

숙련자와 비숙련자의 벤치프레스 운동 중에 강도별 근활성도, 근피로도 및 반복횟수의 비교

전현식¹⁾, 이호성^{1)*}

1)단국대학교 일반대학원 운동의과학과

Hyun-Sik Jeon, Ho-Seong Lee (2015). Comparison of Varying Intensities on Activation and Fatigue of Muscle, and Number of Repetitions during Bench Press in Trained and Untrained Men. *Exercise Science*, 24(4): 399-405.

PURPOSE: This study tested the hypothesis that low-intensity resistance exercise would not be different in activation and fatigue of muscle and number of repetitions between trained and untrained men, but high-intensity resistance exercise would more decrease muscle activity, increase muscle fatigue and lower number of repetitions in the untrained men when compared with those in the trained men.

METHODS: Eight trained males (TG) and 8 healthy untrained males (UTG) participated in this study. TG had undertaken a continual, resistance weight training program at least twice a week for longer than 6 months using bench press exercises. UTG had not been previously involved in a formal resistance weight training program over the last year. All subjects were tested for 1RM strength, and then performed maximal number of repetitions at 3 different intensities (60, 80, and 90% of 1RM) during bench press. EMG signals were recorded from the pectoralis major, deltoid anterior, and triceps brachii for maximal voluntary contraction (%MVC) and median frequency (MDF).

RESULTS: %MVC of pectoralis major was significantly higher at 60 ($p=0.010$), 70 ($p=0.039$) and 85% ($p=0.000$) of 1RM in the UTG than the TG. Number of repetitions was significantly lower with 3 sets ($p=0.027$) at the 60% of 1RM and, 2 ($p=0.012$) and 3 sets ($p=0.049$) at the 70% of 1RM in the UTG than the TG. However, no significant changes were found in %MVC of anterior deltoid and triceps brachii and MDF of pectoralis major, anterior deltoid and triceps brachii.

CONCLUSIONS: These results did not support the hypothesis, and differences in activation and fatigue of muscle between the trained and untrained men were important in number of repetitions and recruitment ratio of agonist and synergist rather than exercise intensity.

Key words: bench press, muscle activation, muscle fatigue, number of repetitions

주요어: 벤치프레스, 근활성도, 근피로도, 반복횟수

I. 서론

스포츠현장에서 근전도(electromyogram)는 근육의 활동, 즉 근활성도(muscle activity) 및 근피로도(muscle fatigue)를 분석하는데 주로 사용되며 [1,11], 또한 근육에서 발생하는(근수축) 활동전위(action potential)의 증폭을 기록하는데 이용되고 있다 [17].

저항운동 프로그램 구성은 운동의 형태, 세트 수, 휴식시간, 기간 및 강도 등으로 구분되며 [9,20], 그 중에서 저항운동의 강도에 관한 많은 연구들이 활발히 진행되고 있다 [10,14,22,26,27,30]. 일반적으로 저항운동 강도의 설정은 최대반복횟수 또는 one repetition maximum(1RM)을 기반으로 이루어지며 [29], 1RM 측정

을 통한 운동 강도의 설정은 1RM 간접 추정식을 이용하는 것보다 더욱 정확하고 효과적으로 목적에 맞는 운동 강도를 설정할 수 있다고 보고하였다 [9]. 또한 최대반복 횟수는 운동 강도에 따라 수행할 수 있는 연속적인 동작의 횟수를 의미하는 것으로서, 저항운동의 강도 설정방법 중에서도 %1RM과 밀접한 관련성이 있다고 보고하였다 [4,7]. 즉, %1RM의 증가는 최대반복횟수의 감소를 나타낸다고 할 수 있다 [14]. Gotshalk et al [10]은 1RM의 85% 이상의 고강도는 근력, 70-80%의 중강도는 근비대 [12], 그리고 65%이하의 저강도는 근지구력 향상에 효과적이라고 보고하면서 [2], 운동 강도의 차이에 따라 근기능 개선에도 차이가 있다고 보고하였다.

