



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

벤치프레스 운동 시 벤치 각도 차이가  
주동근과 협력근의 근활성도에  
미치는 영향

제주대학교 대학원

체육학과

김 주 연

2022년 2월

# 벤치프레스 운동 시 벤치 각도 차이가 주동근과 협력근의 근활성도에 미치는 영향




지도교수 서 태 범

김 주 연

이 논문을 체육학 석사학위 논문으로 제출함

2021년 12월

김주연의 체육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 노 병 구   
위 원 김 영 풍   
위 원 서 태 범 

제주대학교 대학원

2021년 12월

<국문초록>

# 벤치프레스 운동 시 벤치 각도 차이가 주동근과 협력근의 근활성도에 미치는 영향

김 주 연

제주대학교 대학원 체육학전공

지도교수 서 태 범

본 연구의 목적은 본 연구의 목적은 벤치프레스 운동 시 벤치의 각도(-15°, 0°, 15°, 45°, 60°)를 다르게 적용하여 벤치프레스의 주동근과 협력근의 각 근육 부위별 근활성도를 근전도 분석하여 협력근의 근활성을 최소화하면서 주동근을 최대로 활성화 시키는 벤치프레스 각도를 연구하는 데 있다. 본 연구는 6개월 이상 저항운동 경력이 있는 20-30대 성인 남성 12명을 대상으로 하였으며, 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)에 근전도 전극을 부착한 후 벤치프레스 최대 근력(1RM)의 70% 중량 부하로 각도 별 벤치프레스를 실시하였다. 측정 자료는 SPSS for windows(Version 22.0) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 변인의 평균(Mean)과 표준편차(Standard Deviation)를 산출하였다. 각도에 대한 집단 간의 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석(repeated-measurement ANOVA)을 실시하였으며, 대비검정(contrast)을 사용하여 사후분석을 실시하였다. 모든 분석의 통계적 유의수준( $P$ )은 0.05로 설정하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 벤치프레스 운동 중 신장성 수축 시 근육별 근활성도는 대흉근 하부와 전면

삼각근에서 유의한 차이가 나타났다.

둘째, 벤치프레스 운동 중 단축성 수축 시 근육별 근활성도는 대흉근 하부와 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두)에서 유의한 차이가 나타났다.

셋째, 벤치프레스 운동 중 신장성 수축 시 벤치 각도별 근활성도는 모든 각도에서 유의한 차이가 나타났다.

넷째, 벤치프레스 운동 중 단축성 수축 시 벤치 각도별 근활성도는 모든 각도에서 유의한 차이가 나타났다.

본 연구의 결과를 종합해 보면, 벤치프레스 운동 시 협력근의 개입을 최소화하면서 주동근을 최대로 활성화 시키는 벤치프레스 각도는 -15도로 나타났다.

따라서 본 연구의 벤치프레스 운동 시 벤치 각도에 따른 주동근과 협력근의 근활성도를 고려하여, 상체운동 프로그램 목적에 적합한 벤치 각도로 수행한다면 상지 근육의 근기능 향상에 기여할 것으로 생각된다. 또한, 향후 연구에서는 벤치프레스 자세가 능숙한 전문 보디빌딩 선수를 대상으로 반복 실험을 실시하여 벤치프레스 운동 시 벤치 각도 차이의 효과를 재검증할 필요가 있을 것으로 생각된다.

# 목 차

I. 서 론 .....	1
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	4
3. 연구의 가설 .....	5
4. 연구의 제한점 .....	6
5. 용어 정의 .....	7
II. 이론적 배경 .....	9
1. 저항운동 .....	9
2. 근비대 .....	11
3. 근활성도 .....	13
III. 연구 방법 .....	15
1. 연구대상 .....	15
2. 연구설계 .....	16
3. 측정항목 및 방법 .....	18
4. 자료처리 .....	24
IV. 연구결과 .....	25
1. 벤치프레스 수행 시 근육별 근활성도의 변화 .....	25
2. 벤치프레스 수행 시 각도별 근활성도의 변화 .....	49
V. 논 의 .....	69
VI. 결 론 .....	73

Abstract ..... 75

참 고 문 헌 ..... 77

## List of Figure

<Figure 1> The experimental design .....	17
<Figure 2> Bench press angle .....	20
<Figure 3> MVIC test .....	21
<Figure 4> sEMG sensor .....	23
<Figure 5> Activity for the clavicular head of pectoralis major in eccentric phase (%MVIC) .....	26
<Figure 6> Activity for the sternocostal head of pectoralis major in eccentric phase (%MVIC) .....	28
<Figure 7> Activity for the abdominal head of pectoralis major in eccentric phase (%MVIC) .....	30
<Figure 8> Activity for the anterior head of deltoid in eccentric phase (%MVIC) .....	32
<Figure 9> Activity for the lateral head of triceps in eccentric phase (%MVIC) .....	34
<Figure 10> Activity for the long head of triceps in eccentric phase (%MVIC) .....	36
<Figure 11> Activity for the clavicular head of pectoralis major in concentric phase (%MVIC) .....	38
<Figure 12> Activity for the sternocostal head of pectoralis major in concentric phase (%MVIC) .....	40
<Figure 13> Activity for the abdominal head of pectoralis major in concentric phase (%MVIC) .....	42
<Figure 14> Activity for the anterior head of deltoid in concentric phase (%MVIC) .....	44
<Figure 15> Activity for the lateral head of triceps in concentric phase (%MVIC) .....	46
<Figure 16> Activity for the long head of triceps in concentric phase (%MVIC) .....	48
<Figure 17> Activity for each muscle at 15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	50
<Figure 18> Activity for each muscle at 0° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	52
<Figure 19> Activity for each muscle at 15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	54
<Figure 20> Activity for each muscle at 45° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	56



<Figure 21> Activity for each muscle at 60° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) ···	58
<Figure 22> Activity for each muscle at -15° angle in bench press concentric phase (%MVIC) ···	60
<Figure 23> Activity for each muscle at 0° angle in bench press concentric phase (%MVIC) ···	62
<Figure 24> Activity for each muscle at 15° angle in bench press concentric phase (%MVIC) ···	64
<Figure 25> Activity for each muscle at 45° angle in bench press concentric phase (%MVIC) ···	66
<Figure 26> Activity for each muscle at 60° angle in bench press concentric phase (%MVIC) ···	68

## List of Table

<Table 1> Characteristics of participants .....	15
<Table 2> Descriptive statistics for the clavicular head of Pectoralis major at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC) .....	25
<Table 3> Activity for the clavicular head of pectoralis major in eccentric phase (%MVIC) .....	25
<Table 4> Descriptive statistics for the sternocostal head of Pectoralis major at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC) .....	27
<Table 5> Activity for the sternocostal head of pectoralis major in eccentric phase (%MVIC) .....	27
<Table 6> Descriptive statistics for the abdominal head of Pectoralis major at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC) .....	29
<Table 7> Activity for the abdominal head of pectoralis major in eccentric phase (%MVIC) .....	29
<Table 8> Descriptive statistics for the anterior head of deltoid at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC) .....	31
<Table 9> Activity for the anterior head of deltoid in eccentric phase (%MVIC) .....	31
<Table 10> Descriptive statistics for the lateral head of triceps at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC) .....	33
<Table 11> Activity for the lateral head of triceps in eccentric phase (%MVIC) .....	33
<Table 12> Descriptive statistics for the long head of triceps at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC) .....	35
<Table 13> Activity for the long head of triceps in eccentric phase (%MVIC) .....	35
<Table 14> Descriptive statistics for the clavicular head of pectoralis major at angle in the bench press concentric phase (%MVIC) .....	37
<Table 15> Activity for the clavicular head of pectoralis major in concentric phase (%MVIC) .....	37
<Table 16> Descriptive statistics for the sternocostal head of pectoralis major at angle in	

the bench press concentric phase (%MVIC) .....	39
<Table 17> Activity for the sternocostal head of pectoralis major in concentric phase (%MVIC) .....	39
<Table 18> Descriptive statistics for the abdominal head of pectoralis major at angle in the bench press concentric phase (%MVIC) .....	41
<Table 19> Activity for the abdominal head of pectoralis major in concentric phase (%MVIC) .....	41
<Table 20> Descriptive statistics for the anterior head of deltoid at angle in the bench press concentric phase (%MVIC) .....	43
<Table 21> Activity for the anterior head of deltoid in concentric phase (%MVIC) .....	43
<Table 22> Descriptive statistics for the lateral head of triceps at angle in the bench press concentric phase (%MVIC) .....	45
<Table 23> Activity for the lateral head of triceps in concentric phase (%MVIC) .....	45
<Table 24> Descriptive statistics for the long head of triceps at angle in the bench press concentric phase (%MVIC) .....	47
<Table 25> Activity for the long head of triceps in concentric phase (%MVIC) .....	47
<Table 26> Descriptive statistics for each muscle at -15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	49
<Table 27> Activity for each muscle at 15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	49
<Table 28> Descriptive statistics for each muscle at 0° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	51
<Table 29> Activity for each muscle at 0° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	51
<Table 30> Descriptive statistics for each muscle at 15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	53
<Table 31> Activity for each muscle at 15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	53
<Table 32> Descriptive statistics for each muscle at 45° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	55
<Table 33> Activity for each muscle at 45° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	55
<Table 34> Descriptive statistics for each muscle at 60° angle in bench press eccentric phase	

(%MVIC) .....	57
<Table 35> Activity for each muscle at 60° angle in bench press eccentric phase (%MVIC) .....	57
<Table 36> Descriptive statistics for each muscle at -15° angle in bench press concentric phase (%MVIC) .....	59
<Table 37> Activity for each muscle at -15° angle in bench press concentric phase (%MVIC) ..	59
<Table 38> Descriptive statistics for each muscle at 0° angle in bench press concentric phase (%MVIC) .....	61
<Table 39> Activity for each muscle at 0° angle in bench press concentric phase (%MVIC) .....	61
<Table 40> Descriptive statistics for each muscle at 15° angle in bench press concentric phase (%MVIC) .....	63
<Table 41> Activity for each muscle at 15° angle in bench press concentric phase (%MVIC) ..	63
<Table 42> Descriptive statistics for each muscle at 45° angle in bench press concentric phase (%MVIC) .....	65
<Table 43> Activity for each muscle at 45° angle in bench press concentric phase (%MVIC) ..	65
<Table 44> Descriptive statistics for each muscle at 60° angle in bench press concentric phase (%MVIC) .....	67
<Table 45> Activity for each muscle at 60° angle in bench press concentric phase (%MVIC) ..	67

# I. 서 론

## 1. 연구의 필요성

근력이란 근육이 한 번 수축해서 얼마나 큰 힘을 발휘할 수 있는가를 말하며, 근육은 많은 근섬유소로 구성되어 있는데 운동을 실시한 경우 대체로 굵은 섬유의 비율이 많아지게 된다(김현재, 2017). 운동을 통해서 근력이 증가하는 이유는 근섬유의 수축성 단백질이 증가하여 근육이 비대해지고, 근섬유의 동원 능력이 향상되어 동시에 많은 근섬유소를 수축시킬 수 있기 때문이다. 근육의 굵기 또는 단면적에 비례하여 근육의 부피가 클수록 더 큰 힘을 발휘할 수 있다(봉예나, 2019).

