운동방법에 따른 스쿼트 운동이 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근, 장딴지근의 iEMG, MEF에 미치는 영향

김기홍¹⁾ · 염재범^{2)*}

1) 단국대학교 2) 사우스다코타대학교

초록

Ki-Hong Kim · Jae-Pom Yom. The Effects of Three Different Squat Exercises on iEMG, MEF of Rectus femoris, Biceps femoris and Gastrocnemius. *KINESIOLOGY*, 2015, 17(1): 1-8. **[PURPOSE]** The purpose of this study was to evaluate the effects of different squat exercises on iEMG and MEF on Rectus femoris, biceps femoris and gastrocnemius. **[METHODS]** In this study, 12 male college students who had more than two years of weight training experience were recruited, and conducted 3 sets of three different squat exercises (isometric, isotonic, and jump squats) with 60 seconds rest between sets. The iEMG and MEF were analyzed on three different muscles during these exercises (Rectus femoris, biceps femoris, and gastrocnemius). Two way repeated ANOVA was used to find out statistical significance at the level of $\alpha = .05$. **[RESULTS]** Rectus femoris' iEMG during isotonic and jump squats was greater than that of isometric squat ($p < .01$, $p < .001$). iEMG on biceps femoris when performing isotonic and jump squats was significant different from that of isometric squat ($p < .01$, $p < .001$). iEMG on gastrocnemius was the highest during jump squat and that of isotonic squat was the second highest, and so on ($p < .001$). As sets in squat exercises proceeded, iEMG of gastrocnemius during isotonic and jump squats decreased ($p < .001$). The MEF of biceps femoris during isometric squat was the highest and that of jump squat was the second highest. MEF of gastrocnemius during isometric squat was greater than isotonic and jump squats ($p < .001$). As sets proceeded, MEF of gastrocnemius was increased during isotonic and jump squats ($p < .001$). **[CONCLUSIONS]** As a result, it is concluded that iEMG during isotonic and jump squats was greater and MEF during isometric squat was higher than the other exercise types, and iEMG during isotonic and jump squats tended to be lower as MEF increased.

Key words : isotonic squat, isometric squat, jump squat, iEMG, MEF

주요어 : 등장성스쿼트, 등척성스쿼트, 점프스쿼트, iEMG, MEF

서론

스쿼트 운동은 스포츠 동작에 있어 중요한 근육인 넙다리, 엉덩이, 종아리 등의 근육을 단련시킬 뿐 아니라 건과 인대를 강화시키는 기본적인 중요한 하지운동 가운데 하나이다(Escamilla, 2001). 그리고 특별한 기능적 요구에 대한 다리 근조직의 활동과 훈련에 유익하며, 넙다리네갈래근의 근력강화를 위해 실시하는 달리기사슬운동 중 대표적인 운동이다(Kisner & Colby, 2002). 때문에 스쿼트 운동은 스포츠 종목에서 경기력 향상을 위한 목적과 손상예방 및 치료적 프로그램으로도 많이 활용되고 있다(Souza & Gross, 1991).

이러한 스쿼트 운동은 체중을 저항으로 하는 스쿼트(Bodyweight Squat), 바벨을 저항으로 하는 스쿼트(Barbell Squat), 머신을 활용한 스쿼트(Machine squat) 운동방법 등이 있으며 이러한 스쿼트는 신체단련 및 경기력 향상을 위해 스포츠 현장에서 많이 활용되고 있다(Escamilla, 2001).

스쿼트 운동시에는 고관절, 무릎관절, 발목관절의 움직임과, 여러 근육군들의 협응동작으로 이루어진다(Labella, 2004). 이러한 이유로 스쿼트 운동은 다양한 방법으로 실시할 수 있는 많은 장점이 있다. 반면, 운동할 때 자세가 어렵다는 단점이 있고(Bompa, 1999), 스쿼트 동작시 불안정한 자세로 인한 부상들이 보고되고 있다(Escamilla, 2001).

스쿼트 운동시에는 고관절, 무릎관절, 발목관절의 움직임과, 여러 근육군들의 협응동작으로 이루어진다(Labella, 2004). 이러한 이유로 스쿼트 운동은 다양한 방법으로 실시할 수 있는 많은 장점이 있다. 반면, 운동할 때 자세가 어렵다는 단점이 있고(Bompa, 1999), 스쿼트 동작시 불안정한 자세로 인한 부상들이 보고되고 있다(Escamilla, 2001).

