스탠스 너비와 무릎 각도가 스쿼트 운동시 반복횟수, 총운동량 및 근전도 반응에 미치는 영향

김기홍¹⁾ · 최해성¹⁾ · 고성식^{2)*}

1) 단국대학교 2) 한국교통대학교

ABSTRACT

Ki-Hong Kim · He-Seong Choi · Sung-Sik Ko. Effect of Stance Width and Angles of Knee on Repetition, Total Work and EMG during Squat. *The Journal of Kinesiology*, 2017, 19(3): 27-34. **[PURPOSE]** The aim of this study was to suggested the best way of Squat by estimating and analyzing muscle activity in waist and lower limbs, the number of set repeat-count, and total momentum when we change the width of stance and the angle of knee joint in Squat. **[METHODS]** In this study, we recruited 10 subjects from the college of physical education, who had built a career at resistance exercise over 1 years. They were divided into five groups by way of Squat. The exercise was executed with 75% 1RM and estimated by randomized-crossover way. The speed of exercise was not limited, and in each set we counted the number of set repeat-count by estimating maximum repetition of each group. we estimated total momentum by multiplying maximum repetition and weight. We estimated an EMG at rectus femoris, vastus medialis, vastus lateralis, erector spinae, and calculate the result by iEMG. After analyzing by two-way ANOVA, We have some significant result from the study. **[RESULTS]** There was no difference in the number of repetitions and the total work during Squat according to stance width. The rectus femoris and erector spinae showed high iEMG in narrow stance squat and wide stance squat. The vastus lateralis showed high iEMG in narrow stance squat. The vastus medialis showed high iEMG in wide stance squat. The number of repetitions and total momentum in the squat exercise according to the knee angle were 45° half squat, 90° standard squat, and 120° deep squat. The iEMG responses of quadriceps femoris and erector spinae were 90° standard squat and 120° deep squat higher than 45° half squat. **[CONCLUSION]** The smaller the stance width at the squat, the higher the muscle activity of rectus femoris and erector spinae. As the knee angle increased during the squat, the number of repetitions decreased and the muscle activity of quadriceps femoris and erector spinae was higher. This requires attention to knee and back injuries when squatting with a narrow stance and a deep knee angle. In addition, there is a need to perform different exercise loads according to the knee angle during the squat exercise.

Key words : stance width, angles of knee, repetition, EMG, squat.

주요어 : 스탠스 너비, 무릎 각도, 반복횟수, 근전도, 스쿼트

서론

스쿼트는 스포츠 종목에서 경기력 향상과 부상예방 및 치료적 운동프로그램에 많이 활용되는 대표적인 단 힌사슬 운동으로(Labella, 2004), 체중을 저항으로 하는 스쿼트, 바벨을 저항으로 하는 스쿼트, 머신을 활용한 스쿼트 방법 등이 있으나 운동할 때 자세가 어렵다는 단 점이 있고(Bompa, 1999) 스쿼트 동작시 불안정한 자세 로 인한 부상들이 보고되고 있다(Escamilla, 2001). 즉 스 쿼트 운동에서 불안정한 자세는 허리와 무릎 등에 손상

을 유발시키는데, 그 중 잘못된 스쿼트 동작을 포함하여 자신에게 맞지 않는 무게나 방법으로 실시했을 경우 몸 통의 신전력과 압축력이 허리뼈와 엉치뼈에 작용하여 부상을 유발시킬 수 있다는 것이다(Hartmann et al., 2013). 잘못된 스쿼트 동작과 바벨의 중량은 허리의 손 상을 유발시킬 수 있고, 특히 무릎의 손상위험을 높일 수 있으며(Park et al., 2010), 스쿼트 운동 시 시상면에서 무릎의 위치가 발끝보다 앞으로 나오게 되면 무릎에 부 하가 커져 많은 손상을 준다고 하였다(Fry, 2003).

