

## 스쿼트 운동 시 발의 압력에 미치는 영향

원효현\* · 김민욱\* · 배영훈\*\* · 김용재†  
(\* 부경대학교 · \*\*동의과학대학교)

### A Study on Impact of Squat Exercise on Foot Pressure with different loads

Hyo-Heon WON\* · Min-Wook KIM\* · Yeong-Hun BAE\*\* · Yong-Jae KIM†  
(†Pukyong National University · \*\*Dong-Eui Institute Of Technology)

#### Abstract

This study is purposed to propose indices in order to achieve goals such as preventing one-sided movement of balance, preventing injuries to joints of legs, improving muscular strength of legs, and maximizing sporting achievement. In terms of methodology, this study has compared foot pressure distribution during squat exercise. This study targets 10 male students in their 20s of Department of Physical Education and 10 male students in their 20s of other departments of P University located in B City. Skilled members have been selected out of those who have had regular weight training experiences for last 3 years. As a result of analysis on impact of squat exercise on foot pressure, conclusions have been obtained as shown below. As a result of analysis on foot pressure distribution of back feet of skilled members and unskilled members during squat exercise, it was found out that foot pressure of left foot of skilled members was 0.13kgf/s, and that of unskilled members was 0.28kgf/s, showing significant difference ( $p<.01$ ). As a result of analysis on foot pressure ratio of back feet of skilled members and unskilled members during squat exercise, it was found out that foot pressure ratio of left foot of skilled members was 50.03%, and that of unskilled members was 67.18%, showing significant difference( $p<.01$ ).

**Key words :** Squat exercise, Foot pressure, Foot ratio, Fore foot, Rear foot

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

현대 문명과 과학기술의 발달로 인해 발생되어지는 생활의 풍요로움과 편리함, 이러한 편리한 생활에서 오는 시간적 여유는 일상생활 속에서 여가를 즐길 수 있는 기회와 삶의 질을 높일 수 있는 긍정적인 측면이 있다. 그러나 이와 같은 삶의 편리함은 일반인들의 운동량 부족을 발생시키며 성인병 유발의 빈도를 현격히 증가시켜 사

회적 문제로써 대두되고 있다(Jeong, Hyeun- Kyeong, 2006).

웨이트트레이닝은 전반적으로 균형 잡힌 몸매를 소유하도록 해주며, 적절한 웨이트트레이닝 프로그램은 상체와 하체의 균형을 향상시켜 주고 근육의 발달이 빈약했던 부위를 보완 또는 강화시켜 준다(Choi, So-Ra, 2007).

웨이트 트레이닝을 상체, 하체 운동으로 분류하였을 때 하지근의 발달을 위한 운동에는 카프 레이즈(calf raise), 레그 익스텐션(leg extension),

† Corresponding author : 051-629-5640, nhk2146@pknu.ac.kr

\* This work was supported by a Research Grant of Pukyong National University(2013)

\* 이 논문은 부경대학교 석사학위논문 일부임.

레그 레이즈(leg raise), 레그 컬(leg curl), 레그 어덕션(leg adduction), 레그 프레스(leg press) 및 스쿼트(squat) 등이 많이 활용되어지고 있으며, 그 중 가장 대표적인 운동으로 스쿼트 운동을 들 수 있다.

스쿼트 운동 시 자세는 시선은 정면을 향하고 다리를 어깨 넓이보다 약간 크게 십일자로 벌려 가슴과 허리를 편 상태를 유지한 후 무릎 아래 부분과 허벅지가 서로 직각을 이룰 때까지 앉아서 서서히 일어선다. 호흡은 앉을 때 숨을 들이마시고, 일어 설 때 숨을 내쉬어야 한다. 가장 주의할 점은 운동 중에 상체를 구부리면 다리가 아니라 허리로 무게가 전달되므로 항상 상체를 똑바로게 유지하는 것이 매우 중요하다(Chae, Woen-Sik·Jeong, Hyeun-Kyeong & Jang, Jae-Ik, 2007).