근력, 근지구력 근과위와 근육의 굵기, 혹은 부피를 효과적으로 증가시키기 위해서 저항성 운동이 필요하다(서영환, 2019). 저항 운동은 덤벨, 바벨, 체중, 기계, 케틀벨, 저항밴드와 기타 외부 저항을 사용하여 들어 올리거나 내릴 때 근육의 수축과 이완이 일어나는 모든 활동을 의미하며 일반인과 운동선수의 체력 향상과 부상 방지에 중요한 역할을 한다(Baechie & Earle., 2011; 장희승, 2018).

저항 운동으로 증가한 근력은 뼈에 가해지는 물리적 부하를 증가시켜 뼈를 튼튼하게 만들고 운동하는 동안에 칼로리를 소모하여 체중 조절의 효과와 근육 무게의 증가로 신진대사가 활성화되어 기초대사량을 증가시킨다(위승준 등., 2019). 또한 적절한 운동 프로그램은 근육에 탄력성을 만들어주고 빈약한 근육을 강화 및 보완해주며 관절 주위의 근육, 인대, 그리고 건을 강화함으로써 관절의 안정성을 높이고 상체와 하체의 균형을 향상시켜 좋은 자세를 유지하는 데 도움이 된다(김범수 & 장혁기, 2013).

근육과 인대, 건은 근원섬유의 두께, 수량, 배치의 변화, 근섬유 내 핵의 수와 위치 변화, 운동신경 종말 구조의 변화, 근골격에 대한 부착면적의 변화가 일어나게 되는데 이 중 사용되는 근육과 어떤 운동을 선택하는지에 따라 근육의 활성화 정도에 영향을 미친다(이소정, 2009).

저항운동은 다관절 또는 단일관절 운동을 사용하여 수행되는데 단일관절 운동(single joint exercise)은 하나의 관절을 이용하여 원하는 근육 부위에 집중적으로 부하

를 주는 반면, 다관절 운동(multi joint exercise)은 두개 이상의 관절을 이용하여 운동하는 방법이다. 레그 익스텐션, 레그 컬과 같은 단일 관절 운동은 특정 근육 자극을 목표로 사용되었으며 몸에 주는 부담이 적어 부상 위험이 적어진다. 반면, 벤치프레스와 스쿼트, 파워 클린과 같은 다관절 운동은 더욱 복잡한 신경 활성화 및 조정을 필요로 하여 협응력이 좋아지고 많은 근육군이 참여하기 때문에 더 높은 에너지 소비율을 보이며 근력을 증가시키는 효과적인 운동으로 간주된다(신권능, 2021).

다양한 저항운동 중에서 벤치프레스 운동은 많은 부하를 들어 올릴 수 있고 상체 근육의 크기와 근력을 증가시키는데 사용되는 매우 중요한 운동으로 월요일은 “대흉근 데이”라고 할 만큼 대중적인 운동이다(Baechle & Earle, 2008; 임규찬, 2006). 대흉근은 두 갈래로 나누어져 있으며 상완골을 수평내전(horizontal adduction), 내회전(internal rotation)하고 두 갈래 중 쇄골 부분은 쇄골의 전면에서 시작하여 상완골의 대결절능에 부착되어 어깨 굴곡에 관여한다(최선임, 2011). 다른 한 갈래는 흉골의 전면과 1~7 늑골의 연골에서 시작해 상완골의 큰 결절에 붙으며 대흉근의 안쪽에는 견갑골을 앞으로 당기는 소흉근과 전거근이 있다. 가슴 운동은 어깨관절에서 상완골을 앞으로 미는 동작으로 대흉근과 전면 삼각근이 주도하고 삼각근은 가슴근육을 돕는 가장 큰 보조 근육이다.(Burley et. al., 2020)

벤치프레스는 엎드려 팔굽혀펴기 동작을 뒤집은 자세로 평평한 벤치에서 운동하고 대흉근을 목표로 하는 운동이지만 소흉근, 삼각근과 상완 삼두근을 동시에 자극할 수 있고 좌우 중심을 잡고 손목, 팔꿈치, 어깨관절에 중량을 지탱하며 수행해야 하기때문에 상체 근육의 균형을 잡아주는 데에도 도움을 준다(Escamilla et. al., 2009; Kohler et. al., 2010; Schick et. al.,2010).

벤치프레스는 벤치의 각도에 따라 머리 쪽을 높게 하면 인클라인 벤치프레스(incline bench press), 머리쪽을 낮게 하면 디클라인 벤치프레스(decline bench press)라고 한다(David et. al. (2020). 인클라인 벤치프레스는 대흉근 상부와 전면 삼각근의 근육 발달에 효과적이기 때문에 운동을 즐기는 일반인들뿐만 아니라 보디빌더나 파워 리프팅 선수 또 직업적으로 행하는 엘리트 선수들이 선호하는 운동이며 벤치의 각도에 따라 목표 근육보다 다른 근육을 자극하는 경우도 있다(Trebs et. al., 2010). 디클라인 벤치프레스는 벤치프레스 운동 중 가장 무거운 중량을 사용할 수 있고 주로 대흉근 하부 발달을 위해 실시하는데 자세도 불편하고 안정성이 떨어지기 때문

에 플랫 벤치프레스보다 가슴운동으로는 하위운동으로 생각되고 있다(박경용, 2003).

벤치프레스의 효율성을 극대화 시키기 위해 벤치 수행 각도에 관한 연구가 계속 이어져 왔는데 Trebs et. al. (2010)은 인클라인 각도를 네 가지( $0^{\circ}$ ,  $28^{\circ}$ ,  $44^{\circ}$ ,  $56^{\circ}$ )로 세분화하였으며 대흉근 상부만의 근 활성도가 아닌 대흉근 상부와 중부를 하나의 근육으로 간주하였고 이 중  $44^{\circ}$ 에서 가장 높은 근 활성도가 나타났다. Lauver et. al. (2015)는 인클라인과 디클라인 벤치프레스를 대흉근의 상부와 하부로 나누어  $-15^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ 로 수축범위를 4등분하여 연구하였는데 대흉근의 근활성도가 단축성 수축 시에는  $0^{\circ}$ 에서, 신장성 수축 시에는  $30^{\circ}$ 와  $45^{\circ}$ 에서 근활성도가 높게 나타났다.

이러한 수행 각도에 대한 연구를 통해서 벤치프레스 운동 시 대흉근의 근활성도를 규명하였지만, 수행 각도에 따라 주동근과 협력근에 대한 근활성도를 전반적으로 본 연구는 희소하다. 따라서, 본 연구의 목적은 본 연구의 목적은 벤치프레스 운동 시 벤치의 각도( $-15^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ )를 다르게 하고 벤치프레스의 주동근과 협력근의 부위별 근활성도를 근전도 분석하여 협력근의 근활성을 최소화면서 주동근의 최대로 활성화 시키는 벤치프레스 각도를 찾고자 한다.

## 2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 벤치프레스 운동 시 벤치의 각도( $-15^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ )를 다르게 적용하여 벤치프레스의 주동근과 협력근의 각 근육 부위별 근활성도를 근전도 분석하여 협력근의 근활성을 최소화하면서 주동근을 최대로 활성화 시키는 벤치프레스 각도를 확인하고자 한다.



### 3. 연구의 가설

본 연구 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

1. 벤치프레스 운동 시 벤치 각도에 따라 대흉근(상부, 중부, 하부)의 근활성도 차이가 있을 것이다.
2. 벤치프레스 운동 시 벤치 각도에 따라 전면 삼각근의 근활성도 차이가 있을 것이다.
3. 벤치프레스 운동 시 벤치 각도에 따라 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 차이가 있을 것이다.

#### 4. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다.

- 1) 본 연구의 대상자는 20-30대 성인남성으로 제한하였다.
- 2) 실험에 사용된 근은 우측 대흉근, 전면 삼각근, 상완 삼두근으로 제한하였다.
- 3) 대상자들의 저항운동 경험과 실험 당일의 신체 상태를 동일한 조건으로 통제하지 못하였다.
- 4) 대상자들의 생리적, 심리적 요인을 통제하지 못하였다.

## 5. 용어 정의

본 연구에서 사용되는 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

### 1) 저항운동(resistance exercise)

덤벨, 바벨, 체중, 기계, 케틀벨, 저항밴드 또는 기타 외부 저항을 사용하여 들어 올리거나 내릴 때 근육의 수축과 이완이 일어나는 모든 활동을 의미한다(Baechie & Earle. 2008).

### 2) 근비대(muscle hypertrophy)

중량운동으로 인한 과부하, 동화작용, 성장인자, 호르몬 등 각종 자극을 신호전 단경로를 거치면서 단백질의 합성을 증가시켜 근육의 횡단 면적의 증가를 의미하며 근섬유 수의 증가가 아닌 근섬유 크기의 증가로 인한 현상이다.

### 3) 대흉근(pectoralis major)

벤치프레스 운동의 주동근으로서 주로 상체의 운동에 관여하는 가슴에 있는 삼각형 모양의 근육으로 쇄골, 흉골, 상완골과 늑연골에 부착하여 견관절의 굴곡, 내전, 내회전, 수평내전에 관여한다.

### 4) 전면 삼각근(anterior deltoid)

벤치프레스 운동의 협력근으로 상완골을 굴곡시키고 내회전, 수평내전에 관여하는 삼각형 모양의 근육이다. 쇄골 외측 1/3에 기시하고 상완골의 삼각근 조면에 정지한다.

### 5) 상완 삼두근(triceps brachii)

벤치프레스 운동의 협력근으로 팔꿈치의 이완과 어깨 근육을 자유롭게 해주는 팔 뒤쪽에 위치한 기다란 근육이다. 팔 후면에 유일하게 존재하며 상완 삼두근의 장두는 관절하 결절에 기시하고 외측두와 내측두는 상완골 후면의 나선구에 기시

하여 척골 주두돌기에 정지한다.

6) 벤치 프레스(bench press)

많은 부하를 들어 올릴 수 있고 상체 근육의 크기와 근력을 증가시키는 데 사용되는 매우 중요한 운동으로 운동을 즐기는 일반인뿐만 아니라 보디빌더 선수 또는 직업적으로 행하는 엘리트 선수들이 많이 선호하는 웨이트 트레이닝 종목이다.

7) 1RM(one repetition maximum)

웨이트 트레이닝 및 스트렝스 트레이닝에서 자주 사용되는 개념으로 운동 강도의 설에 중요한 기준으로 1회 최대 반복할 수 있는 가장 무거운 중량을 말하며, 구체적으로 본인이 정확한 운동 동작을 사용해서 1회 들어 올릴 수 있는 무게의 최대치이다(NSCA, 2008).

8) 최대 수의적 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction; MVIC)

해당 근육의 특정 동작에서 최대의 등척성 수축을 가했을 때 수의적으로 발생한 근육의 최대 수축 값을 의미하며 근전도 연구에서 근전도 신호의 정략적인 분석을 위해 측정한다.

9) 근전도(electromyogram; EMG)

근전도는 근육 작용을 연구하는 분야로 신경근접합부, 골격근, 운동뉴런기능의 생리적 연구에 널리 활용되어지고 있으며 근·골격근의 활동전위를 세포외전극을 사용하여 근육의 수축에 의해 발생하는 전기신호를 분석한다. 주로 상해 예방과 임상 의학적인 진단 등에 사용되고 근육의 수축정도를 평가하는 자료가 된다.