따라서 몇몇 선행연구는 효과적이고 안정적인 스쿼트

* 교신저자: koss@ut.ac.kr

운동방법을 찾고자 시도하였다. Almosnino et al.(2013)은 스탠스 너비가 커지면 무릎관절 굴곡근이 더 활성화된다고 하였으며, Escamilla et al.(2001)은 무릎관절과 엉덩관절의 모멘트는 Narrow Stance에 비해 Wide Stance에서 크게 나타난다고 하였다. 반면 McCaw & Melrose(1999)는 스탠스 너비가 넓다리네갈래근에 영향을 미치지 않는다고 주장한 바 있어 스탠스 너비에 따른 근활성도는 아직까지 이견이 있는 실정이다. 한편, Hartmann et al.(2012)는 풀 스쿼트 운동이 하프 스쿼트 운동보다 하지의 근전도 활성이 높게 나타났다고 하였으며, 풀 스쿼트는 허리와 무릎관절의 손상을 증가시키므로(Hartmann et al., 2013) 무릎관절의 신근을 위한 트레이닝은 상대적으로 낮은 강도에서 수행하되 깊은 스쿼트는 피해야 한다고 주장하였다(Bryanton et al., 2012). Anthony et al.(2002)은 스쿼트 깊이가 증가되면 넓다리두갈래근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근보다 큰볼기근의 단축성 수축이 더 활성화된다고 주장한 바 있다.

이와 같이, 스쿼트 운동시 부상을 방지하거나 효과적인 운동방법을 찾기 위한 연구는 최근까지 지속적으로 수행되고 있으나 이들 연구는 세트간 휴식시간(Rahimi, 2005), 운동강도, 스탠스 너비(Almosnino et al., 2013) 또는 무릎관절 굴곡 각도(Lee, 2008; Hartmann et al., 2013) 등 주로 단편적인 운동방법에 따른 해당 근육군의 근활성도와 근피로를 근전도 분석에 근거하여 규명하는 것이 대부분이며, 몇몇 연구(Goldberg et al., 1996)는 각각의 운동조건에 따른 생리학적 변인을 비교한 연구가 주를 이루고 있다. 이에 본 연구는 스탠스 너비 및 무릎 각도의 측면에서 각각의 근전도 분석을 포함하여 반복횟수나 총운동량과 같은 종속변인을 함께 분석하여 효과적인 스쿼트 운동방법을 제시하고자 하였다.

따라서 본 연구는 3가지 스탠스 너비(Shoulder Stance, Narrow Stance, Wide Stance)와 3가지 무릎각도(45° Harf Squat, 90° Standard Squat, 120° Deep Squat)에 따른 스쿼트 운동시 하지와 허리근육의 근활성도와 함께 반복횟수와 총운동량을 분석하여 효과적인 스쿼트 운동방법을 찾는 데 목적을 두었다.

연구 방법

연구대상

본 연구의 대상자는 저항운동 경험이 1년 이상이며 D대학에 재학 중인 대학생들로 공고를 통해 자발적으로 지원하였고 연구의 목적과 절차를 충분히 숙지한 남자 10명을 선정하였다. 이들에게는 연구의 참여와 실험에 대한 동의서에 서명을 받았으며, 연구도중 언제든지 중지할 수 있음을 고지하였다(IRB: DKU 2016-05-005-001). 연구대상자들의 일반적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. The characteristics of subjects (M±SD)

Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Bodyfat (%)	Squat 1RM(kg)
22.4±1.42	176.08±3.33	68.90±6.15	13.2±2.22	111±9.43

실험방법 및 측정

실험이 진행되는 동안에는 신뢰성 있는 결과를 얻기 위하여 실험전 24시간 동안 과도한 신체활동을 자제하고 충분한 수면을 취하도록 하였으며, 평상시와 같은 식사를 하고 약물복용과 알콜은 금하도록 권장하였다. 연구대상자들은 실험에 앞서 스쿼트 1RM과 75% 1RM을 측정하였다. 본 실험에서는 McCaw & Melrose(1999)의 Shoulder Stance Squat(SSS)를 기준으로 하여 Narrow Stance Squat(NSS)는 Shoulder Stance Squat의 75%, Wide Stance Squat(WSS)는 Shoulder Stance Squat의 140%의 너비로 하였다 <Figure 1, Figure 2>. 무릎각도에 따른 스쿼트는 대퇴골을 45° 구부린 45°Harf Squat(HS), 대퇴골이 지면과 수평을 이루는 90°Standard Squat(SS), 최대한 앉은 자세로 무릎보다 엉덩이가 낮은 자세의 120°Deep Squat(DS)의 3가지 형식을 사용하였다 <Figure 3>. 기준자세는 Shoulder Stance Squat로 하였다(Escamilla, et. al., 2001)(따라서 Shoulder Stance Standard Squat가 스탠스 너비와 무릎각도에서 중복되므로 실제 수행된 스쿼트 운동은 5가지 방법임). 이 때 무릎 높이에 맞도록 고무줄을 이용하여 동일한 각도에서 운동을 실