이와 같이 스쿼트는 다양한 실시 방법과 함께 많은 장점을 가진 운동이기도 하지만 그 만큼 운동할 때의 자세 또한 어려운 것이 사실이다. 따라서 스쿼트 동작 시 자세가 불안정하면 그로 인해 등하부와 무릎 등에 상해를 입기 쉽다(Lee, Sang-Woo·Moon, Yong-Jin & Eun, Seon-Deok, 2011).

특히 머신이 아닌 프리웨이트 트레이닝을 하였을 경우 일정한 무게를 들어 올리는 등 저항성 운동의 경우에 초반의 중력이 관성의 영향으로 부하가 커지게 되는데, 잘못된 동작과 자신에 맞지 않는 무게로 훈련할 경우 부상이 상대적으로 더 높아지게 된다(Park, Sang-Ho, 2010).

이에 스쿼트 운동 시 발생할 수 있는 부상을 예방하기 위해서는 하지관절의 움직임과 요추부에 과도한 부하가 걸리지 않도록 올바른 자세와 자신에게 맞는 무게로 실행하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다. 이와 같이 스쿼트 운동은 근력발달에게는 효과적인 방법이기도 하지만 반면, 잘못된 자세와 자신에게 맞지 않는 무게로 운동을 할 경우 오히려 부상을 유발시키기도 한다(Park, Sang-Ho, 2010).

일반인들의 경우 스쿼트 운동을 할 때 자신의

근력에 맞는 적절한 중량 부하 설정이 어렵고 때로는 자신의 능력 밖의 과부하로 운동하는 경향이 많으며 이로 인한 부상의 우려가 있다(Lee, Sung-Do, 2009).

스쿼트가 갖는 이러한 특수성으로 인해 많은 학자들이 스쿼트 동작 시에 발생하는 여러 가지 운동역학적 변화들을 살펴보는 시도를 하였다. 이를 유형별로 살펴보면, 스쿼트 운동은 저항성 운동으로 부하의 정도가 운동의 효과 및 운동 상해에 많은 영향을 주며, 부하의 정도가 스쿼트 운동 시 부하에 따라 운동형상학적, 무릎 관절의 모멘트, 운동역학적, 근육 활성화도에 대한 비교 연구들이 진행되어 왔다. 하지만 이러한 연구는 프리 스쿼트 운동, 바벨 스쿼트 운동에 국한되어 있다(Rao, Amarantini, & Berton, 2009; McCaw & Melrose, 1999; Frost, Cronin, & Newton, 2008).

또한, Takakura, Tanaka, Fujii, Kumai, & Sugimoto(1999)은 압력이 발바닥 한 곳에 장시간 동안 집중되면 발은 통증이나 무지 외반증(hallux valgus), 갈퀴발(clawtoe)과 망치 발가락(hammer toe)과 같은 기형이 발생할 수 있다고 보고하였다.

Lee, Sung-Do(2009)는 스쿼트 중량 변화에 따른 하지관절에 미치는 영향과 하지 근전도 변화에 관한 연구는 있었으나 숙련자와 비숙련자의 스쿼트 운동에 따른 좌우 발의 전족과 후족 압력에 관한 연구는 미비한 것으로 나타났다.

스쿼트 동작 시 전족 또는 후족 어느 한쪽에 편중되어 무게가 실리게 되면, 하지 뿐 만 아니라 척추 등에 다양한 통증을 야기시킬 수 있으므로, 상해예방과 이상적인 스쿼트 동작 제시를 위하여 다각적인 해결책이 필요하다고 사료되어진다. 특히 압력분포를 통한 분석은 단순하면서도 그 응용범위가 넓다고 생각한다. 따라서 본 연구에서는 스쿼트 운동 시 좌우 발의 전족과 후족에 미치는 압력에 대하여 분석하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 B광역시 소재하고 P대학교 체육학과 20대 남성 10명과 일반인 20대 남성 10명을 대상으로 선정하였다<Table 1>.