선행연구에 따르면 근기능 개선의 차이는 운동 강도의 차이 뿐만 아니라 주동근(agonist)과 협응근(synergist)의 동원 비율(recruitment ratio) 차이에 의해서도 나타난다고 보고하였다 [27]. 예를 들어 벤치프레스의 경우, Lehman [23]의 연구에서는 위팔세갈래근(Triceps brachii)의 근활성도가 가장 높게 나타났다고 한 반면에, Welsch et al [31]은 앞쪽세모근(Deltoid anterior)과 큰가슴근(Pectoralis major)의 근활성도가 높게 나타났다고 보고하였다. 따라서 주동근의 근력강화를 위해서는 주동근과 협응근의 동원 비율을 보다 명확하게 검토할 필요가 있다고 생각된다.

한편, 저항운동은 운동 경력, 즉 숙련자(trained men)와 비숙련자(untrained men)에 따라 사용하는 근육군(muscle group)(주동근)이 다르며 [14], 근활성 및 근피로도에서도 차이가 있다고 보고하였다 [13]. 선행연구에 의하면, 태권도 발차기 동작 시 숙련자의 경우 넙다리곧은근-가쪽넓은근-안쪽넓은근-넙다리두갈래근 순으로 근활성도가 높게 나타났으나, 비숙련자의 경우 안쪽넓은근-넙다리곧은근-가쪽넓은근-넙다리두갈래근 순으로 근활성도가 높게 나타났다고 보고하였다 [16]. 또 다른 선행연구에서는 동일한 운동 강도에 따른 반복횟수를 숙련자와 비숙련자를 대상으로 비교한 결과, 숙련자는 큰 근육군뿐만 아니라 작은 근육군의 근활성도도 높게 나타났으며, 반복횟수도 증가하였다고 보고하면서, 이러한 차이는 훈련 습관에서 나온다고 추론하였다 [14]. 또한 Shimano et al [29]은 동일한 강도의 Free weight 운동 시 반복횟수, 평균과피 및 운동자각도(RPE)를 비교한 결과, 숙련자는 비숙련자에 비해 모든 지표에서 긍정적인 결과를 나타냈다고 보고하였다. 하지만 운동강도의 차이, 즉 저강도, 중강도 및 고강도 등 다양한 강도에서 숙련자와 비숙련자의 근활성, 근피로 및 반복횟수를 비교·검토한 연구는 찾아볼 수 없다.

일반적으로 저강도의 저항운동은 자세 및 사용하는 근육군에 있어서 훈련의 영향을 적게 받지만, 고강도의 저항운동에서는 자세, 근육군 및 피로 등의 영향을 많이 받는다고 보고되어 있다 [26]. Sakamoto & Sinclair [27]은 건강한 성인남성을 대상으로 벤치프레스 운동 시 1RM의 40, 50, 60, 70 및 80%의 점진적 강도 증가에 따른 근활성도 및 근피로도의 변화를 관찰한 결과, 큰가슴근, 앞쪽어깨세모근 및 위팔세갈래근에서 강도가 증가할수록 근활성도 및 근피로도가 증가하는 것을 확인하였다. Snyder & Fry [30]의 연구에서는 11명의 축구선수를 대상으로 1RM의 50 및 80% 운동 시 큰가슴근, 앞쪽어깨세모근 및 위팔세갈래근의 근활성도를 비교한 결과, 1RM 50%에서는 큰가슴근의 근활성도가 유의하게 증가하였지만, 앞쪽어깨세모근 및 위팔세갈래근에서는 유의한 차이가 나타나지 않았고, 1RM 80%에서는 큰가슴근과 앞쪽어깨세모근의 근활성도가 유의하게 증가하는 것으로 나타났다.

이와 같이 일반성인 및 운동선수를 대상으로 단일 집단에서 운동강도의 차이에 따른 근활성도를 비교한 연구는 있지만, 전술한 바와 같이 숙련자와 비숙련자를 대상으로 다양한 강도에서 근활성도, 근피로도 및 반복횟수를 상세히 검토한 연구는 전무한 실정이다.

