

무릎 근력의 불균형이 백 스쿼트 동작에 미치는 영향

손지훈

전주대학교 생활체육학과 교수

The Effect of Knee Muscle Imbalance on Motion of Back Squat

Jee-Hoon Sohn

Professor, Department of Physical Education, Jeonju University

요 약 본 연구는 무릎 근력의 불균형이 백 스쿼트 시 인체 움직임의 제한 요인으로 작용하는지를 확인하는 것에 목적이 있다. 백 스쿼트 유경험자로 최근 2년간 부상이 없는 서울시 소재 S대학교 학생 8명을 연구 대상으로 선정하였다. Cybex 770으로 무릎관절의 등속성 근력을 측정된 후, 동측 주작용근과 대항근의 근력 불균형 정도와 좌·우 같은 근 군의 결손율에 따라 그룹을 나눈 후, 개인별 몸무게의 25%, 50%, 100%, 125%의 중량과 같은 바벨을 백 스쿼트로 들게 하였다. 무릎 굽힘 각도, 신체중심의 수직 변위, V-COP의 측정 구간 내 평균 위치로부터 매 순간 V-COP 까지의 거리 합 변인들에 대한 집단별 차이를 검증하기 위해 독립표본 T 검정을 실시하였다. 125%BW 조건에서 무릎관절 근력의 동측 불균형은 쭈그러 앉는 자세의 제한 요인으로, 좌·우측 편 근력의 불균형은 평형성 유지의 제한 요인으로 작용하였다. 근력의 불균형이 인체 움직임의 제한 요인으로 작용할 수 있음을 확인하였으므로, 차후 임상에서는 근력 불균형에 대한 검사법과 함께 교정 및 재활 운동 방법 또한 발전시켜 나갈 필요가 있다.

주제어 : 근력 불균형, 동측 근력비, 결손율, 백 스쿼트, 부하

Abstract The purpose of this study was to investigate the effect of muscle imbalance on motion of back squat. The isokinetic muscle strength of the 8 subjects was recorded for the knee flexion/extension by the cybex 770 dynamometer. Each subject performed 3 back squats with the long barbell with an intensity of 25% body weight(BW), 50%BW, 100%BW, 125%BW. During the back squat through the recorded kinematic data the subjects' maximum flexion and extension knee angle, center of mass displacement and V-COP were calculated for evaluation of the stability of the movement. For the statistical analysis independent t-test was used. Knee flexion angle and COM displacement are dominated by the reciprocal muscle ratio. V-COP factor was dominated by bilateral extension deficit. Based on the results we can know that as the intensity of the squat increased to a level control was difficult because the muscles' imbalance influenced the movement.

Key Words : Muscle strength imbalance, Reciprocal muscle strength ratio, Deficit, Back squat, Loads

1. 서론

인간은 거의 매 순간 움직인다. 인간은 움직임에서 과체목표의 달성과 효율적인 자세 유지를 추구한다[1]. 이를 위해선 정적인 평형성과 동적인 평형성을 동시에 유지해야 하는데, 이런 인체의 평형성을 유지하기 위한 자

세 조절 능력은 근골격계와 밀접한 관련이 있다. 특히 관절 가동범위, 척추 유연성, 연결된 신체 분절 간의 역학적 관계와 근육 특성 등은 인체의 균형을 유지하는 데 핵심적인 역할을 한다[2]. 이 중에서 근육의 특성 요인과 관련하여 근력의 균형성 유지는 인간이 좋은 자세를 유지하고 목표하는 기능을 달성하기 위해 기본이 되는 중요한

*Corresponding Author : Jee-Hoon Sohn(jhsohn@jj.ac.kr)

Received January 4, 2019

Accepted March 20, 2019

Revised February 25, 2019

Published March 28, 2019

요건이다. 우리는 약한 근육을 강화하여 인체 각 부분을 보다 효율적으로 정렬함으로써 좋은 자세를 유지할 수 있는데[3], 이것은 우리가 근력의 균형성 유지에 보다 힘씀으로서 올바른 자세를 견지할 수 있고, 필요하다면 이를 바탕으로 충분한 힘을 발휘하면서 일상생활을 영위할 수 있음을 시사한다.

일상에서 상황별로 필요한 힘을 충분히 발휘하며 자유자재로 신체를 제어하기 위해서는 주작용근과 대항근, 협동근이 정상적으로 작용해야 한다. 주작용근과 대항근의 상호작용은 무엇보다 중요한데, 이는 주작용근이 수축하며 관절의 움직임을 주도할 때 대항근이 관절의 안정자로서 주작용근의 지나친 수축과 급격한 수축을 제어하는 역할을 하기 때문이다.

인간의 근기능에 대한 평가는 그동안 중요한 연구 주제로 다루어졌다. 특히 주작용근과 대항근에 대한 등속성 운동 및 측정에 관한 연구에서는 동측 근력비와 좌·우 결손을 변인이 중요시 되었는데, 이는 이 변인들이 엘리트 선수뿐만 아니라 일반인들의 근력 강화, 부상 예방 및 수술 후 재활 프로그램 등에서 참고할 수 있는 좋은 지표로 활용되었기 때문이다. 동측 근력비는 주작용근과 대항근 근력의 상대적인 비율로 나타나며, 결손율은 좌·우 같은 근 군의 상대적인 근력비로 계산되는 값인데, 이 변인들은 부상을 예측하고 훈련하는데 도움이 될 수 있다[4]. 대항근은 이론적으로 운동수행 향상과 부상 예방에 도움을 주도록 훈련 되어야 한다[5]. 주작용근과 대항근의 근력 불균형과 관련된 여러 연구 중, 어깨 관절을 빈번하게 사용하면서 공을 던지거나 라켓을 사용하는 운동 선수를 대상으로 한 연구에서는 어깨 관절 통증 증후군(impingement syndrome)을 겪는 선수들이 일반 선수들에 비해 신장·수축 시 등속성 근력이 낮게 나타나며, 근력 발휘를 제대로 못하여 비정상적인 경기력을 발휘한다고 하였다[6].

