

Original Article

척주세움근의 스트레칭 후 초음파 적용이 정상 성인의 허리 유연성에 미치는 영향

최원제

건강한 움직임연구소

Effects of Ultrasound on the Flexibility of the Waist after Stretching at the Erector Spinae in Normal Adults

Won-jye Choi

Dept. of Physical Therapy, Healthy Movement Lab

ABSTRACT

Background: The purpose of this study was to determine whether applying ultrasound after stretching the erector spinae muscle is an effective method for normal adults as a way to restore reduced back flexibility that causes back pain.

Methods: The study was conducted on 60 healthy volunteers divided randomly into four groups (control group, stretching group, ultrasound group, ultrasound after stretching group). The flexibility-promoting effects were determined by assessing, each group, at the time of treatment, pre and post by modified fingertip to-floor (MFTF) and active straight leg raising (ASLR). The data were analyzed using the two-way ANOVA repeated measure with significant level $\alpha=.05$.

Results: Each group showed statistically significant changes in MFTF distance and ASLR degree. In the post-hoc test about this result, the length of MFTF and degree of ASLR in ultrasound after stretching group increased significantly compared to the others.

Conclusion: The results suggest that using ultrasound after stretching is far more effective in increasing the flexibility of the erector spinae than using stretching or ultrasound intervention.

Key Words:

Erector spinae, Flexibility, Stretching, Ultrasound

I. 서론

허리통증은 현대사회에서 가장 일반적이고 치료 비용이 많이 드는 질병으로 알려져 있으며, 허리와 관련된 손상은 서구화된 산업사회에서 점차적으로 증가하고 있다(Jung과 Lee, 2010). 허리통증의 증가는 허리뼈의 유연성과 근육의 약화를 야기하게 되고, 이는 유연성 감소를 더욱 심화시켜 허리뼈의 관절가동범위를 제한하게 된다(Gill 등, 1988).

유연성이란 동적 또는 정적 상태에서 관절의 가동성, 근육의 굽힘근과 펴힘근의 수축력, 신장력, 탄력성, 점성, 전도성의 능력, 그리고 인대의 탄력성 등에 의하여 움직임 기전을 정확하고 부드럽게 조정하는 능력을 의미한다(Yoo, 2002).

체력의 주요 요인으로 작용하는 유연성은 올바른 자세를 유지 및 개선하며, 상황에 맞는 적절한 동작을 할 수 있도록 해주고 운동 기능을 촉진하여 발달시키는 역할을 하며 일상생활이나 운동수행 중에 발생할 수 있는 상해를 예방할 수 있게 해준다(Lee, 2001).

특히, 현대사회에서 신체 활동이 부족한 청장년층의 신체 안정성과 효율성을 상승시키고 허리통증을 예방하기 위해서 유연성 증진 프로그램이 필수적이다(Kim 2002). 허리의 유연성을 증진하기 위한 프로그램에는 테이핑 기법(Suk 등, 2013), 온열치료(Robertson 등, 2005), 경피신경자극치료(Choi와 Shin, 2009), 스트레칭(Hong 등, 2013), 초음파 치료(Kim과 Jung, 2002) 등이 있다.

스트레칭은 근육을 부드럽게 하고 격렬한 운동에 적용할 수 있는 준비를 하게 해주며, 근육의 신장 범위를 늘리는데 도움이 되는 유연성 운동 중 하나로(Chang 등, 2002), 평소 쓰지 않는 근육을 자극함으로써 유연한 몸 상태를 유지시켜 주는 것은 물론 원활한 혈액순환으로 건강한 삶을 도와주는 필수 요소라고 해도 과언이 아니다. 지속적인 스트레칭은 요통과 허리 부상 위험을 감소시키며 유연한 관절은 허리디스크에 가해지는 충격을 완화시켜 디스크 예방에도 큰 도움을 준다(Kisner와 Colby, 2002).