스쿼트가 갖는 이러한 특수성으로 인해 많은 학자들

* 교신저자: Jae.Yom@usd.edu

이 스쿼트 동작 시에 발생하는 여러 가지 운동역학적 변화들을 살펴보는 시도를 하였다. 무릎관절의 근력증진을 위한 운동에는 등속성, 등척성, 등장성 운동방법이 있으며(Abernethy & Jurimae, 1996), 등장성운동(isotonic exercise)은 단축성수축(concentric contraction)과 신장성수축(eccentric contraction)으로 이루어지며 근육의 길이가 변화되는 동적인 운동이다.

등장성 운동으로 최대 반복 운동 후 등척성 운동의 실시는 최대근력향상 운동으로 추천하고 있으며(Bompa, 1999), 등척성 운동은 근육의 길이나 관절의 움직임이 없는 정적인 운동의 형태이다. 등척성 스쿼트가 무릎관절의 근력을 증가에 효과가 있지만, 등척성 운동은 운동시간 동안 관절 움직임이 일어나지 않기 때문에 근육운동이 수행되는 관절각도에서만 근력이 증가할 것이라고 하였다(Lindh, 1979).

점프스쿼트는 파워 발달 목적으로 추천하고 있으며, 신장성 수축 후 바로 단축성 수축을 발휘하여 근육에 부가되는 신장부하에 반응하여서 강력한 근수축을 유발하게 된다(Bompa, 1999). 하지만 동적인 움직임 특성 때문에 근육관절의 부상위험이 높다(Basmajian, et, al., 1985).

근육 활동시 근육에서 발생하는 생체 전기 신호 측정을 통해(Chng et, al., 2010), 근활성도와 근피로를 정량적으로 분석할 수 있다(Basmajian & DeLuca, 1985).

스쿼트의 자세와 중량에 따른 근력 및 기능의 차이, 근전도 반응 등을 규명하는 연구는 다소 보고되고 있으나 스쿼트 형식에 따른 근전도 분석을 통해 주동근과 협력근의 근활성도와 근피로의 반응을 종합적으로 분석하는 연구는 매우 미미한 상황이라고 하겠다.

그래서, 근전도를 통해 활성화 되는 활동전위를 측정하여 기능적 변화를 분석(Basmajian & De Luca, 1985)을 통해 스쿼트 운동의 특징을 구명하수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 등장성스쿼트, 등척성스쿼트, 점프스쿼트 운동시 하지의 주동근과 협력근의 근전도 반응을 분석하여 스쿼트 형식에 따른 근활성도와 근피로도의 특성을 알아보는데 목적을 두었다.

연구방법

연구대상

본 연구에서는 D대학교에 재학 중이고 신체적, 정신적으로 질환이 없으며 웨이트 트레이닝 경험이 1년 이상인 체육계열 남학생 12명을 연구대상으로 하였다. 피험자는 연구의 내용과 방법에 대한 설명을 숙지하고 본 연구의 의의를 충분히 이해하고 자발적 참여할 의사를 밝혔다. 연구대상의 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Physical characteristic of subjects

N	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	%body fat	WE(yrs)
12	24.1±1.7	174.5±3.7	73.22±9.7	17±4.6	2.4±1.5

WE : weight training experience

저항운동 방법 및 측정

본 연구에서 맨몸으로 하는 isotonic squat, isometric squat, jump squat를 실시하였다. 저항운동 시 방법 및 지침은 NSCA(national strength and conditioning association) 지침에 근거하여 실시하였으며, 피검자가 운동을 실시할 때 보조자를 두어 피험자의 부상 예방 및 동기를 부여하게 하였다(Baechele & Earle, 2000).

본 실험에서 맨몸으로 하는 지속적인 운동능력평가를 위해 1세트에 1분 동안 운동을 실시하였으며, 세트 간 불완전 휴식을 유도하기 위해 세트간 휴식은 60초로 하였다. 숙련자 저항운동시 한부위당 한가지 운동을 3-8세트를 권장하여 isotonic squat, isometric squat, jump squat를 각 3세트 실시하였다(Barchle & Earle, 2000). isotonic squat와 jump squat는 1초에 1회 패턴으로 최선을 다해서 실시하도록 유도하였다.