<Table 1> Physical features in object of study

	Expert	Nonexpert
N	10	10
Average age	22.20±0.84	22.20±0.84
Height (cm)	178.0±3.97	174.6±2.55
Weight (kg)	81.0±2.35	72.0±3.16
Career (yrs)	3.80±0.79	0.42±0.21
계	20	

숙련자 그룹은 지난 3년간 규칙적으로 저항성 근력 운동을 수행한 경험이 있는 대상으로 선정하였으며, 비숙련자 그룹은 지난 1년간 규칙적인 저항 운동을 수행하지 않았지만, 스쿼트 동작을 수행해 본 경험이 있는 대상으로 선정하였다. 대상자는 실험 전 연구의 목적과 실험 방법에 대하여 충분히 설명하고 사전 동의를 얻어 실시하였다.

### 2. 측정도구 및 방법

본 연구에서 사용된 측정도구 및 용도는 다음과 같다<Table 2>.

<Table 2> Measuring Instrument and Use

Instrument	Model/Company	Use of Measuring
Measuring Instrument of Pressure Distribution	TPS/Biomechanics	Measuring of Pressure Distribution
Height Machine	OST401/OSUNG	Measuring of Height
Weight Machine	OAS150/OSUNG	Measuring of Weighting
Computer	Pentium4/Samsung	Data Analysis

스쿼트 운동에서 좌우 발의 전족과 후족의 압력분포를 측정하기 위하여 ① 전족의 압력, ② 후족의 압력, ③ 전체 압력에서 전족의 비율, ④ 전체 압력에서 후족의 비율로 총 4가지 측정항목을 선정하였다.

대상자로 하여금 좌우 발을 압력분포측정기 위에 나란히 위치하여 동일한 자세로 실패의 조건에 해당하지 않는 성공적인 스쿼트 동작 5회를 수집하였다. 실패한 동작의 기준은 스쿼트 동작 중 압력분포측정기에서 발이 벗어난 경우로 정의하였다(Park, Sang-Ho, 2010).

본 연구에서는 머신이나 프리웨이트 형태가 아닌 스쿼트 동작만을 실시하였으며, Kim, Yong-Woon-Kim, Yong-Jae(2009)의 선행연구에서와 같이 양팔은 가슴 앞에 X자 형태로 교차하여 고정함으로써 움직임을 최대한 통제하였다. 이는 하지의 역학적 요인에 주된 관심을 둔 본 연구에서 상지의 움직임에 의한 영향을 통제하기 위해서이다.

하지 무릎의 각도는 Kim, Hyun-Hee-Song, Chang-Ho(2010)의 선행연구에서와 같이 무릎의 각도를 90도로 하였는데 오차범위를 최소화하기 위해 각도기를 통해 관절각을 정확하게 측정할 수 있도록 맞춤형 도구를 제작하여 90도로 고정하였다. 이는 굽힘 상태에서 정강뼈 위치에 따라 정강뼈 안쪽 돌림근에 저항을 주었을 때 안쪽 밧넌근의 근활성도에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

### 3. 통계처리방법

본 연구의 실험 결과를 위한 데이터를 (주)바이오메카닉스사의 TPScan V4.3 Triple Pod System을 통하여 얻은 후, SPSS 18.0을 이용하여 통계처리 하였다. 스쿼트 운동 시 숙련자와 비숙련자의 압력 분포에 따른 통계적 차이를 확인하기 위해서 독립표본 t-검정을 실시하였으며, 유의확률은 (p<.05)로 하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 스쿼트 운동 시 전족의 압력분포

숙련자와 비숙련자의 전족의 압력은 숙련자의 왼발에서 0.10kgf/s, 비숙련자의 왼발에서 0.09kgf/s로 숙련자가 0.01kgf/s로 높게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차가 없었다. 반면, 숙련자의 오른발에서 0.10kgf/s, 비숙련자의 오른발에서 0.05kgf/s로 숙련자가 0.05kgf/s 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한(p<.01)차를 보였다<Table 3>.