Hong 등(2013)은 21명의 대학생을 대상으로 한 배부근 스트레칭 운동이 허리 유연성을 증가시킨다고 보고하였고, Gong(2006)은 18세 이상의 성인 남·여를 대상으로 3주간 척주세움근의 스트레칭을 실시한 결과 척추 유연성이 유의하게 증가하였음을 보고하여 스트레칭의 이론적 배경을 지지하였다.

초음파는 1.7~2MHz 이상의 불가청음파로 다른 심부 열

치료기에 비해 조작이 간편하고, 깊은 부위까지 침투가 가능하며, 금속 삽입물이 있는 경우에도 안전하게 사용할 수 있어 임상에서 많이 활용되고 있다(Yang, 2012). 치료적 초음파의 경우 강도와 자극 방식에 따라 온열 효과와 기계적 효과를 나타낸다(Ter Haar, 2007).

치료적 초음파의 온열 효과는 초음파 에너지가 조직을 통과하면서 분자 및 세포의 마찰로 인해 열에너지로 전환되어 조직의 신장성과 탄성 증가에 영향을 주는 것이며(Robertson과 Baker, 2001), 기계적 효과는 초음파가 생체를 투과하는 과정에서 미세진동에 의해 발생하며 세포막 투과성의 증가로 세포의 활동을 자극하고, 단백질 합성 증가와 성장인자의 생성, 섬유모세포의 증식으로 인해 조직의 치유에 효과적으로 작용하는 것으로 알려져 있다(Tsai 등, 2006).

Park 등(2011)은 좌측과 우측의 넓은등근에 초음파를 6주 동안 적용하였을 때 허리 관절가동범위의 변화가 유의하게 증가함을 보고하였고, Yang(2002)은 동결견 환자에게 1MHz, 1.5W/cm² 초음파로 치료한 결과 관절가동범위가 유의하게 증가하였다고 보고하였으며, Jones는 사람의 콜라겐을 적출하여 .6W/cm²로 10분간 초음파를 적용하고 전자현미경으로 관찰한 결과 콜라겐의 길이가 10% 증가하였고 다른 열 치료보다 초음파치료가 구축 조직의 신장에 더 효과적이라고 하였다(Yang, 2012).

다수의 선행 연구를 살펴본 결과 스트레칭 또는 초음파의 적용이 허리 유연성을 증진시키는데 매우 효과적임을 알 수 있었으나, 스트레칭과 초음파를 병행하여 적용한 후 네 군으로 구분하여 세밀하게 허리의 유연성 증진 효과를 비교 분석한 연구는 상대적으로 부족한 실정이다.

이에, 본 연구에서는 척주세움근에 스트레칭 후 초음파를 적용하여 허리의 유연성에 미치는 효과에 대하여 알아보고 허리통증과 상해 예방을 위한 임상 기초 자료를 제공하고자 실시하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구는 00대학교에 재학 중인 정상 성인 남학생에게 본 연구의 취지를 설명하고 자발적으로 참여하겠다고 동의한 대상 60명을 선정하였다. 선정기준은 과거 및 현재 허리의 신경학적 병력이나 통증이 없는 자, 과거에 허리 수술을 받지 아니한 자, 손가락 뺨기 검사에서 19cm를 초과하지 않은 자로 하였다. 선정된 대상자는 15명

씩 대조군, 스트레칭군, 초음파군, 스트레칭 후 초음파군으로 무작위 배정하였다

연구 기간은 2019년 11월 11일 12시간에 걸쳐 진행되었으며, 측정실의 실내 습도는 50~60%, 실내 온도는 24~27°C로 유지하였다.

2. 연구 방법

1) 스트레칭

척주세움근의 능동 스트레칭은 대상자를 엉덩이가 의자 끝에 닿도록 반듯하게 앉힌 후 허리부터 천천히 숙여서 고개가 무릎에 닿을 때까지 숙이고 손은 바닥에 닿도록 하고 완전히 숙인 상태에서 30초간 유지하도록 하였다.