무릎관절의 근력 불균형과 관련해서는 넵다리네갈래근의 근력과 좌·우 다리의 근력 균형을 유지하는 것이 운동 능력 향상에 큰 영향을 미친다[7]. 또 넵다리네갈래근과 넵다리두갈래근의 균형은 무릎관절 부상의 위험을 줄이고, 본래의 기능을 유지하는 데 중요하다[8]. 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근력 균형 유지도 매우 중요하며[9], 이 부위 근력의 불균형이 발생하면 무릎관절 주변에 역학적인 변화를 야기해 무릎관절의 외측 아탈구의 원인이 된다[10]. 또한 좌·우 결함비와 폼·굽힘근의 최대 근력비

등은 시합과 연습에서 발생할 수 있는 부상의 위험성을 미리 파악하여 부상 방지를 위해 운동처방에 필요한 자료를 제공하고, 부상 후에도 빠른 회복을 위한 자료로 이용될 수 있어, 등속성 근력의 측정과 훈련은 운동선수들의 경기력 향상에 중요한 의미를 지닌다[11].

근력 불균형과 직·간접적으로 관련된 현재까지의 국내 연구는 등속성 근력 트레이닝이 요통 완화에 미치는 효과에 관한 연구, 무릎관절의 등속성 근력에 관한 연구, 무용진공별 등속성 대퇴근력비와 근지구력에 관한 비교 연구, 성인 요추 부위 등속성 근기능 기준치 설정에 관한 연구, 수영 선수들의 어깨관절 등속성 근력 특성 분석 연구, 태권도 선수들의 무릎관절 H/Q 비율에 관한 연구 등과 같은 것들이 있었다[11-16].

위에서 언급한 국내 논문을 비롯하여 대부분의 논문들을 검토한 결과, 그간 진행되어 온 연구를 두 가지로 분류할 수 있었다. 한 부류는 ‘근골격계 환자들을 대상으로 근력의 균형비를 측정한 결과 비정상적인 경우가 많았으며, 이 환자들의 약한 부위 근육을 강화하는 운동을 시켰더니 근력 균형비가 점진적으로 좋아지고 통증이 완화되었다.’라는 것[16-18]이고, 다른 부류는 ‘운동선수들이 개별 특기 종목에 따라 정상 범주를 벗어나는 근력비를 가질 수 있기 때문에 기능 향상과 부상 예방을 위해서는 약한 부위의 근력을 강화시키는 훈련을 해야 한다.’라는 것[15, 16, 19, 20]이었다.

즉 지금까지는 ‘신체 특정 부위에 근력 불균형이 존재하면 이것이 운동 중 부상이나 기능 저하 등의 결과를 초래할 개연성이 있다.’라는 연구가 대부분이며, ‘실질적으로 근력의 불균형이 인체에 어떤 움직임을 유발하는가?’ 혹은 ‘근력 균형비가 우수한 집단과 우수하지 않은 집단의 동작에는 서로 어떤 차이가 있는가?’라는 근원적인 물음에 대한 연구는 찾아보기가 힘들었다. 그리하여 본 연구에서는 근원적인 물음에 접근하기 위한 연구의 필요성을 느끼고, 무릎관절의 동측 근력비 요인과 좌·우 결손율에 따라 집단을 구분한 후, 각 요인별 균형·불균형 집단 간에 백 스쿼트¹⁾ 동작에서 나타나는 움직임의 차이를 운동학적 변인들로 비교·분석하였다. 운동 부상이나 기능 저하는 결국 비정상적이고 비효율적인 움직임의 결과인데, 이는 움직임을 분석하여 그 움직임을 만들어 내는 요

1) 국립국어원 표준국어 대사전에 따르면, ‘스쿼트’의 올바른 표기방법은 ‘스쿼트’임. 그러나 다수의 언중(言衆)이 ‘스쿼트’로 쓰고 있기에, 이 논문에서는 ‘스쿼트’라고 표기 함.

인을 밝힘으로서 예방할 수 있기 때문이다. 이번 연구를 통해 우리는 인체 특정 부위의 근력 불균형이 움직임에 제한하는 요인으로 작용할 수 있는 지를 규명하려는 근본적인 물음에 접근할 수 있을 것이라 생각한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

서울특별시 소재 S 대학교에 재학 중인 남학생 8명을 본 실험의 연구 대상으로 선정하였다. 이들은 모두 백 스쿼트 유경험자였으며, 최근 2년간 운동으로 인한 부상이 없었다. 연령 및 신체 측정 정보는 아래 Table 1과 같다.