Narrow Stance Squat Shoulder Stance Squat Wide Stance Squat

Figure 1. Stance width during squat

Figure 2. Position of feet according to stance width

45° Half Squat 90° Standard Squat 120° Deep Squat

Figure 3. Angles of Knee during Squat

시할 수 있도록 유도하였으며, 보다 안정적인 자세에서 실시하고자 스미스머신을 사용하였다. 실험절차로서 연구대상자들은 학습 및 피로효과를 배제시키기 위해 5가지 스쿼트 방법에 각각 2명씩 무작위로 교차배분 하였으며, 10일 간격으로 1세트씩 준비운동을 하고 5가지 스쿼트를 실시하였으며, 이 때 반복횟수, 총운동량 및 근활성도를 각각 75% 1RM의 강도에서 최대반복운동을 1세트를 측정하였다. 스쿼트 동작 간에는 시선에 따라 측정변인들이 변할 수 있으므로(Donnelly

et al., 2006) 시선은 정면을 바라보게 하였고, 스쿼트 실시속도는 통제하지 않아도 거의 비슷한 리듬이 나오기 때문에(Escamilla et al., 2001) 각 대상자가 선호하는 속도로 2초안에 1회 실시하도록 하였다.

측정항목 및 변인

1RM 측정은 간접측정방법(O'shea et al., 1989)에 근거하였고, 또한 NSCA의 방법으로 직접측정하여(Kraemer et al., 2004) 75% 1RM의 부하강도를 결정하였다. 또한 %RM과 반복횟수(RM)의 관계를 이용하여 본 연구에서 측정된 1RM을 확인하였으며, Shoulder Stance Standard Squat를 기준으로 하였다. 근전도는 스탠스 너비와 무릎각도에 따라 스쿼트 최대반복운동 시 1세트간 측정하였다. 대상자의 근전도 측정을 위하여 QEMG-4(LXM3204, LAXTHA, Korea)을 사용하였으며, Telescan software(LAXTHA, Korea)를 이용하여 분석하였다. 양질의 근전도 자료를 얻기 위하여 털을 제거하는 사전작업을 각 대상자에게 실시하고 소독용 알코올을 사용하여 피부표면을 닦아내었다. 표면근전도의 전극 부착부위는 Anthony et al.(2002)의 방법을 참고로 하여 넓다리곧은근(rectus femoris), 안쪽넓은근(vastus medialis), 가쪽넓은근(vastus lateralis), 척추세움근(erector spinae) 총 4부위 부착하였으며, 넓다리곧은근은 아래앞엉덩뼈가시(anterior inferior iliac spine)와 무릎뼈의 중간 지점, 안쪽넓은근은 안쪽무릎뼈의

Figure 4. Measurement of iEMG

위각(superiomedial angle)에서 몸쪽에서 손가락 4개만 큼 떨어진 지점, 가쪽넓은근은 무릎뼈 위에서 넓다리 바깥쪽으로 손가락 5개 너비만큼 떨어진 지점, 척추세움근은 허리뼈 4번과 5번 중간 지점에 부착하였다. 측정된 값(gain)을 공통모드제거율(CMR)을 100dB 이상으로 원신호를 10초 동안 샘플링을 하고 증폭된 파형을 20~250Hz 범위의 대역필터(band pass filter)를 사용하여 필터링 하여 저항운동시 각 부위별 발생한 자료를 선택하였다. 필터링한 신호를 전파정류(full wave rectification)를 실시하고 저항운동시 신호구간을 적분(integral)하여 적분근전도(iEMG)를 산출하였으며, 근육에서 발현된 전기적 활동의 수치인 iEMG는 uV-sec의 단위로 제시하였다. 반복횟수 측정은 75% 1RM의 운동강도로 스탠스 너비와 무릎각도에서 각각의 스쿼트 운동을 최대반복운동으로 1세트간 수행한 횟수로 측정하였으며, 총운동량은 75% 1RM 수준의 중량과 반복 횟수를 곱하여 kg 단위로 산출하였다(Figure 4).

