

슬괵근 단축 유무에 따른 요통환자에 대한 능동적 움직임 조절 검사의 타당도 연구

오세준 · 최중덕†

대전대학교 둔산 한방병원 물리치료실, ¹대전대학교 자연과학대학 물리치료학과

The Study of Validity in Active Movement Control test for Low Back Pain Patients with or without Hamstring Shortening

Se-jun Oh, PT, MS, Jong-duk Choi, PT, PhD†

Department of Physical Therapy, Dunsan Oriental Hospital, Daejeon University,

¹Department of Physical Therapy, College of Natural Science, Daejeon University

Received: May 17, 2012 / Revised: August 21, 2012 / Accepted: August 24, 2012

© 2012 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

| Abstract |

PURPOSE: This study was investigated to find the validity of active movement control test for low back pain patients with or without hamstring shortening.

METHODS: The subjects of this study were 28 subjects and all of them agreed to participate in the study. All subjects were classified according to 4groups. Group1 was no LBP, no hamstring shortening. Group2 was no LBP, hamstring shortening. Group3 was LBP, no hamstring shortening. Group4 was LBP, hamstring shortening. We measured to see their low back pain and hamstring shortening with VAS, Goniometer for active movement control test. We analyzed the data using Cochran Q test and crosstabulation for agreement index.

RESULTS: The results of this study were as follows : 1) Low back pain had effect on active movement control by Group1 and Group2. 2) Hamstring had effect on active movement control by Group1 and Group2 3)Low back pain with or without hamstring shortening had effect on active movement control by Group4

CONCLUSION: According the results of this study, active movement control test were significantly influenced on low back pain and hamstring interaction.

Key Words: Active movement control test, Low back pain, Hamstring

I. 서론

요통은 하지통 유무에 따른 12번째 늑골과 하 둔부 사이의 국소적 통증으로 정의되며, 최근 건강관리의 가장 큰 관심사 중 하나이다(Krimer와 Van Tulder, 2007; Airaksinen 등, 2006; Koes 등, 2006; Dionne 등,

†Corresponding Author : choidew@dju.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2008; Chou 등, 2009). 요통의 환자 중 단지 약 10%만이 신경 근 압박, 척추 골절, 종양, 염증성 질환, 척추 전방 전위증, 척추관 협착증 과 같은 특이성 질환과 관련되어 있으며, 반면 비 특이성 요통 환자는 원인이 불분명하고, 요통 환자 중 약 90%로 진단되며, 이러한 건강문제는 높은 경제적 손실과 관련되어 있다(Koes 등, 2006). 일부의 저자들은 비 특이성 요통은 종양의 문제일수도 있으며, 임상적인 검사와 평가가 필요하다고 강조 하였다(Waddell, 2004; Airaksinen 등, 2006; Fritz와 George, 2000; O'Sullivan, 2005; Richardson 등, 1999).

특히, 움직임과 운동조절의 손상은 통증으로 인해 2차적으로 나타난다고 알려져 있다(Hodgege와 Moseley, 2003; Van Dieen 등, 2003). 움직임 조절 손상의 흔한 특징 중 하나는 능동적 움직임 조절의 감소이며, 이런 증상의 환자들은 비 특이성 요통환자군의 중요한 형태일지 모른다(Sahrmann, 2002; O'Sullivan, 2000). 이러한 요통환자에게 움직임 조절 손상의 근본적인 전제는 허리의 능동적 움직임 조절의 손상이 원인이고, 평소의 잘못된 습관에 따른 부주의한 움직임으로 인한 손상일수도 있다(Luomajoki 등, 2007). Sahrmann(2002)은 상대적 유연성 이론에서 안정성 있는 관절의 움직임이 제 기능을 하지 못하고, 아주 작은 힘에 의하여 작용이 일어난다고 하였다. 예를 들어 만약 고관절 굴곡시 요부와 비교하여 근경도(Stiffness)가 강하다면 굴곡 움직임은 요부의 굴곡을 일으키고 요통의 문제와 관련 될 수 있다(Sahrmann, 2002; Van Dieen 등, 2003).

