

정상 성인에서 불안정 지지면의 수정된 월-스쿼트 운동이 보행변수에 미치는 영향

공원태, 이재남¹⁾, 박재명²⁾

나사렛대학교, 대한적십자사 경인의료재활의료센터병원¹⁾, 서울특별시 서울의료원²⁾

The Influence of Unstable Modified Wall Squat Exercises on the Gait Variables of Healthy Adults

Won-tae Gong, Jae-nam Lee¹⁾, Jae-myung Park²⁾

Dept. of Physical Therapy, Nazarene University

Dept. of Physical Therapy, Gyeong-in Medical Rehabilitation Center Hospital Redcross¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Seoul Medical Center²⁾

Key Words:

Modified wall squat exercise, Gait Variables, Unstable

ABSTRACT

Background: This study was conducted to investigate the effects of unstable modified wall squat exercises accompanied by abdominal drawing-in on the gait variables of healthy adults. **Methods:** The total number of subjects was 30, and 15 were randomly placed in the training group (TG) and 15 in the control group (CG). To determine the gait variables of TG and CG, step length difference (SLD) stance phase difference (STPD), swing phase difference (SWPD), single support difference (SSD), and step time difference (STD) were measured using OptoGait, a gait analysis system. **Results:** When the pre-intervention and post-intervention results of TG and CG were compared, statistically significant differences in SLD, STPD, SWPD, SSD and STD of TG were seen. **Conclusion:** Unstable modified wall squat exercises accompanied by abdominal drawing-in might help reduce the deviation between left and right gait variables during walking.

I. 서론

척추 안정화란 사람이 의식적 또는 무의식적으로 척추관절의 움직임을 조절할 수 있는 능력을 의미하는 데(Magee, 1999), 통증이 없는 범위에서 움직임이 수행되는 척추 안정화 운동은 불안정한 자세를 조절하여 요추-골반자세 조절 운동으로 진행된다. 이때에 척추의 안정성을 제공하는 근육으로는 뒤통근, 배속뒹근, 배가로근 등의 근육이 있으며, 대조적으로 척추세움근, 배곧은근이 함께 작용하여 운동을 발생시켜 추체분절 간에 안정성을 제공한다(Bergmark, 1989). 보행에 있어서 척추안정화는 중요한 요소이며, 요부안정화는 자세변화와 부하상태에서 척추를 바르게 유지함으로

사지의 움직임을 수행할 수 있도록 하는 선행 요소이다(Willson 등, 2005).

보행은 일상생활에서 인간이 행하는 움직임 중에서 가장 많은 빈도를 차지하고 있으며, 안정적인 보행은 인간이 건강하고 즐거운 생활을 영위하기 위한 기본적인 요소이다(Chang과 Yoon, 2010). 특히 하지의 반복적인 운동을 통해 신체를 앞으로 이동시키는 운동의 한 형태인 보행은 안정성의 유지가 가장 중요시 되는 특징을 가지며(Murray 등, 1964), 특히 엉덩관절의 근육은 골반과 요추의 안정화 역할을 담당하며 보행 시 일어나는 운동 형상학적 조절에 중요한 역할을 담당한다(Nadler 등, 2002). 좌식생활의 증가와 운동부족은 현대인들의 요통을 증가시키며, 지속적인 좌식생활은 복부근력의 저하와 신체 불균형 등을 초래한다(O'Sullivan, 2000). 특히 요추부의 과도한 생역학적 부담은 복부근 위축과 약화, 척추관절의 불안정성 등으로 요추 주변에

교신저자: 공원태(나사렛대학교, owntae@kornu.ac.kr)

논문접수일: 2016.04.27, 논문수정일: 2016.06.01,

개재확정일: 2016.06.06.

통증 유발, 지구력 감소, 유연성 및 관절가동범위에 영향을 미칠 수 있다(Gill 등, 1988).