스쿼트방법에 따른 반응측정은 임의배정하여 학습효과를 최소화 하도록 하였다. 피험자 12명중 4명은 등 isotonic squat-isometric squat-jump squat 순으로 실시하였으며, 4명은 isometric squat-jump squat-isotonic squat 순으로 하였으며, 4명은 jump squat-isotonic squat-isometric squat 순으로 실시하였다.

피험자는 스쿼트를 10일 간격으로 실시하였으며, 실험기간 중에는 다른 하지저항운동을 실시하지 않았으며, 다른 신체부위의 격한 운동도 제한하여 일정한 컨디션을 유지하도록 하였다.

isotonic squat는 양발의 간격을 어깨너비로 하고 발바닥이 바닥에서 떨어지지 않게 하고 대퇴부가 바닥과 수평이 될 때까지 앉았다가 다시 일어나는 동작으로 하였다. isometric squat는 양발의 간격을 어깨너비로 하고 발바닥이 바닥에서 떨어지지 않게 하고 대퇴부가 바닥과 수평이 될 때까지 앉은 후 정지한 자세를 유지하였다. jump squat는 점프시에는 무릎이 완전히 펴지고 발이 바닥에서 떨어질 때까지 한 후, 대퇴부가 바닥과 수평이 될 때까지 착지하는 동작으로 하였다(Barchle & Earle, 2000).

근전도 측정

근전도 신호는 WEMG-8(LXMB208-RF, LAXITHA, Korea)을 이용하여 측정하였으며, Telescan software(LAXITHA, Korea)를 이용하여 분석하였다. 근전도는 이극유도(bipolar lead)로 측정하였고 활성전극(active electrode)과 기준전극(reference electrode)을 근섬유 방향과 평행이 되도록 하였다. 전극과 근전도계를 연결하는 전선을 고정하여 motion artifact가 생기지 않으며 자세와 움직임 수행에도 장애가 되지 않도록 하였다. 근전도 신호를 기록하기 위해 전극은 전도성 젤이 도포된 Ag-AgCl 합금으로 전도성 젤이 도포되어 있는 표면이극전극(surface bipolar electrode)이었다(Bioprotech Co., Korea).

공통모드제거율(CMR; common mode rejection ratio)은 90dB로 하였고, sampling frequency는 1024Hz로 하였다. 분석 대상이 된 기간의 근전도 자료를 필터링하고 전파정류(full wave rectification)를 실시하였다.

근활성도를 평가하기 위해 iEMG(integral electromyography)를 산출하였으며, 근피로도를 평가하기 위해 MEF(median edge frequency)를 산출하였다. 그리고 근육에서 발현된 전기적 활동의 수치인 iEMG는 μ V-sec, MEF는 Hz의 단위로 제시하였다.

근전도 측정 근육부위는 모두 우측으로 하였고, 박운기 등(1993)이 제시한 전극 부착위치로 하였고 2개의 표면 전극을 1.5~2cm 이격하여 부착하였다. 근육군의 전극 부착 위치의 경우, 넙다리곧은근(rectus femoris)은 아래앞장골가시(AIS)으로부터 무릎뼈(patella)의 중앙부위에 부착하였고 넙다리뒤근은 넙다리두갈래근(biceps femoris) 중 장두로 궁둥뼈결절(ischial tuberosity)과 중

아리뼈 머리(fibular head)의 중앙부위에 부착하였다. 안쪽 장딴지근(gastrocnemius)은 넙다리뒤근육 심선에서 하행 손가락 5개 거리의 표면에 부착하였다(Figure 1). 표면전극을 정확한 위치에서 재 측정하기 위하여 부착 위치에 표시를 하였다. 또한 소독과 피부연마 등의 방법을 이용하여 전극과 피부사이의 저항을 최대한으로 줄였다.

