Journal of The Korean Society of Physical Medicine, 2012; 7(4): 501-507
Online ISSN: 2287-7215
Print ISSN: 1975-311X

Research Article

Open Access

정상 성인의 슬괵근 유연성 정도에 따른 체간 굴곡시 요추의 운동학적 분석

김기철 · 황보각[1†]

대구보건대학교 물리치료과, [1]대구대학교 물리치료학과

Kinetic Analysis on the Lumbar at the Trunk Flexion according to the Degree of Hamstring Flexibility of Healthy Adult

Gi-Chul Kim, PT, MS, Bo-Gak Hwang, PT, PhD, [1†]

Department of Physical Therapy, Daegu Health College,
[1]Department of Physical Therapy, Daegu University

Received: September 18, 2012 / Revised: Octorber 22, 2012 / Accepted: October 24, 2012
ⓒ 2012 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

| Abstract |

PURPOSE: This study aims to examine the effects of trunk flexion on the kinetic characteristics of the lumbar according to the degree of hamstring flexibility.

METHODS: This study has as its subjects 29 young adults and divides them into the group (NSRTG, n=15) with the normal length of hamstrings according to SRT and the group (SSRTG, n=14) tending to have shortened hamstrings. Sit and Reach Test was conducted to evaluate the degree of hamstring flexibility. And to examine the kinetic difference of the lumbar at the trunk flexion, it was compared and analyzed by using the picture archiving and communication system (PACS).

RESULTS: SSRTG showed more significant difference than NSRTG in the analysis on the trunk flexion of NSRTG and SSRTG.

CONCLUSION: According to the analysis, the shortening of hamstrings is the factor that affects the dynamic stability of the lower lumbar through the reduction of the pelvic anterior tilt at the trunk flexion.

Key Words: Hamstring muscle, Dynamic stablility, Lumbar flexion

Ⅰ. 서 론

슬괵근은 빠른 연축섬유로 구성된 자세 유지근이라 할 수 있으며, 운동선수들의 경우 반복된 동작을 통해 슬괵근에 손상이 발생하게 되지만, 앉아있는 시간이 많은 현대인들에게 슬괵근은 장시간 수축되면서 골반과 요추에 변형을 일으키는 원인이 되며(Park, 2012), 특히 사춘기 연령의 학생들은 의자에 앉아서 보내는 시간이 거의 모든 일상생활을 차지하며 슬괵근의 단축(shortening)이 일어나 유연성이 감소되고 요통이나 나쁜 자세, 보행이상 등의 기능장애를 초래하게 된다(Kisner와 Colby, 2007).

†Corresponding Author :
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.

척추의 중요한 기능은 섬세한 척수를 보호하고 신경근을 손상으로부터 보호하는 것이며, 신경계의 보호는 주로 관절구조(뼈, 인대)에 의해 이루어지고 있으나 신경계 자체(척수)에 의해서도 손상으로부터 보호하는 기전이 있다. 이러한 보호기능은 무거운 하중 그리고 구부리는 순간들에서 발생하며, 정상적인 생리적 운동의 요구가 수행되는 환경에서 일어난다(Plaugher 등, 1993).

척추는 하방으로 갈수록 더 많은 체중을 지지하기 때문에, 요추는 과도한 축하중과 외측굴곡과 토크 혹은 모멘트에 특히 영향을 받기 쉬우며 이러한 것은 트럭 운전사나 중노동자들 사이에서 요추의 기능부전이 증가하는 이유일 것이다(Kelsey 등, 1979). 요추의 중요한 기계적 기능 중 하나는 일상생활활동을 수행하는 동안 발생하는 압박력과 전단력 등을 상체에서 하체로 전달하는 것이다(Choiewicki와 McGill, 1996). 이러한 기능을 수행하기 위해서 척추는 다양한 형태의 안정성이 요구되어 지며, 이러한 척추에서의 안정성은 중추신경계에 의한 조절과 주변근육에 의해서 제공되는 것으로, 갑작스런 부하에 대한 체간의 반응 시 중요하다(Cholewicki 등, 2000). 요추의 손상은 미끄러지거나 떨어졌을 때와 같은 직접적인 외력 이외에도 부하가 걸리거나 혹은 부하가 걸리지 않은 상태에서 갑작스럽게 허리를 구부리는 동작에서 쉽게 발생하게 된다(Cholewicki 등, 2000, Omino와 Hayashi, 1992).