요추는 고관절의 운동이 일어나기 전에 요추 굴곡 운동범위의 50%이상 굴곡이 일어나지 말아야 한다(Norton 등, 1996). 하지만 요통이 있는 환자에서는 전방 굴곡을 할 때 고관절 운동보다 요추에서 더 많은 운동이 일어난다고 보고하였다(Wong과 Lee, 2004).

이러한 통증으로 인한 움직임 및 운동조절의 손상의 진단은 수동적 움직임 검사보다는 능동적 움직임 검사에서 더 높은 신뢰도가 있다는 근거가 있으며, 그에 따른 요통의 능동적 움직임 검사가 개발되었다(Luomajoki 등, 2007). 움직임 조절 손상의 검사와 치료는 여러 연구에 제시되어져 있다(O'Sullivan, 2005; Richardson 등, 1999; Sachrmann, 2002; O'sullivan, 2000;

Comerford와 Mottram, 2001; Taimela와 Luoto, 1999). 하지만 오직 소수의 연구에서만 검사 신뢰도를 수행하였다.

한편 많은 연구에서 슬괵근의 단축과 강한 근경도는 요추의 전만을 감소시킨다고 보고하였다(Harrison 등, 1998; Jozwiak 등, 1997; McCarthy와 Betz, 2000; Johnson과 Thomas, 2010). 슬괵근의 단축은 요추질환이나 요부 기능장애 증후군과 관련되어 있음이 입증되었다(Barash 등, 1970). 하지만 연구자들은 요통과 슬괵근의 유연성 사이의 원인 및 결과에 따른 결정적인 연결고리를 찾지는 못하였다. 반면, 다른 연구들에서는 요통과 관계된 슬괵근의 유연성은 수동적 하지 직거상(Passive straight leg raise)을 사용하여 측정하였다(Tafazzoli와 Lamontagne, 1996). 수동적 하지 직거상은 고관절의 굴곡을 70도 이상을 정상으로 보며, 이는 요통의 생체역학 또는 신경병리학 요인 모두를 위한 정형학적 검사로서, 고관절의 움직임과 슬괵근의 긴장도를 측정 할 수 있다(Li 등, 1996; Magee, 1997; Elson과 Aspinall, 2008).

이에 본 연구는 요통뿐만 아니라 슬괵근의 단축이 요부의 능동적 움직임 조절 손상에 영향을 미칠 것 이라는 가설을 세우고 요통의 유무와 슬괵근의 단축 유무에 따른 능동적 움직임 조절 검사를 통하여 그에 따른 일치도를 통한 타당도를 알아보고, 임상적으로 적용이 가능한 중재 방법을 제시 하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 대전에 위치한 D대학병원의 입원 및 외래환자 중 요통의 유무와 슬괵근 단축의 유무에 따른 28명을 대상으로 2012년 4월 2일부터 4월 20까지 실시하였다. 대상자 선정 조건은 요통 유무에 관계없이, 다른 근골격계 및 신경학적 이상이 없는 자로 하였으며, 요통이 있는 경우, 통증이 발병한지 3개월 이상인 비 특이성 만성 요통 환자를 대상으로 하였다. 측정 전 연구 목적과 방법에 대해 대상자들에게 충분히 설명한 후, 자발적 동의를 한 경우 대상자로 선정하였다.

2. 실험 방법

본 연구는 모든 대상자들에게 요통의 유무와 슬광근 단축의 유무를 평가 하고, 이에 따른요통이 없고 슬광근 단축이 없는 그룹(Group 1), 요통이 없고 슬광근 단축이 있는 그룹(Group 2), 요통이 있고 슬광근 단축이 없는 그룹(Group 3), 요통이 있고 슬광근 단축이 있는 그룹(Group 4), 총 4그룹으로 배정되었다. 대상자는 어느 그룹에 속해있는지 알지 못하였으며, 3개의 능동적 움직임 조절 검사를 실시하였다. 이때, 올바른 자세로 능동적 움직임 조절이 가능한 경우 음성 반응, 올바르지 못한 자세로 능동적 움직임이 일어나지 않는 경우 양성 반응으로 평가하였다.