다시 서서히 처음 자세로 돌아간 후 그 자세로 10초간 유지하였으며, 10회 반복하도록 하였다(Kim과 Jung, 2002).

2) 초음파 적용

초음파 적용 자세는 대상자를 치료용 침대에 편안하게 옆드리게 한 다음 적용 부위를 노출시키고 적용 중 대상자의 척주세움근의 긴장을 최대한 감소시키기 위하여 복부에 수건을 넣고 실시하였다.

초음파 기기(US-700, ITO, Japan)의 적용 방법은 대상자의 허리 부위 양쪽으로 각각 5분씩 나누어 1MHz, 1.5W/cm²의 강도로 척주세움근의 방향을 따라 2.5cm/sec의 속도로 전파 매질을 사용하여 변환기를 움직여 접촉 이동법(stroking technique)으로 적용하였다(Lee와 Yoon, 2003).

3) 스트레칭 후 초음파 적용

각각의 스트레칭과 초음파의 적용 방법은 위의 방법과 동일하며, 스트레칭 5분 뒤 초음파를 적용하였다.

4) 대조군 휴식

대조군은 실험 전 신체 활동 유무 및 종류와 관계없이 무릎 구부려 누운 자세에서 20분간 침상에 누워 안정을 취해 동일한 조건을 갖도록 하였다(Yang, 2012).

3. 평가 방법

1) 손가락 바닥 닿기 검사

척주세움근의 유연성 측정은 손가락 바닥 닿기(modified fingertip-to floor, MFTF) 검사 방법으로 측

정하였다(Oh 등, 2004).

발 모양이 그려진 높이 40cm의 탁자 위에 양말을 벗고 올라가 발 모양 위에 똑바로 서게 한 후 무릎관절을 완전 편한 자세를 유지하도록 하였다. 시작 자세는 골반의 중립 자세를 취하고 두 발을 붙이고 무릎은 곧게 편 상태로 양발을 편안하게 이완하고 시선은 전방을 주시한 상태로 하였다(Waddell 등, 1992). 이후 두 손의 중지가 발가락으로 향하도록 몸통을 최대한 앞으로 굽힘 하였을 때 중지의 끝과 발판 바닥까지의 거리를 최소 단위가 cm인 줄자로 측정하였다(Friedrich 등, 1998).

이때, 중지가 탁자의 발판 밑으로 내려가면 +값을 주었고, 발판에 미치지 못하면 -값을 주었다. 아무런 처치를 하지 않은 대조군은 휴식 전, 후 MFTF 거리를 측정하였고, 나머지 군은 각각의 적용 방법 전, 후 MFTF 거리를 측정하였다. MFTF 거리는 3회씩 측정하여 평균값을 취하였다.

2) 능동하지직거상 검사

능동하지직거상(active straight leg raising: ASLR)검사는 허리 유연성과 허리의 기능적 활동에 영향을 미치는 넵다리뒤근의 단축 유무 및 치료 효과를 평가하는 대표적인 방법으로(Hägglund 등), 대상자의 무릎을 완전히 펴 상태에서 엉덩관절을 능동적으로 굽힘 시킬 때 넵다리 뒤부부분에서 통증이 느껴지는 지점을 구두로 표현하게 하였다. 검사자는 통증이 느껴지는 지점에서 최대 굽힘 각도를 디지털 듀얼 경사계(Dualer IQ Digital Inclinator, J-Tech™, USA)를 사용하여 측정하는 방법으로 3회 측정하여 평균값을 취하였다(Oh, 2013). 대조군은 휴식 전, 후 ASLR 각도를 측정하였고, 나머지 군은 각각의 적용 방법 전, 후 ASLR 각도를 측정하였다.

4. 분석 방법

본 연구는 SPSS Statistics Ver. 18.0을 이용하여 통계 처리하였다. Shapiro Wilk 검정을 이용하여 정규성을 검정하였다. 측정 시기 및 중재 군에 따른 차이는 이요인 반복측정 분산분석(two-way ANOVA repeated measure)을 사용해 검정하였다. 사후 검정은 Tukey 방법으로 실시하여 중재 간 차이를 구별하였으며, 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자의 일반적 특성은 표 1과 같고 군 간 유의한 차이는 없었다($p>.05$).