Table 1. Subjects

Sub.	Age(years)	Height(m)	Weight(kg)
S1	21	1.75	74
S2	23	1.72	65
S3	21	1.81	90
S4	23	1.8	78
S5	22	1.76	65
S6	23	1.7	62
S7	23	1.8	80
S8	22	1.81	82
Mean	22.25	1.76	74.5
S.D.	0.88	0.42	9.82

2.2 실험 장비

운동학적 변인들의 값을 산출하기 위하여 8대의 Oqus 500 series 카메라(Qualisys Inc, Sweden)와 AMTI 지면 반력기 2대(AMTI Inc, USA)를 사용하였다. 모션 데이터는 100Hz, 지면반력 데이터는 1000Hz로 샘플링 하였다. 무릎관절의 최대 펌·굽힘 근력은 등속성 근력 측정 장비인 Cybex 770 dynamometer(Cybex Inc, USA)를 사용하여 측정하였다. 스쿼트 장비는 플레이트(2.5kg, 5kg, 10kg, 20kg, Dongwha, Korea)와 20Kg 중량의 바(bar)를 조합하여 사용하였다.

2.3 실험 절차

본 연구는 두 측정 간 3일의 간격을 두고 실시하였다. 첫째 날: 무릎관절의 등속성 근력을 측정하였다. 연구 대상자들에게 실험 기구에 대한 소개와 전반적인 실험 절차에 대한 설명을 하였으며, 그 후 개인별 준비운동

(warm up)은 10분씩 하도록 지시 하였다. 60/sec의 저속 부하속도에서 3회의 연습 운동을 하게 한 뒤, 휴식을 1분 간 취하고 본 측정을 5회 하여 그 값을 기록하였다.

둘째 날: 연구 대상자의 몸무게를 측정한 후, 몸무게의 25%, 50%, 100%, 125%에 해당하는 중량을 들도록 했다. 부하강도는 연구 대상자의 체중을 최대 중량으로 설정하는 방법[21]을 참조했다. 백 스쿼트 중 시선은 본인의 정면을 바라보게 하였으며, 가능한 범위에서 가장 깊게 내려앉도록 지시하였다. 바벨 무게별로 앉았다 일어서기를 연속적으로 세 번 반복하게 하였는데, 백 스쿼트를 실시하는 전체 시간은 통제하지 않았다. 이는 시행 속도를 통제하지 않아도 비슷한 리듬이 나오기 때문이다[22]. 바벨의 중량 교체시마다 2분의 휴식 시간을 가지도록 하였다.

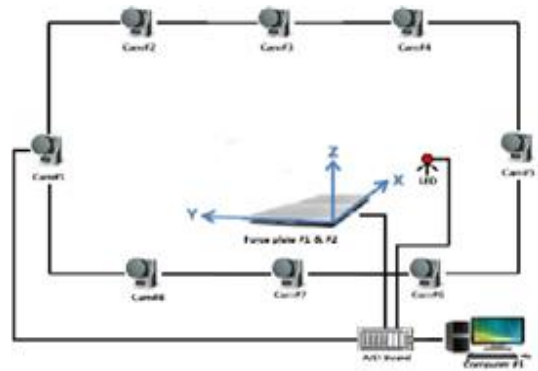


Fig. 1. Experimental equipments

2.4 자료 분석

운동학적 변인들의 값은 Qualysis Motion Capture System에서 얻어진 마커들의 3차원 좌표 값을 Visual 3D 프로그램(C-motion Inc, USA)을 활용하여 계산하였으며, 무릎의 등속성 근력은 Cybex 770 dynamometer의 결과 값을 Microsoft Excel(Microsoft Inc, USA)로 정리하여 분석하였다.

2.4.1 이벤트 설정

객관적인 분석과 연구 대상자간의 비교를 위하여 이벤트(event)와 국면(phase)을 설정하였다. DOWN 이벤트는 신체중심의 Z-axis 방향 속도가 (+) 에서 (-) 로 바뀌는 시점으로, SQUAT MIN은 분석 구간 중 신체중심의 높이가 최저인 시점으로, UP은 신체중심의 Z-axis 방향 속도가 (-) 에서 (+) 로 변하는 시점으로 설정했다. 내

려가기 국면(down phase)은 DOWN 시점부터 SQUAT MIN 시점까지, 올라가기 국면(up phase)은 SQUAT MIN 시점부터 UP 시점까지의 구간이다. 아래 Fig. 2에서 이벤트 및 국면 구간 설정을 그래프로 확인할 수 있다.

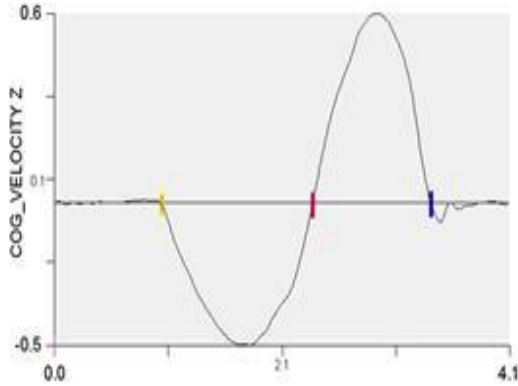


Fig. 2. Event definition(In case of 25%BW)

2.4.2 좌표계 설정

전역 좌표계(global reference frame)는 연구 대상자가 두 대의 지면반력기 위에 섰을 때, 왼쪽 발이 위치한 지면반력기의 후방 모서리에 원점을 설정한 뒤, 그 원점으로 부터 연구 대상자가 바라보는 앞 방향을 Y축, 바라보는 오른쪽 방향을 X축, 수직 방향을 Z축으로 설정하였다.