3. 연구도구 및 측정 방법

1) 요통의 유무

요통의 유무는 모든 통증을 객관적으로 나타내며 높은 신뢰도 $r=.76-.84$ (Boonstra 등, 2008)를 보이며, 가장 널리 사용되는 시각상사척도(visual analog scale, VAS)를 사용하여 평가하였다. 100mm 수평선에 시작 점인 0mm는 통증이 없음, 끝 지점인 100mm는 가장심한통증으로 나타내며, 눈금이 없는 100mm수평선에 환자가 평상시 느끼는 통증정도를 직접 표시하고, 이에 따른 0점에서 10점으로 점수화 하였다. 이때 0점 인자를 요통이 없는 자, 3점 이상인자를 요통이 있는 자로 분류하였다(Seong 등, 2001).

2) 관절가동범위

고관절 굴곡의 가능한 관절가동범위를 측정하기 위하여 관절각도계(Goniometer, 태리메디칼, 한국)를 사용하였으며, 모든 대상자들의 슬광근 단축의 유무를 진단하기 위하여, 바로 누운 자세에서 몸을 정렬 시킨 후, 무릎을 신전하고, 고관절 굴곡을 수동적 신장을 시켜 고관절 굴곡 각도를 측정하였다. 이때 측정은 우세 발인 오른쪽 다리로 통일시켜 측정하였으며, 각 3회 측정 후 제일 높은 값을 실험 값으로 하였다. 70° 이상인 자를 슬광근 단축이 없는 자, 70° 미만인 자를 슬광근 단축이 있는 자로 보았다(Li 등, 1996). 또한 능동적 움

직임 조절 검사 시 바로 선 자세와, 검사 시행 시 컴퓨터로 동영상을 찍어 다탈피쉬(Dartfish, 디에프코리아, 스위스) 프로그램을 통하여 분석 후 움직임 분석을 통하여 음성과 양성을 판정하였다.

3) 능동적 움직임 조절

능동적 움직임 조절 검사는 Luomajoki 등(2007)의 연구에서 사용된 방법을 기본으로 적용하였다. 총 3가지 검사이며 웨이터 인사(waiters bow), 앉은 자세로 무릎 신전(sitting knee extension), 후방요동(rocking backwards)으로 이루어져있고, 일치도는 각각 $k=.62$, $k=.72$, $k=.57$ 로 이루어져 있다(Luomajoki 등, 2007). 미리 준비된 3장의 카드를 무작위로 선택하여 검사하였으며, 모든 검사는 충분한 설명을 하고 실시하였으며, 만약 이해를 하지 못하였거나, 올바르지 못한 자세를 하였을 경우 다시 한 번 설명 후 직접 시범을 보였으며, 한 검사 당 3번 실시하여 음성과 양성으로 진단하였다.



Fig 1. Passive SLR test

(1) 웨이터 인사(waiters bow)

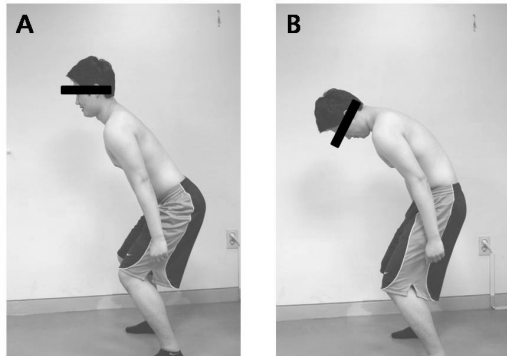
대상자는 바르게 선 상태에서 무릎을 살며시 구부린 후, 요부의 움직임 없이 고관절을 굴곡 하도록 한다. 이때 고관절 굴곡 이 50-70°가 정상이며 음성(-)이다. 만약 요부의 움직임이 없이 고관절 굴곡이 50°보다 적거나, 고관절 굴곡시 요부의 움직임이 일어난다면 양성(+)이다.