10) 활성도(root mean square; RMS)

시간적 흐름에 따른 근육 사용량의 변화, 즉 힘의 크기와 연관성이 높게 나타나는 변수이다.

## II. 이론적 배경

### 1. 저항운동

저항운동은 덤벨, 바벨, 케틀벨, 저항밴드와 외부 저항을 사용하여 근육의 수축과 이완이 일어나는 모든 활동을 의미한다(임완기 등, 2004). 장소와 시간에 제약이 적고 수시로 행할 수 있는 장점을 가지고 있으며 근력 향상에 매우 효과적이다. 지속적인 저항운동을 통하여 근력, 근비대, 신경계의 적응, 평형성, 협응력 등의 향상과 체지방률을 감소시키고 건강 및 운동수행력에 긍정적인 영향을 주고 대사량의 증가로 인해 근육량이 증가되어 체지방률을 증가시킨다(황명숙, 2013).

저항운동으로 증가한 근력은 뼈에 가해지는 물리적 부하를 증가시켜 뼈를 튼튼하게 만들고 운동하는 동안에 칼로리를 소모하여 체중 조절의 효과와 근육 무게의 증가로 신진대사가 활성화되어 기초대사량을 증가시킨다(김도현, 2019). 또한 적절한 운동 프로그램은 근육에 탄력성을 만들어주고 빈약한 근육을 강화 및 보완해주며 관절 주위의 근육, 인대, 그리고 건을 강화함으로써 관절의 안정성을 높이고 상체와 하체의 균형을 향상시켜 좋은 자세를 유지하는 데 도움이 된다(김범수 & 장혁기, 2013).

근육과 인대, 건은 근원섬유의 두께, 수량, 배치의 변화, 근섬유 내 핵의 수와 위치 변화, 운동신경 종말 구조의 변화, 근골격에 대한 부착면적의 변화가 일어나게 된다(이소정, 2009). 이 중 사용되는 근육과 어떤 운동을 선택하는지에 따라 근육의 활성화 정도에 영향을 미친다.

저항운동은 다관절 또는 단일관절 운동을 사용하여 수행되는데 단일관절 운동(single joint exercise)은 하나의 관절을 이용하여 원하는 근육 부위에 집중적으로 부하를 주는 반면, 다관절 운동(multi joint exercise)은 두개 이상의 관절을 이용하여 운동하는 방법이다. 레그 익스텐션, 레그 컬과 같은 단일 관절 운동은 특정 근육 자극을 목표로 사용되었으며 몸에 주는 부담이 적어 부상 위험이 적어진다. 반면, 벤치프레스와 스쿼트, 파워 클린과 같은 다관절 운동은 더욱 복잡한 신경 활성화

및 조정을 필요로 하여 협응력이 좋아지고 많은 근육군이 참여하기 때문에 더 높은 에너지 소비율을 보이며 근력을 증가시키는 효과적인 운동으로 간주된다(신권능, 2021).

저항운동의 목적을 달성하기 위해서 개개인의 조건과 능력에 맞는 개별화된 프로그램이 필요하며, 운동의 목표에 따라 운동부하, 반복 횟수, 빈도, 휴식 시간, 세트 수 등이 결정된다(손혜원, 2019). 이에 따른 트레이닝 원리에 의하면 일상생활에서 경험하는 자극 이상의 강도를 과부하(overload)라고 하며, 인체는 주어진 과부하에 적응하기 때문에 반복 횟수의 증가, 무게의 증가, 세트 수의 증가, 세트 사이의 휴식 시간 감소, 운동 종류 수의 증가 등을 통하여 다시 새로운 자극을 주어야 운동 효과를 얻을 수 있다.

운동 부하의 증가는 운동 기간 중 단계적으로 증가시켜야 하며 세부적으로 운동 강도, 운동 형태, 운동 시간, 운동 빈도를 점진적으로 증가시켜야 한다. 일반적으로 운동 부하의 점진 시기를 판단하는 방법은 최대반복횟수를 이용하는 것으로 최대 반복횟수는 근육이 피로해져 더 이상 반복할 수 없을 때까지 할 수 있는 횟수를 의미하며 RM(repetition maximum)이라고 한다. 1RM이란 한 번에 들어 올릴 수 있는 최대 무게를 말하며, 측정 방법에는 직접측정방법과 간접측정방법이 있다(현인수, 2014).

또한, 운동 선택에 있어 적합한 방법을 선택하기 위해 연령, 성별, 체형, 체력수준, 발달단계, 숙련도 등의 개인적인 특성을 고려해야 하며 반복적인 트레이닝을 통해서 동작의 습득으로 인한 신체 각 기관의 기능 개선 및 향상시킬 수 있다(홍승우, 2003; 이창철). 따라서, 저항운동 실시에 있어 가장 중요한 것은 각 개인에 적합한 부하를 결정하는 것이며, 저항운동의 운동 강도 설정 시 1RM의 변화에 의해 다양한 운동의 효과가 나타나게 되고 저항운동을 장시간 시행했을 때 근비대가 나타난다(이규성 등, 2000).

## 2. 근비대

근비대란 근육 크기의 증가를 의미하며 근섬유 숫자 증가의 개념이 아닌 근섬유 크기 증가로 인한 현상으로 유전적인 요인과 환경적인 요소로 근육의 크기를 결정한다고 알려져있다(Glass, 2005; Rennie et. al., 2004). 웨이트 트레이닝을 통해 근단백질의 합성과 분해가 지속적으로 일어나 근력 및 근과워 향상과 근비대를 일으키는데 근섬유 비대는 단백질 대사의 증가에 의해 이루어진다(Fry, 2004).

근육의 크기 변화는 세포 내 신호전달과정(signallingpathways)에 의해 조절되며 근육 내에서 일어나는 동화작용과 이화작용으로 나눌 수 있다. 과부하(overload)를 견디는 것에 의한 자극, 성장인자, 체내 호르몬 대사의 증가, 동화작용 스테로이드, 다양한 경로를 통해 흡수하는 영양소 등의 동화작용 요인들은 근육 세포 내 단백질 분해를 막아줌과 동시에 단백질합성을 증가시키는 역할을 한다(Robert & Charles, 2007). 근육 단백질의 분해보다 합성을 유도하는 PI3K(phosphoinositide 3-kinase), Akt(protein kinase B), mTOR(mammalian target of rapamycin),p70S6K(p70S6 kinase)등과 같은 세포 생존에 중요한 단백질 신호전달경로(signaling pathway)를 활성화 시킴으로써 신호전달 반응이 많이 일어날 경우 근육 크기 증가하며 근비대가 일어나게 된다(김재욱, 2012).

이러한 근비대의 기전에 있어 IGF-1의 자극으로 인해 활성화되는 Akt는 근비대 신호전달 경로에 있어 세포의 성장과 증식을 조절하며 단백질 대사를 조절하는 주요 인자인 mTOR의 활성화를 유도한다. mTOR의 활성화는 세포 외부의 영양상태와 성장인자에 의해 조절되며, 단백질 대사에 관여하여 번역과정을 비롯한 근섬유의 성장과 증식을 포함한 여러 생명의 현상 조절에 중추적인 역할을 한다(Nissim and Nahum, 2004).

mTOR는 mTORC1과 mTORC2의 두 가지 복합체로 구성되어 있으며 phosphatidylinositol 3-kinase related kinase family의 한종류이다. mTORC1은 amino acid, growth hormone, insulin와 oxidative stress에 의해 활성화되며, 하위 신호인 p70S6K와 4EBP1의 phosphorylation을 통해 단백질 전사를 개시하고 단백질 합성을 증가시켜 근비대를 유도한다.(Cornu, Albert, & Hall, 2013; 김혜진, 2008). 또

한, mTOR의 활성화는 근세포 내에서 단백질 합성을 증가시키는 하위신호전달 단백질인 p70S6K를 활성화시켜 결과적으로 근비대를 유도 한다(김혜진, 2008).

운동을 수행할 경우 증가되는 IGF-1(insulin likegrowth factor-1), growthhormone 및 insulin등에 의해 근비대를 효과적으로 유도할 수 있으며, 이러한 자극에 발현이 되는 근비대 유도 인자(factor)들은 근세포 내에서 PI3K/Aktpathway의 자극을 시점으로 downstream proteins를 활성화를 촉진시킴으로써 단백질 합성으로 인한 질량 증가를 유도하게 된다(Bodine et. al., 2001).

따라서, PI3K/Akt신호전달에 의한 mTOR의 활성화 세포내에서 다양한 성장신호를 통합하는 성장의 신호전달 기전으로 Akt/mTOR/p70S6K로 연결되는 신호전달경로가 근성장에 중요한 역할을 하고 있다(Bodine et. al., 2001).



### 3. 근활성도

근전도는 근육이 수축할 때 발생하는 생체전기신호이다. 근육의 수축에 의해서 EMG가 발생하게 되는데 크기가 증가하게 되면 힘이 증가한다(정환중, 2016). EMG는 근수축의 개시와 근육 조절 작용과 관련된 생체전기활동 정보를 담고 있으며 해부학적인 움직임, 힘의 생성과 근전도 간의 관계, 시간적 측면과의 관계, 근피로와 근전도 간의 관계 등 다양한 정보를 알 수 있다(김중신, 2011).

근섬유가 수축함으로써 전기적 자극이 중추신경계로부터 발생하여 운동단위로 전달하고 근육의 수축이 일어날 때 근육 주위에 미세한 전위차가 생기게 되는데 이 전위차를 증폭시켜 근활동을 전기적인 활동으로 추정하여 기록한다.

근전도의 전극은 일반적으로 표면 전극(surface elec rode)과 근내전극(imdwelling electrode)으로 나뉠 수 있는데 근전도 측정법 중 표면 근전도가 근육과 신경의 작용으로 발생하는 근육 수축 정도를 정량화할 수 있는 객관적인 측정 방법으로 최근 많이 쓰인다. 표면 전극은 미세한 움직임이나 몸속 깊은 곳에 있는 근육의 측정에 사용되는 근내전극과는 달리 고통이 없고 근육의 손상이 없는 비침습적인 방법으로 쉽게 적용할 수 있다는 장점이 있으며 전극부착만으로 근전도 측정이 가능하다. 또한 전체적인 근육의 힘에 대한 정보를 얻을 수 있고 움직임이 있는 활동에서의 정보를 얻기 쉬운 장점이 있다(정재훈, 2018). 하지만 작은 근육으로부터 선택적으로 신호를 받기 어렵고, 피부에서 멀리 위치한 심층 근육의 신호는 받기 어렵다는 단점이 있다. 표면 전극은 대개 지름 1cm 이내의 은(Ag)-염화은(AgCl)으로 만들어진 금속제 원판으로 얇은 근육의 평균적인 활동 정도를 측정하는 데 사용된다(김윤환, 2012).

표면 근전도는 운동 시 동원된 근육 중에서 특정 근육의 기여도를 반영하는 척도로 주동근의 양상을 상세하게 분석할 수 있다. 예를 들어, 벤치프레스 운동 시 사용된 근육이 대흉근, 전면 삼각근, 상완 이두근, 상완 삼두근, 승모근이라고 가정할 때, 여기서 대흉근의 표준 근전도 값이 가장 크게 나타났다면, 벤치프레스의 주동근은 대흉근임을 의미한다(박희홍, 2007).

