

냉온처치가 20대 만성요통환자의 고유수용성감각과 근활성도에 미치는 영향

우보영, 김민지, 김효정, 박진옥, 박찬규, 이찬호, 정소희, 황동우, 손호희*

부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

Effect of Cold and Hot Intervention on Proprioception and Muscle Activity in 20's Chronic Low Back Pain Patients

Bo-Young Woo, Min-Ji Kim, Hyo-Jeong Kim, Jin-Ok Park, Chan-Kyu Park,
Chan-Ho Lee, So-Hee Jeong, Dong-Woo Hwang, Ho-Hee Son*

Dept. of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Purpose The Purpose of this study was to investigate the effects of cold and hot intervention on proprioception and muscle activity in low back pain patients. **Methods** The intervention was applied to the lumbar joint for 15 minutes and repositioning test was inspected at 30° and 60° trunk flexion to measure the proprioception. In addition, muscle activity was measured at 30° with EMG. All measurements and tests were implemented before and after the intervention. **Results** The results showed that repositioning error was significant only in the 30° trunk flexion posture of the hot intervention group. In the case of muscle activity, the muscle activity increased in the hot intervention group and the muscle activity decreased in the cold intervention group. **Conclusion** In this study cold and hot intervention did not affect the proprioception. In the case of cold intervention, the muscle activity was decreased, but the joint may become stiff and there is a risk of injury. In the case of hot intervention, the muscle activity is increased. But according to the preceding articles, after the long-term hot intervention, the decrease in muscle activity can be predictable. This may be helpful in decreasing the muscle activity of back pain patients who have more muscle activity than normal people due to the presence of maladaptive muscle guarding to protect the spine.

Key words Low back pain, Proprioception, Muscle activity, Cryotherapy, Thermotherapy

Corresponding author Ho-Hee Son (sonhh@cup.ac.kr)

Received date 15 May 2018

Revised date 04 June 2018

Accepted date 23 June 2018

1. 서론

요통은 임상에서 가장 쉽게 접할 수 있는 근골격계 질환으로 80% 이상의 사람들이 살면서 요통을 한 번씩은 경험하게 되고, 이 중에 회복이 되지 않은 15% 정도의 사람들이 만성 요통을 겪는다.¹⁾ 만성적인 요통은 허리의 운동 범위를 제한시키고 몸통의 유연성과 근력, 지구력의 저하를 가져와 일상생활을 수행하는데 많은 문제를 일으킨다.²⁾ 만성 요통의 경우 관절 주위의 신경근 조절 능력이 감소하고 고유수용감각체계의 결손으로 인하여 관절의 불안정성(instability)을 유발하게 된다.³⁾

고유수용성감각은 근방추, 골지건 기관, 관절이나 관절낭, 인대에 분포하는 기계적 수용기에 의해 시각적 정보 없이 신체 부위의 공간적 위치 혹은 움직임에 감지하는 무의식적인 감각정보이다.⁴⁾ 요통 환자의 경우 고유수용감각 결손으로 인한 신경근

조절 능력이 상실되어 관절의 기능적 불안정성이 유발되어 재손상의 주요 요인으로 작용하고 있으며,⁵⁾ 육군창(2007)의 연구에 의하면 만성요통환자는 체간 위치 감지력 저하와 근육의 안정화가 떨어져 고유수용성감각이 저하되어 있다고 하였다.

또한, 만성요통환자는 근육의 이완이 지연되는 현상으로 인해 안정 시 허리뼈 주위근(가장긴근, 허리엉덩갈비근 등)의 근활성도가 증가되어 있으며 요통 환자의 30~60%는 정상인에서 보이는 체간 굽힘 이완 현상이 나타나지 않는다.⁷⁾ 체간 굽힘 이완 현상이란, 정상인이 체간을 굽힘 시킬 때 허리뼈 주위근의 신장성 수축으로 근전도 신호가 증가되다가 체간 굽힘이 증가되면서 점차 근전도 신호가 감소하여 끝 범위까지 체간을 굽힘 시키면 허리뼈 주위근이 현저하게 이완되는 현상이다.⁸⁾ 요통 환자는 정상인에 비해 물건 들기, 물건 놓기, 일어서기, 앉기, 계단 오르기를 할 때 모든 동작에서 가장긴근(longissimus), 허리엉덩갈비근(iliocostalis lumborum), 뭇갈래근(deep mulifidus)