(2) 앉은 자세로 무릎 신전(sitting knee extension)

대상자는 바르게 앉은 자세에서 요부의 움직임 없이 무릎을 신전 하도록 한다. 이때 무릎 신전은 30-50°가 음성(-)이다. 만약 요부의 굴곡이 일어나거나 무릎의 신전 범위가 비정상 이라면 양성(+)이다.

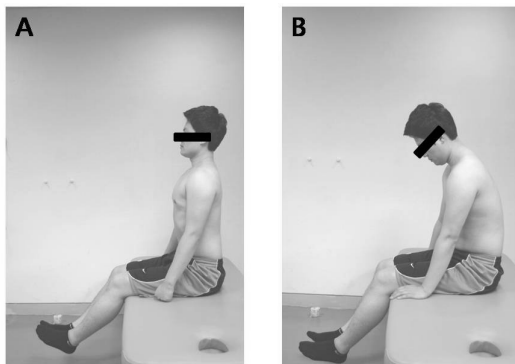
(3) 후방 요동(rocking backwards)

대상자는 네발기기자세에서 요부의 중립자세로 골반을 뒤로 움직인다. 이때 고관절 굴곡이 120°가 음성(-)이다. 만약 요부의 굴곡이 일어나거나 고관절 굴곡 범위가 120 °보다 작다면 양성(-)이다.



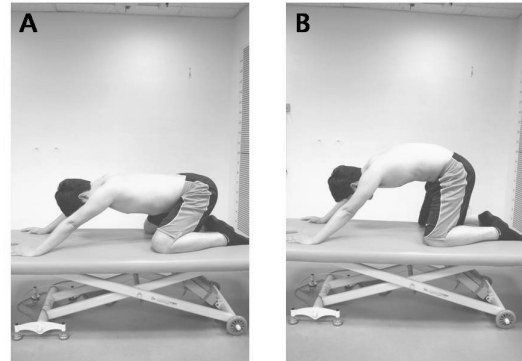
A. Correct B. Not correct

Fig 2. Waiters bow



A. Correct B. Not correct

Fig 3. Sitting knee extension



A. Correct B. Not correct

Fig 4. Rocking backwards

4. 자료 분석

본 연구의 모든 통계적 분석은 윈도우용 SPSS version 18.0을 이용하였다. 세 개의 평가도구 측정 일치도 분석을 위해 비모수 통계 중 Cochran Q test를 실시하였고, 네 구간 평가 도구간의 일치도 분석을 위해 교차 분석을 실시하여 Cohen's Kappa를 구하였다.

III. 결과

1. 그룹별 연구 대상자의 일반적 특성

그룹별 연구대상자들의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 평균연령은 그룹 1 26.71세, 그룹 2 37.71세, 그룹3 44.85세, 그룹 4 41.00세, 평균 신장은 169.86cm, 그룹 2 169.71cm, 그룹 3 163.14cm, 그룹 4 163.57cm, 평균체중은 그룹 1 70.86kg, 그룹 2 66.29kg, 그룹 3 71.43kg, 그룹 4 60.14kg, 평균 고관절 각도는 그룹 1 73.14°, 그룹 2 61.71° 그룹 3 73.71°, 그룹 4 56.43°, 시각상사척도는 그룹 1 1.29cm, 그룹 2 1.14cm, 그룹 3 4.86cm, 그룹 4 4.43cm으로 나타났다.