<Table 3> Pressure distribution of front-foot (unit : kgf/s)

Domain	Classify	Pressure Distribution	t	P-value
Left foot	Expert	0.10±0.17	0.43	0.68
	Nonexpert	0.09±0.15		
Right foot	Expert	0.10±0.23	5.05	0.00**
	Nonexpert	0.05±0.17		

\*\* : P< .01

#### 2. 스쿼트 운동 시 후족의 압력분포

숙련자와 비숙련자의 후족의 압력은 숙련자의 왼발에서 0.13kgf/s, 비숙련자의 왼발에서 0.28kgf/s로 비숙련자가 0.15kgf/s로 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한(p<.01)차를 보였다. 또한, 숙련자의 오른발에서 0.11kgf/s, 비숙련자의 오른발에서 0.23kgf/s로 비숙련자가 0.12kgf/s로 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한(p<.01)차를 보였다<Table 4>.

<Table 4> Pressure distribution of rear foot (unit : kgf/s)

Domain	Classify	Pressure Distribution	t	P-value
Left foot	Expert	0.13±0.23	-15.41	0.00**
	Nonexpert	0.28±0.17		
Right foot	Expert	0.11±0.18	-13.68	0.00**
	Nonexpert	0.23±0.22		

\*\* : P< .01

#### 3. 스쿼트 운동 시 전체압력에서 전족의 비율

스쿼트 운동 시 숙련자와 비숙련자의 전체 압력에서 전족의 경우 숙련자의 왼발은 49.97%, 비숙련자의 왼발은 32.82%로 숙련자가 17.15%로 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한(p<.01)차를 보였다.

또한, 숙련자의 오른발은 46.65%, 비숙련자의 오른발은 28.19%로 숙련자가 18.46%로 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한(p<.01)차를 보였다<Table 5>.

<Table 5> Percentage of front-foot (unit : %)

Domain	Classify	Pressure Distribution	t	P-value
Left foot	Expert	49.97±5.64	6.30	0.00**
	Nonexpert	32.83±5.62		
Right foot	Expert	46.65±4.89	6.82	0.00**
	Nonexpert	28.19±7.77		

\*\* : P< .01

#### 4. 스쿼트 운동 시 전체압력에서 후족의 비율

스쿼트 운동 시 숙련자와 비숙련자의 전체 압력에서 후족의 경우 숙련자의 왼발은 50.03%, 비숙련자의 왼발은 67.18%로 비숙련자가 17.15%로 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한(p<.01)차를 보였다.

또한, 숙련자의 오른발은 53.35%, 비숙련자의 오른발은 71.90%로 비숙련자가 18.55%로 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한(p<.01)차를 보였다<Table 6>.

<Table 6> Percentage of rear foot (unit : %)

Domain	Classify	Pressure Distribution	t	P-value
Left foot	Expert	50.03±5.64	-6.30	0.00**
	Nonexpert	67.18±5.62		
Right foot	Expert	53.35±4.89	-6.82	0.00**
	Nonexpert	71.90±7.77		

\*\* : P< .01

## IV. 논 의

### 1. 스쿼트 운동 시 전족의 압력분포

Lim, Kyu-Chan·Park, Hee-Hong(2006)은 프런트 스쿼트와 백 스쿼트 시 각 족부의 압력중심 변화의 연구의 결과에서 대다수의 연구대상자들이 왼발의 압력중심 변화 보다는 오른발의 압력중심 변화가 컸으며, 스쿼트 동작 실행 시에는 바벨의 중심이 오른쪽으로 치우친다고 보고하였다.

Choi, So-Ra(2007)의 프런트 스쿼트와 백 스쿼트 시 보조 도구 착용 유무에 따른 양발 압력중심의 변화의 연구결과에서 전후면상 변위는 보조 도구 착용 전 0.91cm로 나타났으며, 착용 후 -31.75cm로 나타났다. 이 결과는 10명 중 7명이 감소하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차는 없다고 보고하였다.