doi : <http://dx.doi.org/10.17817/2018.06.04.111268>

의 근활성도가 더 증가되어있다.⁹⁾

요통을 관리하기 위한 치료법은 비수술적 치료로는 침상안정, 생활 스타일 변경(체중 감소, 금연, 운동 프로그램), 열 또는 한랭 치료가 있다.¹⁰⁾ 한랭과 온열은 일상생활에서 누구나 쉽게 적용할 수 있으며 안전하면서 비침습적 치료로 비용 면에서도 저렴하다. 일반적으로 급성 및 아급성 손상 시에는 한랭 치료를, 만성 손상에는 온열 치료를 주로 사용한다.¹¹⁾

손상된 조직에 온열치료를 하는 것은 통증과 근육의 경련을 감소시키기 위해 오래전부터 사용되어 왔다. 온열의 생리적 효과는 통증을 감소시키며, 혈류를 증가시키고 조직의 치유를 증진시키며, 근육을 이완시킨다.¹²⁾ 열의 국소적용은 근방추 자극역치를 낮추고 감마 날신경섬유 발화율을 낮추어 근육을 이완시킬 수 있는데, 이것은 근방추가 쉽게 흥분한다는 것을 뜻하며, 결론적으로 근육은 열이 적용되는 동안 아무런 자극이 없으면 근전도상 반응이 없는 상태로 있을 수 있지만 아주 약간의 수의적 또는 수동적 운동이 일어난다면 날신경섬유 흥분을 일으켜 근육의 수축이 증가하게 된다.¹³⁾

냉처치의 목적은 신체의 열을 억제하여 조직의 온도를 낮추는 역할을 하며,¹⁴⁾ 조직의 온도, 대사과정, 염증, 통증, 순환, 조직의 경직, 근경련, 지연성 근통증 등을 감소시키기 위해 일반적으로 사용되고 있다.¹⁵⁾ 냉의 국소적용은 국소 신경 활동을 감소시키며, 냉에 의해서 냉각이 일어나면 고리나선 신경종말과 꽃술 신경종말, 그리고 골지힘줄기관 신경종말의 모든 발화율이 느려지며 실제로 냉각은 들신경 활동률을 감소시키고 근긴장은 높이며 결론적으로 냉은 근방추의 자극역치를 높여서 근활성을 감소시킨다.¹⁶⁾

선행 논문의 연구에 따르면 슬관절의 냉온처치 시 고유수용성감각 수용기에 영향을 미치며 운동 손상 예방과 재활치료에 효과적인 치료 방법으로 제시할 수 있을 것 같다고 발표했다.¹⁷⁾ 지금까지 온열과 한랭의 적용에 따른 신경생리학적 연구는 많이 있지만 만성요통환자를 대상으로 하여 허리의 냉온처치에 따른 고유수용성감각과 근활성도에 미치는 영향에 대한 연구는 아직까지 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 만성 요통으로 인한 허리의 고유수용성감각의 저하와 근활성도의 이상이 냉온처치로 인해 변화가 있는지 알아보기 위해 실시하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 부산시 C대학교에 재학 중인 대학생 30명을 무선 표집하여 측정하였다. 실험 전 연구대상자들에게 연구의 목적 및 과정에 관한 설명을 한 후 동의를 받아 연구를 실

Table 1. General characteristics of subjects

	Group I (hot)	Group II (ice)
sex(male/female)	4/11	6/9
age(y)	22.07±1.22	21.93±1.16
height(cm)	162.1±9.30	163.42±5.65
weight(kg)	52.8±8.63	56.4±9.19
Visual Analog Scale	6.19±0.94	6.32±0.82
	(mean±SD)	

시하였다. 대상자 30명 중 중재 방법에 따라 무작위로 냉처리군과 온처리군으로 나누었다. 본 연구에 참여한 연구대상자의 신체적 특징은 (Table 1)과 같다.

