해놓는다. 환자의 보행 시작과 끝의 가속과 감속을 고려하여 2m 표시 지점에서부터 8m 지점까지의 보행을 초시계를 이용하여 측정하였다(Pohl 등, 2002). 대상자의 낙상을 예방하기 위해 치료사 1명이 뒤에서 따라갔으며, 측정은 3회를 반복하여 평균값을 기록하였다.

(4) 재평가

실험 중재 후 즉각적인 효과를 평가하기 위해 앞서 기술된 마비측 다리 무릎관절 펴 가동범위 검사, 무릎관절 굽힘/펴 근력검사, 보행능력 검사를 시행하였다. 측정은 3회를 반복하여 평균값을 기록하였다.

2) 중재방법

연부조직가동술 적용은 그라스톤 1번 도구(Graston, Graston technique, USA)를 사용하여 시행하였다(Figure 1). 중재자는 정형외과전문의물리치료사 자격과 그라스톤 교육을 이수한 13년차 치료사였다. 대상자를 넓은 매트 위에 엎드리게 하여 10분간 이완을 시킨 후 무릎을 40~60° 정도 구부리게 한 후 마비측 다리 발목 부분을 중재자의 가슴부위에 올려 놓고 기대게 하였다(Figure 2). 중재자는 대상자의 넓다리뒤근이 노출되게끔 바지를 올리고 마사지 크림을 적당량 도포한 후 볼기근선(gluteal line)에서 오금(popliteal fossa)까지 그라스톤을 이용한 연부조직가동술을 적용하였다. 이때 기법의 적용 지침에 따라 주행방향은 머리쪽에서 꼬리쪽으로 적용하였으며, 피부 조직의 파열 또는 발적(redness)이 생기지 않게 1분간 30회를 반복하였다(Kim 등, 2014).



Figure 1. Graston tool No. 1



Figure 2. Graston technique position

3. 분석방법

본 연구의 통계분석은 Windows SPSS version 18.0

최울정 등. 그라스톤을 이용한 연부조직가동술이 편마비 환자의 하지 관절가동범위, 근력, 보행 능력에 미치는 즉각적인 영향에 관한 예비 연구

을 사용하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 평균과 표준편차를 이용하여 분석하였고 중재 기법을 실시하기 전과 후의 차이를 검증하기 위해 대응표본 t-검정을 시행하였으며, 본 연구의 모든 통계치의 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

성별은 남자 8명과 여자 4명, 나이는 53.84 ± 11.93 세, 키는 167.75 ± 7.93 cm, 몸무게는 66.33 ± 11.76 kg이었다. 발병일은 평균 8.91 ± 2.57 개월 이었으며, 마비측은 오른 쪽이 8명, 왼쪽이 4명이었다(Table 1).

2. 기법 적용 전/후 무릎 폼 각도 변화 비교

중재그룹에 기법 적용 전 90-90 곧은다리들기 평가 시 초기 폼 각도는 $40.94 \pm 16.51^\circ$, 중재 후 즉각적인 평가에서는 $50.39 \pm 17.47^\circ$ 로 약 10도 정도 증가하였고 유의한 차이를 보였다($p < .05$)(Table 2).

3. 기법 적용 전/후 무릎 굽힘/뻗 근력 변화 비교

동력계를 이용한 무릎 굽힘 근력은 중재 전 4.65 ± 2.37 kg에서 중재 후 4.00 ± 2.84 kg로 근력이 감소하였고, 무릎 뻗 근력은 9.45 ± 4.91 kg에서 중재 후 10.77 ± 5.33 kg으로 근력이 증가하였고 유의한 차이를 보였다($p < .05$)(Table 2).

4. 기법 적용 전/후 보행능력의 변화 비교

중재 전 10미터를 걷고 측정하는 보행능력 검사에서는 중재 전 23.10 ± 11.59 초에서 중재 후 20.85 ± 10.54 초로 시간이 줄어드는 결과를 보였고 유의한 차이를 보였다($p < .05$)(Table 2).