본 연구에서는 숙련자의 왼발의 압력분포는 0.10kgf/s, 비숙련자의 왼발의 압력 분포는 0.09kgf/s로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차가 없었다. 반면, 숙련자의 오른발의 압력 분포는 0.10kgf/s, 비숙련자의 오른발의 압력 분포는 0.05kgf/s로 나타났으며, 집단 간 통계적으로 유의한( $p < .01$ ) 차를 보였다.

Lim, Kyu-Chan·Park, Hee-Hong(2006)의 연구와 비교하여 보면, 본 연구에서는 바벨을 제외한 스쿼트 동작 만을 실시하였기에 왼발과 오른발의 압력 분포에서의 큰 차이는 없었던 것으로 생각되며, 숙련자 집단이 비숙련자에 비하여 고른 압력 분포를 보였다. 추후 연구에서는 실험대상의 우세한 발의 구분과, 무게에 따른 스쿼트 연구도 필요할 것으로 생각된다.

### 2. 스쿼트 운동 시 후족의 압력분포

Kim, Jae-Ho(2006)의 발의 운동 형태에 따른 평균 족저압 분포 연구의 연구결과에서 전족의 경우 142.77kgf/s로 나타났으며 후족의 경우 119.28kgf/s로 나타났다. 또한, 오양득(2008)의 연

구에서는 프로는 왼발의 전족부가 22.1N, 후족부가 116.5N이고 오른발의 전족부가 87.61N, 후족부가 223.65N으로 전족부가 25%, 후족부가 75%로 나타났고, 아마추어는 왼발의 전족부가 143.69N, 후족부가 174.53N이고 오른발의 전족부가 171.24N, 후족부가 199.97로 전족부가 45%, 후족부가 55%로 나타났다고 보고하였다.

Park, Sang-Ho(2010)의 스쿼트 동작 시 하지 관절의 움직임과 요추부 부하에 관한 운동역학적 분석의 연구결과에서 숙련자와 비숙련자의 엉덩관절 모멘트는 숙련자에게서 더욱 크게 나타났다. 이는 유의한 차이는 나타나지 않았지만 엉덩관절에서 숙련도가 높아질수록 각도가 크게 나타났는데, 같은 시간에 더 큰 엉덩관절 각도를 나타내기 위해서는 더 빠른 속도로 스쿼트 동작을 수행하여야 한다고 보고하였다.

본 연구에서는 숙련자의 왼발의 압력분포는 0.13kgf/s, 비숙련자의 왼발의 압력 분포는 0.28kgf/s로 나타났으며, 통계적으로 유의한( $p < .01$ ) 차를 보였다. 또한, 숙련자의 오른발의 압력 분포는 0.11kgf/s, 비숙련자의 오른발의 압력 분포는 0.23kgf/s로 나타났으며, 통계적으로 유의한( $p < .01$ ) 차를 보였다.

이는 Kim, Jae-Ho(2006)와 Park, Sang-Ho(2010)의 연구와는 유사한 결과를 나타내었다. 비숙련자는 숙련자에 비하여 후족의 압력분포가 높은 것을 알 수 있었고, 후족에 편중되어 무게가 실리게 될 경우, 하지 뿐 만 아니라 무릎, 골반, 척추 등에 다양한 통증을 야기 시킬 수 있으므로, 전족과 후족의 균등한 압력분포를 유지하여야 하지 근육의 부담을 줄일 수 있으며, 전후 무게 중심 이동의 폭을 최대한 줄일 수 있을 것으로 판단되어 진다.

### 3. 스쿼트 운동 시 전체 압력에서 전족의 비율

Jin, So-Yeon(2007)의 발 교정구(foot orthotics)를

착용한 걷기운동이 발, 자세, 압력분포, 균형 및 통증에 미치는 영향의 연구결과에서 보행 시 맨발의 전족부의 압력분포를 측정된 결과, 왼발 압력분포 평균은 61.47%이고, 오른발 압력분포 평균은 61.36%로 나타났으나 유의한 차를 보이지 않았다.