1) 참여기준

- (1) 만성적으로 3개월 이상 허리에 통증을 호소하는 VAS(Visual Analog Scale) 수준 4이상인 자
- (2) 20~25세인 자
- (3) 선 자세에서 극심한 통증을 느끼지 않고 허리 굽힘과 폼을 할 수 있는 자

2) 제외기준

- (1) 최소 6개월 이상 외과적 수술을 한 병력이 없는 자
- (2) 전정기관에 문제가 있거나 신경손상이 있는 자

2. 연구내용 및 절차

본 연구는 실험실 내의 실내온도 18.8°C를 유지한 상태로 온열과 한랭 처치를 실시하였으며 실험 절차는 (Figure 1)과 같다.

1) 중재 방법

(1) 냉 적용

냉처치는 1kg의 아이스를 수건 한 장으로 감싸 만든 아이스팩(ice pack)을 이용하여 허리관절에 15분간 처치를 한 후,¹⁷⁾ 허리관절의 표면 온도를 측정하였다. 허리관절의 평균 표면온도는 적외선온도계(성광, TM330)를 이용하여 측정하였으며, ice pack 적용 시 22.23±1.75°C, 무처리 시 33.01±1.24°C를 유지하였다.

(2) 온 적용

온처치는 전기핫팩을 이용하여 허리관절에 15분간 적용하였으며, 온도 측정 방법은 냉처치와 같다. 이때핫팩(hot pack) 적용 시 36.99±1.40°C를 유지하였다.

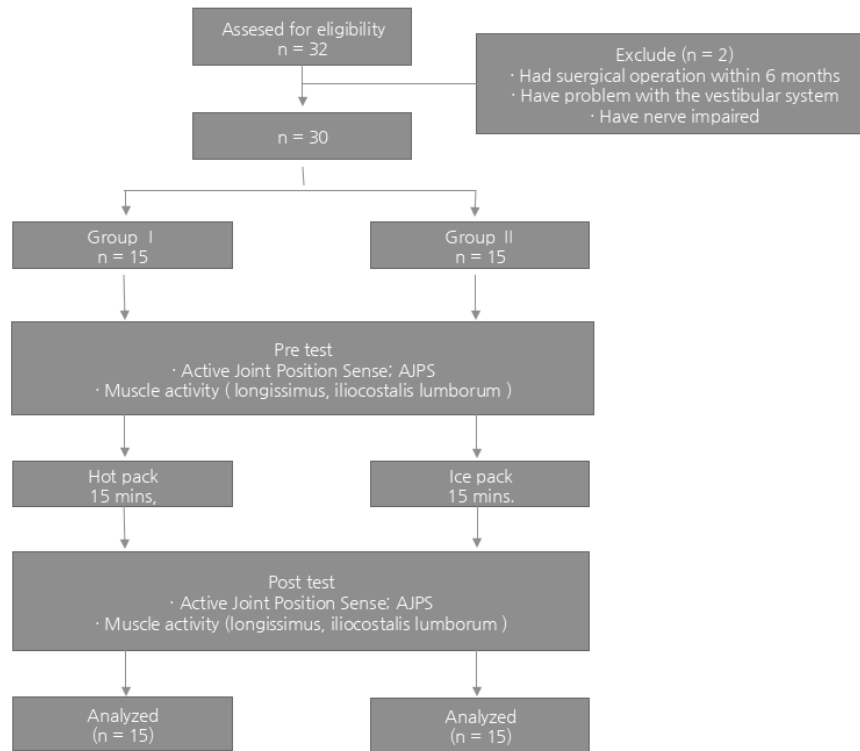


Figure 1. Flow diagram of the study

2) 측정 방법

(1) 재위치오류(reposition error) 측정

능동적으로 관절의 위치각각을 정확히 재현할 수 있는 능력을 알아보는 검사로써 허리굽힘 목표각 30°, 60°를 각각 재현하도록 하였다. 대상자에게 바로 선 자세에서 눈을 감은 후 허리 굽힘 30°의 위치를 5초간 알려주었다. 그 다음 다시 눈을 감은 채로 그 각도에 위치하도록 지시하여 오차를 측정하였다.⁶⁾ 허리 굽힘 60°도 같은 방법으로 실시하였으며 모두 3회 측정하여 평균값을 사용하였다. 측정 자세는 (Figure 2)와 같다.