이에 이 연구에서는 저강도의 저항운동은 숙련자와 비숙련자 간에 근활성도, 근피로도 및 반복횟수에 차이를 나타내지 않지만, 고강도의 저항운동은 숙련자에 비해 비숙련자가 주동근의 근활성도의 감소, 근피로도의 증가 및 반복횟수가 낮을 것이라는 가설을 세우고, 이러한 가설을 검증하기 위하여 실제로 건강한 숙련자와 비숙련자를 대상으로 벤치프레스 운동 중에 강도별 근활성도, 근피로도 및 반복횟수를 비교·검토하고자 하는데 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구대상은 건강한 성인남성 숙련자(Trained group; TG, n=8)와 비숙련자(Untrained group; UTG, n=8)를 모집하였다. TG는 1주일에 두 번 이상, 적어도 6개월 이상의 고강도(Intensity < 6RM) 저항운동 프로그램을 수행한 자로 설정하였으며, UTG는 지난 1년 동안에 웨이트 트레이닝 프로그램을 수행하지 않은 자로 설정하였다 [29]. 피험자의 신체적 특성은<Table 1>에 제시하였으며, 벤치프레스의 1RM의 근력에서 TG가 UTG보다 유의하게 높게 나타났다($p < .05$). 모든 피험자에게는 연구의 취지 내용을 충분히 설명한 후 자발적으로 참가 동의를 얻었다.

Table 1. Subject characteristics

	TG	UTG
Age (years)	28.0±6.1	29.3±4.4
Height (cm)	173.7±3.8	173.7±4.5
Weight (kg)	75.0±6.5	75.8±12.2
Muscle mass (kg)	36.1±2.6	35.5±6.3
1RM bench press	105.0±16.5***	78.0±15.2

1RM: one repetition maximum
*** $p < .001$ vs. UTG

2. 실험 절차

이 연구에서는 벤치프레스 20 kg의 바벨을 이용하여 15회 1세트의 준비운동을 실시한 후에 1RM의 60, 70 및 85%의 무게에서 메트로놈 60 bpm의 속도에 맞춰 자신이 최대 반복할 수 있는

횃수를 수행하는 것을 1세트로 설정하여 각각의 강도에서 3세트씩 수행하였다. 세트 당 휴식시간은 3분, 1RM의 강도별 휴식시간은 48시간으로 설정하였다 [29]. TG와 UTG 모두 동일한 방법으로 실험을 진행하였다. 순서에 따른 영향을 최소화하기 위하여 1RM의 강도별(60%, 70%, 85%)에 따른 운동의 순서는 무선배정 하였다. EMG 신호는 피험자의 큰가슴근, 앞쪽어깨세모근 및 위팔세갈래근의 근활성도(maximal voluntary contraction: %MVC) 및 근피로도(median frequency: MDF)를 기록하였다.

3. 측정 항목

1) 신체조성

신체조성은 생체전기저항분석기(Bioelectrical Impedance Analysis: Inbody 770, Biospace, Korea)를 이용한 생체전기저항법으로 체중(kg) 및 골격근량(kg)을 측정하였다.

2) 최대반복횃수

1RM은 Kraemer et al [21]의 연구에서 사용한 실험 절차를 수정 및 보완하여 측정하였다. 피험자는 저강도의 무게를 설정하여 반복횃수 8-10회를 수행하여 준비운동을 실시하고, 중강도의 무게를 설정하여 반복횃수 3-5회를 수행한 후에 고강도의 무게로 1-3회의 반복횃수를 수행하였다. 준비운동 후에 피험자들은 자신이 최대 수월할 수 있는 각도와 기술을 사용하여 더 이상 무게를 증가시키지 못하는 지점까지 운동을 수행하여 자신의 최대반복횃수(1RM)를 측정하였다. 측정 간의 휴식시간은 3005분으로 설정하였다. TG는 1RM을 1회 수행하였으나 UTG는 정확한 측정을 위하여 1RM을 2회 수행하였다 [29].

3) 최대 수의적 등척성 수축력

개인별 근력 차이로 인한 자료 분석의 오류를 최소화하기 위해 최대 수의적 등척성 수축력(Maximal voluntary isometric contraction: MVIC)을 측정하여 정량화하였다 [6]. MVIC는 한 번에 약 3초간 실시하여 총 3회의 측정값에 대한 평균값을 실측치로 활용하였으며, 근피로를 최소화하기 위하여 측정간의 휴식시간은 3분으로 설정하였다.