본 연구에서는 숙련자의 왼발의 압력비율 49.97%, 비숙련자의 왼발의 압력비율은 32.82%로 나타났으며, 통계적으로 유의한( $p < .01$ ) 차를 보였다. 또한, 숙련자의 오른발의 압력비율은 46.65%, 비숙련자의 오른발의 압력비율은 28.19%로 나타났으며, 통계적으로 유의한( $p < .01$ ) 차를 보였다. 이와 유사하게 스쿼트 동작 시 숙련도와 바벨 무게 따른 운동학적 분석을 한 연구결과(Park, Sang-Ho et al., 2010), 숙련자와 비숙련자간에 관상면에서의 무릎의 각도가 숙련자의 경우 내반이 발생하는 반면에 비숙련자는 외반이 발생하였다. 각도 값의 차이는 크지 않았으나 숙련자와 비숙련자를 구분하는데에 두 그룹간에 가장 큰 변화를 보여 주었으며, 과도한 외반은 부상의 위험을 가지고 있고 작은 값이라 해도 반복적인 외반으로 인해 부상을 초래할 수 있다고 하여 본 연구결과를 지지하고 있다.

한편, Jin, So-Yeon(2007)의 연구보다 적은 압력비율을 볼 수 있었는데, 이는 보행 시 한발이 받는 압력과 스쿼트 운동 시 양발이 받는 압력에서 이러한 차이가 발생한 것으로 사료된다.

#### 4. 스쿼트 운동 시 전체 압력에서 후족의 비율

Jin, So-Yeon(2007)의 발 교정구(foot orthotics)를 착용한 걷기운동이 발, 자세, 압력분포, 균형 및 통증에 미치는 영향의 연구결과에서 보행 시 맨발의 후족부의 압력분포를 측정된 결과, 왼발 압력분포 평균은 38.67%이고, 오른발 압력분포 평균은 39.12%로 나타났으나 유의한 차이를 보이지 않았다.

본 연구에서는 숙련자의 왼발의 압력비율 50.03%, 비숙련자의 왼발의 압력비율은 67.18%로 나타났으며, 통계적으로 유의한( $p < .01$ ) 차를 보였다. 또한, 숙련자의 오른발의 압력비율은 53.35%, 비숙련자의 오른발의 압력비율은 71.90%로 나타났으며, 통계적으로 유의한( $p < .01$ ) 차를 보였다.

이는 Jin, So-Yeon(2007)의 연구와는 유사한 결과가 나타나지 않았는데, 이러한 결과는 보행 시 양발이 떨어져 있는 시기가 없기 때문에 스쿼트 운동 시 항상 양발이 받는 압력과의 차이가 있었던 것으로 생각된다.

본 연구결과를 종합하여 보면 숙련자는 전족과 후족의 압력분포가 균등한 반면, 비숙련자는 후족으로 편중된 것을 볼 수 있었으며, 이를 통하여 단순한 스쿼트 동작 뿐만 아니라, 머신 또는 프리웨이트를 이용한 스쿼트 운동 시에도 균형적인 압력 분포를 가지도록 하여, 하지 뿐만 아니라 척추 부위 등에 발생할 수 있는 상해 예방에도 어느 정도 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

## V. 결론

첫째, 스쿼트 운동 시 숙련자와 비숙련자의 전족의 압력분포 분석결과 왼발에서는 압력분포의 차이가 나타나지 않은 반면에, 숙련자의 오른발의 압력분포는 통계적으로 유의한( $p < .01$ )차를 보였다.

둘째, 스쿼트 운동 시 숙련자와 비숙련자의 후족의 압력분포 분석결과 왼발에서 통계적으로 유의한( $p < .01$ )차를 보였으며, 오른발에서도 통계적으로 유의한( $p < .01$ )차를 보였다.