(2) 근활성도 측정

냉온처치 전후의 근활성도를 비교하기 위하여 가장긴근

(longissimus)과 허리엉덩갈비근(iliocostalis lumborum)의 근전도를 측정한다. SENIAM 지침에 따라 전극을 배치하였으며,¹⁹⁾ 가장긴근에 대한 전극은 허리뼈 2번 높이에서 근육 섬유 방향과 평행하게하여 가시돌기로 부터 30mm 가쪽 지점에 부착하였다. 허리엉덩갈비근의 경우 전극은 허리뼈 2번의 높이에서 위뒤엉덩뼈가시(posterior superior iliac spine)으로 부터 손가락 한마디 정도의 거리와 갈비뼈의 가장 하부의 지점에 전극을 부착한다. 각 근육의 활동전위를 표준화하기 위하여 최대 등척성 수축운동(MVIC)을 사용한다. 최대등척성 수축을 위한 근력자세는 팔과 다리를 30°정도 들게 하여 슈퍼맨 자세에서 30초간 유지하도록 실시한다(Figure 3). 처치 전후의 근전도 비교자세는 30° 허리를 숙인 자세에서 30초간 측정한다. 전기

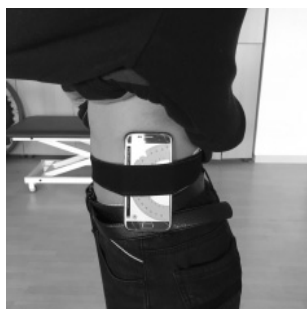


Figure 2. Starting position



Figure 3. Left : EMG pad attachment, Right : superman position for MVIC

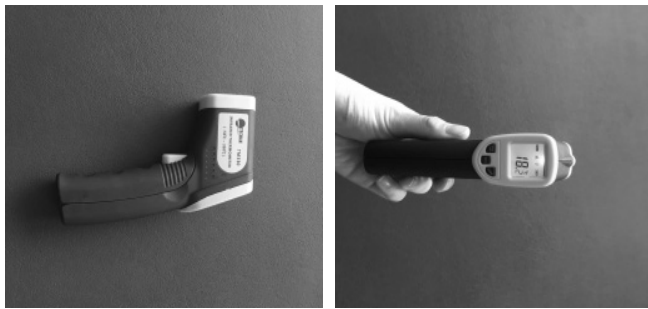


Figure 4. Infrared Thermometer

적 잡음을 최소화 하기 위해 움직임을 제한하지 않는 하에 피부에 테이프로 전극을 고정한다.

3. 측정도구

- 1) 적외선온도계(성광, TM330) : 무처치 시 온도와 냉온처치 후의 온도를 측정하기 위하여 적외선 온도계로 허리부위에서 2cm 간격을 두고 온도를 잰다 (Figure 4).
- 2) surface EMG : 근육의 근 활성도를 보기 위해 근전도 4채널 (LAXTHA Inc, LXM3204)를 사용하였다. 전극 부착부위를 알콜솜으로 닦아 피부저항을 감소시켰고 전극을 부착한다. 시작과 끝부분에서 오차를 줄이기 위하여 처음 5초와 마지막 5초를 제외한 측정값을 사용하여 근전도값을 분석한다. 표면근전도 표본 추출률은 521.4Hz 이었으며, 60Hz 노치필터와 5~500Hz 밴드패스필터를 사용한다. 수집된 신호는 RMS(Root Mean Square)로 처리 분석한다 (Figure 5).
- 3) 안드로이드 각도기 어플(Smart Tools co, 1.44ver, Republic of Korea) : 관절위치각 측정 시 각도계는 안드로이드폰의 각도기 어플을 사용하고 허리띠는 배꼽위치에 하여 측정한다 (Figure 6).

4. 자료처리 및 평가방법

본 연구에서 얻어진 모든 자료는 윈도우용 SPSS ver 21.0 통계프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 모든 데이터는 정규성을 만족하여 모수적 검정방법을 사용하였으며, 처치방법에 따른 차이를 검증하기 위해 대응표본-t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 유의수준은 0.05로 설정하였다.



