

도구를 이용한 연부조직가동술과 정적 스트레칭이 족저압과 발목관절 가동범위에 미치는 영향

이재홍, 이진환, 민동기, 김광수¹⁾, 김종우²⁾

대구보건대학교 물리치료과, 동아신경외과의원¹⁾, 박병원²⁾

Effect of the Instrument Assisted Soft Tissue Mobilization and Static Stretching on the Range of Motion and Plantar Foot Pressure of an Ankle Joint

Jae-hong Lee, Dong-ki Min, Jin-hwan Lee, Kwang-su Kim¹⁾, Jong-woo Kim²⁾

Dept. of Physical Therapy, Daegu Health College

Dept. of Physical Therapy, Dong-A Neurosurgical Clinic¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Park Hospital²⁾

Key Words:

IASTM(instrument assisted soft tissue mobilization), Gastrocnemius shortness, Static stretching

ABSTRACT

Background: The purpose of this study was to compare the effects of IASTM and static stretching techniques on ankle joint range of motion (ROM), static foot pressure. **Methods:** Twenty four subjects with gastrocnemius shortness participated in this study. The subjects were assigned randomly to one of two groups: The soft tissue mobilization technique (IASTM) group received intervention using a IASTM instrument for two minutes, and the static stretching group performed self stretching for 30 seconds, four times. The ROM of the ankle joint was measured by active ankle dorsi-flexion test, and a TPScan was utilized to collect the plantar foot pressure. This experiment was performed by two physical therapists. The significant level was set at $\alpha=.05$. **Results:** The results were as follows: 1) The ROM of the ankle joint and was significantly increased in both groups. 2) Plantar foot pressure was no significant in both groups. 3) There were no significant differences between the IASTM group and static stretching group for any variable. **Conclusions:** The results of this study suggest that static stretching is an effective and easy technique for restoring proper muscle length in subjects with gastrocnemius shortness. We recommend that static stretching technique be used for treat gastrocnemius shortness in clinical setting and home program.

I. 서론

장딴지근은 무릎관절을 굽히거나 발목관절을 발바닥 굽힘의 기능을 하는 근육으로 체중부하 시 발목관절의 안정성을 제공하는 중요한 기능을 한다(Kisner와 Colby, 2007). 다리의 손상을 방지하고 관리하기 위해서는 무릎이 펴진 상태에서 발목관절의 발등 굽힘 가동범위는

무릎관절이 펴진 상태에서 최소한 10°가 요구되며(Sahrmann, 2010), 쪼그려 앉기와 계단 내려오기와 같은 동작에서는 발등 굽힘의 각도가 더 요구된다; (Sahrmann, 2010; Collins 등, 2004). 이렇게 중요한 기능을 하는 장딴지근이 짧아지게(shortness) 되면 발목관절의 가동범위(range of motion)에 제한이 발생할 수 있고, 보행 주기에서 이른 뒤꿈치 떼기, 목말밑관절의 옆침, 그리고 발목뼈중간관절의 발등 굽힘이 일어나며, 앞발의 부하지속시간과 발중간부(midfoot)의 과운동성을 증가시킨다(Karas와 Hoy, 2002).

또한 장딴지근의 짧아짐은 발뒤꿈치 달기의 제한으

교신저자: 민동기(대구보건대학교, limp0206@hanmail.net)
 논문접수일: 2017.11.01, 논문수정일: 2017.11.22,
 게재확정일: 2017.11.27.

이재홍 등. 도구를 이용한 연부조직가동술과 정적 스트레칭이 족저압과 발목관절 가동범위에 미치는 영향

로 골반의 앞쪽 기울임(anterior tilt)을 증가시키고 허리 뼈의 앞굽음(lordosis)이 증가된 보상작용의 원인이 되고 허리통증을 유발하기도 한다(Page 등, 2012).