요추의 운동 분절에서의 기능과 기능부전은 3개 관절의 관점에서 분석되어 지며, 추간판과 2개의 추간관절면이 복잡한 관절 상호작용의 삼각대를 형성하여 움직임을 제공한다. 이러한 중심축은 운동에 제한이 있으면 위치가 변하게 되며, 이것은 대개 추간판 또는 추간관절면 부분의 손상과 유착, 인대의 이완이나 파열 등의 다양한 원인에 의해 회전의 중심 또는 축에서 변화가 발생하며, 이것으로 인해 운동학적 손상을 가져오게 된다(Plaugher 등, 1993). 요추의 굴곡시 척추기립근은 원심성 수축(eccentrical contraction)을 하고, 흉-요부 근막(thoraco lumbar fascia)은 보조적으로 척추를 안정화시키며, 슬괵근의 역할은 골반과 고관절을 상호 조절하여 원활한 요추의 굴곡을 하게 한다(Kippers와 Parker, 1985). 특히, 요추와 하지의 운동학적 분석에서 요통의 발생 부위가 L4, L5, S1사이에서 약 90%이상이 발생하게 되는데, 특히 슬괵근의 단축 현상으로 골반 및 척추의 전방굴곡에 제한을 주게 되며, 정상적인 요추-골반리듬에 변화를 가져오게 된다(Travell과 Simon, 1993).

선행 연구에서는 슬괵근의 단축 현상이 요추의 운동학적 변화를 유발하여 요통이 발생되며, 이러한 중요한 원인은 상체를 구부리는 동작이 많은 현대인의 생활패턴에서 특히 슬괵근의 유연성 정도가 요추에 미치는 영향에 대한 요통이 발생한 환자에게 집중되고 있는 실정이다(Ahn, 2001; Ou, 2002; Ayala 등, 2011; Minarro 등, 2007; Fox, 2006; Cholewicki 등, 2000).

이에 본 연구에서는 정상 성인의 슬괵근 유연성에 따른 요추의 비정상적인 운동학적 패턴을 분석하고 또한 척추 퇴행기전 초기에 동적인 안정성의 변화로 발생하는 과운동성(hyperflexibility)의 운동학적 특성에 대한 기초적인 자료를 제시하고자 본 연구를 실시하게 되었다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 대구광역시에 소재하고 있는 D대학교의 재학생으로 실험 참가에 동의한 대상자 중 과거 및 현재 허리의 신경학적 병력이나 통증이 없으며, 체간 굴곡시 가동범위에 문제가 없고 하지의 정형외과적 특이소견이 발견되지 않는 21세이상 26세미만의 젊은 성인 28명으로 사전 유연성검사를 통해 슬괵근의 정상 그룹(n=15)과 슬괵근의 단축그룹(n=13)으로 배치하였다.

2. 연구 도구 및 측정방법

1) 실험 방법

(1) 유연성 측정검사(Sit and reach Test; SRT)

사전검사를 통해 선발된 대상자에게 전형적인 SRT를 시행하였다(Fig 2)(Baltaci 등, 2003). SRT에서 12.4㎝ 이상~19㎝미만의 정상범위의 그룹(Normal SRT group; NSRTG)과 12.4㎝미만의 슬괵근의 단축을 보이는 그룹

(Short SRT group; SSRTG)으로 분류 하였다. 선정 기준은 우리나라의 평균 유연성 정도가 20～29세 미만의 경우 12.4～19㎝라는 점을 기준으로 하였다(Hwang과 Choi, 1994). 두 그룹에서 NSRTG내 SRT의 평균은 16.75±.31㎝이었으며, SSRTG내 SRT의 평균은 10.60±.48㎝로써 대상자의 선정조건에 만족하는 그룹을 설정하였다.