Figure 5. surface EMG

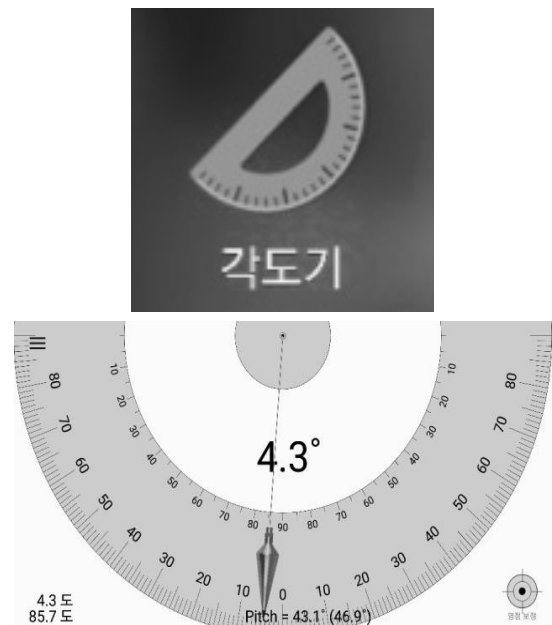


Figure 6. Protractor application

III. 결과

1. 처치방법에 따른 관절위치각

목표각에 대한 오차들을 절대값으로 바꾼 후 얻은 재위치 오류 각도의 평균과 표준편차는 (Table 2)와 같다.

Table 2. Comparison of reposition errors for each group

	variables	pre	post	post-diff.	t	p
30°	Group I (Hot)	9.64±7.99	10.26±9.02	.62	.233	.819
	Group II (Ice)	11.44±5.18	6.85±4.98	-4.59	-2.494	.026*
60°	Group I (Hot)	4.83±5.78	5.72±5.43	.89	.556	.587
	Group II (Ice)	8.05±9.19	4.62±3.79	-3.42	-1.444	.171

(mean±SD, *p<.05)

- 1) 처치방법 간 관절위치감각 30° 결과 : 관절위치감각 30°에 대한 차이를 비교 분석 한결과 온처치 시에만 통계적으로 유의한 결과가 나타났다.
- 2) 처치방법 간 관절위치감각 60° 결과 : 관절위치감각 60°에 대한 차이를 비교 분석한 결과 처치방법간에 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 처치방법에 따른 근활성도 결과

- 1) 처치방법 간 가장긴근 근활성도 결과 : 온처치와 냉처치 시 가장긴근의 처치 전후 근전도 차이는 유의하게 있었으며 온처치의 경우 처치 후 근활성도가 높아졌고 냉처치의 경우 처치후 근활성도가 낮아졌다.
- 2) 처치방법 간 허리엉덩갈비근 근활성도 결과 : 온처치 시 허리엉덩갈비근의 처치 전후 근활성도가 높게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 냉처치 후에도 근활성도가 낮게 나타났지만 유의한 차이는 없었다. (table 3)

IV. 고 찰

이 연구는 만성요통환자에게 냉온의 적용이 허리 관절의 위치감각에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 실시하였다. 20대의 만성요통환자 30명을 대상으로 냉온의 적용에 따른 근활성도의 변화와 체간 위치 오류 각도의 차이를 비교하여 고유수용성감각에 미치는 영향을 알아보았다. 연구 결과, 온처치를 하였을 때 근활성도가 증가하였고 냉처치를 하였을 때 근활성도가 감소하였으며 온열을 적용한 그룹의 30° 굽힘 자세에서 재위치 오류가 유의하게 감소하였다.