2.4.3 변인 분석

1) 동측 근력비

동측 근력비는 일반적으로 대항근의 최대 근력값을 주작용근의 최대 근력 값으로 나눈 후, 100을 곱해서 계산한다. 따라서 움직임에 있어 주작용근이 어느 근육인지를 잘 파악할 필요가 있다. 백 스쿼트 운동에서는 넵다리네갈래근이 주작용근, 넓적다리뒤근육이 대항근이 되므로 다음의 식과 같이 계산하게 된다. 여기서 최대 근력 값은 본인의 체중(BW)으로 표준화 한 수치를 사용한다.

$$\text{무릎 관절의 동측 근력비} = \frac{\text{Peak torque of hamstring}}{\text{Peak torque of quadriceps}} \times 100$$

2) 좌·우 결손율

우측과 좌측의 동일 근육이나 근육군에 대한 근력 균형을 평가할 때는 $\{((\text{우측}-\text{좌측})/\text{좌측}) \times 100\}$ 혹은 $\{((\text{좌측}-\text{우측})/\text{우측}) \times 100\}$ 의 공식으로 균형비를 산출한다[23]. 일반적으로 좌·우 근력 값 중 큰 값을 기준으로 좌·우 근

력의 차이 값을 나눈다. 현재까지의 연구에서는 양측의 결손율 범위가 10~15% 이내 이면 정상 범위로 판단하고 있다.

$$\text{좌·우 결손율} = \frac{(\text{우측 최대 근력} - \text{좌측 최대 근력})}{\text{좌측 최대 근력}} \times 100$$

$$\text{or} = \frac{(\text{좌측 최대 근력} - \text{우측 최대 근력})}{\text{우측 최대 근력}} \times 100$$

3) COM의 수직변위

신체 중심의 수직 변위를 측정하였다.

4) V-COP의 측정 구간 내 평균 위치로부터 각 프레임별 V-COP까지의 거리 합

V-COP(Virtual force plate-COP)는 2대의 지면반력기에 위치한 좌·우측 발의 압력중심점(COP)의 중심을 나타내는 가상의 한 점이다. V-COP의 측정 구간 내 평균 위치 점으로부터 각 V-COP까지의 거리 합을 신체의 안정성을 나타내는 새로운 지표로 정의하였다. 분석 구간 전체에 대한 양발의 압력중심점의 평균 위치를 산출한 후, 이를 기준점으로 각 프레임별 압력중심점까지의 거리 총합을 재계산한 것이다.

$$X_c = \frac{X_i}{n}, Y_c = \frac{Y_i}{n}$$

$$L = \sum \sqrt{(X_i - X_c)^2 + (Y_i - Y_c)^2}$$

2.5 자료처리방법

무릎 근력의 불균형이 백 스쿼트 동작에 미치는 영향을 파악하기 위하여 무릎관절의 동측 근력비의 균형 정도, 좌·우의 폼 결손율과 굽힘 결손율에 따라 집단을 나누었다. 그 후 백 스쿼트 동작 시 집단에 따른 COM의 수직 변위, 무릎관절의 최대 굽힘 각도, V-COP의 구간 평균 위치로부터 각 V-COP까지의 거리 합을 분석하기 위해 독립표본 T 검정을 실시하였다. 유의도 수준은 p=0.05이며 SPSS 통계 분석 프로그램을 사용하였다.

3. 결과

3.1 등속성 근력 측정 결과

3.1.1 등속성 근력

Cybex 770을 이용하여 연구 대상자의 좌·우 무릎관절의 최대 굽힘과 펴 근력을 측정하였고, 이 자료로부터 동측 근력비와 좌·우 결손율을 산출한 자료는 다음 Table 2와 같다.

Table 2. Isokinetic muscle strength (Nm/kg)

Sub.	Ex./Flex.	Right	Left	Deficit(%)
S1	Extension	224	304	26.32
	Flexion	191	188	1.57
	Ratio(%)	85	62	.
S2	Extension	296	304	2.63
	Flexion	143	170	15.88
	Ratio(%)	48	56	.
S3	Extension	343	259	24.49
	Flexion	164	140	14.63
	Ratio(%)	48	54	.
S4	Extension	346	343	0.86
	Flexion	191	128	32.98
	Ratio(%)	55	37	.
S5	Extension	328	274	16.46
	Flexion	191	182	4.71
	Ratio(%)	58	66	.
S6	Extension	343	298	13.12
	Flexion	188	149	20.74
	Ratio(%)	55	50	.
S7	Extension	256	355	27.89
	Flexion	188	226	16.81
	Ratio(%)	73	64	.
S8	Extension	313	337	7.12
	Flexion	200	200	0
	Ratio(%)	64	59	.

3.1.2 Grouping

Table 2의 자료를 바탕으로 집단을 구분하였다. 우선 좌·우 각각 동측 근력비가 정상치(66%)에 보다 가까운 집단(RMIS: Reciprocal muscle imbalance small group)과 정상치에서 보다 먼 집단(RMIB: Reciprocal muscle imbalance big group)으로 구분하였다[24]. 다음 좌·우 결손율을 기준으로 하여 최대 펴 근력의 결손율이 큰 집단(EXDB: Extension deficit big group)과 작은 집단(EXDS: Extension deficit small group), 최대 굽힘 근력의 결손율이 큰 집단(FXDB: Flexion deficit big group)과 작은 집단(FXDS: Flexion deficit small group)으로 구분하였다. 동측 근력비에 의한 집단 구분 기준은 연구 대상자들을 Table 2에 제시한 기준 근력비의 비율에 따라 가까운 순으로 나열한 뒤, 기준치에서 보다 가까운 4

