

정량적 평가도구를 이용한 성인 요통검사

이동진[‡]

광주보건대학교 물리치료과

Examination of Adult Low Back Pain Using the Quantitative Sensory Testing

Lee Dongjin, PT, Ph.D[‡]

Dept. of Physical Therapy, Gwangju Health University

Abstract

Purpose: For this study, low back pain was analyzed by determining the influences of pain threshold, proprioceptive sense, and balance ability.

Method: A total of 80 college students participated in this study with 30 adults regarded as normal and 50 adults regarded as having lower back pain. Measurements for participants regarding pain threshold, proprioception, and balance ability were conducted from April 10 to May 16, 2014.

Result: Results from this study show significant differences between groups for back with regards to cold pain threshold, warm pain threshold measurements. There were also significant differences in proprioception for extension measurements. Finally, there were significant differences when comparing groups regarding balance for total balance score.

Conclusion: With this data, practicing physical therapists can realize that a difference may exist between the patient's perception of treatment received and the actual treatment given by professionals due to differences in threshold, proprioception and balance ability. It is important for physical therapists to understand the reliance on objective data showing the effects of threshold, proprioception and balance ability on patients with back pain.

Key Words: low back pain, proprioception, thermal sensory analyzer

[‡]교신저자 :

이동진 ldj@ghu.ac.kr, 062- 958-7767

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 필요성

요통은 모든 인구의 80% 이상이 일생동안 한번 이상 경험하게 되는 질환이다(Dugan, 2006). 요통 환자의 경우 대부분은 통증 감소를 위해 신체활동을 줄이게 되고, 편안한 자세를 선호하게 된다. 이로 인해 일상생활에서 옳지 못한 자세가 습관화되어, 그 결과 통증의 재발 및 만성화가 초래된다(최성남, 2013). 만성화된 요통은 허리의 관절가동범위를 제한시켜 일상생활 동작이나 보행들의 기능 저하를 유발하게 되고(형인혁과 하미숙, 2009), 이차적으로 몸통 근력과 유연성, 지구력을 감소시켜서 일상생활뿐만 아니라 사회활동에 지장을 주어 삶의 질의 저하를 포함한 정신·심리적 문제를 야기하기도 한다(백남중 등, 1996).

대부분 요통 환자들은 통증이 완화되면 운동을 중단하거나 치료를 그만두게 되어 요통이 재발하게 된다(Deyo 등, 1990).

임상이나 여러 연구에서 통증은 VAS(Visual Analogue Scale)로 평가하고 있는데 VAS는 주관적이며 통증을 정량화시키기에는 어려움이 있어 재현성이 부족하다는 제한이 있다(이상무와 김병준, 1999). 따라서 이러한 제한을 보완하기 위해 온도자극에 대한 역치를 측정하는 방법이 다발성경화증 감각을 측정하기 위하여 Dyck 등(1993)에 의해 제안되었으며, 최근에는 정량적 감각기능 검사(Quantitative sensory test, QST)를 이용하여 통증 감각을 정확하고 정량적으로 평가하려는 시도가 이루어지고 있다(Cheng 등, 1999).

균형능력의 회복과 기능증진은 일상생활뿐만 아니라 사회활동에 참여하는데 있어 기본적인 요소이고, 이차적으로 통증을 감소시킬 수 있기 때문에 요통의 재활에 있어 매우 중요하다(Rantanen, 2001). 균형을 유지하기 위해 사용되는 감각으로는 전정감각(vestibular), 시각(visual), 청각(auditory) 그리고 고유수용성감각(proprioception)이 있다(Cheng 등, 2001). 그 중에서 고유수용성 감각은 건강한 성인에게 있어서 균형에 관한 정보를 제공하는 데 가장 기본이 되는 감각이다(Lee 등, 2003). 고유