Table 1. General characteristics of subjects

Graston technique group(n=12)	
Sex	Male : 8, Female : 4
Age(yrs)	53.84 ± 11.93^a
Height(cm)	167.75 ± 7.93
Weight(kg)	66.33 ± 11.76
Onset(months)	8.91 ± 2.57
Hemiplegia	Right : 8, Left : 4

^aMean \pm SD

Table 2. Comparison of the effects after intervention

	Pre	Post	t	p
90-90 SLR($^\circ$)	40.94 ± 16.51^a	50.39 ± 17.47	-6.322	.000*
KFS(kg)	9.45 ± 4.91	10.77 ± 5.33	-2.355	.038*
KES(kg)	4.65 ± 2.37	4.00 ± 2.84	2.813	.017*
10MW (second)	23.10 ± 11.59	20.85 ± 10.54	4.424	.001*

* $p < .05$

^aMean \pm SD

SLR: Straight leg raise

KFS: Knee flexion strength

KES: Knee extension strength

10MW: 10 meter walking test

IV. 고찰

본 연구의 목적은 그라스톤을 이용한 연부조직가동술이 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 무릎관절 가동범위와 근력 및 보행능력에 어떠한 변화를 유발하는지 알아보는 것이었다. 연구의 결과를 살펴보면 기법을 적용한 후 무릎 폼 각도가 증가하였고 무릎관절 굽힘 근력은 감소하였으며, 뻗 근력은 증가하였고 보행속도는 증가하였다.

과거부터 현재까지 많은 연구자들이 넙다리뒤근의 유연성을 증진시키기 위해 스트레칭 기법, 수축-이완 기법, 신경가동기법, 도구를 이용한 연부조직가동술 등에 대한 연구를 진행해왔다(Kim 등, 2014; Kim 등, 2011; Feland 등, 2001). Hammer와 Pfefer(2005)는 요통환자를 대상으로 넙다리뒤근에 그라스톤을 이용한 연부조직가동술을 적용한 후 무릎관절 가동범위를 비교한 결과 유의한 증가가 있었다고 보고하였고, Kim 등(2014)의 연구에서도 무릎관절 폼에 제한이 있는 일반인을 대상으로 그라스톤을 이용한 연부조직가동술을 적용한 결과 적용하기 전에 비해 유의한 차이가 있었다고 하였다.

본 연구의 결과를 보면 중추신경계 손상 편마비 환자에게도 유사한 효과가 발생하였고, 상기의 연구 결과들과 일치하였다. Fowler 등(2000)은 그라스톤을 이용한 연부조직가동술이 조직을 재배열하여 기능적인 움직임을 증진시킨다고 하였고 Vardiman 등(2015)도 그라스톤을 이용하여 피부 위를 굽듯이 마사지 하면 환부의 경직이 완화되고 새로운 조직이 형성되어 상처조직이나 근막유착으로 인한 경직을 완화시킨다고 하였으며, 상기의 이유들로 인해 본 연구에서도 중재 후 무릎 폼 각

도가 증가 한 것이라 사료된다.

본 연구에서 중재 후 근력 측정 결과 넙다리뒤근의 근력은 감소하고 넙다리내갈래근의 근력은 증가하는 결과를 보였다. 연부조직가동술 적용에 의한 근력의 변화에 대해서는 연구자들 사이에 논란이 존재한다. Worrel 등(1994)은 넙다리뒤근에 자가 스트레칭을 적용한 결과 넙다리뒤근의 근력이 증가하였다고 보고한 반면 Kokkonen 등(1998)은 정적 스트레칭, Nelson과 Kokkonen(2001)은 탄성(ballistic) 스트레칭 후 1RM(repetition maximum)이 감소되었다고 보고하였다.