명과 보다 먼 4명을 서로 다른 집단으로 분류한 것이다. 그 결과는 Table 3과 같다. 좌·우 각각의 동측 근력비로 구분한 집단의 구성원들이 동일하여 RMIB와 RMIS 집단을 좌·우 구분 없이 묶을 수 있었다. 결손율(deficit)에 의한 집단 구분도 같은 방법으로 하였는데, 각 연구 대상자들을 개개인의 펴 결손율과 굽힘 결손율에 따라, 근력차가 좌·우 전혀 없는 것(deficit=0)을 기준으로 가까운 순서대로 나열한 후, 정상치에 보다 가까운 4명을 한 집단, 정상치에서 보다 먼 4명을 다른 집단으로 나누었다. 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 3. Grouping by reciprocal muscle imbalance

	RMIB	RMIS
Right knee	S2, S3, S4, S6	S1, S5, S7, S8
Left knee	S2, S3, S4, S6	S1, S5, S7, S8

Table 4. Grouping by bilateral muscle imbalance (deficit)

	DB	DS
Extension	S1, S3, S5, S7	S2, S4, S6, S8
Flexion	S2, S4, S6, S7	S1, S3, S5, S8

3.2 운동학적 변인 분석 결과

3.2.1 무릎관절각

바벨의 무게가 증가함에 따라 무릎관절의 굽힘 각도가 좌·우 모두 감소하는 경향을 보이며, RMIB와 RMIS 그룹 간 굽힘 각도의 차이 또한 증가하는 추세를 나타낸다. 유의한 차이는 125%BW 조건에서 오른 무릎 굽힘 각에서 나타났으며(p=.012), 왼 무릎 굽힘 각은 근소한 차이로 기각되었다(Table 5, Table 6 참고).

Table 5. Right knee flexion angle (degree)

	Mean±S.D.		t	p
	RMIB	RMIS		
25%BW	96.60±9.56	102.23±6.27	-1.970	.182
50%BW	97.14±8.09	102.88±7.79	-2.046	.173
100%BW	92.85±6.68	100.11±3.73	-3.796	.053
125%BW	89.92±5.05	98.06±1.99	-6.000	.012*

* p<.05

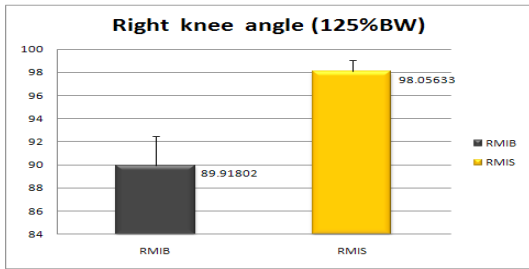


Fig. 3. Right knee flexion angle(Down to Up)

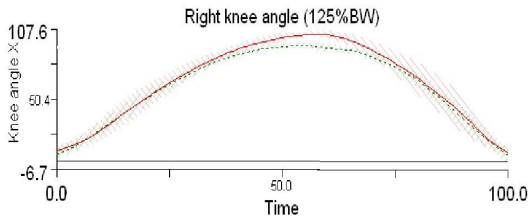


Fig. 4. Right knee flexion angle graph(Down to Up)

Table 6. Left knee flexion angle (degree)

	Mean ± S.D.		t	p
	RMIB	RMIS		
25%BW	91.47 ± 11.03	96.77 ± 8.32	-1.534	.236
50%BW	91.62 ± 9.29	98.29 ± 7.01	-2.294	.147
100%BW	87.77 ± 7.10	95.56 ± 10.11	-2.652	.116
125%BW	84.45 ± 6.50	94.19 ± 7.13	-3.624	.060

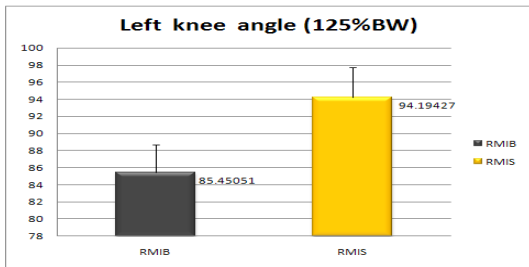


Fig. 5. Left knee flexion angle(Down to Up)

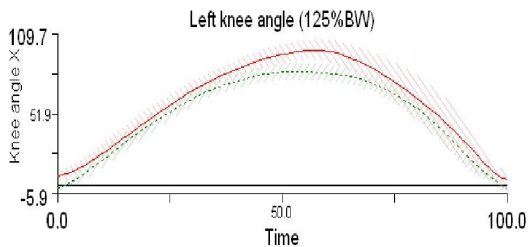


Fig. 6. Left knee flexion angle graph(Down to Up)

3.2.2 COM의 수직 변위

바벨 무게가 증가함에 따라 두 집단 모두 COM의 수직 변위는 감소하였다. RMIB와 RMIS 그룹 간 COM의 수직 변위 차는 바벨의 무게가 증가할수록 같이 증가하였다. 그러나 125%BW 조건에서도 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 7 참고).