만성 요통 환자들에게 많이 사용되는 보존적 치료 방법 중 하나인 냉온처치는 간편하고 일상생활에서 안전하면서 비용의 부담도 낮아 흔히 사용하고 있다.¹⁰⁾ 그러나 Costello와 Donnelly(2010)는 건강한 사람 204명을 대상으로 냉처치를 사용하여 어깨 관절의 관절위치감각을 검사하였는데 냉처치의 적용은 고유수용성감각에 영향을 미치지 않는다는 사실을 확인할 수 있었다. 본 연구에서도 고유수용성감각은 처치방법 간

30°에서만 온처치 시 유의한 차이가 나타났으며 냉처치 시에는 고유수용성감각에 영향을 미치지 않았기 때문에 본 연구의 결과를 뒷받침할 수 있을 것이다. 반면 Uchio 등(2003)은 건강한 20명에게 냉각 패드를 15분 동안 무릎관절에 적용하여 무릎관절 표면온도를 21-23℃로 유지하였을 때 무릎 관절이 더 뻣뻣해지고 위치감각의 민감도가 줄어든다는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서도 냉처치를 15분 실시하고, 표면온도를 22.23±1.75℃로 유지하여 같은 조건임에도 불구하고 결과가 다르게 나타났던 이유는 무릎관절은 표면적이고 둘러싸고 있는 조직이 적어 냉처치 시 관절까지 온도가 전도되는 속도가 빠르지만 허리는 둘러싸고 있는 조직이 많아 냉이 전도되는 속도가 느렸기 때문으로 생각된다. 오재근 등(2016)은 무릎관절의 냉온처치가 고유수용성감각 수용기에 미치는 영향에 대하여 실험을 하였는데 온처치를 실시하였을 때 관절위치감각의 재위치 오류가 유의하게 감소하였으며 이를 온처치가 고유수용성감각에 긍정적인 영향을 미친다고 보았다. 반면 본 연구에서는 재위치오류 측정에서 온처치 시 처치 방법 간 30°에서 유의한 차이를 나타냈지만 60°에서는 유의한 차이가 없었다. 이렇게 본 연구와 선행연구에서 차이가 나는 이유는 오재근 등(2016)의 연구에서는 건강한 20대 남성 16명이 대상이었고, 이들이 근골격계 질환이 없었던 것과는 달리 본 연구의 대상자는 고유수용성감각이 손상된 만성 요통환자였기 때문에 차이가 있었을 것으로 생각한다. 30°와 60°에서 차이가 있었던 이유는 허리 굽힘 자세 30°에서는 뒤넙다리근의 장력이 발생하지 않지만 60°에서는 뒤넙다리근의 장력이 발생하고 허리굽힘 횟수가 증가할수록 뒤넙다리근이 스트레칭되어 유연해짐에도 불구하고 대상자는 뒤넙다리근의 감각에 의존하여 재위치검사에 임하였을 것으로 사료된다.

Lima 등(2018)은 만성요통환자는 정상인과 비교할 때, 일어서기, 앉기 등 일상생활 동작 시 허리엉덩갈비근의 근활성도가 증가되어 있으며 그 이유는 척추를 보호하기 위한 근육 방어작용의 부적응 때문이라고 하였다. 이처럼 만성요통환자는 통증뿐만 아니라 여러 이유로 인해서 허리 부위의 고유수용성감각이 저하되고 근활성도가 증가되어 있음을 알 수 있다.

스포츠 분야에서 냉처치에 관한 연구는 다양하게 이루어지

Table 3. Comparison of muscle activities between for each group

variables		pre	post	post-diff.	t	p
longissimus	Group I	57.19±24.81	49.03±18.91	-8.16±12.69	-2.492	.026*
	Group II	41.59±14.70	52.59±23.62	11.00±19.04	2.238	.042*
iliocostalis - lumborum	Group I	48.92±26.20	45.66±24.64	-3.26±10.38	-1.218	.243
	Group II	38.90±17.42	41.76±17.02	2.85±14.76	.749	.466

(mean±SD, *p<.05)

고 있으나 그 결과가 다소 상반된 것을 볼 수 있다. 많은 선행 연구에서 근활성도가 감소하게 되면 고유수용성감각 또한 감소하게 되고 건조직의 탄성에너지가 감소하여 부상의 위험을 높일 수 있다고 하였다.²⁰⁾²¹⁾ 그러나, 이영신과 배세현(2017)은 냉처치의 적용시간에 따라 장딴지근의 근활성도에 미치는 영향에 대하여 연구하였는데, 냉처치 시 초기에는 근활성도가 증가하였으나 30분의 적용 후에는 근활성도가 감소함을 확인할 수 있었다. 본 연구에서도 15분간 냉처치를 하였으며 적용 전에 비해 유의하지는 않았으나 근활성도가 감소하는 것을 볼 수 있었다. Schmid 등(2010) 또한 무릎관절에 20분간의 냉처치를 실시한 후 근활성도가 낮아진 것을 보고하며 냉처치에 관해서는 추가적인 연구가 필요할 것이라고 제안하였다.

