

큰볼기근 근력강화운동이 척추뒤굽음자세를 가진 대상자의 척추정렬 및 동적균형에 미치는 영향

박강희^{1*} · 박근태² · 박수경³

^{1*}동주대학교 물리치료과 교수, ²경성대학교 대학원 학생

³우송대학교 물리치료학과 교수

The Effects of a Gluteus Maximus Strengthening Exercise on the Spinal Alignment and Dynamic Balance of Kyphosis Subjects

Park Kanghui, PT, Ph.D^{1*} · Park Geuntae, PT² · Park Sookyoung, PT, Ph.D³

^{1*}*Dept. of physical Therapy, Dong-ju College, Professor*

²*Dept. of physical Therapy, Graduate School of Kyungsung University, Student*

³*Dept. of physical Therapy, Woosong University, Professor*

Abstract

Purpose: This study was performed to determine the effects of a gluteus maximus strengthening exercise on both spinal alignment and dynamic balance in subjects with kyphosis.

Methods: We measured the kyphosis angle of 150 subjects and selected those whose kyphosis angle was $> 50^\circ$. The participants included 10 male and 12 female college students. After a gluteus maximus strengthening exercise was applied, the subjects were measured by the formetric 4D and Biorescue systems. The collected data were analyzed by a paired t-test with the SPSS (Ver. 21) program for spinal alignment and dynamic balance comparisons both before and after the gluteus maximus strengthening exercise was completed.

Results: The results regarding spinal alignment showed statistically significant decreases in pelvic tilt, kyphotic angle, and lordotic angle after the intervention ($p < .05$). However, trunk imbalance, pelvic torsion, surface rotation, and lateral deviation were not significantly different after the exercise. The results of the dynamic balance showed statistically significant increases in limits of stability after the exercise ($p < .05$).

Conclusion: The above results suggest that the implemented gluteus maximus strengthening exercise may be effective for spinal alignment and dynamic balance in subjects with kyphosis.

Key Words : gluteus maximus, strengthening exercise, spinal alignment, dynamic balance, kyphosis

*교신저자 : 박강희, jspt95@hanmail.net

논문접수일 : 2019년 8월 22일 | 수정일 : 2019년 9월 9일 | 게재승인일 : 2019년 9월 20일

※ 이 연구는 2019년 동주대학교 교내 연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

I. 서론

척추는 시상면 상에서 등뼈와 영치뼈는 일차굽이(primary curve)를 목뼈와 허리뼈는 이차굽이(secondary curve)를 보이는 교대적인 굽이(curvature)를 형성한다. 안정 시 서있는 자세에서 굽음 각도의 정상 범위는 허리뼈 앞굽이각이 20~60°, 등뼈 뒤굽이각이 약 20~50°, 평균 37° 정도를 형성하는 것이 정상적이다(Seidi 등, 2014). 이러한 척추 굽이는 고정된 것이 아니라 자세와 움직임에 따라 그 형태가 변화될 수 있다. 척추를 굽힘하는 동작은 목뼈와 허리뼈의 앞굽음을 감소하게 하거나 편평하게 하고 등뼈의 뒤굽음 정도를 증가시키게 된다(Endo 등, 2016). 이와 같이 정상적인 앞굽이를 보이는 목뼈와 허리뼈에서 보여야 할 앞굽음이 감소하거나 등뼈에서 뒤굽음 각도가 정상보다 증가되어 있는 경우를 척추뒤굽음증(kyphosis)이라고 한다(Kamali 등, 2016).

구부정한 자세로 장시간 앉아있거나 서있게 되면 척추가 굽어지게 되는데 최근 스마트폰, 컴퓨터 사용을 많이 하는 생활환경으로 인해 목과 어깨 그리고 허리에 무리가 가는 동작들이 지속되면서 척추뒤굽음증의 발생이 증가하게 되었다(Kim & Jang, 2012). 척추뒤굽음증의 증가와 같은 척추의 형태학적 변화는 척추의 결합조직 및 근육의 신장으로부터 발생하는 장력과 같은 생리학적인 부하를 변화시켜 척추 분절에 압박력과 전단력의 힘을 전달하여 목뼈와 허리뼈에 보상적 움직임이 나타나게 하고 이차적인 척추 질환을 야기하게 한다(Chaise 등, 2011).