근전도를 통하여 근육의 힘과 활동량을 측정하는 데에는 RMS나 적분 근전도를

사용하며 RMS는 평균 진폭과 관련이 높고 근장력과 선형적인 관계를 가지고 있어 등척성 수축 시 근육의 힘을 판단하는 데 유용하지만 적분 근전도는 운동단위 동원에 대한 차이와 신경 발사율의 차이가 나므로 서로 다른 개념으로 이루어지며 속도에 따른 근전도는 단축성 수축 시 근수축 속도 증가에 따라 근력의 힘은 감소하고 근섬유의 수는 줄어든다(김기홍, 2006).

근전도의 부착은 크기와 파워가 작아 왜곡되기 쉬운 생체 신호를 최대한 손실 없이 전달될 수 있도록 측정하고자 하는 부위의 근육에 정확히 부착하는 것이 중요하다(천사빈, 2021). 극 위치는 해당 근육의 근섬유가 밀집한 근육 다발의 중심에 위치해야 하며 근섬유의 방향이 근육의 위치와 역할에 따라 다른 경우가 많고 다른 근육의 교차 잡음의 영향을 줄이기 위해서 전극 위치를 적절하게 붙여야 한다(De Luca, 1997).

### III. 연구 방법

#### 1. 연구대상

본 연구의 대상은 J시에 거주하는 20, 30대 성인 남성으로 근골격계의 병리적 소견이 없으며 웨이트 트레이닝을 6개월 이상 행하고 있는 건강한 성인 남성 12명을 대상으로 선정하였다.

선정된 대상자에게는 연구의 내용과 목적을 충분히 설명하고, 참여동의서를 받은 후 실험에 참여하도록 것이며 본 연구는 제주대학교 생명윤리위원회의 IRB 승인(JJNU-IRB-2021-046)을 얻은 후 수행하였다.

본 연구의 대상자의 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of participants.

Variables	Mean±SD
Age(yr)	28.75±4.24
Height(cm)	176.75±5.22
Weight(kg)	78.36±8.74
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	25.10±2.51
FFM(kg)	64.60±6.80
1RM(kg)	89.58±12.51

## 2. 연구설계

본 연구의 설계는 대상자 선정 후 실험 2주일 전에 신체구성(신장, 체중 BMI)과 벤치프레스 최대근력(1RM)을 측정하였으며, 1주일 전에 측정된 1RM에 근거하여 실험에 적용할 벤치프레스 70% 1RM 무게를 측정하였다. 대상자는 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)에 근전도 전극을 부착한 다음 사전검사에서 결정된 70% 1RM 중량 부하(무게)로 설정하고 준비운동 후 본 운동 벤치프레스는 70% 1RM 10-12회를 실시하였다. 측정은 수행각도(-15°, 0°, 15°, 45°, 60°)별 근력 회복을 위하여 2일의 간격으로 실시할 것이며, 수행각도에 따라 벤치프레스를 시행하고 근 활성도를 검증하였다.

본 연구의 전체적인 실험설계는 <Figure 1>과 같다.

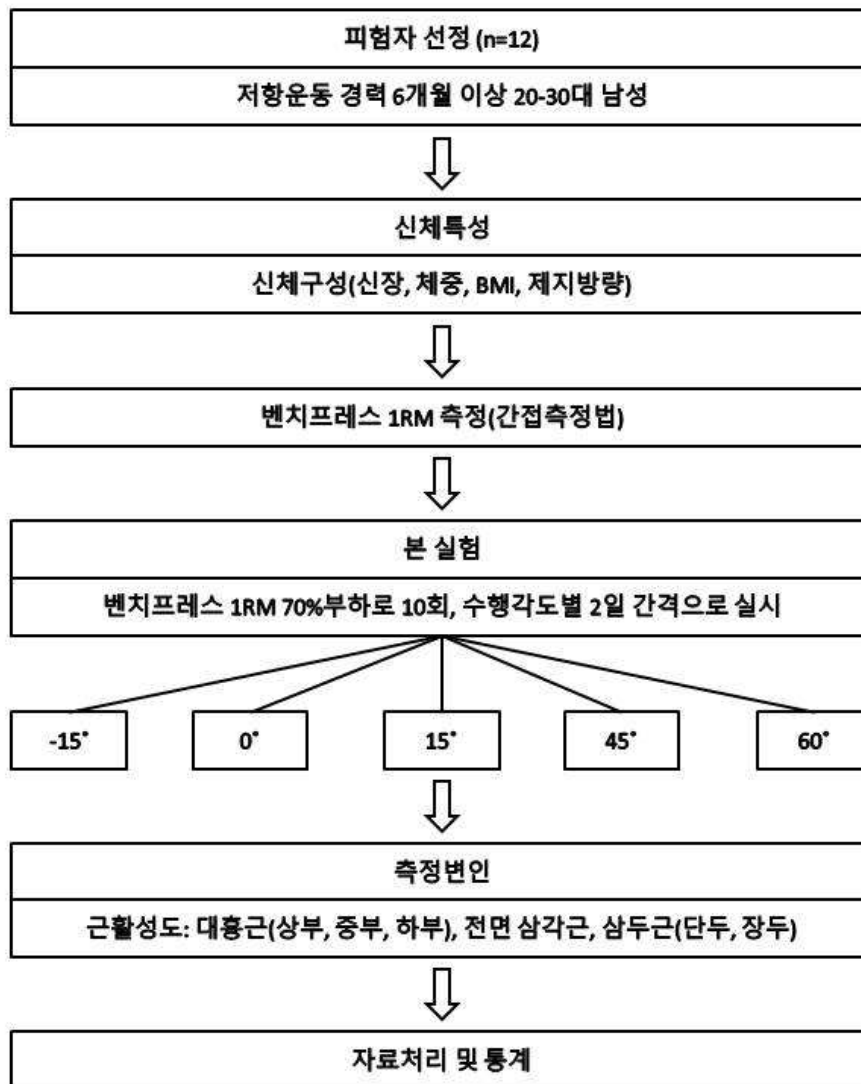


Figure 1. The experimental design

### 3. 측정항목 및 방법

측정 시작 전, 충분한 준비운동 후 주의사항 및 측정방법을 숙지시켰으며, 측정 간 가벼운 휴식을 취하고 측정하였다.

#### 1)1RM 측정(one repetition maximum)

한번의 최대 노력으로 근육이 발휘할 수 있는 힘 또는 근육의 능력으로 정의되며, 흔히 최대근력을 평가할 때 많이 사용하게 된다. 1RM검사는 근력측정 및 평가, 그리고 운동강도 설정에 있어서 가장 보편적으로 사용되는 방법으로, 선수 트레이너, 재활전문가, 건강과 체력관리 전문가들이 근력수준과 부상의 심각성, 근력의 불균형, 트레이닝과 재활 프로그램의 효과 등을 평가하기 위해 정기적으로 사용한다.

#### (1) 중량부하와 반복횟수를 이용한 간접측정법

O'Shea 등(1989)은 체중과 반복횟수를 이용하여 중량부하의 7~8회 반복 가능하게 실시한 후 들어 올릴 수 있는 무게를 선택하도록 하여 중량부하 운동을 실시하였으며, 운동부하(Weight : W)와 반복횟수 (Repetition : R)를 다음 공식에 대입하여 1 RM을 산출하였다.

---

---

#### 1RM 간접측정법

---

---

$$1RM = W_0 + W_1$$

$W_0$  = 충분한 준비 운동 후 약간 무겁다고 생각되는 중량

$W_1 = W_0 * 0.025 * R$ (=실제로 반복한 횟수)

---

## 2) 벤치프레스 운동 및 벤치 각도

피험자는 측정 시 최대 단축성 수축과 신장성 수축을 디클라인 벤치프레스, 플랫 벤치프레스, 디클라인 벤치프레스를 총 5가지 각도(-15°, 0°, 15°, 45°, 60°)로 실시하였으며 각도별 휴식 시간은 근피로도의 축적을 줄이기 위해서 최대 5분으로 하였다.

벤치프레스 동작 시 피험자는 요추부의 자연스러운 만곡을 유지하고 상완과 몸통과의 각도는 바를 내릴 때 주관절이 90도로 굽혀지도록 하였다. 요부와 둔부는 벤치에 닿게 붙이고, 두 발은 바닥에 닿게 하여 스틱킹 포인트(sticking point; 가장 힘든 지점)를 통과한 후 숨을 내쉰다.

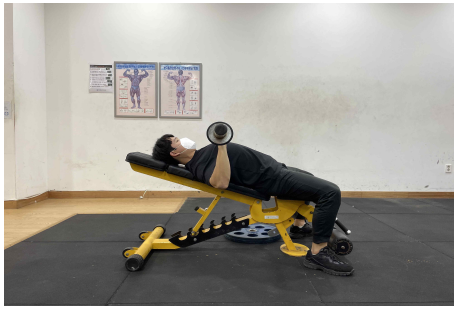


(a)



(b)

---



(c)



(d)



(e)

---

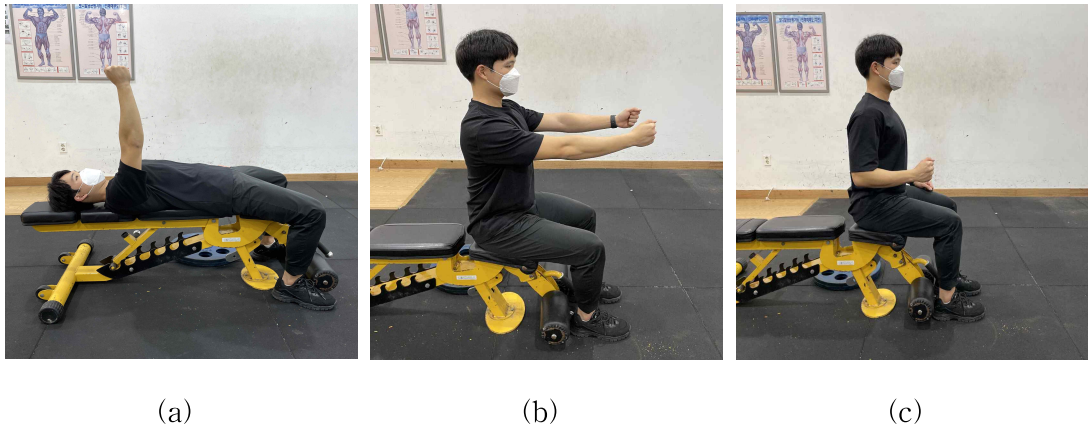
<Figure 2> bench press angle. (a) decline bench press( $-15^{\circ}$ ), (b) flat bench press( $0^{\circ}$ ), (c) incline bench press( $15^{\circ}$ ), (d) incline bench press( $45^{\circ}$ ), (e) incline bench press( $60^{\circ}$ ).