Table 7. COM Z axis displacement (meter)

	Mean ± S.D.		t	p
	RMIB	RMIS		
25%BW	0.175 ± 0.038	0.195 ± 0.021	-1.768	.205
50%BW	0.179 ± 0.033	0.198 ± 0.024	-1.844	.196
100%BW	0.166 ± 0.026	0.191 ± 0.030	-2.448	.133
125%BW	0.160 ± 0.022	0.187 ± 0.025	-3.190	.082

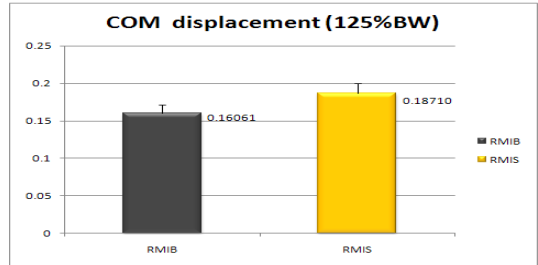


Fig. 7. COM displacement(Down to Squat Min)

3.2.3 V-COP의 측정 구간 내 평균 위치로부터 구간 내 각 V-COP 까지 거리 합

V-COP 변인은 125%BW 조건에서 EXDB 그룹의 평균값이 EXDS에 비해 유의하게 큰 값을 나타냈다 ($p=0.22$). 25%BW~100%BW 조건에서 두 집단의 평균 차는 0.18~0.457 범위였으나, 125%BW에서는 평균차가 0.856까지 증가하였다(Table 8 참고).

Table 8. V-COP summation (meter)

	Mean ± S.D.		t	p
	EXDB	EXDS		
25%BW	1.712 ± 0.183	1.531 ± 0.253	2.314	.145
50%BW	1.996 ± 0.666	1.539 ± 0.273	2.540	.125
100%BW	2.358 ± 0.503	2.062 ± 0.476	1.702	.213
125%BW	2.624 ± 0.477	1.768 ± 0.483	5.038	.022*

* $p < .05$

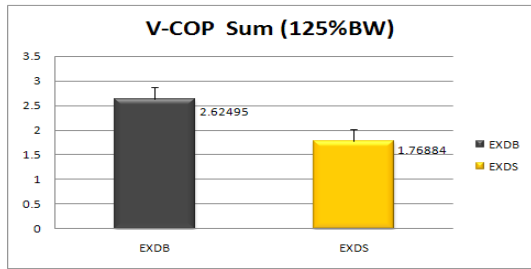


Fig. 8. V-COP Summation(Down to Squat Min)

4. 논의

본 연구는 인체 특정 부위의 근력 불균형이 인체 움직임에 제한하는 요소로 작용할 수 있다는 가설에서 시작되었다. 이제껏 여러 논문[4, 25, 26]에서 근력의 불균형이 부상을 유발하는 한 원인이 될 수 있고, 또한 운동 기능 저하의 원인이 될 가능성이 있음을 시사하였으나, 근력의 불균형이 움직임 자체에 대해 특정한 운동학적·운동역학적 변화를 만들어 내는지에 대한 연구는 거의 없었다. 이에 본 연구에서는 백 스쿼트 동작에서 가장 중요한 무릎관절의 근력 불균형을 독립변인으로 하여 집단을 분류하고, 집단별로 좌·우 무릎의 최대 굽힘 각도, 신체중심의 수직 변위, 그리고 V-COP의 측정 구간 내 평균 위치로부터 각 V-COP까지의 거리 합을 계산하였다. V-COP의 측정 구간 내 중심점에 대한 프레임별 거리의 표준편차는 동작의 안정성을 평가하기 위한 변인이고, 나머지 두 변인은 백 스쿼트 과제 수행 평가를 위한 변인이다.

최대 무릎 굽힘 각도 변인에 있어 바벨의 중량이 증가할수록 비교 집단 간 굽힘 각도의 차이가 증가하는 경향성이 있었다. <RMIB vs. RMIS>, <EXDB vs. EXDS>, <FXDB vs. FXDS> 집단 비교에서 모두 비슷한 경향성이 나타났으나, <RMIB vs. RMIS> 집단에서만 유의미한 차이가 나타났다. 이 결과로부터, 백 스쿼트 시 얼마나 깊게 앉을 수 있는가는 무릎관절의 좌·우 근력 차이보다는 동측의 근력 균형에 영향 받는 것임을 알 수 있다. 즉 넓다리내갈래근과 비교하여 넓적다리뒤근육의 최대 근력이 비정상적으로 낮으면 백 스쿼트 시 쭈그러 앉는 동작을 하는데 있어 동작의 제한이 생기는 것이다.

신체중심(COM)의 수직 변위 또한 백 스쿼트의 수행 평가를 위해 선정된 변인이었다. 그러므로 연구 결과의

타당성을 확보하기 위해선, 신체중심의 수직 변위도 바벨 중량 125%BW조건에서 <RMIB vs. RMIS> 집단 간 유의한 차이가 있어야 했다. 분석 결과, RMIB 집단의 변위는 16cm이고, RMIS의 변위는 18.7cm로 나타났으며, $p=.082$ 로 유의수준 $p=.05$ 에서는 차이가 나타나지 않았으나, 유의수준 $p=.10$ 에서는 유의미한 차이가 있었다.

백 스쿼트 과제 수행 시 동작의 안정성을 평가하기 위해 측정된 변인은 V-COP의 측정 구간 내 평균 위치로부터 각 프레임별 V-COP까지의 거리 총합이었다. 서론에서 언급했듯이 효율적인 자세를 유지하면서 동시에 과제를 성공적으로 수행하기 위해서는 신체의 균형 유지가 필수적인데, 이 V-COP 측정 변인의 값이 큰 것은 전·후·좌·우의 움직임이 많았다는 것을 의미한다. 분석 결과, 백 스쿼트 동작에서 신체의 안정성은 좌·우 편 근력의 결손율에 가장 크게 영향을 받았다. 바벨 중량 125%BW에서 <EXDS vs. EXDB>의 차이는 유의($p=.012$)했으며, 다른 조건 간 비교에서는 유의한 차이가 발견되지 않았다.