Table 1.
General characteristics of the subjects

Groups	CG (n=15)	SG (n=15)	UG (n=15)	USG (n=15)	F
Age (yrs)	23.27± 2.96 ^a	22.53± 2.33	23.20± 2.48	22.93± 2.28	.257
Height (cm)	177.07± 6.21	178.00± 6.13	177.40± 5.77	175.13± 4.97	.692
Weight (kg)	67.33± 10.63	69.00± 9.71	69.33± 10.27	67.53± 10.98	.143

^aMean±SD, * $p<.05$, CG: Control group, SG: Stretching group, UG: Ultrasound group, USG: Ultrasound+Stretching group

2. MFTF 거리의 변화

군 간 시기에 따른 MFTF 거리 변화에서 시간과 군 간 교호작용이 나타나 시간에 따른 군 간 MFTF 거리에 유의한 차이가 있었으며($p<.001$), 사후 검정 결과 대조군과 스트레칭군, 대조군과 스트레칭 후 초음파군에서 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 2).

Table 2.
MFTF variation according to intervention

Groups	CG (n=15)	SG (n=15)	UG (n=15)	USG (n=15)
Pre	-8.87± 7.67 ^a	-10.21± 6.45	-8.92± 8.38	-9.70± 6.79
Post	-8.50± 6.27	4.93± 4.27	.46± 7.11	8.49± 4.63
F	Time: 165.656*** Group: 21.932** Time×Group: 3.645***			
Post Hoc	Control-Stretching Control-Ultrasound after stretching			

^aMean(cm)±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$, CG: Control group, SG: Stretching group, UG: Ultrasound group, USG: Ultrasound+Stretching group

3. ASLR 각도의 변화

군 간 시기에 따른 ASLR 각도 변화에서 시간과 군 간 교호작용이 나타나 시간에 따른 군 간 ASLR 각도에 유의한 차이가 있었으며($p<.01$), 사후 검정 결과 대조군과 스트레칭 후 초음파군에서 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 3).

Table 3.
ASLR variation according to the intervention

	CG	SG	UG	USG
Pre	66.53±5.74 ^a	67.20±6.51	66.96±6.27	66.78±5.06
Post	66.36±6.61	73.62±8.07	71.44±7.69	77.76±4.35
F	Time: 34.032*** Group: 3.207* Time×Group: 6.167**			
Post Hoc	Control-Ultrasound after stretching			

^aMean(°)±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$, CG: Control group, SG: Stretching group, UG: Ultrasound group, USG: Ultrasound+Stretching group

IV. 고 찰

유연성은 신체 관절의 가동범위를 나타내는 용어로 관절 주위의 인대, 건, 근 기능에 따라 달라지고, 인간 생체 역학적으로 정확하고 부드러운 움직임을 가능하게 하는 능력을 의미한다(Anderson과 Burke, 1991).

이러한 유연성은 일상생활 활동 중에 발생할 수 있는 상해를 예방하는 데 있어 매우 중요한 역할을 하기 때문에(Han과 Kim, 1998), 본 연구에서는 척주세움근에 스트레칭 후 초음파 적용이 허리 유연성에 미치는 효과를 분석하였다.

MFTF 검사는 척주세움근과 넙다리뒤근의 신장성 및 엉덩관절의 유연성을 평가하는 방법으로 알려져 있다(Gauvin 등, 1990). 군간 측정 시기에 따른 MFTF 거리 변화를 분석한 결과, 시간과 군 간의 교호작용이 있는 것으로 나타났으며($p<.001$), 사후 검정 결과 스트레칭 후 초음파를 적용한 군이 다른 군에 비해 MFTF 거리 증가에 더 효과적이었다.