큰가슴근의 MVIC는 벤치프레스에서 어깨관절을 90°로 수평 벌림(horizontal abduction)하고, 팔꿈치 관절 각도를 90°로 굽힘(flexion)한 상태에서 최대근력을 측정하였으며, 앞쪽어깨세모근의 MVIC는 편하게 선 자세에서 어깨관절을 90° 굽힘 한 상태를 유지하도록 하여 측정하였다. 또한 위팔세갈래근의 MVIC는 앉은 자세에서 팔을 90° 굽힌 뒤 팔꿈치 관절의 90° 굽힘을 유지하면서 최대근력을 측정하였다.

4) 근전도 분석

근활성도 및 근피로도는 무선 근전도(Delsys Trigno Wireless EMG Surface Electrodes, Delsys, Boston, MA)를 이용하여 분석하였다. 전극은 피부저항으로 생기는 오차를 줄이기 위하여 제모를 시행한 후에 알코올 솜으로 소독하여 근육 섬유 방향과 평행하게 부착하였다. 앞쪽세모근과 위팔세갈래근의 전극은 Zipp [33]의 연구에서 제시한 부위와 동일하게 부착하였으며, 큰가슴근의 전극은 Clemons & Aaron [5]의 연구에서 사용한 부위와 동일하게 부착하였다. 전극의 부착은 동일한 연구자가 수행하였다. EMG 신호의 샘플링 주파수(sample frequency)는 1,000 Hz - 2,000 Hz 로 설정하였으며, 20 Hz -500 Hz에서 Filter하여 Passband 하였다 [15].

근활성도는 벤치프레스 운동 시 근육이 수축되는 전체 동작을 적분하여 산출하게 되는데 이 연구에서는 강도의 차이에 따른 각 강도 및 세트의 반복횃수에서 발현되는 신호를 각각 분석하여 평균화 하였으며, 총 3세트 분석 후 평균값을 근활성도 값으로 사용하였다. 또한 근피로도는 각 신호에서 length를 지정하여 0.15초 동안 power spectrum을 지정한 면적의 중앙값을 사용하였으며, 이를 분석하기 위하여 Falvo et al [8]이 사용한 근피로도 분석방법을 수정·보완 하여 각 세트의 첫 번째 반복횃수의 신호와 마지막 반복횃수의 신호에서 발현된 근피로도 값의 감소율의 차이를 분석하였다. 총 3세트 분석 후에 평균값을 근피로도 값으로 사용하였다.

$$RMS = \left[\frac{1}{S} \sum_1^S f^2(s) \right]^{\frac{1}{2}}$$

RMS - Root Mean Square

S - Window Length (Points)

f - Data within the window

Percent fatigue

$$= \left[\frac{\text{Work}_{\text{first rap}} - \text{Work}_{\text{last rap}}}{\text{Work}_{\text{first rap}}} \right] \times 100$$

5) 반복횃수

숙련자와 비숙련자의 벤치프레스 운동 중에 강도별 반복횃수를 비교하기 위하여 각 강도 및 세트의 최대 수월한 반복횃수를 기록하였으며, 세트에 따른 평균값을 사용하였다.

4. 자료처리 방법

SPSS 20.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 벤치프레스

운동 중에 강도별에 따른 큰가슴근, 앞쪽어깨세모근 및 위팔세 갈래근의 근활성도 및 근피로도의 차이를 숙련자와 비숙련자를 비교 분석하기 위하여 t-test를 실시하고, 통계적 유의 수준(α)은 5% 이하로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 근활성도의 변화

숙련자와 비숙련자의 벤치프레스 운동 중에 강도별 근활성도의 변화는 <Fig 1>에 제시한 바와 같다. 큰가슴근의 근활성도는 TG와 비교해서 UTG의 85%($p=.000$), 70%($p=.039$) 및 60%($p=.010$)에서 각각 유의하게 높게 나타났다. 앞쪽어깨세모근 및 위팔세 갈래근의 근활성도는 집단간에 있어서 유의한 차이를 보이지 않았다.