스쿼트 운동은 하체뿐만 아니라 상체 근육까지 골고루 발달시키며(Goldberg 등, 1994), 어디서나 쉽게 적용할 수 있는 운동법이기 때문에 많은 스포츠 종목에서 경기력 향상을 위한 목적으로 사용되고, 수술 후 재활 과정에서도 매우 효과적으로 적용되기 때문에 재활 프로그램에 많이 사용되는 운동이다(Stuart 등, 1996). 스쿼트 운동은 많은 장점을 가진 운동이지만, 자세가 불안정하면 등하부에 상해를 입고, 무릎에 압박이 갈 수 있다(Fry, 1993). 이를 보완한 것이 월 스쿼트(wall squat exercise) 운동이다. 월 스쿼트 운동은 체중을 벽에 지지한 채로 스쿼트를 하기에 허리나 무릎에 상해를 입을 우려가 없는 안전한 운동이며 스쿼트 운동의 초보자도 쉽게 할 수 있는 운동이다. 또한 본 연구에서 시행한 수정된 월 스쿼트(modified wall squat exercise)는 목과 어깨를 강화하는 동작을 포함하여 하체근력강화보다 요부안정화에 중점을 두고 시행되었다.

요통의 발생은 보행속도의 저하와 통증과 연관된 전형적인 보행 장애가 나타나고(Vlaeyen와 Linton, 2000), 만성 요통에 따른 환자들의 보행 특성으로는 보행 속도가 감소되며, 비대칭적 보행자세가 나타나게 된다(Vogt 등, 2001). 보행에 중요한 골반의 안정성과 자세를 위해 다양한 선행연구들이 있었는데 브릿지 운동(bridge exercise)를 통해 체간 안정화와 자세를 향상시킨 경우도 있고(García-Vaquero 등, 2012), 다양한 매트 운동을 통해 체간 안정화와 자세를 향상시킨 경우도 있었다(Liebenson, 1998). 또한 보행 길이 차이 등 보행변수를 측정된 선행연구에서는 Gonstead 기법의 골반교정(Cho와 Jun, 2014)과 제자리달리기운동(Cho, 2015)이 보행변수 차이를 줄여 보행의 질을 향상시켰다고 보고하였다. 하지만 교정은 전문가의 도움이 필요하고 제자리 달리는 노약자나 순환기 장애가 있는 대상자에게 적용하기 힘들다. 수정된 월 스쿼트를 적용하여 복부근 두께와 요부안정성을 측정하거나(Cho, 2013), 불안정한 지지면에서 수정된 월 스쿼트가 여대생의 자세에 미치는 영향(Lee, 2015) 등의 연구는 있었으나 불안정한 지지면에서 수정된 월 스쿼트가 보행변수에 미치는 영향을 연구한 바는 없었다.

이에 본 연구에서는 체간안정화에 중점을 둔 복부 드로잉-인(drawing-in) 기법을 동반한 불안정한 지지면에서의 수정된 월 스쿼트를 적용하여 보행변수에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 N대학교에 재학 중인 성인 30명을 선별하여 실험군인 불안정한 지지면에서의 수정된 월 스쿼트 운동군 15명과 대조군에 15명으로 무작위 배치하였고, 연구에 참여한 모든 대상자는 실험 참가에 동의하였으며, 실험 내용을 충분히 숙지 후 실험에 참가하였다. 연구대상자 선정기준은 하지와 요추부에 정형외과, 신경학적 질환이나 최근 6개월 동안 허리에 통증을 경험하지 않고, 요부관절에 수술 병력이 없는 자, 자세기형을 가지고 있지 않은 자로 운동을 수행할 수 있는 근력과 관절 가동범위, 균형 능력을 갖춘 자로 하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 실험군은 복부 드로잉-인 방법을 적용한 수정된 월 스쿼트 운동 시 불안정한 바닥면을 제공하기 위해 가로 50 cm, 세로 41 cm, 높이 6 cm의 Airex Balance Pad(Alcan-Airex AG, Sins, Switzerland)를 사용하였다. 수정된 월 스쿼트 운동은 스쿼트 동작 전 벽에 기대게 하고 다리를 어깨넓이만큼 벌린 후, 벽에서부터 자신의 발크기 만큼 거리를 두고 서게 하였다. 양손은 손가락을 편 상태로 한쪽 손은 가슴 부위에서 손바닥 끝이 위를 향하도록 하며, 다른 한쪽 손은 배꼽 부위에서 손바닥 끝이 아래를 향하도록 한 다음 벽 쪽으로 머리를 밀면서 턱은 당기도록 하였다. 이때 골반과 요추는 중립을 유지하였다. 스쿼트 동작 시 발바닥은 바닥에서 떨어지지 않도록 하며 무릎이 90°가 될 때까지 굽힘 후 5초간 정지한 후, 무릎이 10° 정도 굽힘 할 때까지 편 후 3초간 정지하였다. 이 동작을 1회로 하여, 10회를 1세트로 정하고 세트 간 15초를 휴식기간으로 갖고 총 10세트를 실시하였으며, 주 3회 하루 30분, 총 6주간 운동하였다(Cho, 2013)(Figure 1). 대조군은 별다른 운동 없이 측정만 2회 하였다.