이러한 이유들 때문에 짧아진 장딴지근의 길이를 증가시키기 위한 도구를 이용한 연부조직가동술(instrument assisted soft tissue mobilization; IASTM), 스트레칭, 기능적 마사지, 원심성 수축운동 등의 여러 가지 방법들이 있다(Bayliss 등, 2011).

이 중에서 IASTM은 기원전 2000년 전 중국의 괘사(ghu sha)에서 시작되었고, 피부를 긁어서 치료하는 방법으로 알려져 있다(Braun 등, 2011). 근육, 힘줄, 근막 등의 근골격계 연부조직의 상처나 근막유착으로 인한 통증이나 관절가동범위의 제한이 발생한 부위에 적용하였을 때 근 긴장을 감소시키고 새로운 조직이 형성되어 관절가동범위를 늘려 유연성을 회복시키는 원리와 효과로 알려져 있다(Vardiman 등, 2015).

IASTM은 염증성 질환과 섬유증(fibrosis) 치료에 적합한 방법의 하나로 통증을 감소시키고, 조직을 재배열하며, 최종적으로는 기능적인 움직임 개선시키는 것으로 알려져 있다(김도현 등, 2014; Fowler 등, 2000).

Hammer와 Pferfer(2005)는 구획증후군(compartment syndrome)으로 인하여 허리통증을 앓고 있는 대상자의 척추주위근육과 넓다리뒤 근육에 IASTM을 주2회 3주 동안 적용하였을 때 허리 통증이 감소하고 넓다리뒤 근육의 유연성이 증가하였다고 보고하였다. 또한 Howitt 등(2006)은 IASTM을 방아쇠엄지(trigger thumb)가 있는 환자에게 4주간 적용하였을 때 엄지손가락 굽힘과 폼의 관절가동범위가 완전히 회복되었음을 보고하였다.

또 다른 방법인 정적 스트레칭방법은 근육을 늘린 상태로 자세를 일정시간 유지하는 방법이며 근육 섬유(muscle fiber)의 길이를 증가시킨다(Kisner와 Colby, 2007). Nakamura 등(2013)은 장딴지근에 정적 스트레칭을 2분 이상 적용하였을 때 근육의 신장성이 증가하였음을 보고하였다. 또한 Johanson 등(2014)은 내측 활(medial arch)에 쐐기(wedge)를 두어 장딴지근의 정적 스트레칭을 실시하였을 때 더 큰 범위의 발등 굽힘 각도가 나타나는 것을 주장하였다.

위에서 언급한 바와 같이 IASTM과 정적 스트레칭은 모두 연부조직 이완방법으로 임상에서 자주 사용되는 방법이며, 그 효과도 유사하다고 보고되고 있다. 그러나 IASTM과 정적 스트레칭의 적용방법에는 큰 차이가 있다. IASTM은 숙련된 치료사가 필요로 하지만 정적 스트레칭은 참여자가 스스로 스트레칭을 실시할 수 있기 때문에 쉽게 임상에서 적용할 수 있다는 장점이 있다(김도현 등, 2014).

IASTM과 정적 스트레칭은 모두 장딴지근의 이완에 효과적인 방법으로 보고되고 있으나 임상에서 쉽게 적용하기 위한 방법으로는 IASTM보다 정적 스트레칭이 더 효율적인 것으로 생각된다. 그러나 아직까지 IASTM과 정적 스트레칭을 직접적으로 비교한 연구는 없었으며, 장딴지근의 이완을 위한 치료방법으로 쉽게 임상에서 적용할 수 있는 중재방법을 선택하기 위해서는 적용 효과에 대한 직접적인 비교가 필요할 것이다.