척추뒤굽음증은 시상면에서의 목굽이, 허리굽이의 관절형상학적 변화를 야기하여 전방머리자세와 허리뼈앞굽이각, 골반대경사 감소와 같은 자세 변화가 나타나게 되어 척추 펌근이 약화되고, 이로 인해 운동역학과 움직임 패턴이 비정상적으로 변화하게 된다(Chaise 등, 2011). 신체중심이 전방으로 이동하게 되면 엉덩관절 굽힘의 보상작용을 만들게 되고 이러한 자세가 지속되면 엉덩관절 굽힘근이 단축되게 되고 이후 엉덩관절 펴는 제한하게 되어 엉덩관절 펴는 근육이 약화되고 골반의 앞쪽경사를 발생시키게 된다(Endo 등, 2016). 이러한 변화로 자세 유지에 필요한 동적균형 조절 작용이 감소하게 되어 영

덩관절과 무릎관절에 스트레스를 전달하게 된다(Watt 등, 2011). 자세유지는 신체의 위치를 공간 내에서 조절하면서 균형을 유지하는 것이다. 안정된 자세유지를 위해서는 정적, 동적 균형능력이 조절되어야 한다. 동적균형능력은 안정된 지지면 위에서 자세를 유지하는 동안 움직임을 연속적으로 수행하는 동안 나타나는 안정성 한계(limits of stability) 값을 통하여 확인할 수 있다(Yoon, 2019). 척추 뒤굽음의 과도한 증가로 인한 동적균형능력의 감소는 정상 자세 유지에 부정적 영향을 미치고 보행 시 넓은 지지면을 보이며 보행 속도가 느려져 낙상 위험도가 증가하게 되며 여러 가지 일상생활 동작에서 신체 기능 제한을 가져와 삶의 질에 부정적 영향을 미치게 된다(Kado 등, 2007; Kamitani 등, 2013)

척추뒤굽음증의 치료 방법으로는 크게 수술적 치료와 보존적 치료로 나누어지는데 70° 이상의 뒤굽이 변형을 보이는 경우 척추유합 및 고정술과 같은 수술적 치료가 효과적이다(Le Huec 등, 2015). 보존적 치료는 통증의 치료와 뒤굽이의 발생을 예방하고 교정하기 위해 약화된 척추 주변근육의 강화 운동과 단축된 근육의 신장 운동이 적용되고 있으며 제한된 움직임을 증가시키기 위해 가동성 운동과 척추 부정렬에 따른 자세교정과 같은 치료방법들이 일반적으로 적용되고 있다(Katzman 등, 2017; Nam 등, 2015).

이와 같이 척추에 직접적으로 적용하는 교정운동 프로그램들이 척추뒤굽음 개선에 효과적이라는 결과들은 많이 있으나 엉덩관절 주변 근육에 대한 중재가 척추뒤굽음증 환자들의 척추정렬에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 많이 있지 않다.

엉덩관절은 허리뼈와 골반의 움직임과 밀접한 관계를 가지고 있으며 척추의 정렬과 기능에도 많은 영향을 미친다(McGregor & Hukins, 2009). 특히 엉덩관절 펴는 근육인 큰볼기근은 체중부하가 척추에서 하지로 전달될 때 골반의 움직임을 조절하고 안정화시키는 역할을 한다(Motomura 등, 2019). 큰볼기근이 약화되면 엉덩관절이 안쪽돌림, 모음이 되게 되어 하지의 움직임 조절과 체중부하에 영향을 미쳐 신체정렬과 균형조절능력이 떨어지게 된다(Amabile 등, 2017). 따라서 서 있거나 보행을 하는 동안 하지의 불안정한 움직임과 골반의 조절을 향상시키기 위해 큰볼기근의 근력 강화 운동이 필요할 수 있다.