연구 결과, 동측 근력의 불균형은 집단 간 과제 수행 능력에서 유의한 차이를 초래했다는 것을 알 수 있었다. 특이할만한 점은 좌·우 결손율은 안정성 측면에서는 유의한 차이를 가져왔으나 과제 수행의 측면에서는 움직임에 유의한 차이를 가져오지 않았다는 것이다. 이 결과는 다음과 같은 두 가지 측면에서 바라 볼 수 있다. 하나는 인체의 보상작용과 관계된 부분이다. 협응과 관계된 기존의 연구에서는 한 관절에서 어떤 변화가 발생하면 다른 관절에서 보상작용을 일으켜 그 변화를 상쇄시킴으로써 동작의 목표를 성취한다고 알려져 있다[27]. 이런 움직임 패턴이 고착화되면, 한쪽 무릎의 편 근력이 약해질 때 동측의 발목과 엉덩이의 편 근력이 강해지게 된다. 그리하여 기존의 불균형을 보완하면서 과제를 수행하게 되는 것이다. 다른 측면의 해석은 125%BW 조건이 동측 근력의 불균형으로 인한 집단 간 동작의 차이를 구별하기에는 충분한 무게이지만, 좌·우의 근력 불균형으로 인한 동작의 차이를 이끌어 내기에는 충분한 무게가 아닐 수 있다는 것이다. 부상의 위험과 정확한 측정의 어려움이 존재하지만, 추후에 1RM(repetition maximum)의 중량에서 후속 연구를 할 필요가 있다.

이 연구의 주된 의의는 두 가지이다. 첫 번째 의의는 특정 근력의 불균형이 인간의 정상적인 움직임을 제한할 수 있으며, 나아가 움직임에 따라 그 움직임에 영향을 미치는, 즉 불균형을 야기하는 요인이 다를 수 있다는 것을

알아낸 것이다. 백 스쿼트 과제 수행의 수월성이라는 측면에서 측정된 무릎 굽힘 각도와 신체중심의 수직 변위 변인은 동측 무릎 근력의 불균형 요인에 의해 제한되었고, 안정성 유지라는 평가를 위해 측정했던 V-COP 변인은 좌·우 결손율 요인에 의한 영향이 지배적이었다. 연구의 두 번째 의의는 중량 변인(중량의 증감)에 따라 근력의 불균형이 움직임에 영향을 미치는 정도가 변할 수 있음을 파악한 것이다. 낮은 중량 조건에서는 신체 특정 부위의 근력이 불균형 하더라도 정상적으로 움직이는데 문제가 없었으나, 무거운 중량 조건에서는 그렇지 않았다. 이 결과로부터 근력의 불균형이 어떤 특정한 움직임의 제한 요인으로 작용하기 위해서는 그런 제한을 야기할 수 있는 역치 이상의 부하가 가해져야 함을 알 수 있었다. 백 스쿼트 시 동작의 불안정을 야기할 수 있는 역치는 이 연구 결과에 의하면 100%BW에서 125%BW의 범주에 있을 것으로 사료된다.

이상의 논의를 종합해 보면, 무릎관절의 동측 근력과 좌·우측 근력의 불균형은 백 스쿼트 시 자신이 지탱해야 하는 무게가 증가하여 자신의 힘으로 신체를 충분히 제어할 수 없을 경우에 움직임의 제한 요인이 됨을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구는 신체 특정 부위의 근력 불균형이 우리 인체의 움직임을 제한하는 요인으로 작용하는 지를 규명하기 위한 것이다. 특정 근력들의 불균형이 인체의 움직임에 미치는 영향을 일반화 할 수 있다면, 일상생활과 운동 상황 하에서 부상을 예측·예방할 수도, 재활 훈련 등에 적용할 수도 있는 좋은 지표가 될 것이기 때문이다. 결론은 다음과 같다.

125%BW 조건에서 동측 근력 균형이 좋은 집단과 좋지 않은 집단 간, 우측 무릎 굽힘 각도에서 차이가 났다($p=.012$). 좌측 무릎에서는 차이가 적었다($p=.060$). 동측 근력 균형비가 좋지 않은 집단의 무릎 최대 굽힘 각도가 더 작았는데, 이는 본인이 통제하기 힘든 역치 이상의 무게 범위에서는 동측 근력의 불균형이 쭈그러 앉는(무릎을 최대한 굽히고 앉는) 움직임의 제한 요소로 작용하였음을 알려준다.

125%BW 조건에서 좌·우측 폼 근력의 결손율이 작은

집단과 큰 집단 간, V-COP 거리 합에서 차이가 났다($p=.022$). 좌·우측 폼 결손율이 큰 집단에서 V-COP 합이 크게 나타났는데, 이는 본인이 통제하기 힘든 역치 이상의 무게 범위에서 좌측과 우측의 대퇴 폼 근력 세기의 불균형은 신체 평형성을 유지하는 것의 제한 요소로 작용하였음을 알려준다.