수용성 감각은 근방추, 골지건기관, 관절이나 관절낭, 인대에 분포하고 있는 기계적 수용기에 의해 인지되는 구심성 감각 정보로써 중추신경계로 전달되어 신경근 조절, 균형 조절 그리고 관절의 안정성을 확보하고 유지하는데 중요한 되먹임(feedback) 요소로 작용한다. 균형능력의 감소는 낙상과 같은 손상을 야기할 수 있고(형인혁과 하미숙, 2009), 만성화되면 근방추, 골지건 기관, 관절, 피부수용기로부터 고유수용성 입력의 성질이나 양이 변화되어 지지면과 중력에 대한 신체의 위치에 부적절한 감각정보를 제공하게 된다(Alexander & LaPier, 1998). 감각정보의 상실은 불안정을 예측할 수 있는 능력에 손상을 주어 움직이는데 사용하는 전략에 보상적인 수정을 야기시킨다(송채훈, 2007). 고유수용성감각은 운동이나 자세조절과 관련하여 인체의 움직임을 조절하는데 있어 필수적인 요소인데(Hjortskov 등, 2005), 일반적으로 고유수용성감각의 저하는 위치감각의 소실 및 이차적인 질병의 재발 원인이 된다(Baker 등, 2002). 때문에 환자의 재활에 있어 그 예후를 관찰하는데 중요한 인자로 사용되어 왔다(Callaghan, 2010).

하지만 선행 논문의 중요성에도 불구하고 요통 환자들의 허리 고유수용성감각에 대한 연구는 다소 제한되어 있다(육군창 등, 2008). 이는 체간의 움직임은 척추분절들의 움직임이 복합적으로 이루어져 있으며, 또한 체간에 골반과 하지가 이어져 있으므로 이로부터 부가적인 감각 정보를 배제한 채 순수한 체간의 고유수용성 감각의 손상 정도를 측정하는 것은 어렵기 때문이다(Newcomer 등, 2000).

따라서 본 연구는 허리 통증을 가진 성인을 대상으로 하여 고유수용성감각, 그리고 균형능력의 측정은 물론 냉통증과 온통증 측정을 통한 정량적 검사를 통해 요통 환자에 대한 평가 방법의 차별화함으로써 보다 효율적인 치료를 적용하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자 및 기간

2014년 04월 10일부터 2014년 05월 16일까지 총 6주간 허리통증을 가진 성인의 허리 통증과 고유수용성감각, 그리고 동적균형을 측정하고 정상인과의 특성을 비교하기 위하여 30명의 정상인과 50명의 만성 요통 소견을 보이는 대상자를 측정하였다. 본 연구에 대한 설명을 충분히 듣고 자발적으로 동의한 G 대학에 재학 중인 성인 남녀를 대상으로 만성 요통 소견을 보이는 대상자를 선정하였고, 이에 대한 선정기준은 다음과 같다. 1) 측정 시점에 3개월 이상 지속된 만성 허리통증을 호소하고 있는 자 2) VAS(Visual Analogue Scale)를 이용한 허리 통증이 4점 이상인 자 3) 허리 통증을 제외한 특별한 질환이 없는 자 4) 실험 결과에 영향을 주는 약물이나 치료를 받고 있지 않는 자 5) 측정부위에 피부질환이나 개방성 또는 화상 등이 없는 자 6) 시·청각 장애 및 정신 또는 인지적 장애가 없는 자로 하여 연구를 진행하였다.

2. 연구설계

본 연구는 탐색연구(Exploratory research)로 장비를 통해 허리의 통증과 고유수용성감각, 그리고 동적균형 능력을 통해 기능적 특성을 분석하는 단면적 연구(cross-sectional study)로 실시한 후 정상군과 요통군의 집단 간 비교를 시행하여 차이를 알아보았다. 실험 대상에 부합하지 않은 자는 제외하여 요통군은 허리 통증을 가지고 있는 성인 50명, 정상군은 허리 통증이 없는 성인 30명으로 총 80명을 선정하였다. 사전검사는 허리 통증의 정도를 알아보기 위해 시각적 통증 척도인 VAS(Visual Analogue Scale)척도를 사용하였다. 객관적인 통증을 알아보기 위하여 TSA-II(Thermal Sensory Analyzer-II)를 사용하였고, 허리의 고유수용성감각을 측정하기 위해 Pegasus 3D system을 사용하였으며, 동적균형을 알아보기 위해 Biodex Balance System을 이용하여 측정하였다. 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(표 1).