Table 1. General characteristics between groups

Variable(unit)	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Gender(male/female)	6/1	4/3	4/3	3/4
Age(years)	26.71±4.23 ^a	37.71±13.85	44.85±14.43	41.00±14.58
Height(cm)	169.86±5.81	169.71±7.29	163.14±8.76	163.57±9.34
Weight(kg)	70.86±9.40	66.29±9.37	71.43±7.11	60.14±15.72
hip joint angle(°)	73.14±2.41	61.71±3.25	73.71±1.60	56.43±8.10
VAS(cm)	1.29±.49	1.14±.69	4.86±1.21	4.43±1.51

^aMean±SD, Group 1; no pain, no shortening, Group 2; no pain, shortening, Group 3; pain, no shortening, Group 4; pain, shortening

2. 세 평가도구의 측정 일치도 분석

세 평가 도구의 음성과 양성 의 빈도수는 Table 2에 제시하였다. Waiters bow 음성 12, 양성 16, sitting knee extension 음성 16, 양성 12, locking backwards 음성 13, 양성 15로 나타났다. 세 평가 도구 간의 측정 일치도는 유의하지 않았으므로, 검사도구간의 차이가 없었다 (p>.05).

Table 2. Cochran's Q value and statistics between active movement control tests

	Value		Statistics	
	Negative	Positive		
Waiters bow	12	16	N	28
Sitting knee extension	16	12	Cochran's Q	1.857 ^a
Rocking backwards	13	15	Asym. p-value	.395

a 0 is treated as a success.

3. 네 군의 능동적 움직임 조절 검사와 요통의 일치도

네 군의 능동적 움직임 조절 검사와 요통의 일치도를 Table 3에 제시하였다. Group1은 Waiters bow k=.714, Sitting knee extension k=.714, Rocking backward k=.708 이며, 유의한 차이가 없었다(p>.05). Group2는 Waiters bow k=.385, Sitting knee extension k=.250, Rocking backwards k=.158 이며, 유의한 차이가 없었다(p>.05). Group3은 Waiters bow k=.510, Sitting knee extension k=.556, Rocking backwards k=.625 이며, Waiters bow에

서 통계적으로 유의한 차이(p<.05)를 보였고, Sitting knee extension, Rocking backwards는 유의한 차이가 없었다(p>.05). Group4는 Waiters bow k=.754, Sitting knee extension k=.667, Rocking back wards k=.746 이며, 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). Group1,2,3,4는 Waiters bow k=.571, Sitting knee extension k=.571, Kappa k=.643으로 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05).

Table 3. Kappa index between four group's active movement control test and low back pain

	Waiters bow		Sitting knee extension		Rocking backwards	
	Kappa	p	Kappa	p	Kappa	p
Group1 (N=7)	.714	.008	.714	.008	.708	.008
Group2 (N=7)	.385	.168	.250	.285	.158	.408
Group3 (N=7)	.510	.004	.556	.168	.625	.012
Group4 (N=7)	.754	.002	.667	.003	.746	.003
Group 1,2,3,4 (N=28)	.571	.002	.571	.002	.643	.001

Group 1; no pain, no shortening, Group 2; no pain, shortening, Group 3; pain, no shortening, Group 4; pain, shortening

IV. 고 찰

움직임 조절 손상의 용어는 Panjabi(1992)에서 처음 소개되었으며, 임상적으로 불안정한 상태를 진단하는데 사용 하는 것 중 하나이다. 그중 비 특이성 요통 환자군에서의 움직임 조절 손상은 아주 중요한 쟁점 중 하나이다(O'sullivan, 2000). 움직임 조절 손상의 기본적인 개념은 세 가지 시스템인 수동적 시스템, 능동적 시스템, 증립 조절 시스템을 기반으로 한 척추 안정성이며, 그 중 증립 조절 시스템은 움직임을 조절한다(Panjabi, 1992). 현재 움직임 조절 검사는 널리 행하여지고 있고, 전 세계 많은 물리치료사들은 요통 환자군의 평가에 사용하고 있다(Richardson, 등 1999; Comerford 와 Mottram, 2001; O'Sullivan, 2005).