본 연구의 목적은 척추정렬을 확인하여 척추뒤굽음자세를 보이는 대상자를 대상으로 큰볼기근 근력운동이 척추정렬과 동적 균형능력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 또한 연구 결과를 통해 척추뒤굽음자세에 효과적인 치료와 예방을 위한 운동 방법을 적용하고 제안할 수 있을 거라 생각한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 부산소재의 D대학교 물리치료과 재학생 150명을 대상으로 척추정렬을 확인 후 등뼈뒤굽음각의 정상 범위와 등뼈뒤굽음증의 정의를 고려하여 등뼈뒤굽음각이 50° 이상인 대상자를 선정하였으며, 대상자는 본 연구에 참여하기 전 실험과 관련된 내용과 과정에 대해 설명을 들은 후 본 연구에 적극적인 참여의사를 밝힌 자로 선정하였다. 그리고 과거 척추질환으로 인한 치료 경험이 없고 근골격계, 신경계 및 감각 능력에 이상이 없는 자로 선정하였다. 연구 대상자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects

Characteristics	Male (n=10)	Female (n=12)
Height (cm)	176.71±2.35	164.31±1.74
Weight (kg)	71.32±4.12	51.11±2.31
Age (year)	22.81±1.22	21.21±1.45

Mean±SD

2. 실험 설계

실험 전 대상자 선정을 위해 150명을 대상으로 척추 3차원 영상 진단장비(Formetric 4D, DIERS, Germany)을 사용하여 척추정렬을 측정 후 등뼈뒤굽음각이 50° 인 대상자 22명을 선별 하였고, 동적 균형능력의 측정을 위해 Biorescue(RM INGENIERIE, Rodez, France)를 사용하여 안정성 한계(Limits of stability)값을 측정하였다. 큰볼기근 근력운동을 마친 후 동일한 검사자에 의해 실험 전과 같은 측정을 하여 실험 전, 후 값을 비교하였다. 모든 측정은 3회 측정하여 얻은 결과의 평균값을 사용하였다.

3. 측정도구 및 측정방법

1) 척추정렬 측정

척추정렬을 측정하기 위하여 척추 3차원 영상 진단장비(Formetric 4D, DIERS, Germany)를 사용하였다. 대상자는 상의를 탈의한 상태로 엉치뼈 윗부분이 보이도록 하

여 발판 위에 바로 선 자세를 유지하고 측정 하는 동안 대상자의 자세를 정확하게 측정하기 위하여 다리를 어깨넓이 만큼 벌리고 곧게 펴고 팔은 자연스럽게 내리개 한 상태에서 시선은 정면을 바라보게 하였다(Park & Kim, 2018)(Fig 1).



Fig 1. Measurement of spinal alignment

2) 균형능력 측정

동적 균형능력을 측정하기 위하여 Biorescue(RM INGENIERIE, Rodez, France)를 사용하였다. BIORescue

시스템은 여러 가지 힘을 측정할 수 있는 감압 플랫폼과 동작분석시스템으로 구성되어 있다. 감압 플랫폼은 610×580 mm의 판에 압력센서가 1 cm² 당 1개씩 총 1,600 개가 있어 바로 선 자세나 체중이동 시 발의 정적, 동적인 압력을 측정할 수 있다. 대상자는 감압 플랫폼 위에 편안한 자세로 서 있는 상태에서 모니터에 피검자의 압력 중심이 나타나며 8가지 방향으로 화살표를 따라 무게 중심을 이동하는 동안의 안정성 한계(Limits of stability) 값을 측정하였다(Kim 등, 2018)(Fig 2).

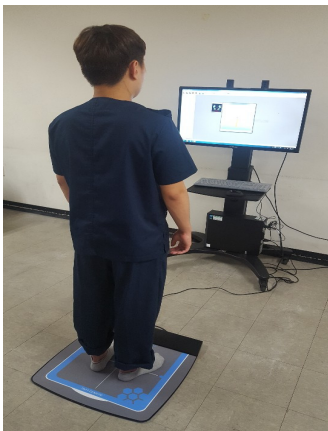


Fig 2. Measurement of dynamic balance

4. 큰볼기근 근력운동

큰볼기근 근력운동은 큰볼기근이 효과적으로 사용되는 근력검사자세를 취하여 수행하였으며 1set에 15초간 유지 5초 휴식 20회 반복하였으며 set간 60초 휴식 후 총 3set 운동하였다. 엎드린 자세에서 팔은 굽혀서 손등을 이마에 받치고 양다리는 골반 넓이 정도로 벌린다. 양쪽 무릎을 90° 굽혀서 직각이 되도록 만들고 발등이 바닥을 향하도록 하여 뒷꿈치를 붙여준다. 양 뒷꿈치를 서로 밀어내서 엉덩이에 힘이 들어가도록 하고, 그 힘으로 무릎을 가볍게 들어서 허벅지가 바닥에서 떨어질 수 있도록 들어준다. 골반과 허리가 움직이지 않도록 주의하며 배꼽이 척추에 붙는다는 느낌으로 하복부에 힘을 유지하며 최대한 엉덩이에 힘이 들어가도록 한다(Kang 등, 2013)(Fig 3).