Fig 1. Sit and Reach Test

(2) 요추의 운동학적 분석

요추의 운동학적 분석을 위해 CR 85-X기종의 방사선 촬영 장치를 통한 의료 영상저장전송시스템(picture archiving and communication system; PACS, 미국)을 이용하여 바로 선 자세로 촬영 하였다. 요추의 굴곡 자세는 바로 선 상태에서 환자는 발을 12inch 떨어 뜨리고 서서 발가락을 만지는 것처럼 참을 수 있는 만큼 손을 다리 앞으로 내리도록 한다. 이때 주의사항은 고관절의 굴곡과 골반의 전방경사를 방지해야 하며, 경추의 자연스러운 굴곡이 발생하도록 해야 한다(Palmer와 Epler, 1998). 요추 굴곡 시 슬굑근의 정상적인 유연성을 가지고 있는 그룹(NSRTG)과 슬굑근의 단축된 성향을 가지고 있는 그룹(SSRTG)에 대해 요추 분절의 움직임을 보기 위해서 요추 추간판 사이의 간격을 단순 방사선 사진을 이용 형태계측학(radiographic morphology)적으로 측정하였다(Moon 등, 2007).

① 추간판 높이의 방사선학적 계측법(Hong 등, 2010)

추간판의 배측 및 요측 경계를 기준으로 전방과 후방의 높이를 측정하는 방법을 이용하여, 체간 굴곡시 추간판의 요측 경계의 길이를 측정하기 위해 상, 하 추간판의 요측 길이를 측정하며, 측정시의 오류를 줄이기 위해 계측시 화면상 4배 확대하여 측정하였다(Fig. 2). 비정상적인 추간판의 가능성을 배제하기 위해 요추 측면 단순방사선 사진 상 압박골절이나 쐐기모양 변형 등 정상 척추체의 모양에서 벗어나는 경우나 시상면상의 척추전방 또는 후방 전위가 있는 경우 및 뚜렷한 추간판 간격 감소 소견이 있는 경우는 제외하였다.

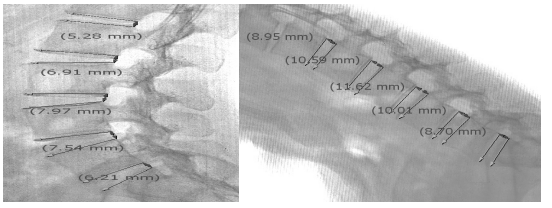

Fig 2. Measurement of posterior intervertebral disc length

3. 통계처리

젊은 성인의 체간 굴곡시 NSRTG와 SSRTG의 그룹내 요추의 분절별 이동거리를 측정하기 위해 반복측정 분산분석을 적용하였으며, 그룹간 요추의 분절별 이동거리를 측정하기 위해 독립표본 T-test를 실시하였다. 통계처리는 SPSS version 12.0을 사용하였으며 유의수준(α)은 .05로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구 대상자에 있어 정상 슬굑근 그룹의 일반적인 특징은 평균연령은 22.60세, 평균 체중은 60.73㎏, 평균 신장은 164.20㎝, 팔 뻗기 검사는 16.75cm이다. 슬굑근 단축 그룹의 일반적 특징은 평균연령은 24.15세, 평균 체중은 66.85㎏, 평균 신장은 168.61㎝, 팔 뻗기 검사는 10.60cm이다(Table 1).