그중 Van Dillen 등(1998)의 움직임 조절 손상 검사 연구를 바탕으로 Sahrman(2002)은 대상자들의 병력과 움직임을 평가하여 조합한 결과 약 50%의 환자에서 요추회전전 증후군(Lumbar rotation with extension syndrome), 요추신전증후군(Lumbar extension syndrome), 요추회전 증후군(Lumbar rotation syndrome)과 관련되어 있다고 하였다. 이들의 연구는 요통환자에게 움직임 조절 방향에 대해 어떻게 분류해야 하는지 나타내어 주었다. 반면 본 연구에서는 요추 굴곡(Lumbar flexion)을 조절하는 것을 보았고, 그에 따라, 세 가지 검사(Waiters bow, sitting knee extension, Rocking backwards)를 하여, 검사를 진행하는 동안 요부를 증립위치에 유지하며 조절 할 수 있는가에 대한 초점을 두었다. 연구 결과 네 군의 능동적 움직임 조절검사와 요통의 일치도에서 Group1과 Group3을 비교하면, Group1은 상당한 일치도를 나타내고 Group3은 보통 이상의 일치도를 나타내며 요통과 움직임 조절 손상과 관련 있다고 보여지며, Group1과 Group2를 보았을때, Group2는 Group1보다 일치도가 상당히 낮아지며, 이는 슬괵근이 움직임 조절 손상과 관련 있다고 보여지며, Group4는 상당한 일치도로 요통과 슬괵근 모두 움직임 조절 손상에 영향을 준다고 보여진다. 또한 세 평가도구의 측정 일치도 분석에서 보통의 일치도로 나타났는데, 이는 요통뿐만 아니라 슬괵근 단축이 영향이 있음을 뒷받침 해준다.

따라서 요통이 있는 환자는 물론 요통이 없는 환자에서라도 슬괵근의 단축만이라도 움직임 조절에 영향을 미친다고 여겨진다.

움직임 조절 검사는 이미 여러 연구에서 일치도를 얻었다. Dankaerts 등(2006)의 연구에서는 움직임 조절 검사의 평가자간 일치도에서($k=.96$, percentage agreement 97%) 아주 높은 일치도를 보였고, Van Dillen 등(1998)의 연구에서는 평가자간 일치도에서 ($k>.89$, percentage agreement>98%)로 높았으며, 더불어 척추정렬 및 능동적 움직임의 상호관계에 대한 일치도 검사를 하였고, 능동적 움직임($k=.26-1.00$) 보다 척추정렬($k=.27-.58$)은 낮은 일치도를 보였다. 또한 Luomajoki 등(2007)의 연구에서는 요통환자에게 열 개의 움직임 조절 검사를 진단 하였고, 네 명의 평가자간 일치도에서 열 개 중 다섯 개 검사는($k>0.80$) 아주 높은 일치도를, 네 개의 검사는($k=0.6-0.8$) 상당한 일치도를, 한 개의 검사는($k=0.51$) 보통의 일치도를 보였고, 평가자내 신뢰도에서 열 개 중 다섯 개 검사는($k>0.6$) 상당한 일치도를, 네 개의 검사는($k=0.4-0.6$) 좋은 일치도를, 한 개의 검사는($k<0.4$) 낮은 일치도로 나타났다.

이렇듯 여러 사전 연구들이 있었지만, 국내환자들을 대상으로 움직임 조절 검사를 실시하여 일치도를 얻은 연구는 드물었으며, 이에 본 연구는 요통의 유무와 슬괵근 단축 유무에 따른 움직임 조절 검사의 일치도를 좀 더 알아보하고자 하였다.