자가근막이완술(MacDonald 등, 2013) 또는 그라스톤을 이용한 연부조직가동술(Kim 등, 2014)을 적용한 연구에서는 넙다리뒤근의 근력이 감소했다고 보고하였으며 본 연구의 결과와 일치하였다. 이러한 근력 감소의 기전에 대해 Nelson과 Kokkonen(2001)은 근육과 힘줄의 뻣뻣함(stiffness)이 감소되는 역학적 기전이나 근육내 자가억제(autogenic inhibition)와 같은 신경학적 기전이 근력을 감소시키는데 영향을 주었을 것이라고 하였다. 넙다리뒤근의 근력 약화와 동반된 넙다리내갈래근의 근력 증가에 대해 Kim 등(2014)은 넙다리내갈래근에 직접적인 근력 운동을 시행하지 않았지만 넙다리뒤근의 유연성이 증가되었기 때문에 약화되어 있던 넙다리내갈래근이 활성화되어 근력이 증가된 것이라고 하였고 본 연구의 중재 후 결과 또한 일치하였다.

뇌졸중으로 인한 편마비 환자들은 발병 이후 다양한 신체적 장애를 겪게 되는데, 특히 하지의 운동능력 결여는 균형과 보행에 어려움을 초래한다. 편마비 환자들은 비장애인 성인의 보행과 비교했을 때 시간적 공간적 좌우 비대칭이 잔존하며 속도가 느린 보행 특성을 보인다(Hsu, 2003). Brandstater 등(1983)과 Olney 등(1994)이 실시한 편마비 환자의 보행 분석과 속도에 관한 연구에서는 비장애인 성인의 보행 속도가 약 1.4m/s인 반면 편마비 환자들은 중증도에 따라 약 .18~1.03m/s의 느린 보행 속도를 보이는 것으로 나타났다.

Wandel 등(2000)은 편마비 환자나 노인의 이동능력 저하는 신경자극이나 신경전달의 감소와 엉덩관절 펴근의 유연성 감소로 인한 보폭의 감소가 원인이라고 하였다. 보행 시 무릎관절의 펴름을 조절하는 넙다리뒤근의 작용은 필수적으로(Yoon, 2005), 만약 넙다리뒤근의 유연성이 저하되면 무릎관절의 펴름이 제한되어 무릎관절을 편 상태에서 엉덩관절을 구부리기가 어렵게 된다(Chu 등, 2000). 본 연구에서 그라스톤을 이용한 연부조직가동술 적용 후 환자의 경직도는 변화가 없었으므로 무릎관절에서 나타난 유연성의 증가는 넙다리뒤근의 신장 효과로 보이며 이로 인해 환자의 보행속도가 증가된 것

으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 실험 대상자의 수가 적어 일반화하기 어렵다는 점과 즉각적인 치료 효과가 지속적 으로 유지되었는지에 대한 확인을 하지 못하였다. 향후 연구에서는 많은 수의 환자와 다양한 환자 군을 대상으로 추가적이고 체계적인 연구 설계를 통해 임상 적용의 폭을 넓히는 데 초점을 맞춰야 할 것이라 생각한다.

V. 결 론

본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들을 대상으로 그라스톤을 이용한 연부조직가동술이 무릎관절 가동 범위, 무릎관절 굽힘/펴 근력, 보행능력에 미치는 즉각적인 영향을 비교하여 임상 적용 시 기초자료로 제공하고자 하였다. 연구는 2019년 1월 11일부터 2019년 3월 5일까지 시행되었고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 무릎 펴 각도는 90-90 곧은다리들기 검사 시 각도가 중재 전보다 증가하였고, 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$).
2. 동력계를 이용한 무릎 굽힘 근력은 중재 전보다 감소하였고, 무릎 펴 근력은 중재 전보다 증가하였다. 중재 전/후 비교 시 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$).
3. 보행능력은 10미터 걷기 검사에서 중재 전 보다 시간이 줄어들었으며 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

결론적으로 그라스톤을 이용한 연부조직 가동술은 넙다리뒤근을 즉각적으로 신장시키는 효과가 있었고, 기법이 적용된 넙다리뒤근은 근력이 약해지는 반면 넙다리내갈래근은 근력이 증가하는 결과를 보였으며, 10미터를 걷는 보행능력 검사에서는 보행속도가 증가하는 유의미한 결과를 보였다.