Figure 1. electrode location

자료처리

모든 자료는 SPSSWIN(Ver 18.0) 통계프로그램을 이용하여 종속변인에 대한 평균과 표준편차를 산출하였고, 근수축 방법에 따른 세트간 근전도 반응과 근력 발현을 검증하기 위해 two-way ANOVA로 분석하였으며, 사후검증은 Tukey 방법을 사용하였다. 통계학적 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

결과

운동방법에 따른 스쿼트 운동시 iEMG의 변화

넙다리곧은근의 iEMG 변화

운동방법에 따른 3세트 스쿼트 운동시 넙다리곧은근의 iEMG의 차이를 비교한 결과는 <Table 2>와 같다.

스쿼트 형식에 따른 넙다리곧은근의 iEMG는 유의한 차이를 보이지 않았다. 세트가 진행됨에 따른 iEMG는

4 운동방법에 따른 스쿼트 운동이 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근, 장딴지근의 iEMG, MEF에 미치는 영향

Table 5. MEF of Rectus femoris

(Hz)

	Isotonic squat (A)	Isometric squat (B)	Jump squat (C)		F	Post-hoc
① set	51.99±8.76	61.54±10.14	52.04±9.66	squat(S)	.669	—
② set	52.74±10.50	59.72±9.42	52.05±13.35	set	5.487*	—
③ set	48.22±3.97	60.71±11.34	51.33±9.75	S × set	.501	—
Post-hoc	—	—	—			

M±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$,

A: Isotonic squat, B: Isometric squat, C: Jump squat, ① : 1세트, ② : 2세트, ③ : 3세트

통계적으로 유의하였다. 사후검증 결과 세 가지 스쿼트 형식 모두 isotonic squat와 jump squat 의 iEMG가 isometric squat보다 높게 나타났다. 스쿼트형식과 세트 간의 상호작용효과는 통계적인 유의성이 없었다.

넙다리두갈래근의 iEMG 변화

운동방법에 따른 3세트 스쿼트 운동시 넙다리두갈래근의 iEMG의 차이를 비교한 결과는 <Table 3>과 같다.

스쿼트 형식에 따른 넙다리두갈래근의 iEMG는 유의한 차이를 보이지 않았다. 세트가 진행됨에 따른 iEMG는 통계적으로 유의하였다. 사후검증 결과 isotonic squat와 jump squat의 iEMG가 isometric squat보다 높게 나타났다. 스쿼트형식과 세트간의 상호작용효과는 통계적인 유의성이 없었다.

장딴지근의 iEMG 변화

운동방법에 따른 3세트 스쿼트 운동시 장딴지근의 iEMG의 차이를 비교한 결과는 <Table 4>와 같다.

스쿼트 형식에 따른 장딴지근의 iEMG는 유의한 차이를 보였다. 세트가 진행됨에 따른 iEMG는 통계적으로 유의하였다. 사후검증 결과 jump squat, isotonic squat, isometric squat 순으로 iEMG가 높게 나타났다. 스쿼트형식과 세트간의 상호작용효과는 세트가 진행되면서 장딴지근의 iEMG는 낮아지는 경향을 보였으며, isotonic squat와 jump squat의 1set가 3set보다 유의한 수준으로 높게 나타났다.

운동방법에 따른 스쿼트 운동시 MEF 변화

넙다리곧은근의 MEF 변화

Table 2. iEMG of rectus femoris

(μV)

	Isotonic squat (A)	Isometric squat (B)	Jump squat (C)		F	Post-hoc
① set	165.55±15.49	108.21±13.62	188.14±16.76	squat(S)	.768	B<A**, B<C***
② set	150.70±19.50	103.99±12.32	183.79±19.21	set	79.652***	B<A*, B<C***
③ set	155.24±18.60	106.63±13.87	191.92±64.89	S × set	.282	B<A*, B<C***
Post-hoc	—	—	—			

M±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$,

A: Isotonic squat, B: Isometric squat, C: Jump squat, ① : 1세트, ② : 2세트, ③ : 3세트

Table 3. iEMG of biceps femoris

(μV)

	Isotonic squat (A)	Isometric squat (B)	Jump squat (C)		F	Post-hoc
① set	90.70±17.71	39.97±4.25	93.85±52.89	squat(S)	.663	B<A,C***
② set	88.35±18.14	39.73±4.73	86.62±17.20	set	48.562***	B<A,C***
③ set	80.57±14.56	39.73±4.51	89.41±10.64	S × set	.277	B<A*, B<C***
Post-hoc	—	—	—			