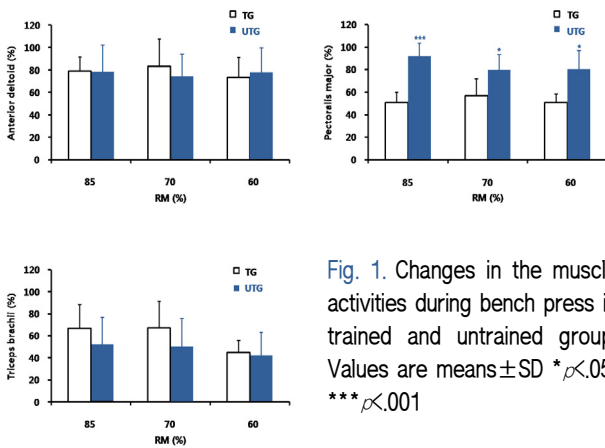


Fig. 1. Changes in the muscle activities during bench press in trained and untrained group. Values are means \pm SD * p <.05, *** p <.001

2. 근피로도의 변화

숙련자와 비숙련자의 벤치프레스 운동 중에 강도별 근피로도의 변화는 <Fig 2>에 제시한 바와 같다. 큰가슴근, 앞쪽어깨세모근 및 위팔세갈래근의 근피로도는 집단간에 있어서 유의한 차이를 보이지 않았다.

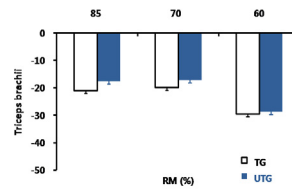
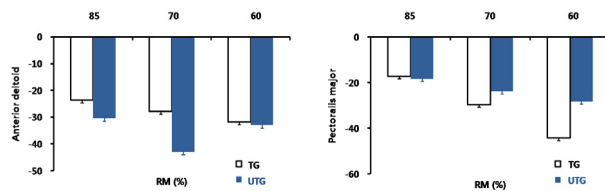


Fig. 2. Changes in the muscle fatigue during bench press in trained and untrained group.

3. 반복횟수의 변화

숙련자와 비숙련자의 벤치프레스 운동 중에 강도별 반복횟수의 변화는 <Fig 3>에 제시한 바와 같다. 반복횟수는 TG와 비교해서 UTG의 70% 2세트($p=.012$), 3세트($p=.049$), 및 60%의 3세트($p=.027$)에서 각각 유의하게 낮게 나타났다. 하지만 85%에서는 세트 및 집단 간에 있어서 유의한 차이를 보이지 않았다.

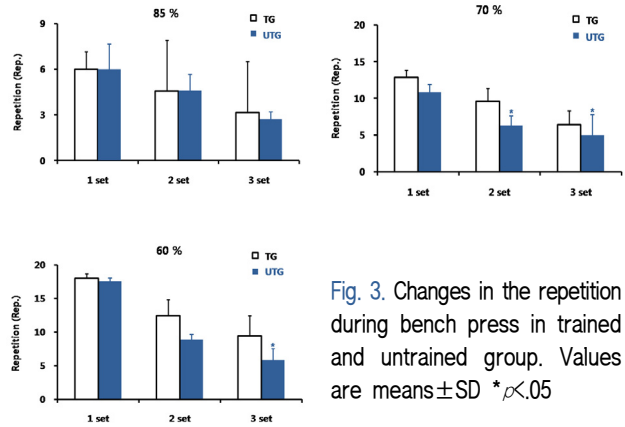


Fig. 3. Changes in the repetition during bench press in trained and untrained group. Values are means \pm SD * p <.05

IV. 논의

이 연구에서는 숙련자와 비숙련자의 벤치프레스 운동 중에 강도별 근활성도, 근피로도 및 반복횟수를 비교한 결과, 큰가슴근의 근활성도는 모든 강도에서 숙련자에 비해 비숙련자가 높게 나타났다. 또한 운동강도가 낮아지고 강도별 세트가 증가할수록 비숙련자에 비해 숙련자의 반복횟수는 높게 나타났지만 근피로도는 차이를 보이지 않았다. 이는 비숙련자의 경우는 주동근을 보다 많이 사용하였고, 반면에 숙련자의 경우는 주동근 및 협응근을 효율적으로 사용하였기 때문이라고 생각된다. 따라서 이 연구의 가설이 성립되지 않았다. 즉 이 연구에서 숙련자와 비숙련자간의 근활성도 및 근피로도의 차이는 운동강도가 아니라 반복횟수 및 주동근과 협응근의 동원 비율이 중요할 것으로 생각된다.