### 3)근활성도 측정

#### (1) 표면 근전도 상의 최대 수의적 등척성 수축(Maximum voluntary isometric contraction; MVIC) 측정

각 근육들의 수의적 활성전위를 표준화시키기 위해 모든 대상자들은 최대 수의적 등척성 수축(MVIC)을 수행하였다. 근 활성도의 측정은 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두) 총 6개의 근육에서 이루어졌다. 도수근력검사(Manual Muscle Test, MMT) 자세의 정점에서 더 이상의 동작 변화가 일어나지 않도록 하였으며, 이 때 대상자가 발휘할 수 있는 최대 수축력을 표면 근전도를 이용하여 최대값을 수집 하였다. 최대 수의적 등척성 수축을 유발하기 위한 자세는 각각 5초간 3회씩 실시하여 최저값을 제외한 값을 최대값과 RMS값을 산출해 최대 수의적 등척성 수축 값으로 규정하였으며, 측정 시 나타나는 근 활성도의 수치는 실험 동작 시 발생하는 근 활성도의 수치에 대한 상대적 비율로 표준화(%MVIC) 시키는데 사용하였다. 본 연구의 MVIC 측정 자세는 다음 <Figure 3>과 같다.



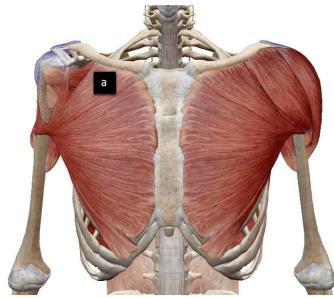
<Figure 3> MVIC test. (a) pectoralis major, (b) anterior deltoid, (c) triceps brachii. MVIC, maximum voluntary isometric contraction;

## (2) 표면 근전도

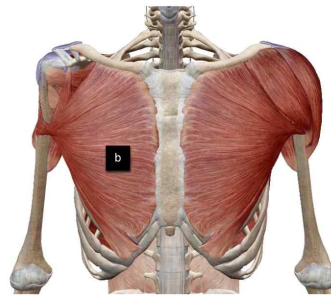
본 연구에서는 근 활성화도 측정을 위해 TeleMyo™ Desktop Direct Transmission System (Noraxon USA Inc, Scottsdale, AZ, USA)을 사용하였다. 실험에 사용한 표면 전극은 T246H (Bio-Protech Inc., Wonju, Republic of Korea)으로 근전도계(Delsys Trigno Wireless EMG Surface Electrodes, Delsys, Boston, MA)에 연결하여 수집하였다. 근전도 신호의 주파수 대역은 10-350Hz로 정의할 것이며, 표본 추출률(sampling rate)은 1,024Hz로 설정하였다.

수집한 근전도 신호는 보정(Rectification)한 후, 평활화를 위해 200ms의 제곱 평균 제곱근법(Root mean square; RMS)으로 처리하였다. 대상자들의 자세에 대한 근전도 신호를 분석하기 위해 LifeCam VX-5000(Microsoft corporation, Redmond, WA, USA)을 1대 설치하여 동조하였으며, 영상과 함께 수집된 근전도 신호의 신호 처리와 저장에는 분석 프로그램인 myoMUSCLE 3.8.2(Noraxon USA Inc, Scottsdale, AZ, USA)를 사용하였다. 운동프로그램 시작 전과 종료 후에 sEMG를 측정하여 근 활성화도를 비교하여 근육의 변화를 확인하였다.

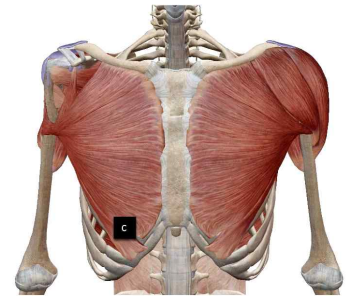
근전도 실험을 위해 지정한 근육들은 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)이다. 표면 전극을 부착하기 전 피부 저항 감소를 위해 전극 부착 부위의 털을 제거한 뒤, 각질 제거용 젤로 각질을 제거한 후, 알코올로 피부를 소독하였다. 표면 전극의 부착 위치는 Barbero 등을 참조하여 <Figure 4>와 같이 우측에 부착하였다.



(a)clavicular  
pectoralis major

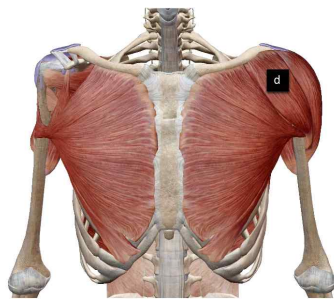


(b)sternocostal  
pectoralis major

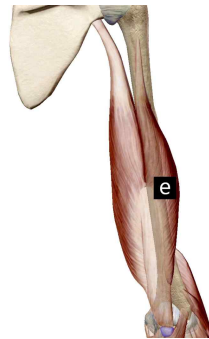


(c)adbominal  
pectoralis major

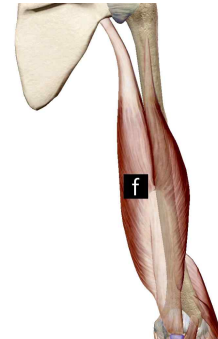
---



(d)anterior deltoid



(e)triceps  
lateral head



(f)triceps  
long head

---

<Figure 4> sEMG sensor. (a)clavicular pectoralis major, (b)sternocostal pectoralis major, (c)adbominal pectoralis major, (d)anterior deltoid, (e)triceps lateral head, (f)triceps long head.

#### 4. 자료처리

본 연구에서 얻은 측정 자료는 SPSS for windows(Version 22.0) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 변인의 평균(Mean)과 표준편차(Standard Deviation)를 산출하였다. 각도에 대한 집단 간의 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석(repeated-measurement ANOVA)을 실시하였으며, 대비검정은 contrast를 사용하여 분석하였다. 모든 분석의 통계적 유의수준( $P$ )은 0.05로 설정하였다.

## IV. 연구 결과

성인남성을 대상으로 벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 주동근과 협력근의 근활성도에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

### 1. 벤치프레스 수행 시 근육별 근활성도의 변화

#### 1) 벤치프레스의 수행각도에 따른 신장성 수축 시 대흉근 상부의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 신장성 수축 시 대흉근 상부의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 2>, <Table 3>, <Figure 5>와 같다.

Table 2. Descriptive statistics for the clavicular head of Pectoralis major at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Pectoralis major clavicular head	25.52±12.30	30.68±12.20	38.71±18.77	43.11±21.60	40.24±22.41	35.65±18.59

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 3. The result of one-way ANOVA for the clavicular head of Pectoralis major at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	2560.378	4	640.094		
Within Subject	17837.916	55	324.326	1.974	.111
Total	20398.394	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 대흉근 상부의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 2>에 제시하였으며, <Table 3>, <Figure 5>는 대흉근 상부의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보이지 않았다( $F=1.974$ ,  $p=.111$ ).

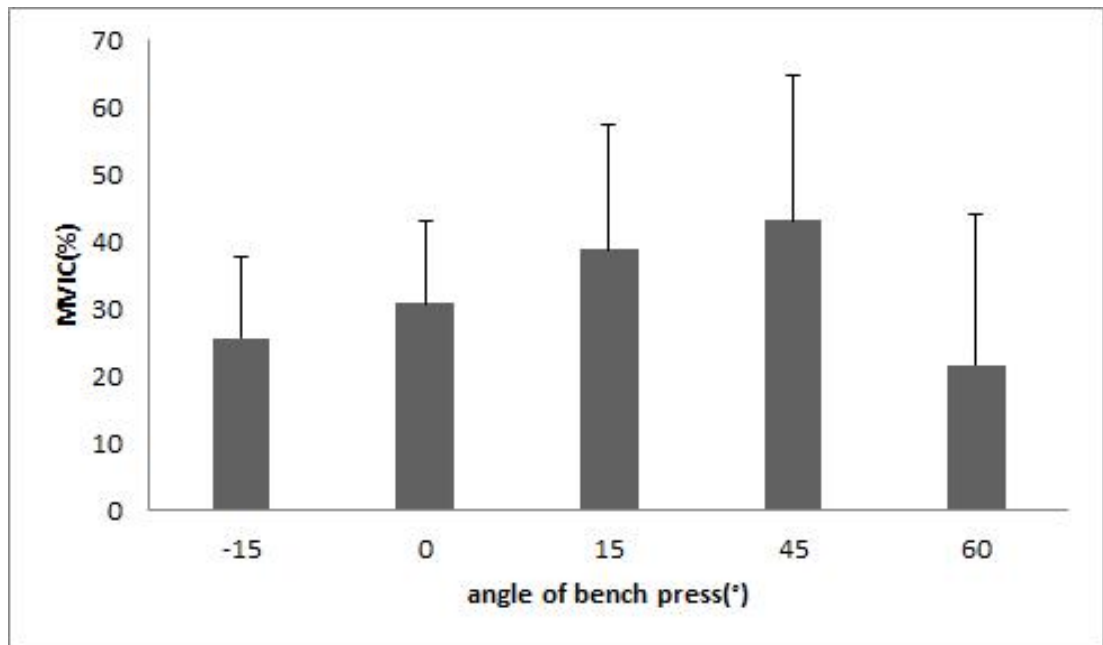


Figure 5. Activity for the clavicular head of pectoralis major in eccentric phase(%MVIC).

2) 벤치프레스의 수행각도에 따른 신장성 수축 시 대흉근 중부의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 신장성 수축 시 대흉근 중부의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 4>, <Table 5>, <Figure 6>와 같다.

Table 4. Descriptive statistics for the sternocostal head of Pectoralis major at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Pectoralis major sternocostal head	20.89±7.97	24.12±12.54	21.44±10.22	16.18±7.18	14.54±7.39	19.44±9.65

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 5. The result of one-way ANOVA for the sternocostal head of Pectoralis major at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	751.622	4	187.906		
Within Subject	4750.227	55	86.368	2.176	.084
Total	5501.849	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 대흉근 중부의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 4>에 제시하였으며, <Table 5>, <Figure 6>은 대흉근 중부의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보이지 않았다( $F=2.176, p=.084$ ).

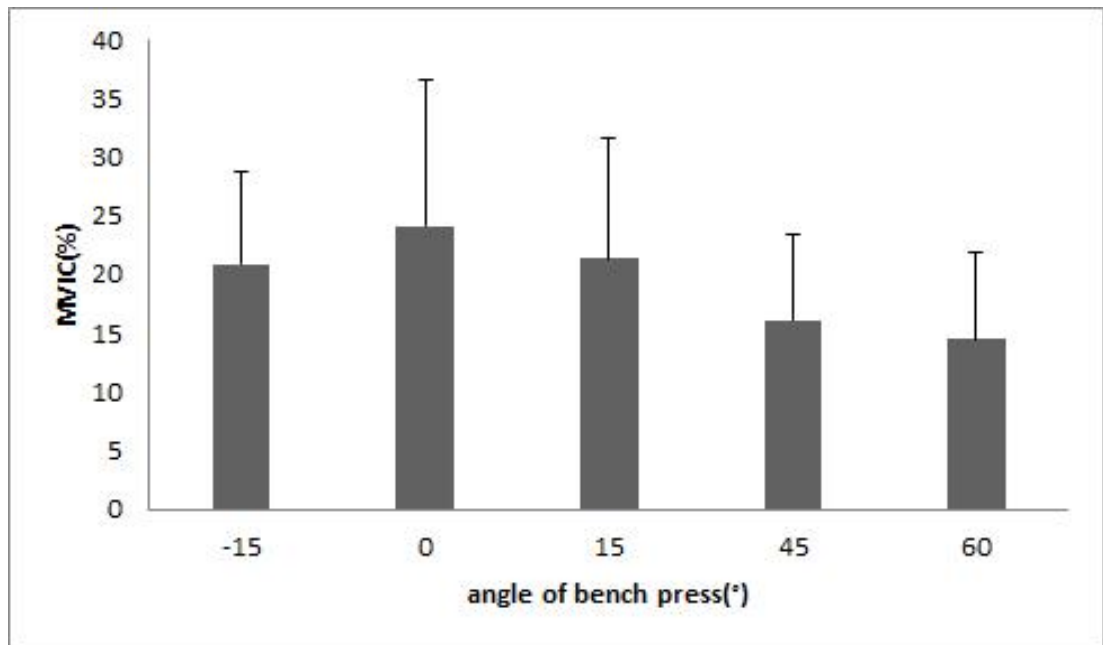


Figure 6 Activity for the sternocostal head of pectoralis major in eccentric phase(%MVIC).