표 1. 대상자의 일반적 특성

구분	정상군(n=30)	요통군(n=50)
나이(세)	21.90±1.60	24.18±3.85
체중(kg)	63.00±11.23	62.53±13.16
키(cm)	169.23±6.98	168.98±8.27

3. 측정도구 및 방법

1) 객관적 통증 측정

객관적인 통증 척도를 알아보기 위하여 정량적인 방법으로 TSA-II(Thermal Sensory Analyzer-II, Medoc Inc, Israel)를 사용하였다. 이는 온도 통증 역치 값 및 온도 역치 값을 평가할 수 있는 비침습적인 장비이다. 도자 부분은 31mm×31mm 크기로 구성되어 온도 및 진동 자극을 가할 수 있게 되어있다. 요통군의 측정 부위는 허리 통증 부위인 L1-S1 가시돌기로부터 가쪽으로 3cm 떨어진 뭇갈래근으로 하였다. 대조군의 측정 부위는 우세측 허리에 동일한 부위를 측정하였다. 측정방법은 대상자에게 엎드린 자세를 취하게 한 후 조용한 환경을 유지하기 위하여 귀마개를 사용하였고, 32℃를 기준으로 하여 초당 1℃씩 증가 또는 감소시키며 측정하였다. 온통증 감각역치 및 냉통증 감각역치는 각각 감각에 대해 불쾌감을 느꼈을 때 버튼을 누르도록 하고 3번 측정하여 평균값을 보았으며, 단위는 ℃를 사용하였다.

2) 고유수용성감각 측정

허리근육의 고유수용성감각 측정은 Pegasus 3D system(BfMC 3D Pegasus, Germany)을 사용하였다. 허리 근육의 고유수용성 감각 측정 시에 대상자는 편안한 복장을 착용하였고, 조용한 환경을 유지하기 위하여 귀마개를 사용하였다. 본 장비의 구성은 컴퓨터 시스템과 소프트웨어, 측정부 등으로 이루어져 있고 실험 대상자의 생년월일, 신장, 체중, 성별을 기입하여 이 값을 바탕으로 앞, 뒤, 좌, 우, 돌림 등의 동작을 통해 허리 근육의 고유수용성 감각을 측정할 수 있다. 측정 시 대상효과가 나타나는 것을 방지하기 위해서 올바르게 앉은 자세를 유지하고, 골반 및 넓다리를 비롯한 허리 이외의 신체부위를 완전히 고정시키고 엉덩관절과 무릎관절을 90° 굽힘 상태로 시작하였다(고대식 등, 2009). 측정방법

은 등장력성 협응성 운동을 통해 만들어진 그래프가 미리 지정되어 있는 그래프에 얼마나 유사하게 그려졌는지를 % 단위로 나타낸다. 3회 측정하여 결과 값의 평균을 구하였다.

3) 동적균형 측정

본 연구에서는 동적균형 측정 장비(Balance system SD 950-441, Biodex, USA)를 사용하여 측정하였다. 모니터를 이용한 시각적인 되먹임을 통해 전·후, 좌·우로 움직이는 균형판을 이용하여 중력중심점을 가운데에 맞추어 측정이 가능하며, 불안정한 균형판에서 피험자의 자세 안정성을 평가 할 수 있다. 발의 뒤꿈치를 균형판에 작성된 위치에 맞게 나열하고, 발의 각도를 평행하게 나열하면 된다. 균형판의 각도는 Level 1~12로 설정이 가능 하고, 정적일 때는 8°로 제작이 되어 있다. 동적일 때의 Level 1은 20°로 가장 불안정하다는 것을 의미하며, Level 12는 9°로 가장 안정적인 것을 의미한다. BBS의 측정 결과는 중심에서의 치우침이 균형지수로 나타나는데, 점수가 낮을수록 균형능력이 좋다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 발판 움직임의 불안한 정도를 6단계로 설정하고 발판을 자동으로 움직이게 하여 측정하였다. 대상자가 눈을 뜬 상태로 두 다리를 딛고 지지판에 측정기 프로그램의 지시에 따라 발의 위치를 입력한 후 측정을 실시하였다(김명철, 2007).