또한 체중지지에 영향을 미치는 장딴지근의 이완에 효과적인 방법은 여러 연구를 통해 보고되고 있지만 이에 따른 체중지지를 나타내는 족저압의 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 이 연구의 목적은 장딴지근이 단축된 대상자에게 IASTM과 정적 스트레칭을 적용하였을 때 발목관절의 가동범위와 정적 족저압에 미치는 영향을 비교하여 보다 쉽고 효과적인 치료방법을 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 본 연구의 취지를 잘 이해하고 참여하겠다고 동의한 20대 성인 남녀 24명을 대상으로 실시하였으며 대상자 모두에게서 연구동의서를 받은 후 연구를 진행하였다. 대상자 선정 기준으로는 능동 발목관절의 발등 굽힘 검사 결과 각도가 10°미만인 자이며 장딴지근과 발목관절의 정형학적 및 신경학적 질환이 없는 대상으로 선정하였다.

2. 측정방법 및 측정도구

1) 능동 발목관절 발등 굽힘 가동범위 검사

발목관절의 발등 굽힘 가동범위를 측정하기 위하여 모든 대상자에게 검사를 실시하였다. 대상자가 완전히 이완된 후 범위를 측정하기 위해 5분간 누워서 휴식을 취한 후 실시하였다. 대상자는 바로 누운 자세에서 넓다리의 먼쪽 부분을 스트랩으로 고정하여 불필요한 무릎의 움직임을 제한하였다(Figure 1).

이어서 대상자에게 측정하고자 하는 쪽 다리의 발목관절에 각도 측정기를 부착한 뒤 능동적으로 발등 굽힘을 요구하였으며, 평가자는 이때 각도 측정기(goniometer)의 각도를 기록하였다. 3회씩 반복 측정하여 그 평균값을 사용하였으며, 중재 전, 중재 후 동일한 방법으로 동일한 치료사에 의해 각각 측정하였다.



Figure 1. Active ankle dorsiflexion test

2) 정적 족저압 검사

정적 족저압 측정을 위해 족압 측정기(TPScan, 바이오메카닉스, 대한민국)를 이용하여 발의 평균 압력, 발 앞·뒤부의 압력의 분포 차이를 측정하였고, 5 mm 두께의 매트 형태로 된 족저 압력 측정 장비이며, 족저압 분석을 위한 소프트웨어와 컴퓨터, 압력 매트, 다리에 부착할 수 있는 변환 장치, 변환 장치와 컴퓨터를 연결하는 케이블로 구성되어 있다(Figure 2). 그리고 정적 족저압 측정을 위해 편하게 두 발을 압력측정판 위에 선 자세에서 시선은 전방 5 m에 위치한 목표물을 보도록 지시하고 10초간 그 자세를 유지하여 압력을 측정하였다. 총 3회를 반복 측정하여 평균값을 사용하였다..

정적 자세에서 발앞부(forefoot)와 발뒤부(hindfoot)의 압력을 3회씩 반복 측정하여 그 평균값을 사용하였으며, 중재 전, 중재 후 동일한 방법으로 동일한 치료사에 의해 각각 측정하였다(이전형 등, 2013).



Figure 2. Static plantar foot pressure

3. 실험방법

1) 도구를 이용한 연부조직 가동술

도구를 이용한 연부조직 가동술은 DR.YOUSTM(Dr. you soft tissue mobilization)의 Y1, 도구는 Dr. Joshua you movement healing academy, 대한민국(Figure 3)을 사용하였다. 먼저 실험대상자가 치료용 침대에 옆드린

자세에서 발목관절이 침대 끝에 나오도록 위치한 자세를 취하도록 하였다. 이어서 장딴지근에 마사지크림을 바른 뒤 아킬레스 힘줄(achilles tendon)에서 오금(popliteal fossa)까지 머리쪽(cranial)에서 꼬리쪽(caudal)으로 2분 동안 60번 왕복하였다. 능숙한 치료사에 의해 도구의 압력 강도를 일정하게 통제하고 효과적인 치료를 위해 대상자가 느끼는 시각적상사척도(visual analog scale) 3 수준을 유지하여 실시하였다(김도현 등, 2014).