3. 측정방법

보행분석은 보행분석시스템 OptoGait(Microgate Italy, Bolzano-Bozen, Italy)을 이용하였는데, 이는 광학 검출 시스템으로 만들어진 보행분석 장비로서 송신 바에는 적외선 주파수로 통신하는 96개의 LED가 있고 맞은편 수신 바에도 같은 개수의 LED가 있다. OptoGait의 송수신 바를 트레드밀 양측에 설치하고, 바 사이의 통신은 환자의 움직임에 의해 가로막히면서 보행 시 보행길이 차이(step length difference; SLD), 입각기 차이(stance phase



Figure 1. Modified wall squat exercise

difference; STPD), 유각기 차이(swing phase difference; SWPD), 한발지지 차이(single support difference; SSD), 보행시간 차이(step time difference; STD) 등을 산출하며, 달리고, 뛰거나 일련의 점프테스트와 바닥에 접촉하고 공중에 떠있는 시간 들을 초당 천 번의 송수신을 통해 정확한 데이터로 산출할 수 있다. 이 기본 데이터로부터 전용 소프트웨어는 실시간으로 측정된 데이터를 일련의 움직임으로 분석한다(Figure 2). OptoGait에서 수집된 각 데이터는 좌측과 우측 다리의 보행변수 차이 값을 사용하였으며, 차이 값이 작을수록 안정성과 균형 능력이 좋아진 것이다(Cho와 Jun, 2014).



Figure 2. OptoGait

4. 분석방법

측정된 데이터는 SPSS ver. 12.0(SPSS, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 수집된 자료는 평균 및 표준편차로 제시하였다. 군간 일반적 특성은 독립표본 t-검정을 사용하여 처리하였다. 각 군의 중재 전과 후의 유의성 검정은 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였고, 두 군 간의 차이에 대한

유의성 검정은 독립표본 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

실험군(남자 2명, 여자 13명)의 연령(평균±표준편차)은 21.28±.61세, 신장은 164.00±7.24 cm, 체중은 56.07±9.51 kg이었으며, 대조군(남자 2명, 여자 13명)의 연령은 21.00±.87세, 신장은 165.21±6.84 cm, 체중은 60.07±7.80 kg이었다. 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05)(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

	Training group	Control group	p
Gender (M/F)	2/13	2/13	1.000
Age (yrs)	21.28±.61 ^a	21.00±.87	.327
Height (cm)	164.00±7.24	165.21±6.84	.652
Weight (kg)	56.07±9.51	60.07±7.80	.235

^aMean±SD, M: Male, F: Female

2. 실험군과 대조군의 집단 내 중재 전후 비교

실험군과 대조군의 중재 전과 중재 후를 비교한 결과 실험군은 SLD, STPD, SWPD, SSD, STD에서 통계적 유의성이 있었고(p<.05), 대조군은 모든 항목에서 통계적 유의성이 없었다(p>.05)(Table 2).