참고문헌

- Barlow A, Clarke R, Johnson N, et al. Effect of massage of the hamstring muscles on selected electromyographic characteristics of biceps femoris during sub-maximal isometric contraction. *Int J Sports Med.* 2007;28(3):253-256.
- Brandstater ME, de Bruin H, Gowland C, et al. Hemiplegic gait: analysis of temporal variables. *Arch Phys Med Rehabil* 1983;64(12):583-587.

최울정 등. 그라스톤을 이용한 연부조직가동술이 편마비 환자의 하지 관절가동범위, 근력, 보행 능력에 미치는 즉각적인 영향에 관한 예비 연구

- Braun M, Schwickert M, Nielsen A, et al. Effectiveness of traditional chinese "gua sha" therapy in patients with chronic neck pain: A randomized controlled trial. *Pain Med.* 2011;12(3):362-369. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01053.x>
- Chan WLS, Pin TW. Reliability, validity and minimal detectable change of 2-minute walk test, 6-minute walk test and 10-meter walk test in frail older adults with dementia. *Exp Gerontol.* 2019;115:9-18. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.11.001>
- Choi YJ, Sim HP, Lee JY. The effects of hold-relax technique and Mulligan's straight leg raise with traction technique on flexibility of shortened hamstring. *Korean J Orthop Manu Ther.* 2015;21(1):5-11.
- Chu M, Kwon GJ, Kang SK, et al. A Flexibility assessment of hamstring muscle length in 10year old children as affected the long-sitting position. *J Korean Soc Phys Ther.* 2000;12(1):73-78.
- Feland JB, Myrer JW, Merrill RM. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Phys Ther Sport.* 2001;2(4):186-193.
- Fowler S, Wilson JK, Sevier TL. Innovative approach for the treatment of cumulative trauma disorders. *Work.* 2000;15(1):9-14.
- Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J, et al. Balance and mobility following stroke: Effects of physical therapy interventions with and without bio feedback/forceplate training. *Phys Ther.* 2001;81(4):995-1005.
- Hammer WI, Pfefer MT. Treatment of a case of sub-acute Lumbar compartment syndrome using the graston technique. *J Manipulative Physiol Ther.* 2005;28(3):199-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmpt.2005.02.010>
- Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Analysis of impairments Influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(8):1185-1193. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00030-3](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00030-3)
- Jang WS. Effects of weight-bearing mobilization with movement, with task-oriented training on range of motion, muscle structure, balance and gait in chronic stroke patients. Sahmyook University. Master Thesis. 2018.
- Kendall FP, McCreary EK, Provence PG. *Muscles: Testing and Function With Posture and Pain.* Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia. 2005.
- Kim DH, Kim TH, Jung DY, et al. Effects of the graston technique and self-myofascial release on the range of motion of a knee joint. *J Korean Soc Phys Med.* 2014;9(4):455-463. <https://doi.org/10.13066/kspm.2014.9.4.455>
- Kim JY, Sung DJ, Lee JH. Therapeutic effectiveness of instrument-assisted soft tissue mobilization for soft tissue injury: Mechanisms and practical application. *J Exercise Rehabil.* 2017;13(1):12-22. <http://dx.doi.org/10.12965/jer.1732824.412>
- Kim YJ, Kim TY, Kim SY, et al. Comparison the initial effects of nerve mobilization techniques, static stretching and contract-relax on hamstring flexibility and walking ability in post-stroke hemiplegia patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2011;6(4):369-379.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques.* FA. Davis Company. 6th ed. 2012.
- Kokkonen J, Nelson AG, Cornwell A. Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Res Q Exerc Sport.* 1998;69(4):411-415. <https://doi.org/10.1080/02701367.1998.10607716>
- Kumar C, Vaidya SN. Effectiveness of myofascial release on spasticity and lower extremity function in diplegic cerebral palsy: Randomized controlled trial. *Int J Phys Med Rehabil.* 2014;3:253. <http://dx.doi.org/10.4172/2329-9096.1000253>
- Kumar GP. Comparison of cyclic loading and hold relax technique in increasing resting length of