자료처리방법

이 연구의 자료처리는 SPSS(ver 21.0) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 모든 변인은 평균 및 표준편차를 산출하였으며, 스탠스 너비(3)와 무릎각도(3)에서 각각의 스쿼트 운동에 따라 측정된 iEMG와 반복횟수 및 총운동량의 차이를 검증하기 위해 반복측정 일원분산분석(repeated measurements one-way ANOVA)으로 분석하였으며, 사후비교를 위해 contrast의 repeated 방법을 적용하였다. 통계적인 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

결과

스탠스 너비에 따른 운동량과 iEMG

<Table 2>와 <Table 3>은 스탠스 너비에 따른 75% 1RM 스쿼트 운동에서 측정된 운동량과 iEMG의 차이를 검증한 결과이다. 반복횟수와 총일량은 스탠스 너비에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 넓다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근 및 척추세움근의 iEMG도 스탠스 너비에 따라 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

무릎 각도에 따른 운동량과 iEMG

<Table 4>와 <Table 5>는 무릎각도에 따른 75% 1RM 스쿼트 운동에서 측정된 운동량과 iEMG의 차이를 검증한 결과이다. 반복횟수와 총일량은 무릎각도에 따라 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p < .001$, $p < .001$), 사후비교 결과 45°, 90°, 120° 순으로 반복횟수와 운동량이 많은 것으로 나타났다. 넓다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근 및 척추세움근의 iEMG는 무릎각도에 따라 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p < .001$, $p = .006$, $p = .001$, $p < .001$), 사후비교 결과 90°와 120° 조건이 45° 조건보다 근활성도가 높게 나타났다.

Table 2. Result of work for one-way ANOVA and contrast by stance width of knee

	NSS	SSS	WSS	F	contrast	η^2
repetition maximum (No)	13.7±4.0	13.8±3.7	12.1±3.0	1.909	ns	.175
total work (kg)	1141.5±356.4	1156.5±366.4	1006.5±256.0	1.872	ns	.172

M±SD, NSS=Narrow Stance Squat, SSS=Shoulder Stance Squat, WSS=Wide Stance Squat

Table 3. Result of iEMG for one-way ANOVA and contrast by stance width of knee

	NSS	SSS	WSS	F	contrast	η^2
rectus femores (mV)	63.8±22.4	71.1±26.3	73.3±19.7	1.379	ns	.133
vastus lateralis (mV)	118.6±36.9	108.1±33.3	114.8±32.6	.392	ns	.042
vastus medialis (mV)	114.8±32.0	112.8±22.1	119.3±22.1	.207	ns	.022
erector spinae (mV)	68.9±20.6	76.7±23.9	72.6±25.7	.599	ns	.082

M±SD, NSS=Narrow Stance Squat, SSS=Shoulder Stance Squat, WSS=Wide Stance Squat

Table 4. Result of work for two-way ANOVA and contrast by angles of knee

	HS45°①	SS90°②	DS120°③	F	contrast	η^2
repetition maximum (No)	57.2±14.2	13.8±3.7	6.3±2.9	140.518**	①>②>③	.940
total work (kg)	4762.5±1284.6	1156.5±366.4	517.5±225.6	121.041**	①>②>③	.931

M±SD, * $p<.01$, ** $p<.001$

HS45°= 45°Half Squat, SS90°= 90°Standard Squat, DS120°= 120°Deep Squat.

Table 5. Result of iEMG for two-way ANOVA and contrast by angles of knee

	HS45°①	SS90°②	DS120°③	F	contrast	η^2
rectus femores (mV)	34.3±10.4	71.1±26.3	82.1±29.8	24.040**	①<②,③	.728
vastus lateralis (mV)	83.6±17.7	108.1±33.3	118.2±37.4	6.837*	①<②,③	.432
vastus medialis (mV)	86.9±22.3	112.8±22.1	115.6±33.0	10.626**	①<②,③	.541
erector spinae (mV)	45.3±12.6	76.7±23.9	90.6±37.2	16.896**	①<②,③	.652

M±SD, * $p<.01$, ** $p<.001$.

HS45°= 45°Half Squat(HS), SS90°= 90°Standard Squat, DS120°= 120°Deep Squat.