Table 2. Comparison of SLD, STPD, SWPD, SSD and STD between pre- and post-intervention in each group

Category	Groups	Pre-test	Post-post	t	p
SLD (cm)	Training group	3.64±1.49 ^a	1.76±.90	3.97	.001
	Control group	3.63±4.03	3.42±2.15	.20	.840
STPD (%)	Training group	3.06±3.07	1.09±.96	2.38	.031
	Control group	2.58±1.49	2.62±11.29	-.10	.921
SWPD (%)	Training group	3.23±1.85	2.01±.85	2.15	.049
	Control group	3.01±1.71	2.77±2.05	.49	.629
SSD (%)	Training group	3.54±2.30	1.69±1.09	2.49	.026
	Control group	2.90±1.90	2.72±1.98	.35	.731
STD (%)	Training group	3.62±1.83	1.98±1.11	3.65	.003
	Control group	3.50±1.62	3.08±1.90	.61	.547

^aMean±SD, SLD: step length difference, STPD: stance phase difference, SWPD: swing phase difference, SSD: single support difference, STD: step time difference

3. 실험군과 대조군의 구간 차이 비교

실험군과 대조군의 중재 전, 중재 후, 중재 전, 후 차이를 비교한 결과 중재 전에서는 모든 항목에서 통계적 유의성이 없었고(p>.05), 중재 후에는 SLD, STPD에서 통계적 유의성이 있었고, 중재 전, 후 차이에서는 STPD에서만 통계적 유의성이 있었다(p<.05)(Table 3).

IV. 고찰

인간은 직립보행을 하기 때문에 중력에 노출되고 이로 인하여 골반과 하지의 부정렬을 초래하기 쉬우며 이는 자세와 보행패턴, 균형에 영향을 주고 있다. 골반은 복부를 지지하고 척추와 하지를 연결하며, 기립 시에는 척추에서 하지로 체중을 전달하고 똑바른 자세를 유지

Table 3. Comparison of SLD, SPD, SWPD, SSD and STD between training group and control group

	Categorys	Training group	Control group	t	p
Pre-test	SLD (cm)	3.64±1.49 ^a	3.63±4.03	.17	.900
	STPD (%)	3.06±3.07	2.58±1.49	.52	.601
	SWPD (%)	3.23±1.85	3.01±1.71	.33	.738
	SSD (%)	3.54±2.30	2.90±1.90	.83	.409
	STD (%)	3.62±1.83	3.50±1.62	.20	.843
Post-test	SLD (cm)	1.76±.90	3.42±2.15	-2.73	.011
	STPD (%)	1.09±.96	2.62±11.29	-3.66	.001
	SWPD (%)	2.01±.85	2.77±2.05	-1.32	.197
	SSD (%)	1.69±1.09	2.72±1.98	-1.75	.091
	STD (%)	1.98±1.11	3.08±1.90	-1.93	.063
Change between pre and post test	SLD (cm)	2.02±1.80	.21±4.02	1.54	.133
	STPD (%)	1.95±3.15	-.04±1.53	2.20	.036
	SWPD (%)	1.22±2.19	.24±1.88	1.31	.200
	SSD (%)	1.85±2.87	.18±1.99	1.85	.075
	STD (%)	1.64±1.74	.41±2.59	1.52	.138

^aMean±SD, SLD: step length difference, STPD: stance phase difference, SWPD: swing phase difference, SSD: single support difference, STD: step time difference

시켜 상지의 움직임을 원활하게 만들며(Magee, 2008), 골반이 중립의 위치에 있어야 바른 자세를 유지할 수 있고, 움직임 시 상체와 하체를 조절하여 일상생활 동작과 보행능력을 증진시킬 수 있다고 하였다(Kapandji, 2007). 허리는 신체의 중심으로 기능적 움직임이 일어날 때 중력에 대하여 팔다리의 움직임에 대비하여 원활한 중심 이동으로 새로운 자세를 가져갈 수 있도록 한다(Ryerson 등, 2008). 특히 요추부의 문제가 발생하는 경우 보행속도 감소와 비대칭적 보행자세가 나타나며(Vogt 등, 2001), 이는 신체 중심부의 안정성이 사지의 움직임에 커다란 영향을 준다고 볼 수 있다. 이러한듯 균형 잡힌 보행을 위해 골반과 허리의 정상적인 위치와 안정성이 중요한데 기존의 연구에서 3차원 보행분석기를 이용하여 편마비환자(Defrin 등, 2005) 또는 뇌성마비환자(Bonnyaud 등, 2013)에게 다양한 중재 후 보행분석 연구나, 골반교정 후 보행분석(Cho와 Jun, 2014), 제자리 달리기 후 보행분석 한 연구(Cho, 2015)는 있었으나, 정상성인에게 불안정한 지지면에서의 수정된 월 스쿼트 운동 후 보행분석을 한 연구는 없었다. 이에 본 연구는 정상성인에게 불안정한 지지면에서의 수정된 월 스쿼트를 6주간 적용한 후 보행의 변화가 발생하는지 알아보려고 하였다.