Kim 등(2002)은 남·여 대학생의 척주세움근에 스트레

칭을 30초간 10회 적용한 결과 MFTF 거리가 유의하게 증가됨을 보고하였고, Yi와 Cho(2004)는 150명의 대학생을 대상으로 척주세움근에 4일 동안 스트레칭을 적용한 결과 몸통 굽힘 운동범위가 유의하게 증가한다고 하였으며, Yang(2012)은 척주세움근에 1MHz, 1.5W/cm²로 초음파를 3분씩 적용한 결과 MFTF 거리가 대조군보다 유의하게 증가하였다고 본 연구 결과와 유사한 결과를 보고하였다.

스트레칭은 신경 자극 전도율을 상승시키며 중심 온도 및 관절가동범위를 증가시키고(Taylor 등, 1990), 근육에 1MHz의 초음파 적용은 근육 내 조직 온도의 상승이 유발된다(Ko와 Kim, 1993). 조직 온도 상승은 혈관의 확장을 유도하여 운동 후 발생할 수 있는 부산물을 제거할 수 있는(Weber와 Brown, 1996) 이론적 배경이 본 연구 결과를 지지하고 있다.

ASLR 검사는 골반을 통하여 부하의 기능적 이동 능력의 평가에 사용되며, 허리 골반 통증과 건강한 사람을 구별하는데 사용된다(Teyhen 등, 2009). 군 간 측정 시기에 따른 ASLR 각도의 변화를 분석한 결과 시간과 군 간의 교호작용이 있는 것으로 나타났으며(p<.01), 사후 검정 결과 스트레칭 후 초음파를 적용한 군이 다른 군에 비해 ASLR 각도 증가에 더 효과적이었다.

본 연구와 적용 부위에서는 차이가 있었으나, Kwon 등(2010)은 20대 정상 성인의 경부에 스트레칭을 적용한 결과 경부의 모든 관절가동범위의 유의한 증가가 나타났다고 하였고, Van Looke 등(2008)은 스트레칭 동안 근긴장도의 점진적인 감소가 나타난다고 하였으며, Sharman 등(2006)은 이를 통해 탄력성 조직의 활동을 허용하여 근육의 길이를 길어지게 한다고 하였다.

Usuba 등(2006)은 조직을 통과하는 초음파 에너지는 분자의 마찰에 의해 열에너지로 전환되며, 특히 관절 구축 부위의 초음파 적용은 온열 효과에 의해 관절가동범위의 회복을 유도한다고 하여 본 연구 결과를 지지하고 있다.

이와 같은 연구 결과는 스트레칭 후 초음파 적용이 척주세움근의 유연성 증가에 효과적임을 나타내는 것이지만, 대상자의 성별과 연령대가 매우 한정적이고, 중재 방법 적용 횟수가 일회뿐이고, 개개인에게 영향을 미칠 수 있었던 신체 상태, 심리 상태, 영양상태, 생활 습관, 체중 관련 변수를 완벽하게 통제하지 못한 제한점이 있었기 때문에 모든 대상자에게 일반화하기에는 어려움이 따를 것이라고 생각한다.

V. 결론

본 연구는 척주세움근의 스트레칭 후 초음파 적용이 허리 유연성에 미치는 영향을 알아보고자 60명의 정상 성인을 무작위로 네군으로 나누어 MFTF 거리와 ASLR 각도를 실험 전과 후에 측정하였다.

MFTF 거리는 대조군에 비해 스트레칭군과 스트레칭 후 초음파군이 더 유의하게 증가하였고(p<.05), ASLR 각도는 대조군에 비해 스트레칭 후 초음파군이 더 유의하게 증가하였다(p<.05).

이와 같은 결과는 스트레칭이나 초음파를 단독으로 이용하여 정상 성인 남성의 척주세움근 유연성 획득보다는 스트레칭 후 초음파 적용이 더 효과적이라는 것을 나타낸다. 임상에서 척주세움근 유연성 증가 또는 통증 예방을 위하여 초음파를 적용할 때, 초음파 적용 전 본 연구에서 제시하였던 스트레칭 기법을 병행하는 것이 더 효과적이라고 생각된다.