일반적으로 벤치프레스 운동은 큰가슴근을 발달시키기 위한 목적으로 가장 대표적인 근력운동으로 [32], 주동근인 큰가슴근과 협응근인 어깨세모근 및 위팔세갈래근의 단축성수축(concentric contraction)과 신장성(eccentric contraction)수축이 반복적으로 이루어지게 되는 복합관절 운동이다 [25]. 이러한 복합관절운동은 주동근과 협응근이 동원되는 비율이 중요하며, 이는 1RM의 무게와 반복횟수에도 영향을 미치게 된다. 벤치프레스의 주동근과 협응근의 근활성도에 관한 연구에서 Junior et al [15]은 건강한 성인남성 13명을 대상으로 10RM의 벤치프레스 운동 시 큰가슴근, 앞쪽세모근 및 위팔세갈래근의 근활성도를 비교한 결과, 큰가슴근의 근활성도가 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 Kohler et al [18]은 저강도의 벤치프레스 운동을 실시한 결과, 큰가슴근의 근활성도가 높게 나타났다고 보고하였다. 이와 같이 다수의 선행연구에서 벤치프레스 운동 시 주동근(큰가슴근)의 근활성도가 높게 나타났으며, 주동근의 발달에 효과적이라고 보고하고 있지만, 협응근의 근활성도에서도 유의한 차이가 있다는 연구결과도 보고되어지고 있다. Schick et al [28]의 연구에 의하면 1RM 70 및 90%의 벤치프레스 운동 시 1RM의 90%에서 큰가슴근과 어깨세모근이 높은 근활성도를 보인다고 보고하였으며, 이러한 결과는 벤치프레스 운동이 주동근보다 협응근의 동원 비율이 높게 나타날 수 있다는 것을 의미하며, 이러한 동원 비율은 저항운동의 숙련자와 비숙련자 사이에도 차이가 있다고 추측하였다. 이에 이 연구에서는 숙련자와 비숙련자를 대상으로 벤치프레스 운동 시 저강도, 중강도 및 고강도에서 근활성도를 비교한 결과, 비숙련자의 경우, 모든 강도에서 숙련자에 비해 큰가슴근의 근활성도가 높게 나타났다. 전술한 바와 같이, 숙련자의 경우에는 주동근과 협응근을 효율적으로 사용하여 운동 시 수행되는 동작 및 운동강도에 따른 부하량을 안정적으로 조절하는 반면에, 비숙련자의 경우에는 주동근 및 협응근을 효율적으로 사용하기보다 상대적으로 큰 근육군을 사용하여 운동 동작 및 부하량을 조절하였기 때문이라고 생각된다. 또한 이 연구에서 숙련자의 경우에는 1RM의 60, 70 및 85% 강도에서 거의 동일한 근활성도를 보이는 반면에, 비숙련자의 경우에는 1RM의 85%강도에서 근활성도가 가장 높고, 운동강도가 낮아질수록 근활성도가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. Hoeger et al [14]은 동일한 강도의 저항운동을 실시 할 경우에 비숙련자는 작은 근육군보다 큰 근육군을 보다 많이 사용한다고 보고하였으며, Kraemer et al [20]의 연구 결과에 의하면 Free weight 운동을 수행할 때에는 힘의 균등한 조절이 필요하다고 보고하였다. 이러한 선행연구의 결과는 이 연구에서 숙련자에 비해 비숙련자의 주동근(큰가슴근)의 근활성도가 높은 이유를 뒷받침해주는 결과라고 생각된다.