선행연구에서 Judge 등(1993)은 근력 증가 훈련과 스트레칭, 균형 운동 등이 근력과 보행속도를 개선시킨다고 보고하였으며, Brill 등(1998)은 노인을 대상으로 운동을 실시한 후 보행 시간과 보행수가 각각 3.9%와 13.6%로 향상되었다고 보고하였다. 대표적인 체간안정화 근육인 배가로근은 복부 드로잉-인 방법이 근 활성화에 효과적이며(O'Sullivan 등, 2002), 플라이오메트(plyometric)과 유사한 제자리 달리기 운동은 엉덩관절 주변의 근육활성화에 효과적이었다(Nadler 등, 2002). 본 연구와 유사한 연구로 Cho(2013)는 수정된 월 스쿼트 운동 후 복부근 두께와 요부안정성이 향상된다고 고보하였고, Lee (2015)는 수정된 월 스쿼트 운동 후 자세의 긍정적인 변화를 보고하였다. 또한 Cho(2015)는 제자리 달리기 후 보행변수의 향상을 보고하였고, Cho와 Jun(2014)는 골반교정 후 보행변수의 향상을 보고하였다.

연구결과 실험군은 중재 전, 후 모든 항목에서 통계적 유의성을 보였으며, 실험군과 대조군의 중재 후에서는 SLD, STPD에서 통계적 유의성이 있었고, 중재 전, 후 차이에서는 STPD에서만 통계적 유의성이 있었다. 대조군에 비하여 실험군의 좌, 우측 하지의 보행변수에 차이가 현저하게 감소된 것을 볼 수 있으며, 이는 불안정한 지지면에서의 수정된 월 스쿼트 운동을 통하여 동

적인 요추 안정화 운동과 엉덩관절 주변 근육군 움직임의 연합으로 안정성과 균형능력이 향상된 것으로 사료된다. Panjabi(2003)는 잘못된 보행을 해결하기 위해 요추 안정화 운동의 중요성을 강조 하였고, Topp 등(1993)은 근력 트레이닝 프로그램이 안정된 보행속도와 균형능력 등을 향상시키는데 효과적이라고 하였다. 또한 보행 시 발걸음을 내딛는 시간동안의 약 80%는 한 발에 의한 신체의 지지능력으로 이루어지며, 이러한 외발서기의 교차적 형태는 체간의 균형능력이 중요한 요인으로 보이며, Grabiner 등(1993)은 보행안정성의 중요한 요소로 체간 근력이라고 보고하였다.

결국 복부 드로잉-인 기법을 동반한 수정된 월 스쿼트 운동은 요부 안정화와 골반 및 엉덩관절 주변의 근력 향상 및 활성화에 도움을 주어, 보행의 교정 효과에도 긍정적인 영향을 줄 것을 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 정상성인을 대상으로 불안정한 지지면에서 복부 드로잉-인을 동반한 수정된 월 스쿼트 운동이 보행변수에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 불안정한 바닥면에서 복부 드로잉-인 방법을 동반한 수정된 월 스쿼트 운동을 주3회 하루 30분간 총 6주간 하였다. 연구결과 실험군에서 좌, 우측 하지의 보행변수에 차이가 현저하게 감소된 것을 볼 수 있었다. 이에 본 연구자는 보행변수의 좌, 우측 차이를 줄여 보행의 질을 향상시키기 위해 불안정한 지지면에서 복부 드로잉-인을 동반한 수정된 월 스쿼트 운동을 추천하는 바이다.

참고문헌

- Bergmark A. Stability of the lumbar spine: A study in mechanical engineering. *Acta Psychiatr Scand.* 1989;230(60):5-54.
- Bonnyaud C, Pradon D, Zory R, et al. Effects of a gait training session combined with a mass on the non-paretic lower limb on locomotion of hemiparetic patients: A randomized controlled clinical trial. *Gait Posture.* 2013;37(4):627-630.
- Brill PA, Probst JC, Greenhouse DL, et al. Clinical feasibility of a free-weight strength-training program or older adults. *J Am Board Fam Med.* 1998;11(6):445-451.