4. 자료측정

본 연구의 통계처리는 SPSS windows 12.0 version을

이용하여 분석하였다. 각 집단의 평균과 표준편차를 시행하였으며, 집단 간 비교는 독립표본 t-검정으로 분석하였고, 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 통증감각역치의 집단 간 비교

통증역치의 집단 간 비교는 다음과 같다(표 3). 냉통증 역치는 정상군 $27.58\pm 1.88^{\circ}\text{C}$, 요통군 $21.72\pm 7.77^{\circ}\text{C}$ 로 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 온통증 역치도 정상군 $37.33\pm 2.22^{\circ}\text{C}$, 요통군 $41.07\pm 3.54^{\circ}\text{C}$ 로 유의한 차이를 보였다($p<.05$).

2. 고유수용성감각의 집단 간 비교

고유수용성감각의 집단 간 비교는 다음과 같다(표 4). 허리 굽힘은 정상군 $65.17\pm 23.42\%$, 요통군 $53.48\pm 31.01\%$ 로 유의한 차이를 보이지 않았다. 허리 펴는 정상군 $79.00\pm 21.99\%$, 요통군 $62.22\pm 29.40\%$ 로 유의한 차이가 있었다($p<.05$).

3. 균형의 집단 간 비교

균형의 집단 간 비교는 다음과 같다(표 5). 정상군에서 동적균형은 0.79 ± 0.19 점 요통군은 2.13 ± 1.26 점으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(표 5).

표 3. 통증감각역치의 집단 간 비교

구분	정상군 (n=30)	요통군 (n=50)	t	p
	평균±표준편차	평균±표준편차		
냉통증(°C)	27.58±1.88	21.72±7.77	4.924	0.000
온통증(°C)	37.33±2.22	41.07±3.54	-5.095	0.000

표 4. 고유수용성감각의 집단 간 비교

구분	정상군 (n=30)	요통군 (n=50)	t	p
	평균±표준편차	평균±표준편차		
허리 굽힘(%)	65.17±23.42	53.48±31.01	1.908	0.060
허리 펴기(%)	79.00±21.99	62.22±29.40	2.903	0.005

표 5. 균형의 집단 간 비교

구분	정상군 (n=30)	요통군 (n=50)	t	p
	평균±표준편차	평균±표준편차		
동적균형(점)	0.79±0.27	2.13±1.26	-7.26	0.000

IV. 고 찰

TSA(Thermal Sensory Analyzer)는 통증과 관련된 감각 기능의 임상적인 측정이 정확하여 신뢰성과 민감성을 확보해주며, 감각의 평가 및 회복 정도 추적이 용이하다(박정미 등, 2001). 주관적인 통증경험을 측정하는 일은 통증반응의 개인차 때문에 쉬운 일은 아니다. 따라서 본 연구에서는 이러한 제한을 보완하기 위하여 통증에 예민해져 있는 감각기능을 정량화 시키는 TSA(Thermal Sensory Analyzer)를 적용하였다.

본 연구에서 냉통증은 정상군에서 27.58°C, 요통군에서 21.72°C로 유의한 차이를 보였고, 온통증은 정상군에서 37.33°C, 요통군에서 41.07°C로 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과로 볼 때 만성 요통 환자의 통증은 고유수용성 감각을 무디게 하여 정상인 보다 냉각과 온각에 대한 역치가 높아지는 것을 알 수 있다. Zub 등(2013)은 MRI 소견 상 허리디스크의 수핵 탈출로 인해 수술한 좌골 신경통군과 건강한 대조군의 정량적 감각 평가 연구에서 좌골 신경통군은 냉통증, 온통증의 역치가 각각 11.00°C, 45.24°C로 나타났으며, 대조군에서 21.65°C, 41.33°C으로 좌골신경통 군에서 감각에 대한 역치 값이 더 높은 것으로 나타나 본 연구의 결과와 일치하는 것을 알 수 있었다. Lewis 등(2010)도 요통환자와 대조군의 DTPs(Digitally tender points)에 정량적 감각 검사에서 요통이 없는 대조군의 냉통증, 온통증의 역치 값은 각