Table 1. General characteristic of subjects

Variable	NSRTG(n=15)	SSRTG(n=13)	t
Age(years)	22.60±1.40	24.15±1.14	-3.17*
Sex(Male/Female)	7 / 8	9 / 4	
Body Weight(㎏)	60.73±13.60	66.85±12.73	-1.22
Height(㎝)	164.20±8.18	168.61±9.12	-1.35
SRT(㎝)	16.75±1.19	10.60±1.74	11.02*

* p＜.05
Mean±SD: Mean±standard deviation
SRT: Sit and reach test, NSRTG: normal Sit and Reach Test Groups,
SSRTG: short Sit and Reach Test Groups

2. 체간 굴곡시 NSRTG와 SSRTG의 그룹 내 이동거리 분석

그룹 내 요추의 분절별 이동거리를 측정한 결과 NSRTG와 SSRTG에서 유의한 차이를 보였다(Table 2). 각 분절별 이동거리 분석에서 NSRTG내에서 요추 1-2번의 길이에 대해 요추2-3번의 길이가 유의하게 증가했으며, 요추2-3번의 길이에 대해 요추3-4번의 길이와 요추4-5의 길이는 유의한 감소가 나타났으며, 요추3-4번의 길이에 대해 요추4-5의 길이는 유의한 감소가 나타났으며, 요추4-5의 길이에 대해 요추5-천추1번간 길이의 유의한 증가가 나타났다(Fig. 3). SSRTG내에서 요추 1-2번, 요추2-3번, 요추3-4번의 길이에 대해 요추4-5번, 요추5-천추1번간 길이 유의한 증가가 나타났다(Fig. 4).

3. 체간 굴곡시 NSRTG와 SSRTG의 그룹 간 이동거리 분석

그룹 간 요추의 분절별 이동거리를 측정한 결과 요추 3-4번 길이를 제외한 그룹간에서 유의한 차이가 나타났으며, 각 분절별 그룹간 이동거리 분석에서 NSRTG는 상부요추길이(1-2번, 2-3번)에서 SSRTG보다 유의하게 거리의 증가를 보였으며, SSRTG는 하부요추길이(4-5번, 5-천추1)에서 NSRTG보다 유의하게 거리가 증가하였다(Table 2).

Table 2. Comparison of intervertebral disc length between each levels

(unit: ㎜)

	DL1-2	DL2-3	DL3-4	DL4-5	DL5-S1	F
NSRTG	3.21±.09	3.75±.06	3.40±.13	2.90±.09	3.51±.14	8.95*
SSRTG	2.61±.22	2.95±.27	3.47±.35	4.90±.31	4.97±.18	15.09*
t	2.66*	3.11*	-.20	-6.49*	-6.37*	

* p＜.05
Mean±SD:Mean±standard deviation,
DL: distance lumbar, NSRTG: normal Sit and Reach Test Groups, SSRTG: short Sit and Reach Test Groups

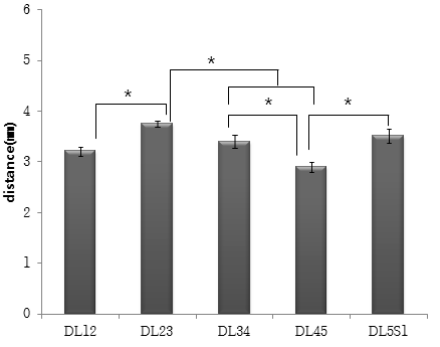

Fig 3. Variation of NSRTG difference each levels

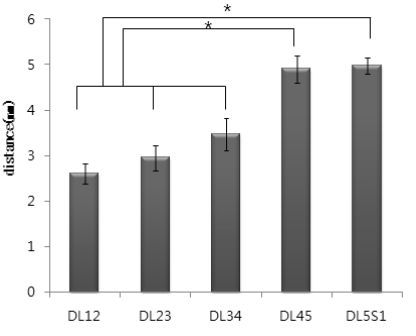

Fig 4. Variation of SSRTG difference each levels

Ⅳ. 고 찰

Neumann(2010)은 체간 굴곡시의 요추골반 리듬은 40도 정도의 요추 굴곡과 70도 정도의 고관절 굴곡이 결합되어 나타나게 되는데 전형적으로 고관절과 요추