Figure 3. DR. YOU STM

2) 정적 스트레칭(static stretch)

정적 스트레칭 적용 자세는 양손으로 벽을 짚고 우세 측 다리는 뒤로 빼고 비우세 측 다리는 앞으로 위치시킨다. 이때 우세 측 다리의 무릎은 펴 상태를 유지하고 발목관절의 각도는 수동적 최대 가동범위를 유지한 채 뒤꿈치가 뜨지 않도록 하고 비우세 측 다리는 무릎을 굽힘 시켜 자세를 유지하도록 한다. 30초 동안 스트레칭 시간으로 4번을 반복하였고, 스트레칭 적용 사이에 10초의 쉬는 시간을 주었다(Knight 등, 2001).

4. 실험절차

연구대상자 24명을 IASTM 적용 군과 정적 스트레칭 적용 군으로 각각 10명씩 무작위 배정하였다. 실험에는 검사를 실시하는 평가자 1명과 중재를 실시하는 중재자 1명이 각각 참여하였다. 실험과정 동안 평가자는 연구대상자가 어떤 군에 속하는 지 알 수 없도록 하였으며, 중재자도 평가자의 측정결과를 알 수 없도록 하였다.

5. 분석방법

실험을 통하여 수집된 자료는 통계 분석을 위하여 상용 통계프로그램인 SPSS ver. 22.0 프로그램(SPSS Inc, Chicago IL, USA)을 이용하여 분석하였다. IASTM 적용 군과 정적 스트레칭 적용 군의 동질성 검사를 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 또한 각 군의 발목관절의 가동범위와 정적인 자세에서

이재홍 등. 도구를 이용한 연부조직가동술과 정적 스트레칭이 족저압과 발목관절 가동범위에 미치는 영향

발앞·뒤부의 족저압의 분포를 중재 전과 중재 후의 차이를 비교하기 위하여 대응 표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였으며, 중재 후 군 간의 차이를 비교하기 위해서 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 모든 자료의 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자 24명을 IASTM 적용 군 12명과 정적 스트레칭 적용 군 12명으로 무작위 배정하였으며, 연구대상자들의 일반적 특성과 임상적 특성은 표 1과 같다.

Table 1. Characteristic of the individuals

	IASTM group (N=12)	Static stretching group (N=12)	p
Age (yrs)	25.17±2.69 ^a	24.42±3.26	.288
Height (cm)	168.75±7.27	169.08±9.03	.338
Weight (kg)	62.33±10.86	62.42±10.07	.621

^aMean±SD, IASTM: Instrument assisted soft tissue mobilization

2. 실험 전과 후 발목관절가동범위 비교

중재 전에 실시한 능동 발목관절 발등 굽힘 검사의 결과는 두 군 간에 차이가 없었다. IASTM 적용 군의 발목관절가동범위는 중재 전 5.75±3.02°에서 중재 후 11.83±3.01°로 증가하였으며, 정적 스트레칭 적용 군에도 중재 전 4.00±2.13°에서 중재 후 10.00±2.29°로 증가하였다. 두 군 모두 통계학적으로 유의한 증가를 보였다($p<.05$)(Table 2, 3). 두 군 간 통계학적 차이는 나타나지 않았다($p>.05$)(Table 4).

Table 2. Comparison of range of motion and plantar foot pressure between before and after within group

	IASTM group (N=12)		p
	Before	After	
ROM	5.75±3.02 ^a	11.83±3.01	.000
PFPD	20.13±8.52	18.78±8.20	.052

^aMean(°)±SD, IASTM: Instrument assisted soft tissue mobilization, ROM: Range of motion, PFPD: Plantar foot pressure difference

3. 실험 전과 후에 발 전후방 정적 족저압의 분포 차

비교

IASTM 적용 군의 발 전후방의 정적 족저압 분포 차이는 20.13±8.52에서 18.78±8.20로, 정적 스트레칭 적용 군의 발앞·뒤부 정적 족저압 차이는 16.34±9.77에서 14.75±8.18로 각각 감소하였으나 IASTM 적용 군과 정적 스트레칭 적용 군 모두 중재 전과 중재 후에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2, 3). 그리고 중재 전과 후에 실시한 두 군 간 발 앞·뒤부의 정적 족저압에는 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 4).