논의

1RM을 기준으로 최대근력을 반복횟수에 대한 비율로 나타내는데, 본 연구에서는 75% 1RM의 해당하는 중량부하로 스쿼트 운동시 반복횟수가 13.8-15.8RM으로 나타났다. 선행연구에서는 70-80% 1RM의 반복횟수는 약 8-12RM 수준이라는 견해에 근거한다면(Bompa, 1993), 본 연구에서 측정된 반복횟수는 일반적인 수준보다 높다는 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 측정방법의 측면에서 기인되어진 것으로 설명될 수 있다. 즉 일반적으로 반복횟수는 폴스쿼트 동작에서 측정하지만 본 연구에서는 스탠스 너비를 어깨폭보다 좁은 스탠스(Narrow Stance Squat), 어깨폭의 스탠스(Shoulder Stance Squat), 어깨폭보다 넓은 스탠스(Wide Stance Squat)로 스쿼트를 실시하였으며, 세 조건 모두 엉덩이와 무릎이 수평이 될 때까지만 무릎각도를 제한하여 실시하였기 때문에 얻어진 결과라고 보여 진다. 또한 총운동량은 75% 1RM의 부하중량과 반복횟수의 곱으로 산출되므로 반복횟수와 동일한 양상을 보였다.

본 연구에서 스쿼트 스탠스 너비에 따른 반복횟수의 비교에서 NSS(Narrow Stance Squat)는 13.7회, SSS(Shoulder Stance Squat)는 13.8회, WSS(Wide Stance Squat)는 12.1회로 나타났다. 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만 반복횟수가 NSS와 SSS가 WSS보다 많은 경향을 보였다. 스쿼트 운동시 스탠스 너비를 좁게 할수록 넙다리내갈래근의 활성도가 높아 집중적으로 훈련할 수 있으며, 스탠스 너비를 크게 하면

모음근, 넙다리두갈래근 및 볼기근이 더 많이 동원되고 몸통을 곧게 세울 수 있어 등에 가해지는 압박을 감소시킨다고 하였다(Delavier, 2005). Escamilla et al.(2001)은 39명의 역도선수들을 대상으로 연구한 결과 무릎관절과 엉덩관절의 모멘트는 내로우 스탠스에 비해 와이드 스탠스에서 크게 나타났다. 이처럼 엉덩이와 무릎이 수평일 경우에는 발의 너비가 어깨보다 좁거나 같을 때가 어깨보다 넓을 때 보다 많은 근력을 발휘할 수 있는 것이라 사료된다.

본 연구에서는 스탠스 너비에 따라 넙다리와 척추의 주동근의 동원양상이 달라져 각각의 근활성도가 변화될 것으로 기대하였다. 그러나 본 연구의 결과, 비록 유의차는 없었지만 넙다리곧은근과 척추세움근은 Narrow Stance Squat와 Wide Stance Squat에서, 가쪽넓은근은 Narrow Stance Squat에서, 안쪽넓은근은 Wide Stance Squat에서 높게 나타났으므로, 경향성의 측면에서 본다면, 선행연구(Escamilla et al., 2001)의 결과와 유사한 패턴을 보였다. 이와 관련하여 본 연구에서는 선행연구(Hartmann et al., 2012)에서 수행한 120°Deep Squat가 아닌 세 가지 스탠스 너비 조건에서 각각 엉덩이와 무릎이 수평이 될 때까지만 무릎각도를 제한하여 수행하였으므로, 이러한 차이는 어느 정도 스쿼트 실시방법의 차이에서 기인될 수 있다고 여겨진다. 그럼에도 불구하고 본 연구의 범위 내에서 본다면, 75% 1RM의 부하강도에서 엉덩이와 무릎이 수평이 될 때까지만 무릎각도를 제한하는 스쿼트 운동시 스탠스 너비는 하지근의 iEMG에 영향을 미치지 않

았다(McCaw & Melrose, 1999)는데 동의된다.

한편, 본 연구에서 무릎각도에 따른 반복횟수와 총 일량은 45°Harf Squat, 90°Standard Squat, 120°Deep Squat 순으로 각각 유의하게 높은 것으로 나타났다. Park et al.(2013)은 무릎관절각도 변화에 따른 스쿼트 운동시 무릎의 관절각도가 커질수록 반복횟수가 감소 하였으며, 이는 본 연구와 맥을 같이 하고 있다.