최동미(2012)는 온처치가 씹기근의 근전도 활성과 근피로에 미치는 영향에 대하여 연구하였는데 10분간의 온처치 시 씹기근의 근활성도가 감소하였음을 알 수 있었다. 또한 이준희와 전재근(2012)의 연구에서도 위팔두갈래근에 온처치 시 5분이 경과한 시점에서 근활성도와 근수축력이 가장 증가하였으며, 시간이 지날수록 근활성도가 감소한다고 보고하였다. Pireira 등(2011)의 연구에서도 16분의 온처치 시 위팔두갈래근의 근활성도와 근피로도가 감소한 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 15분간의 온처치 후 두 허리 근육의 근활성도가 모두 유의하지는 않았으나 증가하였는데, 위의 두 연구와 비교할 때 씹기근은 얼굴을 둘러싼 근육 중 가장 표면근이며 단일근이고 위팔두갈래근 또한 비교적 표면근에 속하는 것에 비해 허리의 가장긴근과 허리엉덩갈비근은 표면근이지만 씹기근이나 위팔두갈래근에 비하여 심부에 존재하기 때문에 열의 전도 속도가 달라 근활성도가 높은 상태였을 것이라고 사료된다. 또한 위의 두 연구는 말초혈관이나 근골격계 질환이 없는 정상인을 대상으로 한 것에 비해 본 연구의 대상자는 만성허리 통증으로 인해 근활성도가 증가되어 있어 다른 결과를 나타낸 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 만성 질환인 요통을 가진 환자에게 냉온을 처치하여 즉각적인 변화를 알아보았으나 시간이 지난 후의 변화를 살펴보지 않은 점이다. 또한 대조군을 이용하여 정상인과 비교하지 않았기 때문에 만성요통환자들에게 냉온처치의 효과를 명확히 알기에는 어려움이 있었으며 연구대상자의 수가 적어 이를 일반화하기 어렵다. 그러나 기존의 냉온처치에 대한 연구가 대부분 정상성인에게 이루어진 것과 달리 만성요통환자에게 냉온처치를 하였으며 이를 통해 근활성도와 고유수용성감각에 미치는 영향을 알아본 의미 있는 연구라 생각된다. 향후 연구에서는 요통환자들에게 냉온처치를 하여 시간에 따른 변화를 살펴보고 고유수용성감각과 근활성도의 변화를 알아보는 연구가 수행 되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 요통환자들을 대상으로 냉온처치에 따른 허리 관절의 고유수용성감각과 근활성도의 차이가 있는 지를 알아보았으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

냉처치 군과 온처치 군 모두 처치 후 허리 관절의 관절위치각각을 각각 30°와 60°에서 측정하였고 온처치 시 관절위치각각 30° 측정 시에만 유의한 결과가 나타났기 때문에, 이는 냉온처치가 고유수용성감각에 영향을 미치지 않을 것이라고 사료된다. 그리고 근활성도에서는 가장긴근(longissimus)은 유의한 차이가 있었고, 허리엉덩갈비근(Iliocostalis lumborum)의 경우에는 유의한 차이가 없지만 온처치시에 근활성도가 증가되었고, 냉처치 시에는 근활성도가 낮아진 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에는 단기간 온처치를 실시하였지만 장기간의 온처치 후에는 근활성도의 감소를 예견할 수 있기 때문에 요통환자의 온처치에 대한 연구가 활발히 이루어져야 할 것으로 생각된다.