Table 3. Comparison of range of motion and plantar foot pressure between before and after within group

	Static stretching group (N=12)		p
	Before	After	
ROM	4.00±2.13 ^a	10.00±2.29	.006
PFPD	16.34±9.77	14.75±8.18	.056

^aMean(°)±SD, ROM: Range of motion, PFPD: Plantar foot pressure difference

Table 4. Comparison of range of motion and plantar foot pressure between two group

	IASTM group (N=12)	Static stretching group (N=12)
ROM	6.08±.99 ^a	6.00±1.04
PFPD	1.34±2.14	1.59±2.57

^aMean(°)±SD, IASTM: Instrument assisted soft tissue mobilization, ROM: Range of motion, PFPD: Plantar foot pressure difference

IV. 고 찰

본 연구의 목적은 장딴지근이 짧아진 성인을 대상으로 두 가지의 근육이완 방법을 적용한 후 발목관절가동범위와 발바닥 발 앞·뒤부의 정적 족저압에 어떤 변화가 발생하는지 알아보고자 한 것이다. 연구 결과 발목관절의 가동범위는 중재 전에 비하여 중재 후에 IASTM 적용 군과 정적 스트레칭 군 모두에서 유의하게 증가하였으며, 두 군 간 차이는 없었다($p>.05$). 발바닥 발 앞·뒤부의 정적 족저압의 분포 차는 중재 전에 비하여 중재 후에 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며, 두 군 간 차이도 없었다($p>.05$).

위와 같이 본 연구에서 실시한 두 가지 중재방법 모두 발목관절의 가동범위를 유의하게 증가시키는 것으로 확인되었다. 발목관절의 가동범위를 증가시키기 위한

여러 가지 선행 연구들을 살펴보면, 손동욱과 심재훈(2015)은 장딴지근에 정적 스트레칭을 적용하였을 때 시간에 따른 차이는 있지만 관절가동범위가 증가하였다고 보고하였다. 또한 Knight 등(2001)은 발목관절의 발등 굽힘에 제한이 있는 성인을 대상으로 한 연구에서 장딴지근의 정적 스트레칭을 적용한 군과 초음파의 적용 후 스트레칭을 적용한 군을 비교한 결과 스트레칭을 4주를 두고 시행을 했을 경우 모든 적용 방법들이 유의하게 증가하였고, 6주를 두고 시행 할 경우 초음파의 적용 후 스트레칭을 적용하는 방법에서 가장 많이 증가했다고 보고하였다. Kain 등(2011)의 연구에서도 근막이완술을 3분 적용한 그룹과 핫팩을 20분간 적용한 그룹간에 어깨관절의 가동범위에 미치는 영향을 비교하였는데, 그 결과 핫팩을 적용한 것만큼 어깨관절가동범위의 증가에 효과가 있다고 보고 하였다.

김도현 등(2014)은 건강한 성인을 대상으로 한 연구에서 도구를 이용한 연부조직 가동술을 60초간 적용하고 치료 전과 치료 후를 비교하였을 때, 치료 전에 비하여 치료 후에 무릎관절의 가동범위가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서도 IASTM 적용 군과 정적 스트레칭 적용 군에서 발목관절의 가동범위가 각각 6°씩 증가하여 신체부위와 중재방법의 차이는 있지만 그 효과가 다양한 스트레칭을 적용한 선행연구들과 일치하였다.