최대근력운동은 8회 이하의 반복횟수, 근비대운동은 8-15회의 반복횟수, 근지구력운동은 15회 이상의 반복 횟수를 권장하고 있다(Bompa, 1999). 본 연구에서는 무릎 각도에 따른 반복횟수는 45°Harf Squat는 57.2회, 90°Standard Squat는 13.8회, 120°Deep Squat 는 6.3회로 같은 중량으로 스쿼트를 실시하였으나 무릎의 각도에 따라 반복횟수가 큰 차이를 보였다. 이를 반복횟수의 기준으로 보았을 경우 45°Harf Squat는 근지구력 형태의 반복횟수이며, 90°Standard Squat는 근비대 형태의 반복횟수이며, 120°Deep Squat는 근력형태의 반복횟수이다. 따라서 같은 무게라도 무릎각도에 따라 근력발휘가 달라지므로 각도별로 트레이닝 강도를 다르게 하여 운동을 실시해야 한다는 주장(Bompa, 1999)이 받아들여 질 수 있다고 사료된다.

Escamillia(2001)는 무릎각도가 커질수록 하지근이 많은 힘을 발현해야 하기 때문에 근활성도가 증가하게 되고 그로인해 근피로가 증가하여 반복횟수가 줄어들게 된다고 하였는데, 이러한 주장은 본 연구의 결과를 설명해 줄 수 있다. Cannell et al.(2001)의 연구에서는 무릎관절의 다양한 각도에서 등척성 수축을 시행한 다음 근전도를 측정한 결과 무릎의 굴곡각이 90°일때 가장 높은 근활성도가 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서는 무릎각도를 45°, 90° 및 120°의 세 가지 조건을 고려하여 근활성도의 변화를 살펴보았다. 연구결과, 무릎각도에 따른 넵다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근 및 척추세움근의 iEMG는 모두 45°Harf Squat에서 가장 낮고 90°Standard Squat와 120° Deep Squat에서 각각 유의하게 높았으며, 비록 유의한 차이는 없었지만 90°Standard Squat 보다 120° Deep Squat에서 iEMG가 높은 경향을 보였다. Park et al.(2013)은 90°범위까지는 넵다리곧은근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근 모두 굴곡과 신전구간에서 근활성도가 높게 나타났으며, Park et al.(2015)도 무릎각도가 증가할수록 안쪽넓은근과 가쪽

넓은근의 근활성도가 함께 증가하는 경향을 보였다. Hartmann et al.(2012)은 45°Harf Squat보다 120° Deep Squat의 iEMG가 더 높게 나타났고, Choi(2015)는 무릎의 관절각도에 따라 몸통근육의 iEMG가 70°보다 100°에서 더 높게 나타나 본 연구와 일치하였다.

Rippetoe & Kilgore(2005)는 45°Harf Squat의 경우 볼기근, 모음근, 넵다리뒤근육보다 무릎과 넵다리네갈래근에 영향을 주며, 90°Standard Squat에서는 무릎이 앞으로 밀리고 엉덩이가 뒤로 빠지면서 허리와 등이 적절한 각을 만들게 됨에 따라 넵다리뒤근육, 모음근 및 볼기근이 하중을 받게 되고, 120°Deep Squat에서는 가장 낮은 하단 자세에서 고관절이 접혀 있고 골반은 몸통을 따라 앞으로 돌아가서 넵다리뒤근육, 모음근, 볼기근이 많이 사용된다고 하였다. 또한 스쿼트 운동시 하강동작에서는 원심성 수축이 되고 상승동작에서는 구심성 수축이 되는데, 120°Deep Squat시 최대한 하강하게 되면 엉덩이가 무릎보다 낮은 자세로 접어들면서 상체는 앞으로 숙여지고 등하부는 자연스럽게 굽어져 등하부 근육과 넵다리뒤근육은 엉덩관절 주변에서 골반을 움직이는 요소가 되어 척추 주변 근육은 원심성 수축이 되어 척추세움근에 많은 장력이 발생한다(Barchle & Earle, 2008). 따라서 본 연구의 결과에 근거한다면, 스쿼트 운동시 무릎의 각도가 깊어질수록 넵다리두갈래근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 척추세움근이 활성화된다(Anthony et al., 2002)는 주장이 설득력이 있다고 사료된다.