- hamstring muscles. Hong Kong Physiother J. 2011;29(1):31-33.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.hkpj.2011.03.002>
- Kwon HK, Jung HM. Effect of strengthening program for nurses in relation to back pain, flexibility and muscle strength. J Korean Data Ana Soc. 2009;11(1):213-227.
- Lee JJ, Lee JJ, Kim DH, et al. Inhibitory effects of instrument-assisted neuromobilization on hyperactive gastrocnemius in a hemiparetic stroke patient. Biomed Mater Eng. 2014;24(6):2389-2394. <http://dx.doi.org/10.3233/BME-141052>
- MacDonald GZ, Penny MD, Mullaley ME, et al. An acute bout of self myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. J strength and conditioning Res. 2013;27(3):812-821. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2bc1>.
- Mohr AR, Long BC, Goad CL. Effect of foam rolling and static stretching on passive hip-flexion range of motion. J Sport Rehabil. 2014;23(4):296-299. <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2013-0025>.
- Nelson AG, Kokkonen J. Acute ballistic muscle stretching inhibits maximal strength performance. Res Q Exerc Sport. 2001;72(4):415-419. <https://doi.org/10.1080/02701367.2001.10608978>.
- Oh SJ, Choi JD. The study of validity in active movement control test for low back pain patients with or without hamstring shortening. 2012;7(4):443-450. J Korean Soc Phys Med. <http://dx.doi.org/10.0000/kspm.2012.7.4.443>.
- Olney SJ, Griffin MP, McBride ID. Temporal, kinematic, and kinetic variables related to gait speed in subjects with hemiplegia: A regression approach. Phys Ther. 1994;74(9):872-885.
- Pohl M, Mehrholz J, Ritschel C, et al. Speed dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients: A randomized controlled trial. Stroke. 2002;33(2):553-558.
- Park DJ, Hwang YI. A pilot study of balance performance benefit of myofascial release, with a tennis ball, in chronic stroke patients. J Bodyw Movement Ther. 2016;20:98-103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.06.009>
- Park JH, Shim JW, Cho WY, et al. Literature review of tool-based manipulation for musculoskeletal diseases-with focus on guasha and IASTM. J Korean Med Rehabi. 2016;26(4):57-65. <https://doi.org/10.18325/jkmr.2016.26.4.57>.
- Riddle DL, Finucane SD, Rothstein JM, et al. Intrasession and intersession reliability of hand-held dynamometer measurements taken on brain-damaged patients. Phys Ther. 1989;69(3):182-189. <https://doi.org/10.1093/ptj/69.3.182>
- Sim HP, Yoon HI, Lee JY. The Immediate effects of active ankle ROM exercise on passive straight leg raising. Korean J Orthop Manu Ther. 2010;16(2):40-47.
- Vardiman JP, Siedlik J, Herda T, et al. Instrument-assisted soft tissue mobilization: Effects on the properties of human plantar flexors. Int J Sports Med. 2015;36(03):197-203. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1384543>.
- Wandel A, Jørgensen HS, Nakayama H, et al. Prediction of walking function in stroke patients with initial extremity paralysis: The Copenhagen Stroke Study. Arch Phys Med Rehabil. 2000;81(6):736-738.
- Worrel TW, Smith TL, Winegardner J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. J Orthop Sports Phys Ther. 1994;20(3):154-159. <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.1994.20.3.154>.
- Yoon JS. The influence on ambulation of the difference in muscle strength on hamstring muscle of hemiplegic patients J Korean Phys Ther Sci. 2005;12(4):69-77.