각 21.80°C, 42.55°C으로 나타났으며, 요통군은 17.80°C, 44.10°C로 냉통증 역치에서 유의한 차이가 있었다. 김미은(2012)은 이부와 허끝, 뺨 부위에 이환측과 비이환측에 대하여 삼차신경 손상의 온도역치 검사에 대한 연구에서는 이환측의 냉통증, 온통증의 역치값은 각각 9.5°C, 46.0°C로 나타났고, 비이환측의 역치값은 각각 14.5°C, 45.5°C로 냉각각 역치에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 본 연구와 비교해서 냉통증 역치가 현저히 떨어지는 것으로 보아 말초신경 손상으로 인해 감각에 대한 역치가 현저히 커진 것을 확인할 수 있으며, 신경 손상이나 당뇨 등에 관한 질환에 대한 통증연구가 추가적으로 지속될 필요가 있다고 판단된다. 또한 통증에 대한 정량적 감각 검사는 많이 부족한 편으로 질환에 따른 통증 정도가 객관적으로 제시된다면 환자 치료에 유용하게 적용 될 수 있을 것으로 판단된다.

요통 환자들의 고유수용성감각에 대한 연구는 많이 이루어져 왔다. Newcomer 등(2000)은 고유수용성감각은 신체와 관련된 사물의 위치, 무게, 저항에 관한 지식 뿐 아니라 신체의 위치와 움직임 그리고 균형의 변화에 대한 신경근적(neuromuscular) 인식을 가능하게 해주는 뇌척수액의 역할을 하기 때문에 고유수용성감각이 결핍 되면 자세의 유지나 움직임의 조절에 영향을 미친다고 보고하였다.

고유수용성감각을 평가한 본 연구에서는 허리 굽힘 시 협응력에서 집단 간 차이를 보이지 않았지만, 허리

편 시 협응력이 정상군 79%에서 대조군 62%로 유의한 차이를 보여 요통 환자는 복부보다 허리부분에서 고유수용성감각의 저하가 있다는 사실을 알 수 있었다.

Newcomer 등(2000)은 골반과 무릎관절을 고정한 채 다시 20명의 요통환자와 20명의 정상인을 대상으로 허리의 재위치 오차를 측정하였는데, 요통 환자와 정상인의 재위치 오차를 비교한 결과 몸통의 굽힘에서 유의한 차이가 있다고 보고하였고, 김현진(2006)은 실험적 허리 통증에 의한 하지의 고유수용성감각과 협응능력의 변화에서 VAS 5수준의 통증 유발군에서 고유수용성감각과 협응능력이 각각 19.73%, 0.18cm로 VAS 8수준의 통증 유발군에서 25.71%, 0.37cm로 고유수용성 감각능력과 협응능력이 현저하게 저하되었다고 보고하였다. Gill과 Callaghan(1998)은 만성 요통환자 20명, 정상인 20명을 대상으로 선 자세와 네발기기 자세에서 허리의 위치 감각을 측정하였는데, 두 자세에서 20° 굽힘을 10회 반복하여 다시 돌아오게 한 후 위치 오류를 측정한 결과 선 자세에서 요통환자는 6.71°, 정상인은 4.45°, 네발기기 자세에서는 요통 환자가 8.07°, 정상인이 5.64°로 정상인에 비해 요통 환자의 위치 오류가 유의하게 차이가 있었다. 이러한 결과를 볼 때 근육 또는 신경통증을 동반한 환자는 고유수용성 감각을 떨어뜨려 올바른 골반 자세 유지 및 골반의 움직임 능력의 저하로 추가 기능손상이 올 수 있다고 판단된다.