References

1. Lee CW, Kim HS, Lee IS. The effect of horse-riding exercise on the balance ability in the chronic low back pain patients. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*. 2014;2(1):101-8.
2. Kang TW, Kim YJ. The effects of lumbar stabilization exercise in male worker with low back pain. *J Special Edu Rehabil Sci*. 2015;54(4):31-44.
3. Ko TS, Jung HB, Kim JA. The effects of thoracic mobilization on pain, disability index and spinal mobility in chronic low back pain. *J Special Edu Rehabil Sci*. 2009;48(2):115-37.
4. Bayramoglu M, Toprak R, Sozay S. Effects of osteoarthritis and fatigue on proprioception of the knee joint. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;99:346-50.
5. Yang JM, Kim SY. The effect of thoracic joint mobilization on pain, proprioception and static balance in patients with chronic low back pain. *Phys Ther Korea*. 2015;22(3):1-11.
6. Yuk GC, Han JT, Shin HS, et al. The comparison of trunk repositioning errors in individuals with and without low back pain at different postures. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2008;3(2):63-74.
7. Shirado O, Ito T, Kaneda K, et al. Flexion-relaxation phenomenon in the back muscle: A comparative study between healthy subjects and patients with chronic low back Pain. *Am J Phys Med Rehabil*. 1995;74(2):139-44.

8. Colloca CJ, Hinrichs RN. The biomechanical and clinical significance of the lumbar erector spinae flexion-relaxation phenomenon: A Review of Literature. *J Manipulative Physiol Ther.* 2005;28(8):623-31.
9. Lima M, Ferreira AS, Reis FJJ, et al. Chronic low back pain and back muscle activity during functional tasks. *Gait Posture.* 2018;61:250-6.
10. Harwood MI, Smith BJ. Low back pain: A primary care approach. *Rheumatology.* 2005;7:279-303.
11. Grana WA. Physical agents in musculoskeletal problem: Heat and cold therapy modalities. *Instr Course Lect.* 1993;42:439-42.
12. Lehman JF, Delateur BJ. Therapeutic heat and cold. 4th ed. Baltimore, Williams & Wilkins. 1990.
13. Fishcher E, Soloman S. Therapeutic heat and cold. New haven, CT:Elizabeth Licht. 1972.
14. Khanmohammadi R, Someh M, Ghafarinejad F. The effect of cryotherapy on the normal ankle joint position sense. *Asian J Sports Med.* 2011;2(2):91-8.
15. Halvorson GA. Therapeutic heat and cold for athletic injuries. *Physician and Sports Medicine.* 1990;19:87-94.
16. William E. Therapeutic modalities in rehabilitation. 4th ed. New York. McGraw-Hill Medical. 2011.
17. Costello JT, Donnelly AE. Cryotherapy and joint position sense in healthy participants: A systematic Review. *J Athl Train.* 2010;45(3):306-16.
18. Oh JK, Kang SW, Piao SZ. Differences in knee joint proprioceptive capabilities according to hot and cold stimulation. *Sport Science.* 2016;33(2):125-35.
19. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10(5):361-74. .
20. Yuji U, Mitsuo O, Atsushi F, et al. Cryotherapy influences joint laxity and position sense of the healthy knee joint. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(1):131-5.
21. Viitasalo JT, Salo A, Lahtinen J. Neuromuscular functioning of athletes and nonathletes in the drop jump. *Eur J Appl Physiol.* 1998;78(5):432-40.
22. Lee YS, Bae SH. The effect of transfer modality, temperature, and application time on gastrocnemius muscle activation in healthy people. *J Korean Soc Phys Med.* 2017;12(2):1-8.
23. Schmid S, Moffat M, Gutierrez GM. Effect of knee joint cooling on the electromyographic activity of lower extremity muscles during a plyometric exercise. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(6):1075-81.
24. Choi DM. Effect of superficial heat therapy on the electromyographic activity and fatigue of the human masseter muscle. Department of Dental Science School of Dentistry, Chonnam National University.
25. Lee JH, Jeon JK. Change of isometric contractile force and muscle activity applying ice and hot according to the time on biceps brachii muscle. *Journal of Digital Convergence.* 2012;10(11):459-65.
26. Pereira WM, Ferreira LAB, Rossi LP, et al. Influence of heat on fatigue and electromyographic activity of the biceps brachii muscle. *J Bodyw Mov Ther.* 2011;15:478-84.
27. Sandra E, Paul S, Steve R, et al. Short-term effect of superficial heat treatment on paraspinal muscle activity, stature recovery, and psychological factors in patients with chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(2):367-72.