일반적으로 저항운동에 따른 근피로의 유발은 부하량의 증가 [24]와 속근섬유(fast-twitch muscles)의 비율이 중요하며 [19], 운동단위(motor unit)의 동원 및 신경전도(nerve conduction) 속도가 저하하여 발생한다고 알려져 있다 [3]. 또한 근피로도에는 최대반복횟수와 관련이 있으며, 최대반복횟수, 즉 연속적인 동작의 횟수는 근기능의 차이에서 비롯된다고 보고하였다 [4,7]. Hoeger et al [14]은 동일한 강도의 저항운동 시 근기능이 우수한 숙련자는 비숙련자에 비해 반복횟수를 보다 많이 수행한다고 보고하였으며, Shimano et al [29]은 숙련자와 비숙련자 간에 1RM의 60, 80 및 90%의 강도에서 벤치프레스, 스쿼트 및 암걸의 최대반복횟수를 비교한 결과, 1RM의 60% 강도의 스쿼트 운동에서 숙련자가 비숙련자에 비해 더 많은 반복횟수를 수행하였지만, 다른 운동강도 및 운동 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 이 연구에서 1RM의 85%의 고강도에서의 반복횟수는 집단 간에 차이를 보이지 않았다. 1RM의 85%와 같은 고강도의 저항운동은 숙련자 및 비숙련자 모두에서 많은 반복횟수를 수행하지 못하였기 때문이라고 생각되며, 특히 비숙련자의 경우에는 큰 근육군을 이용하여 단시간 동안에 근력발휘가 가능하여 집단간에 반복횟수의 차이가 나타나지 않았을 가능성이 있다고 생각된다. 따라서 이 연구에서는 고강도의 저항운동은 근기능의 차이와 관계없이 반복횟수에 차이가 없다는 사실을 증명하였다. 반면에, 이 연구에서 1RM의 75%의 중강도와 60%의 저강도에서는 세트가 증가할수록 비숙련자에 비해 숙련자의 반복횟수는 높게 나타났지만, 근피로도에는 차이를 보이지 않았다. 전술한 바와 같이, 이것은 주동근과 협응근의 동원 비율, 즉 상대적으로 많은 반복횟수가 요구되는 저항운동의 운동강도에서는 주동근과 협응근을 효율적으로 사용할 필요가 있다는 것을 시사하는 것이다.

V. 결론

이 연구에서는 숙련자와 비숙련자의 벤치프레스 운동 중에 강도별 근활성도, 근피로도 및 반복횟수를 비교한 결과, 큰가슴근의 근활성도는 모든 강도에서 숙련자에 비해 비숙련자가 높게 나타났다. 또한 운동강도가 낮아지고 강도별 세트가 증가할수록 비숙련자에 비해 숙련자의 반복횟수는 높게 나타났지만 근피로도에는 차이를 보이지 않았다. 따라서 이 연구에서 숙련자와 비숙련자간의 근활성도 및 근피로도의 차이는 운동강도가 아니라 반복횟수 및 주동근과 협응근의 동원 비율이 중요할 것으로 생각된다. 향후에는 숙련자와 비숙련자의 벤치프레스 운동 중 및 기간 등에 따른 반복횟수 및 주동근과 협응근의 동원비율의 차

이가 근력, 근지구력 및 근비대에 어떠한 영향을 미치는가를 검토할 필요가 있다고 생각된다.