이와 같은 결과는 IASTM과 정적 스트레칭 모두 장딴지근의 유연성 증가에 효과가 있음을 나타낸다. 반면에 실험 전, 후 발앞·뒤부의 정적 족저압의 분포 차 비교에서는 두 가지 중재방법 모두 통계학적 유의한 차이가 없었는데, 신체는 다양한 보상전략을 통해 균형을 유지하지만 제한된 2분이라는 중재 시간은 신체 전체 균형을 나타내는 발바닥 정적 족저압의 통계학적으로 유의한 차이를 얻을 수 없었을 것이라 생각된다.

본 연구에서는 IASTM과 정적 스트레칭의 적용 시간을 2분으로 하였다. Nakamura 등(2013)의 연구를 살펴보면 통증이 없는 정상남성의 장딴지근에 2분의 적용 시간 동안 대상자에게 적용시간의 차이를 두어 1분, 2분, 3분, 4분, 5분 동안 장딴지근의 스트레칭을 적용한 후 그 효과를 조사하였는데, 그 결과 2분 이상 적용하였을 때 유의한 차이가 나타났다. 따라서 본 연구에서도 IASTM과 정적 스트레칭을 2분 간 적용하였으며, 적용시간을 볼 때 관절가동범위를 증가시킬 수 있는 충분한 시간으로 생각된다.

임상적으로 살펴보면, Macrum 등(2012)의 연구에서 장딴지근의 단축으로 인한 발목관절의 가동범위 감소는 무릎관절의 움직임 증가로 인해 슬개대퇴통증 증후군과

같은 무릎의 손상을 초래할 수 있다고 보고하였으며, 장딴지근이 단축되었을 때 신체 무게 중심은 앞으로 이동하며, 서 있는 자세에서 직립자세를 유지하기 위하여 허리근육이 과활성 되는 보상작용의 원인이 되며, 골반의 앞쪽 기울임을 증가시키거나 허리의 과도한 폼을 증가시켜 허리통증의 원인이 되기도 한다(Page 등, 2010). 그 뿐만 아니라 장딴지근의 신장성 감소는 아킬레스 건 염, 족저근막염 등의 족부 질환을 야기하므로 장딴지근의 유연성 확보가 필수적인 요소일 것으로 생각된다(Johanson 등, 2014). 이와 같이 장딴지근의 단축으로 인해 발생한 무릎통증이나 허리통증, 혹은 기능적 제한이 발생한 경우에 IASTM과 정적 스트레칭은 장딴지근의 유연성을 증가시킬 수 있는 효과적이고 비교적 간단한 중재방법이라고 생각된다.

본 연구에서는 몇 가지 제한점이 있다. 먼저 연구에 참여한 대상자들이 모두 20대 성인들로 구성되어 있어서 연구결과를 바탕으로 다양한 연령대와 증상을 가진 환자들을 대상으로 하는 임상에 일반화시키기에는 어려움이 있을 것이다. 또한 본 연구에서 중재방법으로 사용한 IASTM이나 정적 스트레칭은 2분으로 제한된 적용시간으로 인해 중재 시간이나 기간에 따른 근육이완의 효과를 설명하기 어렵고, 중재 후에 바로 나타나는 즉각적인 효과를 관찰한 연구이기 때문에 그 효과의 유지 여부도 알 수 없을 것이라 생각된다. 따라서 향후 연구에서는 IASTM이나 정적 스트레칭의 적용시간과 기간에 따른 효과의 차이와 장기적인 효과에 대한 연구가 필요하다.

V. 결 론

본 연구에는 장딴지근이 짧아진 성인 24명을 대상으로 두 가지 연부조직 이완 방법이 발목관절의 가동범위와 발바닥 발앞·뒤부 정적 족저압의 차이를 알아보았다. 연구 결과, IASTM을 적용한 군과 정적 스트레칭을 적용한 군에서 모두 발목관절의 가동범위가 유의하게 증가하였으며($p < .05$), 중재 전과 중재 후, 두 군 사이에는 유의한 차이가 없었다($p > .05$).