Fig 3. Gluteus maximus strength exercise

5. 자료처리 및 분석

본 연구는 실험을 통해 수집된 자료를 SPSS Ver. 21.0 for window를 이용하여 통계처리 하였으며, 큰볼기근 근력운동에 따른 척추정렬과 동적균형의 전·후 변화를 알아보기 위해 대응 표본 T-검정(paired t-test)을 실시하였다. 모든 통계 분석의 유의수준은 p<.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 척추정렬의 변화

큰볼기근 근력 운동에 따른 척추정렬 변화를 확인해 본 결과 골반경사는 실험 전 3.95±2.98에서 실험 후 2.81±2.55으로 통계적으로 유의하게 감소하였고(p<.005), 뒤굽음각은 실험 전 53.14±2.29에서 실험 후 47.00±5.42으로 통계적으로 유의하게 감소하였으며(p<.001), 앞굽음각은 실험 전 34.73±6.28에서 실험 후 32.41±8.26으로 통계학적으로 유의한 감소를 보였다(p<.05)(Table 2).

2. 동적 균형능력의 변화

큰볼기근 근력 운동에 따른 동적 균형능력 변화를 확인해 본 결과 안정성 한계 값의 왼쪽, 오른쪽, 앞, 뒤 및 전체 범위에서 실험 전, 후 증가하는 변화를 보였으며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.001, p<.005)(Table 3).

Table 2. Changes of spinal alignment according to the gluteus maximus exercise

Variables	Before	After	t	p
trunk imbalance VP-DM(mm)	8.36±5.48	7.54±4.25	2.409	.125
pelvic tilt DL-DR(mm)	3.95±2.98	2.81±2.55	3.658	.001**
pelvic torsion DL-DR(°)	2.64±1.92	2.55±1.68	0.216	.831
surface rotation(°)	2.95±0.95	2.81±1.05	0.680	.504
lateral deviation VP-DM(mm)	3.72±2.29	3.32±1.78	0.882	.388
kyphotic angle ICT-ITL(°)	53.14±2.29	47.00±5.42	5.195	.000***
lordotic angle ITL-ILS(°)	34.73±6.28	32.41±8.26	2.236	.036*

*p<.05, **p<.005, ***p<.001, VP: Vertebra Prominens, DM: Dimple middle, DL: Dimple left, DR: Dimple right, ICT: Inflection point cervical thoracic, ITL: Inflection point thoracic lumbar, ILS: Inflection point lumbar sacral.

Table 3. Changes of dynamic balance according to the gluteus maximus exercise

Variables	Before	After	t	p	
limits of stability (mm ²)	Left	5016.90±2418.58	6881.47±3248.65	-4.113	.001**
	Right	5212.47±2384.68	7102.52±2571.01	-3.688	.001**
	Forward	6387.85±2937.83	8579.95±3336.99	-3.576	.002**
	Back	4127.23±2242.98	5403.28±2677.87	-4.034	.001**
	Total	10515.19±4797.22	13983.19±5597.24	-4.202	.000***

p<.005, *p<.001

IV. 고찰

본 연구는 척추 3차원 영상 진단장비(Formetric 4D, DIERS, Germany)를 사용하여 척추정렬을 확인 후 등뼈 뒤굽음각이 50° 이상인 22명을 대상으로 큰볼기근 강화 운동을 실시한 후 척추정렬과 동적균형능력의 변화를 알아보았다.

척추의 시상면 상에서의 만곡은 노화에 의한 퇴행성 변화, 자세 및 생활 습관에 의한 체중심의 이동에 따른 척추 분절의 관절형상학적 변화, 외상 등에 의한 변화로 척추의 만곡이 비정상적 나타날 수 있다(Roussouly & Pinheiro-Franco, 2011). 이러한 만곡의 변화는 척추에 가해지는 힘의 비율이 일정하지 않아 특정 부위에 과도한 에너지를 필요로 하며 주변 근육의 피로를 증가시켜 근육의 불균형과 통증이 발생할 수 있으며 시간이 지남에 따라 척추뒤굽음증과 같은 여러 가지 척추의 구조적 변

화가 발생하게 된다(Yaman & Dalbayrak, 2014).