References

- [1] Andersen LL, Andersen CH, Mortensen OS, Poulsen OM, Bjørnlund IB et al (2010). Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparison of dumbbells and elastic resistance. *Physical Therapy*, 90(4): 538-549.
- [2] Baechle TR, & Earle RW. (2008). *Essentials of strength training and conditioning*, Human Kinetics.
- [3] Basmajian JV & DeLuca CJ (1985). *Muscles Alive: Their Functions revealed by Electromyography*, Williams & Wilkins.
- [4] Chapman PP, Whitehead JR, & Binkert RH (1998). The 225-lb reps-to-fatigue test as a submaximal estimate of 1-RM bench press performance in college football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4): 258-261.
- [5] Clemons JM & Aaron C (1997). Effect of grip width on the myoelectric activity of the prime movers in the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(2): 82-87.
- [6] Cram JR (2003). The history of surface electromyography. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 28(2): 81-91.
- [7] Cummings B & Finn KJ (1998). Estimation of a one repetition maximum bench press for untrained women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4): 262-265.
- [8] Falvo MJ, Schilling BK, Bloomer RJ, & Smith WA (2009). Repeated bout effect is absent in resistance trained men: an electromyographic analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(6): e529-535.
- [9] Fleck SJ & Kraemer WJ (2004). *Designing Resistance Training Programs (3rd ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- [10] Gotshalk LA, Loebel CC, Nindl BC, Putukian M, Sebastianelli WJ et al (1997). Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22(3): 244-255.
- [11] Gu HM, Chae WS, Kang NJ, Yoon CJ, & Jang JI (2009). Comparative analysis of muscle activity and ground reaction force between skilled and unskilled player during a free throw. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(2): 347-357.
- [12] Hass CJ, Feigenbaum MS, & Franklin BA (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31(14): 953-964.
- [13] Heller J, Peric T, Douha R, Kohlikova E, Malichna J et al (1998). Physiological profiles of male and female taekwon-do(ITF) black belts. *Journal of Sports Science*, 16(3): 243-249.
- [14] Hoeger W, Hopkins DR, Barette SL, & Hale DF (1990). Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 4(2): 47-54.
- [15] Junior V, Gentil P, Oliveira E, & Carmo J (2007). Comparison among the EMG activity of the pectoralis major, anterior deltoid and triceps brachii during the bench press and peck deck exercises. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13(1): e43-46.
- [16] Kim JW (2011). The Comparison of Expert with Non-Expert EMG during Perform Back-round Kicking of Taekwondo. *The Journal of Korean Institute for Practical Engineering Education*, 3(1): 200-205.
- [17] Kim KY (1999). Principles and clinical applications of electromyography. *The Journal of Korean Academy of Craniomandibular Disorders*, 11(1): 35-46.
- [18] Kohler JM, Flanagan SP, & Whiting WC (2010). Muscle activation patterns while lifting stable and unstable loads on stable and unstable surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2): 313-321.
- [19] Komi PV & Vitasalo JH (1976). Signal characteristics of EMG at different levels of muscle tension. *Acta Physiologica Scandinavica*, 96(2): 267-276.
- [20] Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C et al (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2): 364-380.
- [21] Kraemer WJ, Fleck SJ, Maresh CM, Ratamess NA, Gordon SE et al (1999). Acute hormonal responses to a single bout of heavy resistance exercise in trained power lifters and untrained men. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(6): 524-537.
- [22] Kraemer WJ & Ratamess NA (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4): 674-688.
- [23] Lehman GJ (2005). The influence of grip width and forearm pronation/supination on upper-body myoelectric activity during the flat bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3): 587-591.
- [24] Marx JO, Ratamess NA, & Nindl BC (2001). Low volume circuit versus high volume periodized resistance training in woman. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4): 635-643.
- [25] Park CB & Park SY (1997). *Exercise physiology anatomy*. Seoul, Hyungseul.
- [26] Pierce K, Rozenek R, & Stone M (1993). Effects of High Volume Weight Training on Lactate, Heart Rate, and Perceived Exertion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(4): 211-215.
- [27] Sakamoto A & Sinclair PJ (2012). Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. *European Journal of Applied Physiology*, 112(3): 1015-1025.
- [28] Schick EE, Coburn JW, Brown LE, Judelson DA, Khamoui AV et

-
- al (2010). A comparison of muscle activation between a Smith machine and free weight bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3): 779–784.
- [29] Shimano T, Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS, Hatfield DL et al (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4): 819–823.
- [30] Snyder BJ & Fry WR (2012). Effect of verbal instruction on muscle activity during the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9): 2394–2400.
- [31] Welsch EA, Bird M, & Mayhew JL (2005). Electromyographic activity of the pectoralis major and anterior deltoid muscles during three upper-body lifts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2): 449–452.
- [32] Wilson GJ, Elliot BC, & Kerr GK (1989). Bar path and force profile characteristics for maximal loads in the bench press. *International Journal of sport Biomechanics*, 5(4): 390–402.
- [33] Zipp P (1982). Recommendations for the standardization of lead positions in surface electromyography. *European Journal of Applied Physiology*, 50(1): 41–46.