3) 벤치프레스의 수행각도에 따른 신장성 수축 시 대흉근 하부의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 신장성 수축 시 대흉근 하부의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 6>, <Table 7>, <Figure 7>와 같다.

Table 6. Descriptive statistics for the abdominal head of Pectoralis major at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Pectoralis major abdominal head	37.69±12.60	34.08±10.70	27.90±9.37	18.54±8.24	12.52±5.36	26.15±13.24

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 7. The result of one-way ANOVA for the abdominal head of Pectoralis major at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	5310.604	4	1327.650		
Within Subject	5041.140	55	91.657	14.485	.001
Total	10.351.741	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 대흉근 하부의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 6>에 제시하였으며, <Table 7>, <Figure 7>은 대흉근 하부의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=14.485$ ,  $p=.001$ ). 대비검정 결과, 벤치프레스 각도 -15°를 기준으로 15°( $F=12.857$ ,  $p=.004$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 15°보다 45°( $F=30.827$ ,  $p=.001$ ), 60°( $F=32.805$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 0°를 기준으로 15°( $F=6.714$ ,  $p=.025$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 15°보다 45°( $F=22.548$ ,  $p=.001$ ), 60°( $F=35.601$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 15°를 기준으로 45°( $F=19.624$ ,  $p=.001$ ), 60°( $F=31.378$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났으며 45°를 기준으로 60°( $F=61.137$ ,  $p=.031$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

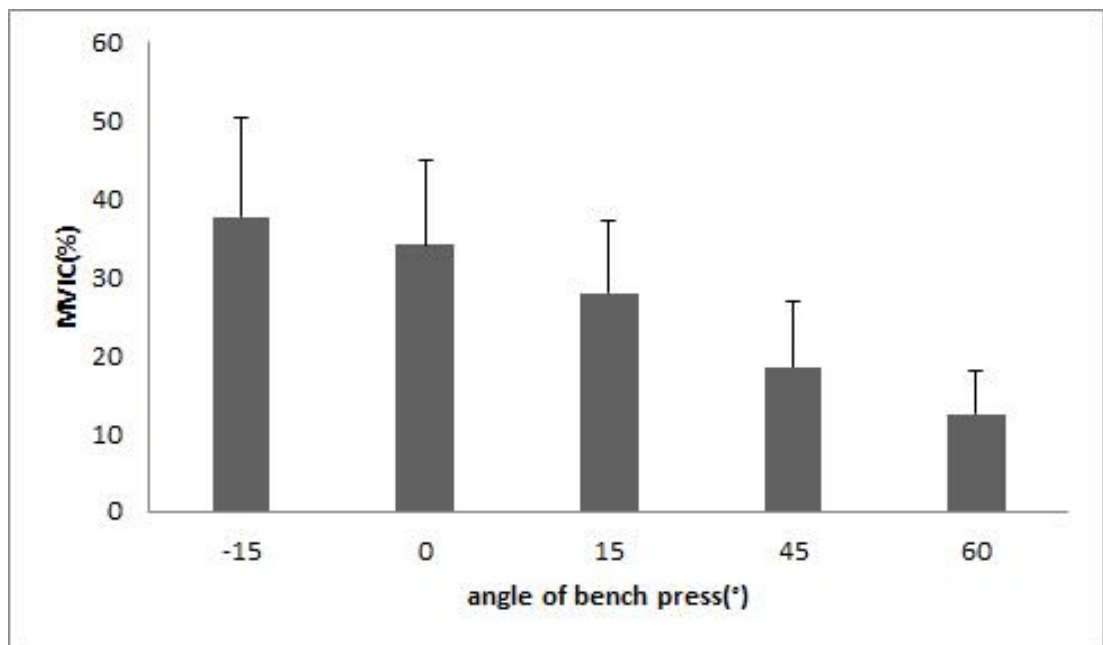


Figure 7. Activity for the abdominal head of pectoralis major in eccentric phase(%MVIC).

4) 벤치프레스의 수행각도에 따른 신장성 수축 시 전면 삼각근의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 신장성 수축 시 전면 삼각근의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 8>, <Table 9>, <Figure 8>와 같다.

Table 8. Descriptive statistics for the anterior head of deltoid at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Deltoid anterior head	17.90±8.03	24.48±9.57	36.68±14.75	50.82±13.26	54.80±23.5	36.94±20.37

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 9. The result of one-way ANOVA for the anterior head of deltoid at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	12350.942	4	3087.736		
Within Subject	12142.774	55	220.778	13.986	.001
Total	24493.716	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 전면 삼각근의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 8>에 제시하였으며, <Table 9>, <Figure 8>은 간 전면 삼각근의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=13.986$ ,  $p=.001$ ). 대비검정 결과, 벤치프레스 각도 -15°를 기준으로 0°( $F=5.858$ ,  $p=.034$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 0°보다 15°( $F=33.278$ ,  $p=.001$ ), 45°( $F=87.473$ ,  $p=.001$ ), 60°( $F=30.012$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 0°를 기준으로 15°( $F=17.010$ ,  $p=.002$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 15°보다 45°( $F=64.522$ ,  $p=.001$ ), 60°( $F=23.940$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 15°를 기준으로 45°( $F=11.842$ ,  $p=.006$ ), 60°( $F=6.531$ ,  $p=.027$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

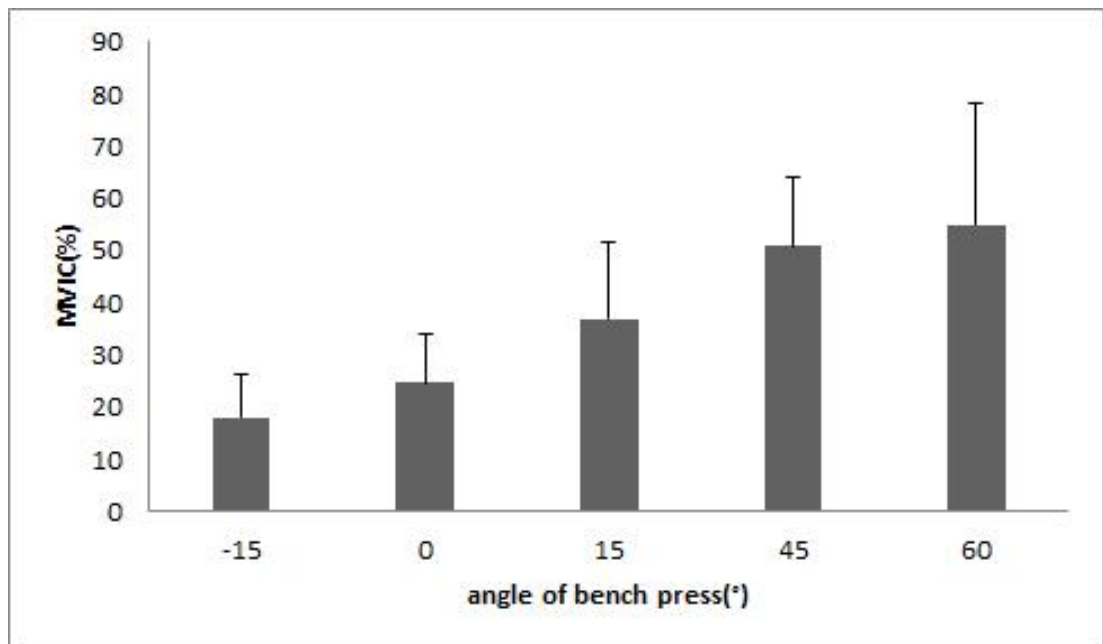


Figure 8. Activity for the anterior head of deltoid in eccentric phase(%MVIC).

5) 벤치프레스의 수행각도에 따른 신장성 수축 시 상완 삼두근(단두)의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 신장성 수축 시 상완 삼두근(단두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 10>, <Table 11>, <Figure 9>와 같다.

Table 10. Descriptive statistics for the lateral head of triceps at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Triceps lateral head	40.80±14.76	45.18±17.17	49.82±18.33	52.02±14.57	57.96±19.73	49.16±17.48

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 11. The result of one-way ANOVA for the lateral head of triceps at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	2062.451	4	515.613		
Within Subject	15965.256	55	290.277	1.776	.147
Total	18027.707	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 상완 삼두근(단두)의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 10>에 제시하였으며, <Table 11>, <Figure 9>는 상완 삼두근(단두)의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보이지 않았다( $F=1.776$ ,  $p=.147$ ).

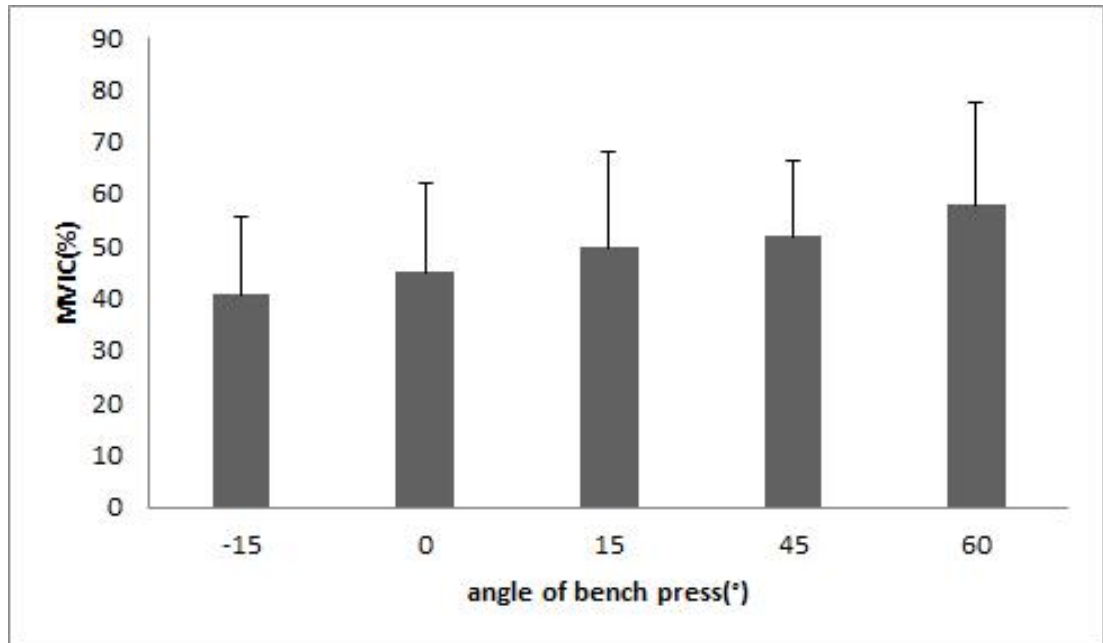


Figure 9. Activity for the lateral head of triceps in eccentric phase(%MVIC).