척추뒤굽음에 대한 치료는 주로 척추의 관절과 근육의 불균형을 회복하기 위해 여러 가지 치료를 척추에 직접적으로 적용하고 있지만 골반의 앞쪽기울임이 있는 경우 시상면의 불균형에 대한 치료 결과가 양호하지 못한 것으로 보고되고 있다(Lee 등, 2001).

척추뒤굽음증 환자들은 대부분 서있는 자세와 보행을 하는 동안 골반이 앞쪽기울임 되어 엉덩관절이 굽힘된 자세에서 체중심이 전방으로 이동되는 것을 엉덩관절 펴 근육들이 시상면에서의 균형 조절을 보상한다(Arima 등, 2017). 따라서 척추뒤굽음의 치료적 접근이 척추의 관절과 근육을 조절하는 것뿐만 아니라 골반 및 엉덩관절의 시상면에서의 균형을 회복시키기 위한 엉덩관절 펴 근육의 근력을 강화하는 것이 중요할 수 있다.

Seidi 등(2014)은 상부체간의 굽힘근들의 스트레칭과 펴근들의 근력강화운동의 교정운동 프로그램을 적용한 결과 척추 뒤굽음각의 유의한 감소를 확인하였으며,

Kamali 등(2016)은 척추후만증 환자에게 도수치료와 운동치료를 적용 결과 척추 펌 근육의 근력 증가와 척추 뒤굽음각이 감소하였다고 보고하였다.

본 연구 결과 척추정렬에서의 골반의 양쪽 PSIS를 기준으로 좌/우 높이 차이정도를 나타내는 골반기울기에서 유의한 감소를 보였고, 시상면에서의 목뼈/등뼈의 만곡 곡선 기울기(ICT)와 등뼈/허리뼈 만곡 곡선 기울기(ITL) 사이에서 만들어지는 교차 각도인 등뼈 뒤굽음각에서 유의한 감소를 보였으며, 시상면에서 등뼈/허리뼈 만곡 곡선 기울기(ITL)와 허리뼈/엉치뼈의 만곡 곡선 기울기(ILS)사이에서 만들어지는 교차 각도인 허리뼈 전만각에서도 통계적으로 유의한 감소를 보였다. 이와 같은 결과는 큰볼기근의 강화 운동을 통한 큰볼기근의 근력 증가가 엉덩관절의 안정성을 증가시키고 골반과 체간을 뒤쪽으로 당기는 힘을 발생시키면서 직립자세를 취하는데 중요하게 작용하였다고 생각한다.

균형능력은 신체를 일정한 자세로 유지할 수 있는 능력을 말하며 일상생활동작에서 신체를 안정된 상태로 만들어 주는데 중요한 역할을 한다. 균형능력은 정적균형과 동적균형으로 나눌 수 있으며 동적균형은 움직임 시에 지속적으로 평형 상태를 유지하는 능력을 말한다. 동적 평형능력은 움직임을 안정적으로 수행하게 하는 기본이 된다(Watt 등, 2011). Kado 등(2007)은 척추뒤굽음증과 같은 비대칭적 자세가 머리, 어깨, 골반 및 다리의 위치 변화에 영향을 주어 바로 선 자세에서 무게중심과 족저압의 변화로 인해 균형을 유지하는 능력이 저하된다고 하였다. 이러한 척추의 굽음 정도에 따라 신체의 대칭성이 깨어지게 되면 균형능력이 떨어지게 된다. 그러므로 척추정렬에 불균형이 있는 경우 균형능력을 향상시키기 위한 여러 가지 연구들이 이루어지고 있다. Katzman 등(2017)은 척추의 근력강화 운동과 자세훈련 프로그램이 척추뒤굽음각의 감소와 균형능력 향상에 효과적이며 이는 낙상의 위험도를 감소시킨다고 하였으며, Moon과 Park(2014)은 척추후만증 환자에게 교정운동 프로그램을 적용한 결과 척추만곡 구조뿐만 아니라 평형성이 유의하게 향상을 보고하였으며 Lee와 Lee(2010)는 척추측만증 환자를 대상으로 교정운동 프로그램 적용이 균형능력 향상에 긍정적인 영향을 보인다고 하였다. 이와 같이 균형능력의 증가를 위해 복부주변 근육과 다리