결론 및 제언

스탠스 너비에 따른 스쿼트 운동시 반복횟수와 총 운동량은 차이가 없었으며, 넵다리곧은근과 척추세움근은 Narrow Stance Squat와 Wide Stance Squat에서, 가쪽넓은근은 Narrow Stance Squat에서, 안쪽넓은근은 Wide Stance Squat에서 iEMG가 높게 나타나는 경향을 보였다. 무릎 각도에 따른 스쿼트 운동시에는 반복횟수와 총운동량은 45°Harf Squat, 90°Standard Squat, 120°Deep Squat 순으로 높았다. 넵다리네갈래근과 척추세움근의 iEMG 반응은 90°Standard Squat

와 120°Deep Squat가 45°Half Squat 보다 높게 나타났다. 따라서 스쿼트 운동시 스탠스 너비가 좁을수록 넵다리곧은근과 척추세움근의 근활성도가 높게 나타나며, 무릎 각도가 커질수록 반복횟수가 적어지고 넵다리네갈래근과 척추세움근의 근활성도가 높게 나타나는 것으로 요약된다. 이는 좁은 스탠스와 깊은 무릎 각도의 스쿼트 운동시에는 무릎과 허리에 과부하가 걸리게 됨을 의미하므로 스쿼트 운동시 무릎각도에 따라 운동강도를 다르게 실시할 필요성을 시사하는 것으로 이해된다.

참고문헌

- Almosnino, S., Kingston, D., & Graham, R. B. (2013). Three-dimensional knee joint moments during performance of the bodyweight squat: effects of stance width and foot rotation. *Journal of Applied Biomechanics*, 29: 33-43.
- Anthony, C., Raymond, M., Thomas, P., Lewis, V. C., & Khadra, T. (2002). The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4): 629-633.
- Baechele, T. R., & Earle, R. W. (2008). Essentials of strength training and conditioning. Human kinetics.
- Bryanton, M. A., Kennedy, M. D., Carey, J. P., & Chiu, L. Z. F. (2012). Effect of squat depth and barbell load on relative muscular effort in squatting. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10): 2820-2828.
- Cannell, L. J., Taunton, J. E., Clement, D. B., Smith, C., & Khan, K. M. (2001). A randomised clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension/leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes: pilot study. *British journal of sports medicine*, 35(1): 60-64.
- Choi, W. I. (2015). An Analysis of Core Muscle Activity Differences by Knee Joint Angles in Squat Exercise on Unstable Surfaces. *Unpublished master's thesis*, Korea National Sport University, Seoul, Korea.
- Delavier, F. (2005). *Strength training anatomy*. Human kinetics
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Lowry, T. M., Barrentine, S. W., & Andrews, J. R. (2001). A three-dimensional biomechanical analysis of the squat during varying stance widths. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6): 984-998.
- Fry, A. C., Smith, J. C., & Schilling, B. K. (2003). Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4): 629-633.
- Goldberg, L., Elliot, D. L., & Kuehl, K. S. (1996). A comparison of the cardiovascular effects of running and weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20: 219-224.
- Hartmann, H., Wirth, K., & Klusemann, M. (2013). Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. *Sports Medicine*, 43(10): 993-1008.
- Hartmann, H., Wirth, K., Klusenann, M., Dalic, J., Matuschek, Cl, & Schmidtbleicher, D. (2012). Influence of squatting depth on jumping performance. *Journal of strength and Conditioning Research*, 26(12): 3243-3261.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4): 674-688.
- McCaw, S. T., & Melrose, D. R. (1999). Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(3): 428-436.
- Lee, S. D., Lee, J. H., Park, E. J., Lee, K. K., Son, J. H., Ryu, J. J., & Kim, S. B. (2011). Kinematic, kinetic

- and EMG pattern during squat exercise in smith machine with different loads. *Korean Journal of Sport Science*, 22(2): 1884-1893.
- Lee, S. W., Moon, Y. J., & Eun, S. D. (2008). The kinetic differences and distribution of joint loads according to squat type. *Korean Journal of Sport Science*, 22(1): 1674-1684.
- O'Shea, P. (1985). The paralled squat. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 7: 4-6.
- Park, C. H., Yoo, S. W., Park, J. W., & Oh, T. Y. (2015). The study for muscle activating of lower extremities according various squatting. *The Journal of Korean Academy of Physical Therapy Science*, 22(1): 43-48
- Park, S. H. (2010). Biomechanical analysis of low extremity motion and the low back loading during squat exercise. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 17(1): 45-55.
- Park, S. J., Choi, G. R., & Kim, C. K. (2013). Comparison and analysis of muscle acitivities on angles of knee joint during squat exercise. *Journal Sport Leisure*, 53(2): 879-887.
- Rahimi, R. (2005). Effect of different rest intervals on the exercise volume completed during squat bouts. *Journal of Sports Science & Medicine*, 4(4): 361.
- Rippetoe, M., & Kilgore, L. (2005). *Starting Strength*. Wichita Falls, Tx.