이러한 결과는 IASTM과 정적 스트레칭 모두 장딴지근의 유연성 증가에 효과적인 중재방법인 것을 의미한다. 따라서 임상에서 장딴지근이 짧아진 환자들을 중재하기 위한 방법으로 IASTM과 같은 효과를 보이면서 치료사의 도움과 도구의 사용없이 적용하기 쉬운 정적 스트레칭을 사용하는 것이 좋은 방법이라 생각된다.

참고문헌

- 김도현, 김태호, 정도영, 등. 글라스톤 기법을 이용한 연부조직가동술과 자가근막이완술이 넙다리뒤근 유연성에 미치는 영향. *J Korean Soc Phys Med*, 2014;9(4):455-463.
- 손동욱, 심재훈. 장딴지근의 근힘줄 조직특성에 대한 정적 스트레칭과 동적 스트레칭의 효과 비교. *한국 신경재활학회지*. 2015;5(1):32-37.
- 이전형, 김기철, 서현규, 등. 만성 요통 환자와 정상 성인의 정적, 동적 족저압 비교 연구. *대한정형도수 물리치료학회지*. 2013;19(1):49-54.
- Bayliss AJ, Klene FJ, Gundeck EL, et al. Treatment of a patient with post-natal chronic calf pain utilizing instrument-assisted soft tissue mobilization: A case study. *J Man Mani Ther*. 2011;19(3):127-134.
- 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 Medicine*. 2011;12(3):362-369.
- Collins N, Teys P, Vicenzino B. The initial effects of a mulligan's mobilization with movement technique on dorsiflexion and pain in subacute ankle sprains. *Man Ther*. 2004;9(2):77-82.
- Fowler S, Wilson JK, Sevier TL. Innovative approach for the treatment of cumulative trauma disorders. *Work*. 2000;15(1):9-14.
- Gehlsen GM, Ganion LR, Helfst R. Fibroblast responses to variation in soft tissue mobilization pressure. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31(4):531-535.
- Hammer WI, Pfefer MT. Treatment of a case of subacute lumbar compartment syndrome using the graston technique. *J Manipulative Physiol Ther*. 2005;28(3):199-204.
- Howitt S, Wong J, Zabukovec S. The conservative treatment of trigger thumb using graston techniques and active release techniques. *J Can Chiropr Assoc*. 2006;50(4):249-254.
- Johanson MA, DeArment A, Hines K, et al. The effect of subtalar joint position on dorsiflexion of the ankle/rearfoot versus midfoot/forefoot during gastrocnemius stretching. *J Sport Rehab*. 2014;35(1):63-70.
- Kain J, Martorello L, Swanson E, et al. Comparison of an indirect tri-planar myofascial release (MFR) technique and a hot pack for increasing range of motion. *J Bodywork Movement Ther*. 2011;15(1):63-67.
- Karas MA, Hoy DJ. Compensatory midfoot dorsiflexion in the individual with heelcord tightness: Implications for orthotic device designs. *J Prosth Orthot*. 2002;14(2):82-93.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise. Foundations and Techniques*. 5th ed. Philadelphia, PA: FA Davis Co. 2007.
- Knight CA, Rutledge CR, Cox ME, et al. Effect of superficial heat, deep heat, and active exercise warm-up on the extensibility of the plantar flexors. *Phys Ther*. 2001;81(6):1206-1214.
- Macrum E, Bell DR, Boling M, et al. Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *J Sport Rehab*. 2012;21(2):144-150.
- Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y, et al. Time course of changes in passive properties of the gastrocnemius muscle-tendon unit during 5 min of static stretching. *Man Ther*. 2013;18(3):211-215.
- Page P, Frank C, Lardner R. *Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The janda Approach*. Human Kinetics. 2010.
- Sahrmann S. *Movement System Impairment Syndromes of the Extremities, Cervical and Thoracic Spines*. Elsevier/Mosby. 2011.
- Vardiman J, 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.