근육의 강화를 통한 근력향상에 중점을 두고 많은 훈련들을 시키고 있다. 따라서 척추 정렬의 문제가 있는 환자들에게 균형능력을 향상시키기 위해 자세유지에 중요한 역할을 하는 큰볼기근의 강화는 균형을 유지하는데 가장 중요한 부분이라고 할 수 있겠다.

본 연구 결과 동적 균형능력의 안정성 한계 값이 큰볼기근 근력 운동 후 왼쪽, 오른쪽, 앞, 뒤 및 전체 범위에서 통계적으로 유의하게 증가되었다. 이와 같은 향상은 운동 적용에 의한 균형능력이 향상되었다는 여러 선행 연구와 일치하는 것으로, 큰볼기근의 강화 운동이 불안정한 상태에서의 동적균형능력을 향상시키는데 도움이 된다고 판단된다.

척추질환의 대부분은 후천적으로 발생하며 성장기에 천천히 진행되는 특징을 가지고 있다. 때문에 척추주변 근육들을 강화하는 운동뿐만 아니라 골반 주변 근육 강화 운동을 통해 척추 질환을 예방하고 척추질환 발병률을 감소시키고 회복도 가능 할 것이다. 또한 척추 질환에 대한 운동 프로그램들은 규칙적이고 장기적으로 진행하는 것을 고려해야 하며 일상생활에서의 관리 및 교육이 병행되어야 할 것이다.

본 연구의 제한점은 20대 정상 성인을 대상으로 척추정렬을 확인 한 후 척추뒤굽음각이 50° 이상을 보이는 대상자를 실험군으로 하였기 때문에 대상자의 수가 적어 병적인 상태에 일반화하기 어려우며 연구 목적에 따라 큰볼기근의 근력운동 적용 시 즉각적인 변화와 효과를 알아보기 위해 연구 설계되었다. 따라서 추후 연구에서는 연구 대상자 수를 늘리고 장기적인 중재기간에 따른 효과의 지속성과 다양한 운동프로그램을 적용하여 척추정렬 및 균형을 변화를 비교하고 확인해야 할 필요성이 있다고 사료된다.

V. 결론

본 연구는 척추뒤굽음각도가 평균값보다 크다고 판단되는 남녀 22명을 대상으로 큰볼기근 근력강화 운동이 척추정렬과 동적 균형능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였으며, 실험 전, 후 변화 정도를 알아보기