M±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$,

A: Isotonic squat, B: Isometric squat, C: Jump squat, ① : 1세트, ② : 2세트, ③ : 3세트

Table 4. iEMG of gastrocnemius

(μV)

	Isotonic squat (A)	Isometric squat (B)	Jump squat (C)		F	Post-hoc
① set	108.24±27.12	41.15±4.32	174.52±14.34	squat(S)	39.326***	B<A<C***
② set	88.50±18.71	41.16±4.45	146.48±16.51	set	327.695***	B<A<C***
③ set	70.54±12.12	39.73±4.51	123.78±18.23	S × set	10.917***	B<A<C***
Post-hoc	①<③***	—	①<③***			

M±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$,

A: Isotonic squat, B: Isometric squat, C: Jump squat, ① : 1세트, ② : 2세트, ③ : 3세트

운동방법에 따른 3세트 스쿼트 운동시 넙다리곧은근의 MEF의 차이를 비교한 결과는 <Table 5>와 같다.

스쿼트 형식에 따른 넙다리곧은근의 MEF는 유의한 차이를 보이지 않았다. 세트가 진행됨에 따른 근활성도는 통계적으로 유의하였다. 사후검증 결과 세 가지 스쿼트 형식 모두에서 통계적인 유의성이 없었다. 스쿼트형식과

squat가 isotonic squat와 jump squat보다 유의한 수준으로 높은 수치를 보였다. 상호작용효과는 isotonic squat와 jump squat 운동시 장딴지근의 MEF는 1set 보다 3set시에 유의한 수준으로 높게 나타났다.

논의

Table 6. MEF of biceps femoris

(Hz)

세트	Isotonic squat (A)	Isometric squat (B)	Jump squat (C)		F	Post-hoc
① set	68.83±9.42	269.39±19.10	94.00±13.15	squat(S)	12.595***	AC<B***, A<C*
② set	79.17±11.71	279.68±17.92	103.21±12.64	set	986.022***	AC<B***, A<C*
③ set	79.08±12.32	285.60±14.93	106.00±9.77	S × set	.530	AC<B***, A<C**
Post-hoc	—	—	—			

M±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$,

A: Isotonic squat, B: Isometric squat, C: Jump squat, ① : 1세트, ② : 2세트, ③ : 3세트

세트간의 상호작용효과도 통계적인 유의성이 없었다.

넙다리두갈래근의 MEF 변화

운동방법에 따른 3세트 스쿼트 운동시 넙다리두갈래근의 MEF의 차이를 비교한 결과는 <Table 6>과 같다.

스쿼트 형식에 따른 넙다리두갈래근의 MEF는 유의한 차이를 보였다. 세트가 진행됨에 따른 MEF는 통계적으로 유의하였다. 사후검증 결과 isometric squat, jump squat, isotonic squat 순으로 높은 수치를 보였다. isometric squat가 isotonic squat와 jump squat 보다 유의한 수준으로 높게 나타났다. jump squat는 isotonic squat 보다 유의한 수준으로 높게 나타났다. 스쿼트형식과 세트간의 상호작용효과는 통계적인 유의성이 없었다.

장딴지근의 MEF 변화

운동방법에 따른 3세트 스쿼트 운동시 장딴지근의 MEF의 차이를 비교한 결과는 <Table 7>과 같다. 스쿼트 형식에 따른 넙다리두갈래근의 MEF는 유의한 차이를 보였다. 세트가 진행됨에 따른 MEF는 통계적으로 유의하였다. 사후검증 결과 장딴지근의 MEF도는 isometric

Jump squat, isotonic squat 운동이 isometric squat 운동보다 높았다. 동적 squat 운동은 무릎 관절의 비중이 높다고 하였다(Barchle & Earle, 2000). 따라서 jump squat, isotonic squat 운동시에 넙다리곧은근의 근활성도가 isometric squat 보다 높게 나타난 것으로 사료된다. 그리고 세 가지 운동방법 중 jump squat 운동시에 넙다리곧은근의 근활성도가 가장 높게 나타났는데, 이는 jump squat 운동방법이 넙다리곧은근에 가장 큰 운동부하를 주는 것으로 이해된다. 그리고 jump squat의 착지 동작시에 각 관절의 굴곡 동작은 신장성 수축에 의한 신장성 신전 모멘트(eccentric extension moment)의 효율적인 크기 조절이 생겨 착지할 경우에 충격량이 생겨 큰 신전 모멘트가 발생 된 것이라 볼 수 있다(Morris, 1997).