- Chang JK, Yoon SH. Evaluation of gait stability using medio-lateral inclination angle in male adults. *Korean J of Sport Biomech.* 2010;20(3):261-266.
- Cho MS. The effects of modified wall squat exercises on average adults' deep abdominal muscle thickness and lumbar stability. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(6):689-692.
- Cho MS, Jun IS. Effects of pelvic adjustment on female university students' gait variables. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(5):759-762.
- Cho MS. Effects of running in place accompanied by abdominal drawing-in on gait characteristics of healthy adults. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(1):87-89.
- Defrin R, Ben Benyamin S, Aldubi RD, et al. Conservative correction of leg-length discrepancies of 10 mm or less for the relief of chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(11):2075-2080.
- Fry AC. Coaching considerations for the barbell squat- Part 1. *J Strength Cond Res.* 1993;15:556-569.
- García-Vaquero MP, Moreside JM, Brontons-Gil E, et al. Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support Original Research Article. *J Electromyogr Kinesiol* 2012;22(3):398-406.
- Gill K, Krag MH, Johnson GB, et al. Repeatability of four clinical methods for assessment of lumbar spinal motion. *Spine.* 1988;13(1):50-53.
- Goldberg L, Elliot DL, Kuehl KS. A comparison of the cardiovascular effects of running and weight training. *J Strength Cond Res.* 1994;8(4):219-224.
- Grabner MD, Koh TJ, Lundin TM, et al. Kinematics of recovery from a stumble. *J of Gerontology.* 1993; 48(3):97-102.
- Judge JO, Lindsey C, Underwood M, et al. Balance improvement in older women: Effects of exercise training. *Phys Ther.* 1993;73(4):254-265.
- Kapandji IA. *Physiology of The Joints.* Churchill Livingstone. Philadelphia. 6th ed. 2007.
- Lee YM. The influence of unstable modified wall squat exercises on the posture of female university students. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(8):2477-2480.
- Liebenson C. Spinal stabilization training: The transverse abdominus Original Research Article. *J Bodyw Mov Ther.* 1998;2(4):218-223.
- Magee DJ. *Instability and stabilization. Theory and treatment 2nd. Seminar Workbook.* 1999.
- Magee DJ. *Orthopedic Physical Assessment.* 5th edition. St. Louis. Missouri; Elsevier Inc. 2008; 658-660.
- Murray MP, Drought AB, Kory RC. Walking patterns of normal men. *J Bone Joint Surg.* 1964;46(2): 207-211.
- Nadler SF, Steiner DJ, Erasala GN, et al. Continuous low-level heat wrap therapy provides more efficacy than ibuprofen and acetaminophen for acute low back pain. *Spine.* 2002;27(10):1012-1017.
- O'Sullivan PB. Master class. Lumbar segmental 'instability'; Clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther.* 2000;5(1):2-12.
- O'Sullivan PB, Grahamsaw KM, Kendell M, et al. The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population. *Spine.* 2002;27(11): 1238-1244.
- Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):371-379.
- Ryerson S, Byl NN, Brown, et al. Altered trunk position sense and its relation to balance functions in people post-stroke. *J Neurol Phys Ther.* 2008;32(1):14-20.
- Stuart Mj, Meglan DA, Lutz GE, et al. Comparison of intersegmental tibiofemoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic chain exercises. *Am J Sport Med.* 1996;24(6):792-799.
- Topp R, Mikesky A, Wiggleswrth J, et al. The effect of a 12-week dynamic resistance strength training program on gait velocity and balance of older adults. *The Gerontologist.* 1993;33(4):501-506.

Vlaeyen JW, Linton SJ. Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: A state of the art. *Pain*. 2000;85(3):317-332.

Vogt L, Pfeifer K, Portscher M, et al. Influences of nonspecific low back pain on three dimensional lumbar spine kinematics in locomotion. *Spine*.

2001;26(17):1910-1919.

Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, et al. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg*. 2005;13(5):316-325.