한편, Luomajoki 등(2008)의 연구에서는 만성 비 특이성 요통 환자 군과 정상인 군에서의 능동적 움직임 조절 검사를 적용한 결과 만성 비 특이성 요통 환자 군이 정상인 군과 비교하여 양성반응이 현저히 많았으며, 통계적으로 유의 하였다. 이들의 결과는 본 연구의 결과와 유사하며, 능동적 움직임 조절 검사가 요통이 있는 환자의 움직임 조절의 손상이나 운동병리학적 해답을 찾을 때 도움이 될 수 있다고 여겨진다.

본 연구의 제한점은 대상자의 수가 적어 일반화 하는데 어려움이 있으며, 앞으로의 연구에 많은 대상자에 대한 검사를 실시하여, 좀 더 높은 수준의 신뢰도 및 타당도가 필요할 것이다. 또한 환자의 반복적인 일을 수행하는 특정 직업군의 특이성, 일상생활의 습관의

민감도 등 사회적, 환경적인 측면을 고려하지 못하였다. 앞으로 이러한 제한점을 극복하고, 비 특이성 만성 요통 환자 뿐 만 아니라 다양한 환자 군에 대한 능동적 움직임 조절 검사를 기대해 본다.

V. 결론

본 연구는 28명의 비 특이성 요통 환자를 대상으로 요통 유무와 슬괩근 단축 유무에 따라 네 군으로 분류하고, 능동적 움직임 조절검사를 적용하여, 그에 따른 세 검사의 일치도와 요통과 네 군의 요부의 움직임 조절 손상에 대한 일치도를 알아보았다. 그 결과 슬괩근의 단축 없이, 요통의 유무(Group1, Group3)에 따른 일치도를 통해, 요통이 움직임 조절 손상에 영향을 주며, 요통이 없고, 슬괩근 단축의 유무(Group1, Group2)에 따른 일치도를 통해, 슬괩근이 움직임 조절 손상에 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한 요통과 슬괩근의 단축(Group4)은 모두 움직임 조절 손상에 영향을 준다. 앞서 요통과 세 검사의 일치도가 유의성은 있지만($p < .05$), 보통 수준($k = .571-.643$)으로 일치도가 높지 않았는데, 이는 요통뿐만 아니라, 슬괩근이 움직임 조절에 영향을 주는 것을 뒷받침 해준다.

따라서, 본 연구를 통하여 요통과 슬괩근에 따른 요부의 능동적 움직임 손상을 판별하는데 도움이 될 수 있다는 것을 확인하였고, 특히 임상에서 비 특이성 요통 환자를 중재 시, 요통과 슬괩근의 단축도 고려한 요부의 능동적 움직임 조절 검사를 통해 실질적인 중재에 도움이 되기를 기대해 본다.

참고문헌

Airaksinen O, Brox JI, Cedraschi C et al. Chapter 4. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J*. 2006;15(2):192-300.

Barash HL, Galante JO, Lambert CN et al. Spondylolisthesis and tight hamstrings. *J Bone Joint Surg Am*.

1970;52(7):1319-28.

Boonstra MC & De Waal Malefijt MC, Verdonschot N. How do quantify knee function after total knee arthroplasty? *knee*. 2008;15(5):390-5.

Chou R, Fu R, Carrino JA et al. Imaging strategies for low-back pain: Systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2009;373(9662):463-72.

Comerford MJ & Mottram SL. Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Man Ther*. 2001;6(1):3-14.

Comerford MJ & Mottram SL. Movement and stability dysfunction contemporary developments. *Man Ther*. 2001;6(1):15-26.

Dankaerts W, O'Sullivan PB, Straker LM et al. The inter-examiner reliability of a classification method for nonspecific chronic low back pain patients with motor control impairment. *Man Ther*. 2006;11(1):28-39.

Dionne CE, Dunn KM, Croft PR et al. A consensus approach toward the standardization of back pain definitions for use in prevalence studies. *Spine*. 2008;33(1):95-103.