위해 Formetric 4D 및 Biorescue를 통해 측정하여 분석한 결과 큰볼기근 근력 운동에 따라 척추정렬의 골반기울임, 등뼈 뒤굽음각 및 허리뼈 앞굽음각이 통계적으로 유의하게 감소되는 것으로 나타났으며, 동적균형능력의 안정성 한계값이 통계적으로 유의하게 증가되는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 결과는 척추뒤굽음 자세를 보이는 대상자에게 큰볼기근 근력 운동이 척추정렬의 개선 및 동적 균형능력 향상에 긍정적인 영향을 미치며, 척추질환의 예방 및 치료에 중요한 고려사항이 될 수 있을 것이라고 생각된다. 또한 이와 관련된 다양한 운동 방법을 개발하여 여러 가지 효과를 규명하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- Amabile AH, Bolte JH, Richter SD(2017). Atrophy of gluteus maximus among women with a history of chronic low back pain. *PLoS One*, 12(7), 1-12.
- Arima H, Yamato Y, Hasegawa T, et al(2017). Discrepancy between standing posture and sagittal balance during walking in adult spinal deformity patients. *Spine*, 42(1), 25-30.
- Chaise FO, Candotti CT, Torre ML, et al(2011). Validation, repeatability and reproducibility of a noninvasive instrument for measuring thoracic and lumbar curvature of the spine in the sagittal plane. *Rev Bras Fisioter*, 15(6), 511-517.
- Endo K, Suzuki H, Sawaji Y, et al(2016). Relationship among cervical, thoracic, and lumbopelvic sagittal alignment in healthy adults. *J Orthop Surg*, 24(1), 92-96.
- Kado DM, Huang MH, Nguyen CB, et al(2007). Hyperkyphotic posture and risk of injurious falls in older persons: the rancho bernardo study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 62(6), 652-657.
- Kamali F, Shirazi SA, Ebrahimi S, et al(2016). Comparison of manual therapy and exercise therapy for postural hyperkyphosis: a randomized clinical trial. *Physiother Theory Pract*, 32(2), 92-97.
- Kamitani K, Michikawa T, Iwasawa S, et al(2013). Spinal posture in the sagittal plane is associated with future dependence in activities of daily living: a community-based cohort study of older adults in japan. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 68(7), 869-875.
- Kang SY, Jeon HS, Kwon OY, et al(2013). Activation of the gluteus maximus and hamstring muscles during prone hip extension with knee flexion in three hip abduction positions. *Man Ther*, 18(4), 303-307.
- Katzman WB, Vittinghoff E, Lin F, et al(2017). Targeted spine strengthening exercise and posture training program to reduce hyperkyphosis in older adults: results from the study of hyperkyphosis, exercise, and function (SHEAF) randomized controlled trial. *Osteoporos Int*, 28(10), 2831-2841.
- Kim MC, Lee HJ, Lee SM, et al(2018). The effects of supporting surfaces and visual existence on the balance ability when exercising squat. *J Korean Soc Integrative Med*, 6(2), 77-87.
- Kim SY, Jang HJ(2012). Clinical importance and measurement in thoracic kyphosis. *J Korean Acad Orthop Man Phys Ther*, 18(1), 1-10.
- Le Huec JC, Faundez A, Dominguez D, et al(2015). Evidence showing the relationship between sagittal balance and clinical outcomes in surgical treatment of degenerative spinal diseases: a literature review. *Int Orthop*, 39(1), 87-95.
- Lee CS, Lee CK, Kim YT, et al(2001). Dynamic sagittal imbalance of the spine in degenerative flat back: significance of pelvic tilt in surgical treatment. *Spine*, 26(18), 2029-2035.
- Lee SK, Lee MG(2010). Effects of 12 weeks of remedial exercise program on Cobb's angle, flexibility, and balance in scoliosis patients. *The Korean Society of Sports Science*, 19(2), 1263-1273.
- McGregor AH, Hukins DW(2009). Lower limb involvement in spinal function and low back pain. *J Back*

- Musculoskelet Rehabil, 22(4), 219-222.
- Moon HH, Park YJ(2014). The effect of corrective exercise on Cobb`s angle, anterior head positioning and static equilibrium of kyphosis. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 56(2), 935-944.
- Motomura Y, Tateuchi H, Nakao S, et al(2019). Effect of different knee flexion angles with a constant hip and knee torque on the muscle forces and neuromuscular activities of hamstrings and gluteus maximus muscles. *Eur J Appl Physiol*, 119(2), 399-407.
- Nam HC, Jo YJ, Kang BJ, et al(2015). A study on the effect of trunk stabilization program on body balance, lung capacity, muscular activity of healthy adults. *J Korean Soc Integrative Med*, 3(4), 43-51.
- Park KH, Kim HS(2018). Effect of plank exercise on the abdominal muscle thickness of subjects with asymmetric pelvic anterior tilt. *J Korean Soc Integrative Med*, 6(3), 25-32.
- Roussouly P, Pinheiro-Franco JL(2011). Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J*, 20(5), 609-618.
- Seidi F, Rajabi R, Ebrahimi I, et al(2014). The efficiency of corrective exercise interventions on thoracic hyper-kyphosis angle. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 27(1), 7-16.
- Watt JR, Jackson K, Franz JR, et al(2011). Effect of a supervised hip flexor stretching program on gait in elderly individuals. *PMR*, 3(4), 324-329.
- Yaman O, Dalbayrak S(2014). Kyphosis and review of the literature. *Turk Neurosurg*, 24(4), 455-465.
- Yoon(2019). The correlation between static and dynamic balance index according to the virtual reality-based squat and conventional squat exercise. *J Korean Soc Integrative Med*, 7(1), 1-8.