추후 연구에서는 본 연구의 제한점을 보완하고, 일회성 중재가 아닌 일정 기간 중재 후 또는 초음파 강도 변수 등을 다양화하여 결과를 도출할 수 있도록 하고, 다양한 측정 방법과 적용 기법을 병행한 연구가 진행되어야 할 것이라고 생각된다.

참고문헌

- Anderson B, Burke ER. Scientific, medical, and practical aspects of stretching. *Clin Sports Med.* 1991;10(1):63-86. [https://doi.org/10.1016/s0278-5919\(20\)30658-x](https://doi.org/10.1016/s0278-5919(20)30658-x).
- Chang CH, Jeong DH, Park RJ. A review of conception and developmental process of stretching in sports physical therapy. *J Kor Phys Ther.* 2002;14(4):423-440.
- Choi WH, Shin WT. The effect of the application of electrical stimuli and ultrasound on muscle performance and pain in patient with chronic low back pain. *Korean J Sport Sci.* 2009;18(4):911-918.
- Friedrich M, Gittler G, Halberstadt Y, et al. Combined exercise and motivation program: Effect on the compliance and level of disability of patients with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Arch*

- Phys Med Rehabil. 1998;79(5):475-487. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(98\)90059-4](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(98)90059-4).
- Gauvin MG, Riddle DL, Rothstein JM. Reliability of clinical measurements of forward bending using the modified fingertip-to-floor method. *Phys Ther.* 1990;70(7):443-447. <https://doi.org/10.1093/ptj/70.7.443>.
- Gill K, Krag MH, Johnson GB, et al. Repeatability of four clinical methods for assessment of lumbar spinal motion. *Spine.* 1988;13(1):50-53. <https://doi.org/10.1097/00007632-198801000-00012>.
- Gong WT. The effects of back muscle stretching and abdominal muscle strengthening exercises on the flexibility of spinal column of normal adults. *Korean J Orthop Manu Ther.* 2006;12(1):1-15.
- Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA injury study. *Am J Sports Med.* 2013;41(2):327-335. <https://doi.org/10.1177/0363546512470634>
- Han SW, Kim YN. Efficient stretching methods: A review. *J Kor Phys Ther.* 1998;5(3):675-689.
- Hong KH, An JH, Yoo SW, et al. The impact of abdominal muscle strengthening exercises, back muscle stretching and multi-training on the lumbar flexibility of 20s adults. *The Journal of Korean Society of Community Based Occupational Therapy.* 2013;3(2):57-65.
- Jung YW, Lee WH. How to effects of manual therapy: Chronic low back pain patients. *Korean J orthop Manu Ther.* 2010;16(1):50-56.
- Kim SK. Effects of stretching and ultrasound on the extensibility of back extensors in university students. *Research On Physical Fitness.* 2002;25(2):89-100.
- Kim SK, Jung DH. Effect of ultrasound on the stretching for extensibility of back extensors. *Journal of Korea Sport Research.* 2002;13(2):687-698.
- Kim YB, Jeong DH, Yoon YB. Effects of stretching and deep friction massage on the extensibility of back tenensors in healthy subjects. *KSR.* 2002;25(1):47-59.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques.* FA Davis. Philadelphia. 2002.
- Ko HY, Kim KS. Tissue temperature change according to ultrasound application techniques. *J of Korean Acad of Rehab Med.* 1993;17(1):76-80.
- Kwon WA, Kim DD, Lee JH. The effects of massage and static stretching on cervical range of motion in their 20s of normal adult. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society.* 2010;11(11):4346-4353. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.11.4346>
- Lee GB. Relationships between some anthropometric variables and flexibility types of trunk-hip joints. *Korean journal of physical education.* 2001;40(4):1039-1053.
- Lee JW, Yoon SW. The change of pressure pain threshold of myofascial trigger points by ultrasound application method. *J Kor Acad Clin Elec.* 2003;1(2):61-68.
- Oh HS, Lee GH, Oh DW. Effects of static stretching and deep transverse friction massage on the extensibility of back extensors in university students. *Journal of Korea Sport Research.* 2004;15(3):1581-1594.
- Oh YT. Effect of hold-relax technique for college students with hamstring shortening. *J Korean Soc Phys Med.* 2013;8(3):433-441. <https://doi.org/10.13066/kspm.2013.8.3.433>
- Park JS, Lee JW, Lee JY. The effects of IFC and ultrasound on the ROM and pain in Patients with chronic back pain. *J Kor Acad Clin Elec.* 2011;9(1):23-28. <https://doi.org/10.5627/KACE.2011.9.1.023>
- Robertson VJ, Baker KG. A review of therapeutic ultrasound: Effectiveness studies. *Phys Ther.* 2001;81(7):1339-1350. <https://doi.org/10.1093/ptj/81.7.1339>.
- Robertson VJ, Ward AR, Jung P. The effect of heat