Elson RA & Aspinall GR. Measurement of hip range of flexion-extension and straight-leg raise. *Clin orthop relat res*. 2008;466(2):281-6.

Fritz JM & George S. The use of a classification approach to identify subgroups of patients with acute low back pain. Interrater reliability and short-term treatment outcomes. *Spine*. 2000;25(1):106-14.

Harrison DD, Cailliet R, Janik TJ et al. Elliptical modelling of the sagittal lumbar lordosis and segmental rotation angles as a method to discriminate between normal and low back pain subjects. *J Spinal Disord*. 1998;11(5):430-9.

Hodges PW & Moseley GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13(4):361-70.

Johnson EN & Thomas JS. Effect of hamstring flexibility

- on hip and lumbar spine joint excursions during forward reaching tasks in individuals with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(7):1140-2.
- Jozwiak M, Pietrazak S & Tobjasz F. The epidemiology and clinical manifestations of hamstring muscle and plantar foot flexor shortening. *Dev Med Child Neurol.* 1997;39(7):481-3.
- Koes BW, van Tulder MW & Thomas S. Diagnosis and treatment of low back pain. *BMJ.* 2006;332(7555):1430-4.
- Li Y, McClure PW & Pratt N. The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motions during forward bending. *Phys Ther.* 1996;76(8):836-45.
- Luomajoki H, Kool J, De Bruin ED et al. Reliability of movement control tests in the lumbar spine. *BMC Musculoskelet Disord.* 2007;8(1):90.
- Luomajoki H, Kool J, De Bruin ED et al. Movement control tests of the low back; evaluation of the difference between patients with low back pain and healthy controls. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2008; 9(1):170.
- Krimer M & Van Tulder M. Strategies for prevention and management of musculoskeletal conditions. Low back pain (non-specific). *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2007;21(1):77-91.
- Magee DJ. *Orthopedic physical assessment.* 3rd ed. Philadelphia. London. W.B. Saunders Company. 1997.
- McCarthy JJ & Betz RR. The relationship between tight hamstrings and lumbar hypolordosis in children with cerebral palsy. *Spine.* 2000;25(2):211-3.
- Norton BJ, Gauthier C, Schroeder B et al. videographic analysis of subjects with and without low back pain during forward bending. *Phys Ther.* 1996;76:529.
- O'Sullivan P. Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: Maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Man Ther.* 2005;10(4):242-55.
- O'Sullivan PB. Masterclass: Lumbar segmental 'instability': clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther.* 2000;5(1):2-12.
- Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):383-9.
- Richardson C, Jull G, Hodges P et al. Therapeutic exercises for spinal segmental stabilisation in low back pain: scientific basis and clinical approach. London. Churchill Livingstone. 1999.
- Sahrmann SA. *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes.* St. Louis. Mosby. 2002.
- Seong JH, Kwon OY, Lee CH et al. Comparison of the anaerobic threshold level between subjects with and without non-specific chronic low back pain. *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists.* 2001;18(1):74-82.
- Tafazzoli F & Lamontagne M. Mechanical behaviour of hamstring muscles in low-back pain patients and control subjects. *Clin Biomech (Bristol Avon).* 1996;11(1):16-24.
- Taimela S & Luoto S. Does disturbed movement regulation cause chronic back trouble? *Duodecim.* 1999;115(16):1669-76.
- Van Dillen LR, Sahrmann SA, Norton BJ et al. Reliability of physical examination items used for classification of patients with low back pain. *Phys Ther.* 1998; 78(9):979-88.
- Van Dieen JH, Selen LP & Cholewicki J. Trunk muscle activation in low back patients, an analysis of the literature. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):333-51.
- Waddell G, Airaksinen O, Brox JI et al. *The back pain revolution.* 2nd ed. UK. Churchill Livingstone. 2004.
- Wong TK & Lee RY. Effects of low back pain on the relationship between the movements of the lumbar spine and hip. *Hum mov sci.* 2004;23(1):21-34.