는 체간 굴곡의 운동호(arc)전체에 걸쳐 동시에 굴곡이 나타나며, 슬굴근의 단축은 고관절 굴곡이 제한된 상태가 되어 요추와 하위 흉추의 굴곡이 더 요구되게 된다고 하였으며, 본 실험의 결과에서도 알 수 있듯이 슬굴근의 단축이 있는 그룹은 체간 굴곡시 상부요추보다 하부요추에서 더 많은 움직임이 관찰되었다. Travell과 Simon(1993)은 요통발생 부위가 요추 4,5번, 천추 1번 사이에서 약 90%이상 발생하며, 그것이 신경근에 의한 자극이든 척추관절의 기능부전에 의한 자극이든 대퇴후회측부의 방사통과 관련통으로 그것의 신경지배를 받는 근육들 중 슬굴근의 연축(spasm)현상으로 하지직거상(SLR)동작을 제한하여 골반 및 척추의 전방굴곡을 방해한다고 하였으며, 이는 본 실험의 결과에서 슬굴근의 단축이 있는 그룹에서 하부요추의 과 운동성이 나타난다는 결론을 얻을 수 있었는데 이는 초기 퇴행시 나타나는 현상과 동일하다고 할 수 있다.

Fox(2006)는 슬굴근의 유연성, 고관절 굴곡, 천장관절의 기능부전과 요통과의 연관성이 확립되어 있지 않지만, 그럼에도 불구하고 슬굴근의 유연성과 요통과의 연관성은 어느정도 확립되어 있다고 하였으며, 슬굴근의 단축은 요통 환자에게 허리 유연성의 지장을 초래함으로 허리 치료의 필요성과 효과를 분석할 때 중요한 요소가 된다(Kim, 1999).

유연성이란 관절가동범위 전체를 통증없이 관절을 움직일 수 있는 능력으로 정의할 수 있으며, 유연성의 제한 요인으로는 근육, 건, 이를 싸고 있는 근막과 관절을 둘러싸고 있는 인대, 관절낭과 같은 결체조직의 탄력성 감소로 나타나게 된다(Na, 2008). 따라서 슬굴근의 단축은 고관절 신전의 제한을 통해 정상적인 요추-골반리듬에 변화를 초래하게 되는 것이다(Neumann, 2010). Panjabi(1992)은 척추의 안정성은 수동적, 능동적, 신경학적인 3가지 요소로 구성되며, 이러한 3가지 체계의 협력적 작용은 외력에 대한 동적 안정성을 강화시키게 된다고 하였으며, Krauss 등(2008)은 임상적 또는 생역학적 관점에서 척추관절에서의 과 운동성으로 인해 척추 퇴행이 시작되고, 이러한 과정을 통해 척추분절의 움직임은 현저히 적어지고, 정상적인 관절의 순간회전중심경로(path instance center of rotation)에서 벗어나는 비정상적인 형태의 과소운동성(hypomo bility)나타난다고 하였다. 젊은 성인에게 실시한 본 실험에서 초기 퇴행의 중요한 요소가 되는 척추의 분절별 과 운동성을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

Hong 등(2009)은 요통환자 178명(남: 138명, 여:40명)을 대상으로 한 방사선학적 계측에서 후방디스크의 간격이 요추 1-2번은 5.21㎜, 요추 2-3번은 6.02㎜, 요추 3-4번은 6.78㎜, 요추 4-5번은 7.02㎜, 천추1-요추5번은 6.02㎜로 나타났으며, 천추1-요추5번을 제외한 상부요추에서 하부요추로 갈수록 간격이 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 본 실험에서 천추1-요추5번을 제외한 슬굴근의 단축된 성향을 보이는 그룹에서의 실험결과와 일치하였다.