- on tissue extensibility: A comparison of deep and superficial heating. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(4):819-825. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.07.353>.
- Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: Mechanisms and clinical implications. *Sports Med.* 2006;36:929-939. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636110-00002>.
- Suk BK, Oh JW, Lee SJ, et al. The effect of pilates and taping on flexibility and muscle strength of low back. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine.* 2013;1(1):23-31. <https://doi.org/10.15268/ksim.2013.1.1.023>
- Taylor DC, Dalton JR JD, Seaber AV, et al. Viscoelastic properties of muscle-tendon units: the biomechanical effects of stretching. *Am J Sports Med.* 1990;18(3):300-309. <https://doi.org/10.1177/036354659001800314>.
- Ter Haar G. Therapeutic applications of ultrasound. *Prog Biophys Mol Biol.* 2007;93(1-3):111-129. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.07.005>.
- Teyhen DS, Williamson JN, Carlson NH, et al. Ultrasound characteristics of the deep abdominal muscles during the active straight leg raise test. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(5):761-767. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.11.011>.
- Tsai WC, Pang JH, Hsu CC, et al. Ultrasound stimulation of types I and III collagen expression of tendon cell and up regulation of transforming growth factor beta. *J Orthop Res.* 2006;24(6):1310-1316. <https://doi.org/10.1002/jor.20130>.
- Usuba M, Miyanaga Y, Miyakawa S, et al. Effect of heat in increasing the range of knee motion after the development of a joint contracture: An experiment with an animal model. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(2):247-253. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.10.015>.
- Van Loocke M, Lyons CG, Simms CK. Viscoelastic properties of passive skeletal muscle in compression: Stress-relaxation behaviour and constitutive modelling. *J Biomech.* 2008;41(7):1555-1566. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.02.007>.
- Waddell G, Somerville D, Henderson I, et al. Objective clinical evaluation of physical impairment in chronic low back pain. *Spine.* 1992;17(6):617-628. <https://doi.org/10.1097/00007632-199206000-00001>.
- Weber DC, Brown AW. Physical Agent Modalities, in: *Physical Medicine and Rehabilitation.* W.B. Saunders. Philadelphia. 1996.
- Yang HS. Comparison of the effect in ROM increase and pain reduction on stretching during ultrasound treatment in patients with frozen shoulder. *J Kor Phys Ther.* 2002;10(1):129-137.
- Yang SH. The effects of ultrasound in lower lumbar muscles stretch. *Journal of KOEN.* 2012;6(2):107-112.
- Yi SJ, Cho MS. Flexibility of trunk forward bending by stretching exercise. *J Dent Hyg Sci.* 2004;10(2):221-226.
- Yoo KT. The comparison of the time effect between hot pack and static stretching exercise for lumbar flexibility. *J Kor Phys Ther.* 2002;9(4):35-44.
- 논문접수일(Date received) : 2023년 11월 17일
논문수정일(Date Revised) : 2023년 11월 25일
논문게재확정일(Date Accepted) : 2023년 12월 14일