반면에 육군창 등(2008)은 41명의 요통환자와 40명의 정상인을 대상으로 선 자세와 앉은 자세의 몸통 위치 오류 측정 연구에서 선 자세에서의 굽힘 오류 각은 요통환자가 5.50°, 정상인이 3.70°로 유의한 차이가 있었지만, 앉은 자세에서는 굽힘 오류 각이 요통 환자가 3.23°, 정상인이 2.61°로 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 이러한 결과로 볼 때 향후 다양한 측정 자세에서 고유수용성감각을 평가하는 것이 객관적 자료 확보를 위하여 필요하리라 생각된다.

본 연구의 균형 비교에서 정상군이 0.79점이었고, 요통군은 2.13점으로 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. Nies과 Sinnott(1991)도 요통 환자의 자세동요가 건강한 대상자보다 더 컸다고 하여 본 연구와 일치하는 것을 알 수 있었다. Yang과 Seo(2015)도 요통환자는 균형능력 통증 등의 장애를 가지고 있으며 진동 훈련을 통해 효

과를 보았다고 하여 기본적으로 요통환자는 균형 등에 문제가 있는 것이 확실하다고 판단된다. 이러한 결과로 볼 때 균형감각은 고유수용성감각과 연계해서 예측할 수 있으며 통증으로 인한 자세의 불균형, 관절의 불균형, 심리적 영향 등으로 인해 균형에도 악영향을 미칠 수 있어 임상 치료 시 이에 대한 관리도 필요할 것으로 판단된다. 본 연구는 감각성 통증에 대해 조금 더 심도 깊게 연구를 통해 객관적 통증 자료를 확보하는 것이 목적으로 추후 연구에서는 통증 및 기능과의 상관성에 대한 논의도 추가로 이루어진다면 임상 치료에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구는 요통이 없는 자 30명, 요통이 VAS 4이상인 자 50명, 총 80명을 대상으로 2014년 4월 10일부터 5월 16일까지 총 6주간, 허리의 통증평가와 고유수용성 감각, 동적균형을 기계적 장비를 이용하여 기능적 평가를 시행하고 그 데이터를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

본 연구에서 요통군에서 냉통증, 온통증에 대한 감각이 정상군에 비해 유의하게 저하되며, 통증에 대한 역치가 상승한다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 허리 부분의 고유수용성에 있어서 허리 굽힘 작용을 하는 근육보다 허리 편을 하는 근육에 고유수용성의 문제가 있었고, 동적 균형에서도 정상군과 요통군에 차이를 보였다. 이러한 결과 통증, 고유수용성감각, 균형감각은 서로 연계해서 임상 치료에 임할 필요가 있다고 판단되며, 추후 다양한 물리치료 중재를 통해 이러한 변수와 상관성을 볼 필요가 있다고 판단된다.