셋째, 스쿼트 운동 시 숙련자와 비숙련자의 전체 압력에서 전족의 압력비율 분석결과 왼발에서 통계적으로 유의한( $p < .01$ )차를 보였으며, 오른발에서도 통계적으로 유의한( $p < .01$ )차를 보였다.

넷째, 스쿼트 운동 시 숙련자와 비숙련자의 전체 압력에서 후족의 압력비율 분석결과 왼발에서 통계적으로 유의한( $p<.01$ )차를 보였으며, 오른발에서도 통계적으로 유의한( $p<.01$ )차를 보였다.

## Reference

- Chae, Woen-Sik · Jeong, Hyeun-Kyeong & Jang, Jae-Ik (2007). Effect of different heel plates on muscle activities during the squat, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(2), 113~121.
- Choi, So-Ra(2007). The change of center of pressure with and without squat pad during squat, Ulsan University master thesis.
- Frost, D.M. · Cronin, J.B. & Newton, R.U.(2008). A comparison of the kinematics, kinetics and muscle activity between pneumatics and free weight resistance. *European journal Applied physiologies*, 104, 937~956.
- Jeong, Hyeun-Kyeong(2006). Electromyographic analyses of the effects of three different plates under heel during squat, Kyungpook National University master thesis.
- Jin, So-Yeon(2007). The effects of custom orthotics on foot biomechanics, posture, pressure, balance, and pain, Ewha Woman's University master thesis.
- Kang, Hyoung-Jin(2008). The effect of acustomized insole for high-arched patients with hindfoot supination, Yonsei University master thesis.
- Kim, Hyun-Hee & Song, Chang-Ho(2010). Effects of knee and foot position on EMG activity and ratio of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during squat exercise, *Korean Society of Muscle and Joint Health*, 17(2), 142~150.
- Kim, Jae-Ho(2006). The distribution of average plantar pressure in accordance with motion type of foot, Kyonggi University master thesis.
- Kim, Yong-Woon & Kim, Yong-Jae(2009). Biomechanical comparison of good and bad performances within individual in maximum vertical jump, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 489~497.
- Lee, Sang-Woo·Moon, Yong-Jin & Eun, Seon-Deok (2011). The kinematic differences and distribution of joint loads according to squat type, *Korean Journal of Sport Science*, 22(1), 1674~1684.
- Lee, Hyo-taek & Kim, Yong-jae(2012). A Computational Fluid Dynamic Study on the Sculling Motion for Water Safety, *The Korean Society for Fisheries and Marine Science Education* 24(1), 19, 23.
- Lim, Kyu-Chan & Park, Hee-Hong(2006). The change of center of pressure with front squat and back squat, *Korea Strength and Conditioning Association*, 3(3), 63~70.
- McCaw, S.T. & Melrose, D.R.(1999). Stance width and bar load effects on led muscle activity during the parallel squat. *Medicineand Science in Sports and Exercise*, 31(3), 428~436.
- Oh, Yang-Duk(2008). A study of the changes of plantar foot pressure and weight transfer during golf swing, Pukyung National University master thesis.
- Park, Sang-Ho et al.(2010). Kinematic analysis according to weight barbell squat proficiency, *Yonsei Institute of Physical Education Sports & Leisure Studies*, 45-55.
- Park, Sang-Ho(2010). Biomechanical analysis of low extremity motion and the low back loading during squat exercise, Yonsei University master thesis.
- Rao, G. · Amarantini, D. & Berton, E.(2009). Influence of additional load on the moments of the agonist and antagonist muscle groups at the knee joint during closed chain exercise, *Journal of electromyography and kinesiology*, 19, 459~466.
- Takakura, Y. · Tanaka, Y. · Fujii, T. · Kumai, T. & Sugimoto, K.(1999). Hindfoot alignment of hallux valgus evaluated by a weight bearing subtalar x-ray view, *Foot and Ankle International*, 20(10), 40~45.

- 
- 논문접수일 : 2013년 05월 03일
  - 심사완료일 : 1차 - 2013년 07월 20일
  - 게재확정일 : 2013년 08월 12일