6) 벤치프레스의 수행각도에 따른 신장성 수축 시 상완 삼두근(장두)의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 신장성 수축 시 상완 삼두근(장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 12>, <Table 13>, <Figure 10>와 같다.

Table 12. Descriptive statistics for the long head of triceps at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Triceps long head	36.28±23.97	38.40±23.31	40.54±25.14	50.37±26.85	61.28±29.97	45.37±26.76

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 13. The result of one-way ANOVA for the long head of triceps at angle in the bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	5189.636	4	1297.409		
Within Subject	37071.023	55	674.019	1.925	.119
Total	42260.659	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 상완 삼두근(장두)의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 12>에 제시하였으며, <Table 13>, <Figure 10>은 상완 삼두근(장두)의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산 분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보이지 않았다( $F=1.925$ ,  $p=.119$ ).

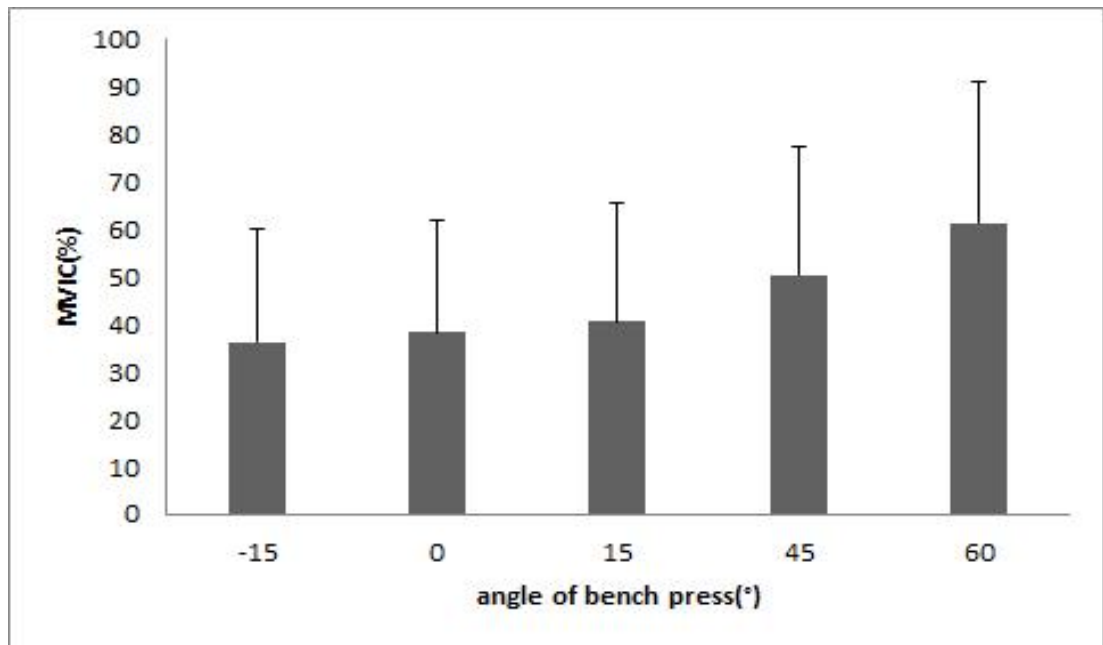


Figure 10. Activity for the long head of triceps in eccentric phase(%MVIC).



7) 벤치프레스의 수행각도에 따른 단축성 수축 시 대흉근 상부의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 단축성 수축 시 대흉근 상부의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 14>, <Table 15>, <Figure 11>와 같다.

Table 14. Descriptive statistics for the clavicular head of Pectoralis major at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Pectoralis major clavicular head	32.88±14.87	41.33±16.91	48.42±22.23	51.83±22.61	51.60±22.80	45.21

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogram maximal voluntary contraction;*

Table 15. The result of one-way ANOVA for the clavicular head of Pectoralis major at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	3145.983	4	786.496		
Within Subject	22368.949	55	406.708	1.934	.118
Total	25514.932	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogram maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 대흉근 상부의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 14>에 제시하였으며, <Table 15>, <Figure 11>은 대흉근 상부의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보이지 않았다( $F=1.934$ ,  $p=.118$ ).

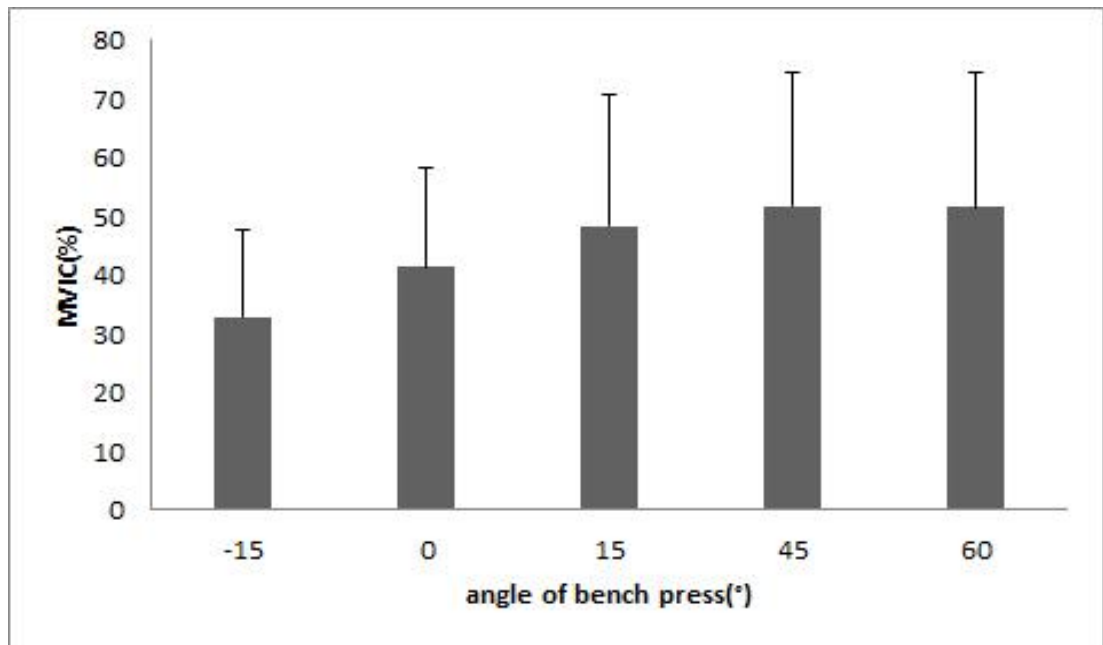


Figure 11. Activity for the clavicular head of pectoralis major in concentric phase(%MVIC).

8) 벤치프레스의 수행각도에 따른 단축성 수축 시 대흉근 중부의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 단축성 수축 시 대흉근 중부의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 16>, <Table 17>, <Figure 12>와 같다.

Table 16. Descriptive statistics for the sternocostal head of Pectoralis major at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Pectoralis major sternocostal head	25.46±9.30	26.98±13.63	25.62±13.07	18.02±7.96	15.17±7.76	22.25±11.33

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 17. The result of one-way ANOVA for the sternocostal head of Pectoralis major at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	1345.003	4	336.251		
Within Subject	6239.437	55	113.444	2.964	.027
Total	7584.440	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 대흉근 중부의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 16>에 제시하였으며, <Table 17>, <Figure 12>는 대흉근 상부의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=2.964$ ,  $p=.027$ ). 대비검정 결과, 벤치프레스 각도  $-15^\circ$ 를 기준으로  $45^\circ$ ( $F=25.990$ ,  $p=.001$ ),  $60^\circ$ ( $F=29.988$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났으며  $0^\circ$ 를 기준으로  $45^\circ$ ( $F=11.616$ ,  $p=.006$ ),  $60^\circ$ ( $F=11.902$ ,  $p=.005$ )에서 유의한 차이가 나타났다.  $15^\circ$ 를 기준으로  $45^\circ$ ( $F=11.326$ ,  $p=.006$ ),  $60^\circ$ ( $F=13.029$ ,  $p=.004$ )에서 유의한 차이가 나타났으며  $45^\circ$ 를 기준으로  $60^\circ$ ( $F=9.250$ ,  $p=.011$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

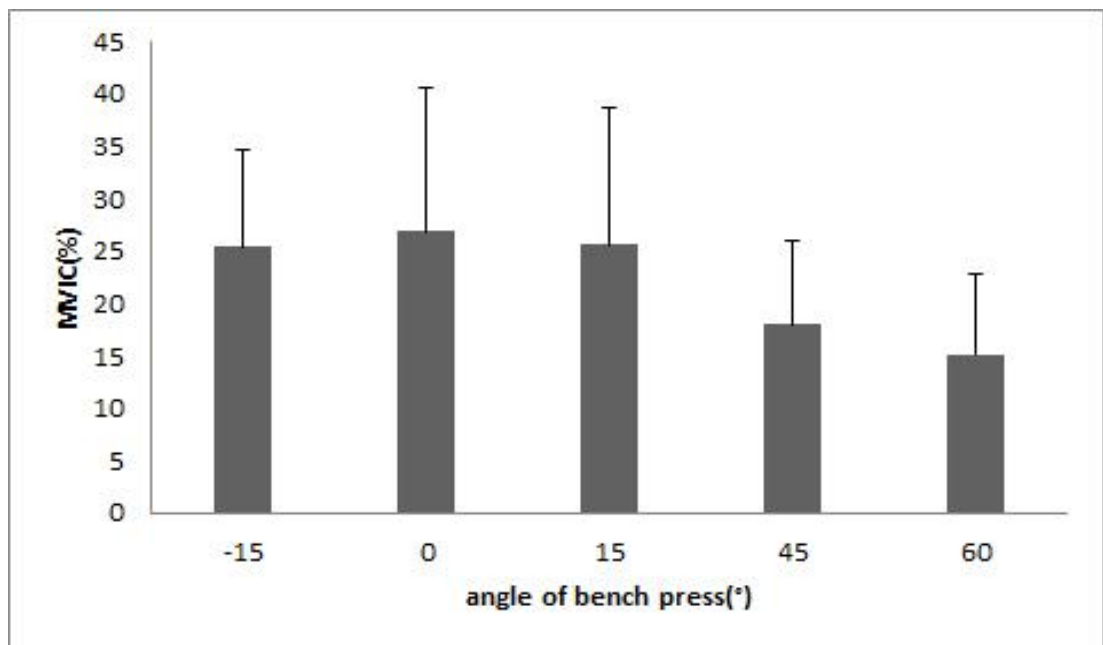


Figure 12. Activity for the sternocostal head of pectoralis major in concentric phase(%MVIC).

9) 벤치프레스의 수행각도에 따른 단축성 수축 시 대흉근 하부의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 단축성 수축 시 대흉근 하부의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 18>, <Table 19>, <Figure 13>와 같다.