또한 현재까지 대부분의 통증 검사는 주관적 통증 검사를 통한 연구들이 대부분으로 환자에게 정확한 측정이 이루어지지 않은 것이 현실임을 감안하여 다양한 환자들에게도 시행되어 질환 및 기간에 따른 통증 정도를 파악하여 추가 데이터 확보가 되어 진다면 임상에서 환자 재활 및 치료에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 고대식, 김권영, 이철갑 등(2009). 8주간의 요부안정화운동 시 여성 노인의 균형능력 및 복횡·다열근 두께의 변화. 한국운동역학회지, 19(4), 689-696.
- 김명철(2007). 기능적 발목 불안정성 축구선수들의 등속성 하지근력과 균형성. 단국대학교 스포츠과학대학원, 석사학위 논문.
- 김미은(2012). 삼차신경손상의 온도역치검사에 대한 예비연구. 대한구강내과학회지, 37(4), 243-250.
- 김현진(2006). 실험적 요부통증에 의한 하지의 고유수용성 감각능력과 협응능력 변화. 부산가톨릭대학교 보건과학대학원, 석사학위 논문.
- 박정미, 강석정, 김기완 등(2001). 정량적 감각검사를 이용한 당뇨병성 신경병증의 평가. 대한재활의학회지, 25, 102-109.
- 백남중, 조수현, 한태륜(1996). 요통 환자의 심리적 특성과 동통 형태에 관한 연구. 대한재활의학회지, 20(2), 312-323.
- 송채훈(2007). 운동요법이 만성 요통 노인 환자의 기립균형에 미치는 영향. 한국스포츠리서치, 18(4), 347-356.
- 육균창, 한진태, 신현숙 등(2008). 환자와 정상인의 자세에 따른 체간 위치 오류 비교. 대한물리의학회지, 3(2), 63-74.
- 이상무, 김병준(1999). 당뇨병성 다발신경병증에서 정량적 감각기능 검사의 진단적 유용성: 신경전도 검사와의 비교. 대한신경과학회지, 17, 106-111.
- 최성남(2013). 만성요통환자의 요부 안정화 증진프로그램 효과. 경희대학교 대학원, 박사학위 논문.
- 형인혁, 하미숙(2009). 메이트란드 도수치료가 만성요통환자의 즉각적인 동적 균형능력에 미치는 영향. 한국콘텐츠학회논문지, 9(6), 208-215.
- Alexander KM, LaPier TK(1998). Difference in static balance and weight distribution between normal subjects and subjects with chronic unilateral low back pain. J Orthop Sports Phys Ther, 28(6), 378-383.
- Baker V, Bennell K, Stillman B et al(2002). Abnormal knee joint position sense in individuals with patellofemoral pain dyndrome. J Orthop Res, 20(2), 208-214.
- Callaghan MJ(2010). What does proprioception testing tell us about patellofemoral pain? Man Ther, 16(1), 46-47.
- Cheng PT, Wu SH, Liaw MY et al(2001). Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention. Arch Phys Med Rehabil, 82(12), 1650-1654.
- Cheng WY, Jiang YD, Chuang LM et al(1999). Quantitative sensory testing and risk factors of diabetic sensory neuropathy. J Neurol, 246(5), 394-398.
- Deyo RA, Martin DC, Shoenfeld LS et al(1990). A controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and exercise for chronic low back pain. N Engl J Med, 322(20), 1627-1634.
- Dugan SA(2006). The role of exercise in the prevention and management of acute low back pain. Clin Occup Environ Med, 5(3), 615-632.
- Dyck PJ, Zimmerman I, Gillen DA et al(1993). Cool, warm, and heat-pain detection thresholds: Testing methods and inferences about anatomic of recetpors. Neurology, 43(8), 1500-1508.
- Gill KP, Callaghan MJ(1998). The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain. Spine, 23(3), 371-377.
- Hjortskov N, Hye-Knudsen C, Fallentin N(2005). Lumbar position sense acuity during an electrical shock stressor. BMC Musculoskeletal Disord, 6(37), 1-9.
- Lee HM, Liao JJ, Cheng CK et al(2003). Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. Clin Biomech(Bristol, Avon), 18(9), 843-847.
- Lewis C, Souvlis T, Sterling M(2010). Sensory characteristics of tender points in the lower back. Man Ther, 15(5), 451-456.
- Newcomer KL, Laskowski ER, Yu B et al(2000). Differences in repositioning error among patients with low back pain compared with control subjects. Spine, 25(19), 2488-2493.
- Nies N, Sinnott PL(1991). Variations in balance and body

- sway in middle-aged adults: subjects with healthy backs compared with subjects with low back dysfunction. *Spine*, 16(3), 325-330.
- Rantanen P(2001). Physical measurements and questionnaires as diagnostic tools in chronic low back pain. *J Rehab Med*, 33(1), 31-35.
- Zub LW, Szymczyk M, Pokryszko-Dragan A et al(2013). Evaluation of pain in patients with lumbar disc surgery using VAS scale and quantitative sensory testing. *Adv Clin Exp Med*, 22(3), 411-419.
- Yang J, Seo D(2015). The effects of whole body vibration on static balance, spinal curvature, pain, and disability of patients with low back pain. *J Phys Ther Sci*, 27(3), 805-808.