또한 점프 후 착지 시 관절의 모멘트와 각도의 변화량을 곱하여 각 관절의 일량을 분석한 결과 하지에 충격력이 증가하여 충격을 흡수하기 위한 일량이 증가한다고 보고 하였다(Escamilla, 2001). 본 연구에서는 jump squat 운동 시 jump의 높이는 통제하지 않았지만 발이 바닥에서 떨어지면서 무릎이 펴질때까지 jump하는 방식으로 실시하였다. 따라서 바닥에서 발이 떨어지지 않은

Table 7. MEF of gastrocnemius

(Hz)

	Isotonic squat(A)	Isometric squat(B)	Jump squat(C)		F	Post-hoc
① set	57.92±13.03	289.21±20.70	41.14±5.17	squat(S)	38.214***	AC<B***
② set	73.42±5.89	300.16±15.11	54.99±9.88	set	1998.842***	AC<B***
③ set	93.52±7.13	290.69±23.49	74.13±12.53	S × set	8.581***	AC<B***
Post-hoc	①<③***	—	①<③***			

M±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$,

A: Isotonic squat, B: Isometric squat, C: Jump squat, ① : 1세트, ② : 2세트, ③ : 3세트

isotonic squat와 움직임이 없는 isometric squat 보다는 jump squat의 iEMG가 높게 나타난 것으로 볼 수 있다 (Devita & Skelly, 1992). 이는 jump squat가 넙다리곧은근에 가장 강도 높은 운동이라 볼 수 있다.

본 연구에서 squat 운동방식에 따른 넙다리두갈래근의 근활성도는 isotonic squat가 isometric squat보다 높은 근활성도의 변화를 보였다. jump squat와 isotonic squat의 넙다리두갈래근은 비슷한 근활성도를 보였다. 동적인 squat인 jump squat, isotonic squat에서는 길항근의 작용도 정적인 squat인 isometric squat 보다 높은 활성을 나타내고, jump squat와 isotonic squat 움직임에서 내리는 동작에서의 길항근의 작용은 별다른 차이가 없는 것으로 볼 수 있다. 선행연구에 의하면 isotonic squats는 무릎을 펴면서 단축성 수축이 발생하고 무릎을 구부리면서 넙다리곧은근의 신장성 수축이 발생되어 다리의 각도를 유지하려는 가감력이 생긴다(Bompa, 1999). jump squat는 착지 과정 중 충격을 흡수하기 위해 각 관절의 굴곡 움직임이 필요하므로 넙다리두갈래근에서 높은 근활성도가 발생한 것이다(Basmajian & DeLuca, 1985).

장딴지근의 iEMG는 jump squat, isotonic squat, isometric squat 순으로 높았다. 이처럼 다른 근육부위와 달리 squat 방식에 따른 장딴지근의 iEMG의 수치가 다르게 나왔다. 또한 set가 진행되면서 장딴지근의 iEMG는 낮아지는 경향을 보였으며, isotonic squat와 jump squat의 1set가 3set보다 높게 나타났다. jump squat, isotonic squat 운동시 장딴지근의 근수축이 줄어든 것은 set가 진행되면서 장딴지근에 근피로가 발생한 것으로 볼 수 있다.

착지시 충격흡수를 위한 신장성 일량(eccentric work)의 절대적인 크기는 무릎, 발목, 엉덩이 순으로 나타난다(Bompa, 1999). jump squat 운동시 장딴지근에서는 착지 후 점프 시에는 지면반력에 의해 형성된 관절의 굴곡토크를 이겨내고 즉, 주저앉지 않고 연속적인 동작을 위한 대응전략이 발생한다(Benko et al., 2001). 또한 관절의 움직임은 각 분절의 움직임에 관여하는 근육에 의한 근 모멘트에 의해 조절되며, 특히 착지 시에는 신장성 수축에 의한 근 모멘트가 발생하여 높은 근활성도가 나타나는 것으로 볼 수 있다(Chng et al., 2010).