앞으로의 연구에서는 무릎뿐 아니라 신체의 여러 관절들(발목, 엉덩이, 허리, 어깨 등)의 근력비를 측정할 후, 신체 특정 부위의 근력 불균형이 특정한 과제들의 수행과 안정성 유지에 어떤 영향을 미치는지 알아볼 필요가 있다. 측정 가능한 부위들의 근력 불균형을 독립변인으로 하여 인체의 운동학적 변인들에 대한 다중회귀분석을 실시한다면, 특정 부위의 근력 불균형이 인체의 움직임에 어떻게 영향을 미치는지, 보상 작용의 패턴은 어떻게 나타나는지에 대한 보다 정량적인 증명을 할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] K. M. Newell & D. M. Corcos. (1993). *Variability and Motor Control*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- [2] D. W. Lee. (2005). A review on the mechanism of human postural control. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(1), 45-61.
- [3] W. J. Evans. (1999). What is sarcopenia? *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(5), 5-8.
- [4] S. J. Fleck & J. Falkel. (1986). Value of resistance training for the reduction of sports injuries. *Sports Medicine*, 3(1), 61-68.
- [5] I. K. Jung & S. Y. Kim. (2004). A Comparative Study of Upper Body's Muscle Power Ratio between Judo Players and Gymnastic Players. *Korea Sport Research*, 15(2), 1383-1390.
- [6] A. Cools, E. Witvrouw, G. Declercq, G. Vanderstraeten & D. Cambier. (2004). Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction-retraction movement in overhead athletes with impingement symptoms. *British Journal of Sports Medicine*, 38(1), 64-68.
- [7] T. Thomas, C. Zebas, M. Bahrke, J. Araujo & G. Etheridge. (1983). Physiological and psychological correlates of success in track and field athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 17(2), 102-109.

- [8] S. J. Bowerman, D. R. Smith, M. Carlson & G. A. King. Requiao. (2006). A comparison of factors influencing ACL injury in male and female athletes and non-athletes. *Physical Therapy in Sport*, 7(3), 144-152.
- [9] P. J. Rasch & R. K. Burke. (1978). *Kinesiology and applied anatomy(6th ed.)*. Philadelphia : Lea & Febiger.
- [10] J. Insall. (1982). Current concepts review: patellar pain. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 64, 147-151.
- [11] K. M. Seo. (2005). *Characteristic analysis of isokinetic muscle performance in swimmers*. Master Dissertation. Kyonggi University, Suwon.
- [12] J. J. Kim, J. Y. Park & I. T. Ko. (2000). A study on isokinetic muscular strength of knee joint-concentric contraction and eccentric contraction. *The Journal of Physical Education*, 28, 345-358.
- [13] J. T. Kim, S. H. Kim, H. S. Kang & S. W. Youn. (1998). A study on the isokinetic functional strength of the trunk for the old male adults. *Koran Journal of Sports Science*, 7(1), 279-290.
- [14] S. J. Park & K. W. Lee. (1997). The effect of strengthening of isokinetic training for back pain relief. *Institute of Martial Arts*, 8(1), 139-147.
- [15] J. S. Harm. (2001). *The comparison between muscular strength and endurance of thigh classified by dancing type*. Master Dissertation. Cheongju University, Cheongju.
- [16] K. K. Kang & W. S. Chang. (2008). Peak torque moment and hamstring/quadriceps ratio of knee joint of taekwondo practitioners. *The Korean Journal of Physical Education*, 47(3), 461-471.
- [17] J. M. Lee. (2009). The effect of isokinetic training on flexor function development of a lumbago patient. *The Korea Journal of Sports Science*, 18(2), 1027-1036.
- [18] H. Y. Jung. (2009). *Influence that Isokinetic exercise program for 8 weeks affects isokinetic muscle function, bone mineral density, and balance ability of low back pain patient*. Master Dissertation. Sungshin Women's university, Seoul.
- [19] D. H. Perrin, R. Robertson & R. Ray. (1987). Bilateral isokinetic peak torque, torque acceleration energy, power, and work relationships in athletes and nonathletes. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 9(5), 184-189.
- [20] O. Alizadehkhayat, A. Fisher, G. Kemp & S. Frostick. (2007). Strength and fatigability of selected muscles in upper limb: assessing muscle imbalance relevant to tennis elbow. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(4), 428-436.
- [21] Y. J. Kim, K. C. Eh & S. D. Jang. (2001). The effect of squat exercise on cardio-respiratory and stress hormone. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 16, 297-305.
- [22] R. F. Escamilla. (2001). Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(1), 127-141.
- [23] K. J. Choi, B. H. Kim, J. R. Yoon & D. D. Bang. (2005). Analyzing skill-characteristics on foreign wrestling competitors and developing competition strategy for preparing 2004 olympic games. *Korean Journal of Sport Science*, 16(4), 60-70.
- [24] D. Wathen. (1994). *Muscle balance. In: Essentials of strength training and conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- [25] P. Aagaard, E. B. Simonsen, S. P. Magnusson, B. Larsson & P. Dyhre-Poulsen. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 231-237.
- [26] V. Baltzopoulos & D. Brodie. (1989). Isokinetic dynamometry. *Applications and limitations. Sports medicine*, 8(2), 101-116.
- [27] J. Kelso, E. L. Saltzman & B. Tuller. (1986). The dynamical perspective on speech production: Data and theory. *Journal of Phonetics*, 29-59.

손 지 훈(Sohn, Jee Hoon)

[정회원]



- 20012년 2월 : 국민대학교 체육학과(이학박사)
- 20012년 7월 ~ 2014년 2월 : 서울시립대학교 도시과학연구원 도시노인건강연구소 학술연구교수
- 20014년 3월 ~ 현재 : 전주대학교

생활체육학과 교수

· 관심분야 : 경기력 향상, 생체역학

· E-Mail : jhsohn@jj.ac.kr