Moon 등(2007)은 정상 한국인의 요추 추간판 높이의 방사선학적 계측에서 추간판의 높이는 전만각에 따라 영향을 미치게 되며, 특히 4-5번 요추간 추간판에서 높이가 변화하는 것을 발견하였다. Yang 등(2000)의 요추부 불안전증의 방사선학적 소견에서 요추부 불안전증(lumbar spinal instability)이란 척추 만곡의 변화를 동반하면서 척추 분절의 통제기능과 연조직의 안정성에 결함이 있는 경우라고 하였으며, 비외상성 요추부 불안정증으로 수술 가료한 환자를 대상으로 한 방사선학적 계측에서 각 운동 분절 별로 L3-4운동분절이 15.4%, L4-5운동분절이 45.6%, L5-S1운동분절이 38.8%의 불안정성이 나타났으며, 이는 본 실험에서 슬굴근의 단축된 대상자의 체간 굴곡시 정상적인 슬굴근의 유연성을 가지고 있는 대상자와의 그룹간 비교에서 L4-5, L5-S1의 운동분절에 통계적으로 유의한 결과와 일치하는 것이라 할 수 있다. 다시 말하면, 체간 굴곡시 슬굴근의 단축이 있는 경우, 요추에서의 보상작용으로 전체 요추에 대해 하부 요추의 이동거리가 유의하게 증가하는 모습을 확인할 수 있었으며, 이는 척추 퇴행의 일차적인 원인을 제공하는 것이라 할 수 있다.

Ⅴ. 결 론

본 연구에서는 체간 굴곡시 정상 성인의 슬굴근의

유연성 정도에 따른 요추 분절의 운동학적 특성을 알아보고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

슬괵근의 정상적인 유연성을 가지고 있는 젊은 성인의 경우 체간 굴곡시 요추의 분절별 운동학적 형태의 변화는 요추 3번을 기준으로 한 분절의 거리가 증가한 경우 다른 분절에서 거리의 감소가 나타나는 형태를 보였으나, 슬괵근의 단축을 가지고 있는 경우 체간 굴곡시 요추의 분절별 운동학적 형태는 하부 요추(L4-5 과 L5-S1)분절에서 거리가 증가하는 형태를 보였다. 또한 그룹간의 이동거리의 분석에서는 요추 3번의 경우 두 그룹간의 거리가 유의한 차이가 나타나지 않았지만 슬괵근의 정상적인 유연성을 가지고 있는 그룹(NSRTG)은 슬괵근의 단축을 가지고 있는 그룹(SSRTG)보다 상부요추(L1-2, L2-3)에서 이동 거리가 증가하였으며, 슬괵근의 단축을 가지고 있는 그룹(SSRTG)은 슬괵근의 정상적인 유연성을 가지고 있는 그룹(NSRTG)보다 하부요추(L4-5, L5-S1)에서 상대적으로 이동거리가 증가하는 것을 알 수 있었다.

이상의 연구결과로 볼 때, 척추 퇴행의 운동학적 분석에서 알 수 있듯이 척추 퇴행의 초기에는 움직임의 양이 증가하며 이로인해 연부조직 및 주변구조물에 미세손상을 유발하게 되어 다양한 형태의 척추관련 질환에 노출되게 된다. 슬괵근의 단축은 하부 요추의 과운동성을 유발하는 요인으로써 척추 퇴행의 중요한 원인으로 작용하게 된다. 앞으로 슬괵근의 단축에 따른 요추의 운동학적 분석이 골반 및 하부 흉추를 포함한 좀더 다양한 방법으로 접근해야 할 것이며, 요통환자의 슬괵근의 유연성회복을 통한 요추의 운동학적 분석이 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

Ahn CS. The effects of hamstring stretching exercise on the angle of lumbar flexion and function of activation with chronic low back patients. Dankook University Graduate School of Special Education. Master's thesis. 2001.

Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M et al. Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. Phys Ther Sport. 2011;1-8.

Baltaci G, Un N, Tunay V et al. Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students. Br J Sports Med. 2003;37(1):59-61.

Cholewicki J & McGill SM. Mechanical stability of the vivo lumbar spine : implications for injury and chronic low back pain. Clin Biomech. 1996;11(1):1-15.

Cholewicki J, Simons AP & Radebold A. Effects of external trunk loads on lumbar spine stability. J Biomech. 2000;33(11):1377-85.

Fox M. Effect on hamstring flexibility of hamstring stretching compared to hamstring stretching and sacroiliac joint manipulation. Clin Chiropractic. 2006;9(1):21-32.

Frobin W, Brinchmann P, Biggemann M et al. Precision measurement of disc height and sagittal plane displacement from lateral radiographic views of the lumbar spine. Clin Biomech. 1997;12:1-63.

Hwang SG & Choi KS. Exercise prescription & health. Seoul. Geumgwang Publishing Co. 1994.

Hong CH, Park JS, Jung KJ, et al. Measurement of the normal lumbar intervertebral disc space using magnetic resonance imaging. Asian Spine J. 2010;4(1):1-6.

Keley JL, White AA, Pastides H et al. The impact of musculoskeletal disorders on the population of the united States. J Bone Joint surg Am. 1979;61(7): 959-64.

Kim SY. Comparison of six tests for assessing hamstring muscle length. The Journal of Korean Academy of Orthopaedic Manual Physical Therapy. 1999;5(1):39-51.

Kippers V & Parker AW. Electromyographic studies of erectores spinae: symmetrical postures and sagittal trunk motion. Aus J Physiother. 1985;31(3):95-105.

Kisner C & Colby LA. Therapeutic exercise: foundations and

techniques. 5th Ed. Philadelphia. F.A. Davis. 2007.

Krauss J, Creighton D, Ely JD et al. The immediate effects of upper thoracic translatoric spinal manipulation on cervical pain and range of motion: a randomized clinical trial. J Man Manip Ther. 2008;16(2):93-9.

Miñarro PA, Andújar PS, García PL et al. A comparison of the spine posture among several sit-and-reach test protocols. J Sci Med Sport. 2007;10(6):456-62.

Moon ES, Kim NH, Park JO et al. Radiographic morphometry of lumbar intervertebral disc space in normal korean. Journal of Korean Spine Surg. 2007;14(3):129-36.

Na YM, Lee HJ, Yoon YS et al. Sports medicine: Impairment and rehabilitation. 2nd ed. Seoul. Hanmi Medical Publishing Co. 2008.

Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. 2nd Ed. London. Mosby. 2010.

Omino K & Hayashi Y. Preparation of dynamic posture and occurrence of low back pain. Engronomics. 1992; 35(5-6):693-707.

Ou YJ. The effects of hamstring on low back pain comparing the differences of hamstring strength between low back pain patients and healthy subjects. Dankook University Graduate School of Special Education. Master's thesis. 2002.

Palmer ML & Epler ME. Fundamental of musculoskeletal assessment techniques. 2nd ed. USA. Lippincott-Reven.

Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part Ⅱ. neutral zone and instability hyposthesis. J Spinal disord. 1992;5(4):390-6.

Park SH. An infuence of massage on hamstring muscles on the flexibility of the back and subjective pain in middle-aged women. Kyungwon University Graduate School of Business Administration. Mater's thesis. 2012.

Plaugher G, Lopes MA & Cichy DL. Text book of clinical chiropractic: a specific biomechanical approach. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 1993.

Travell JG & Simon DG. Myofacial pain and dysfunction: the trigger point manual the lower extremity. USA. Williams & Wilkins. 1993.

Yang KH, Kim NK, Kim YS et al. Lumbar Spinal Instability and Its Radiologic Findings. J Korean Neurosurg Soc. 2000;29(1):78-86.