장딴지근의 iEMG는 jump squat에서 가장 높게 나

타났으며, jump squat와 isotonic squat의 1set iEMG는 3set iEMG 보다 높은 경향을 볼 수 있었다. 이는 1set에서 3set로 세트가 진행되면서 1set 기준의 3set의 iEMG 수치는 isotonic squat는 65.1%이며, jump squat는 70.9% 수준으로 낮은 근활성도를 보였다. 반면 isometric squat의 iEMG는 세트가 진행하면서 변화가 없었다. 이는 피로해 의해 운동수행능력이 저하된 것을 말해주고 있다. 또한 jump squat와 isotonic squat시 세트가 진행되면서 장딴지근의 MEF 수치가 증가되는 것을 보면 세트가 진행되면서 장딴지근의 피로가 발생할 것으로 볼 수 있다. 세 가지 squat의 움직임 특성을 보면 isotonic squat는 바닥에서 발을 띄지 않고 squat를 하고 isometric squat는 90°에서 움직임이 없고 jump squat는 발바닥을 지면에서 떨어지는 것이 특징이다(Chng et al., 2010). 그러므로 jump squat는 isotonic squat에 비해 장딴지근의 움직임이 많이 사용되었다(Hinman et al., 2003)고 보여 진다.

본 연구에서 실시한 체중지지를 통한 동적 스쿼트(jump squat와 isotonic squat) 운동은 정적 스쿼트운동보다 많은 관절의 움직임이 요구되며 근육 동원의 기능적 패턴을 촉진시키고 고유수용성감각을 자극하므로 기능적이다(Palm et al., 2009).

특히 jump squat는 점프시에 발이 저축굴곡(plantar flexion)이 이루어지면서 장딴지근의 단축성 수축이 발생하고 착지시에는 발바닥이 지면과 맞닿고 무릎이 몸 앞으로 전진하여 발은 배측굴곡(dorsi flexion)이 이루어지면서 장딴지에서는 신장성 수축이 발생한다(Bompa, 1999). 이것은 jump squat가 isotonic squat에 비해 장딴지근의 작용이 크게 나타난 원인으로 볼 수 있다. 이는 isotonic squat와 jump squat의 iEMG 비교에서 jump squat의 iEMG가 높은 것으로 나타난 것이 증거로 뒷받침해 주고 있다.

따라서 높은 근수축은 높은 근피로를 유발하는데 MEF의 비교에서 isotonic squat보다 jump squat가 낮은 것으로 보아 근피로도가 jump squat에서 많이 발생한 것으로 볼 수 있다(Kang et al., 2014). 그런데 isotonic squat와 jump squat의 장딴지근의 MEF의 변화 중 세트가 진행되면서 MEF수치가 증가되고 있다. 이는 동적스쿼트 운동시 세트가 진행되면서 즉 1set에서 3set까지 운동하면서 squat 운동시 장딴지근이 정

적 squat보다 피로해진 것으로 사료된다.

근육의 피로가 발생함에 따라라 EMG의 주파수는 저 주파로 이동한다(Fry et al., 2003). 국소적 근피로가 발생함에 따라 근섬유 전도속도가 감소함으로써 속근섬유의 동원이 감소하고 지근섬유의 동원은 증가하여 결과적으로 중앙주파수는 저주파수 대역으로 이동하게 된다(Komi & Vitasalo, 1987). 시간 영역에서의 EMG를 분석시 근피로도가 증가함에 따라 iEMG가 증가하며 MEF간에 직접적인 상관관계가 있는 것으로 알려져 있으며, 표면근전도의 진폭(amplitude)의 증가가 근활성화의 변화를 반영하며, 근전도 분석시 근육의 피로가 증가함에 따라 iEMG가 증가하는 것으로 나타났다(Escamilla, 2001).

이는 동일한 무게에 대한 운동시 iEMG 수치가 증가할 경우 근피로가 증가한 것으로 말할 수 있다(Lee, 2012). 본 연구에서 iEMG수치가 jump squat, isotonic squat, isometric squat순으로 높게 나타났으며, MEF수치는 isometric squat, isotonic squat, jump squat순으로 나타난 것은 근활성화에 따른 근피로도 가 비례하는 경향을 보였다.

결론 및 제언

넙다리곧은근, 넙다리두갈래근, 장딴지근의 iEMG는 jump squat, isotonic squat, isometric squat 순으로 높은 수치를 보였다. 넙다리두갈래근과 장딴지근의 MEF는 isometric squat가 가장 높은 수치를 보였다. 세트가 진행되면서 isotonic squat와 jump squat시 장딴지근의 iEMG는 낮아졌으며, MEF는 높아졌다.

따라서 동적 squat에서는 넙다리곧은근과 장딴지근의 iEMG가 높게 나타났으며, 정적 squat시에는 넙다리두갈래근의 MEF가 높게 나타났다. 그리고, 장딴지근은 동적 squat시 근피로도 증가에 의해 근활성도가 낮아지는 것으로 사료된다. 향후 연구에서는 다양한 강도와 동작 및 일정운동량으로 주동근의 활용을 검증할 필요가 있겠다.

참고문헌

- Abernethy, P. J & Jurimae, J. (1996). Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 28(9): 1180-1187.
- Barchle, T. R. & Earle, R. W. (2000). *Essentials of strength training and conditioning*(2nd Ed.), IL: Human Kinetics. 343-390.
- Basmajian- JV&De Luca - JV, De Luca CJ (1985). *Muscle Alive 5th* Baltimore, Williams & Wikins.
- Basmajian, J. V., & DeLuca, C. J. (1985). EMG signal amplitude and force. In *Muscles a live* (5th ed.). Baltimore: Williams & Wilkins. 65-100.
- Benko, T., Cooke, E. A., McNally, M. A., & Mollan, R. A. (2001). Graduated compression stockings: knee length or thigh length. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 383: 197-203.
- Bompa T. O. (1999). *Theory and Methodology of Training* IA: Kendall Hunt.
- Chng, J., Wan, M. C., Lim, C. L., & Kang W. L. (2010). A comparison of thermal stress in submarine escape using immersion half and full suit in tropical weather operations. *Undersea and Hyperbaric Medicine*, 37: 447- 454.
- Devita, P., & Skelly, W. A (1992). Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(2): 534-543.
- Escamilla, R. F. (2001). knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine & science in sports & Exercise*, 33:127-141.
- Fry, A. C., Smith J. C & Schilling B. K. (2003). Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *Journal of strength and Conditioning Research*, 17(4) 692-633.
- Hinman, R. S., Bennell, K L, & Crossley, K. M (2003). Immediate effects of adhesive tape on pain and disability in individuals with knee psteoarthritis. *Rheumatology*, 42(7): 865-869.

- Kang, H. J., Lee, B. K., & Kim, K. H. (2014). Effects of functional elastic stocking application on repetition and EMG response during Squats. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*, 16(3): 49-58.
- Kisner, C. & Colby, L. A. (2002). *Therapeutic exercise foundations and techniques* (4th ed.) Philadelphia: The F. A. Davis.
- Komi, P. V., & Vitasalo, J. H. (1987). Signal characteristics of EMG at different levels of muscle tension. *Acta Physiologica Scandinavica*, 96(2): 267-276.
- Labella, C. (2004). patellofemoral pain syndrome: evaluation and treatment, Primary Care. *Clinics in Office Practice*, 31(4): 977-1003.
- Lee, B. K. (2012). Effects of Repetition and iEMG Responses of Kinesio Taping on Bench Press 10-RM. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*, 14(4): 27-36.
- Lindh, M. (1979). Increase of muscle strength from isometric quadriceps exercises at different knee angles. *Scandinavian Journal of Medicine*, 11(1): 33-36.
- Morris, A. F. (1997). Effects of Fatiguing Isometric and Isotonic Exercise on Resisted and Unresisted Reaction Time. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 37: 1-11.
- Palm, H. G., Strobel, J., Achatz, G., von Luebken, F., & Friemert, B. (2009). The role and interaction of visual and auditory afferents in postural stability. *Gait & Posture*, 30(3): 328-333.
- Souza, D. R. & Gross, M. T (1991). Comparison of vastus medialis obliquus: vastus lateralis muscle integrated electromyographic ratios between healthy subjects and patients with patellofemoral pain. *Physical Therapy*, 71(4): 310-316.
- Wilmore, T. H, David, L., Costil (1994). *Physiology of sports and Exercise* Human Kinetics. 215-221.