Table 18. Descriptive statistics for the abdominal head of Pectoralis major at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Pectoralis major abdominal head	48.15±17.23	38.93±11.24	34.70±16.50	22.31±10.71	13.68±5.82	31.55±17.57

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 19. The result of one-way ANOVA for the abdominal head of Pectoralis major at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	8937.083	4	2234.271		
Within Subject	9290.170	55	168.912	13.227	.001
Total	18227.252	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 대흉근 하부의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 18>에 제시하였으며, <Table 19>, <Figure 13>은 대흉근 하부의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=13.227$ ,  $p=.001$ ). 대비검정 결과, 벤치프레스 각도 -15°를 기준으로 0°( $F=9.096$ ,  $p=.012$ )에서 유의한 차이가 나타났으며, 15°( $F=18.458$ ,  $p=.001$ ), 45°( $F=52.602$ ,  $p=.001$ ), 60°( $F=38.381$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 0°를 기준으로 45°( $F=31.956$ ,  $p=.001$ ), 60°( $F=42.138$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 15°를 기준으로 45°( $F=11.155$ ,  $p=.007$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 60°( $F=18.235$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 45°를 기준으로 60°( $F=7.415$ ,  $p=.020$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

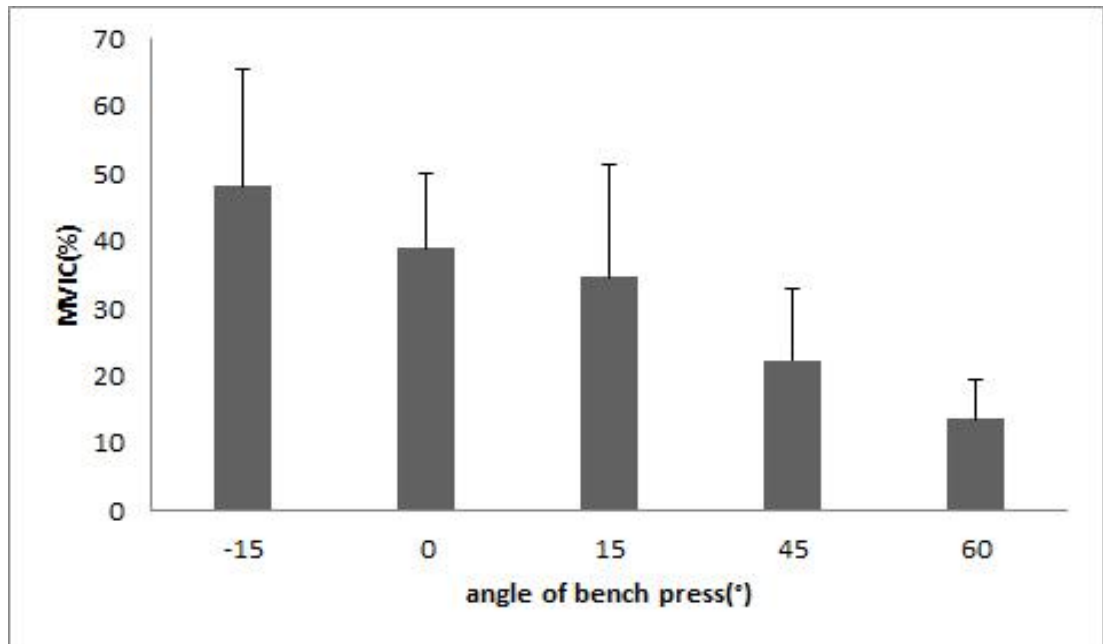


Figure 13. Activity for the abdominal head of pectoralis major in concentric phase(%MVIC).

10) 벤치프레스의 수행각도에 따른 단축성 수축 시 전면 삼각근의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 단축성 수축 시 전면 삼각근의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 20>, <Table 21>, <Figure 14>와 같다.

Table 20. Descriptive statistics for the anterior head of deltoid at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Deltoid anterior head	27.12±12.38	32.60±13.91	47.73±17.68	60.80±14.22	68.59±25.43	47.37±23.18

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 21. The result of one-way ANOVA for the anterior head of deltoid at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	15107.994	4	3776.998		
Within Subject	16602.239	55	301.859	12.512	.001
Total	31710.232	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 전면 삼각근의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 20>에 제시하였으며, <Table 21>, <Figure 14>는 전면 삼각근의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=12.512$ ,  $p=.001$ ). 대비검정 결과, 벤치프레스 각도 -15°를 기준으로 15°( $F=33.543$ ,  $p=.001$ ), 45°( $F=51.958$ ,  $p=.001$ ), 60°( $F=26.919$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 0°를 기준으로 15°( $F=19.170$ ,  $p=.001$ ), 45°( $F=38.000$ ,  $p=.001$ ), 60°( $F=33.644$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났으며 15°를 기준으로 45°( $F=6.343$ ,  $p=.029$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

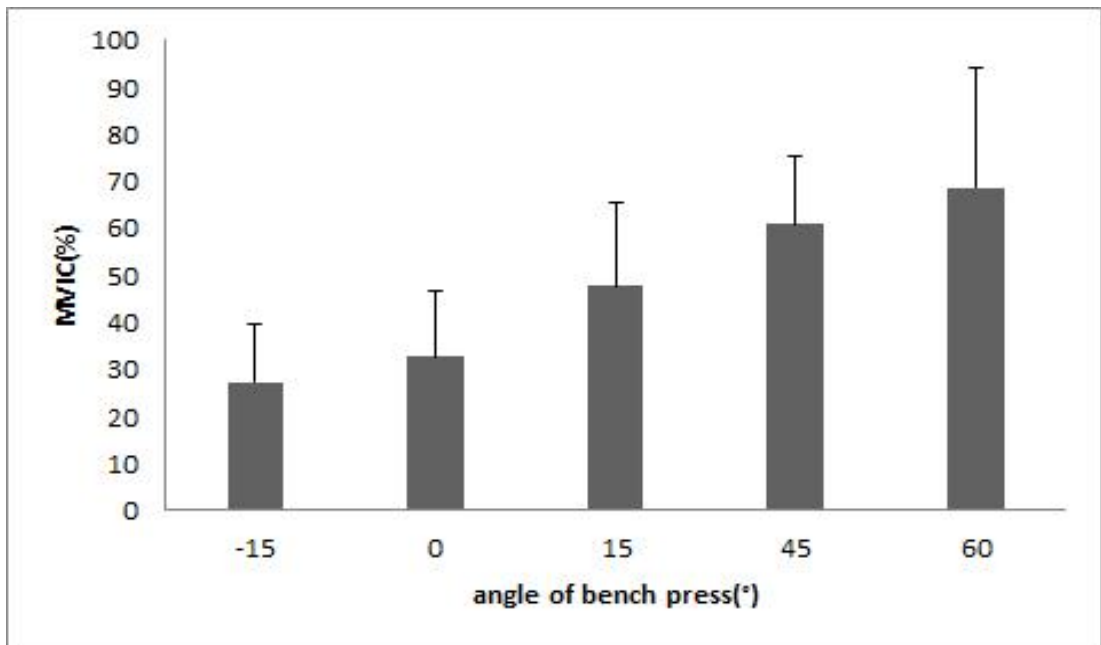


Figure 14. Activity for the anterior head of deltoid in concentric phase(%MVIC).



11) 벤치프레스의 수행각도에 따른 단축성 수축 시 상완 삼두근(단두)의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 단축성 수축 시 상완 삼두근(단두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 22>, <Table 23>, <Figure 15>와 같다.

Table 22. Descriptive statistics for the lateral head of triceps at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Triceps lateral head	49.71±16.91	51.64±12.74	47.71±13.08	55.63±12.35	63.76±24.04	53.69±16.86

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 23. The result of one-way ANOVA for the lateral head of triceps at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	1932.272	4	483.068		
Within Subject	14855.795	55	270.105	1.788	.144
Total	16788.067	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 상완 삼두근(장두)의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 22>에 제시하였으며, <Table 23>, <Figure 15>는 상완 삼두근(단두)의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산 분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보이지 않았다( $F=1,788, p=.144$ ).

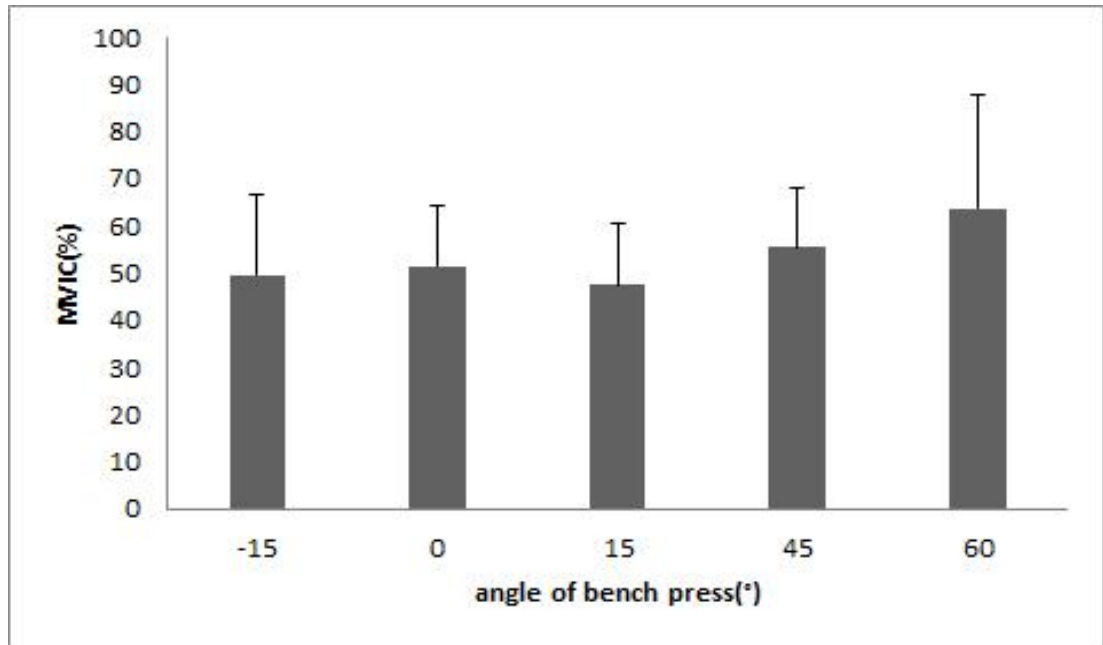


Figure 15. Activity for the lateral head of triceps in concentric phase(%MVIC).

12) 벤치프레스의 수행각도에 따른 단축성 수축 시 상완 삼두근(장두)의 변화

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 단축성 수축 시 상완 삼두근(장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 24>, <Table 25>, <Figure 16>와 같다.

Table 24. Descriptive statistics for the long head of triceps at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	-15°	0°	15°	45°	60°	Total
Triceps long head	44.57±26.41	43.08±21.12	44.53±25.41	52.46±24.89	64.56±30.53	49.84±26.25

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

Table 25. The result of one-way ANOVA for the long head of triceps at angle in the bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	3902.117	4	975.529		
Within Subject	36758.867	55	668.343	1.460	.227
Total	40660.984	59			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도에 따른 상완 삼두근(장두)의 근활성도의 차이를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 24>에 제시하였으며, <Table 25>, <Figure 16>은 상완 삼두근(장두)의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산 분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보이지 않았다( $F=1.460$ ,  $p=.227$ ).

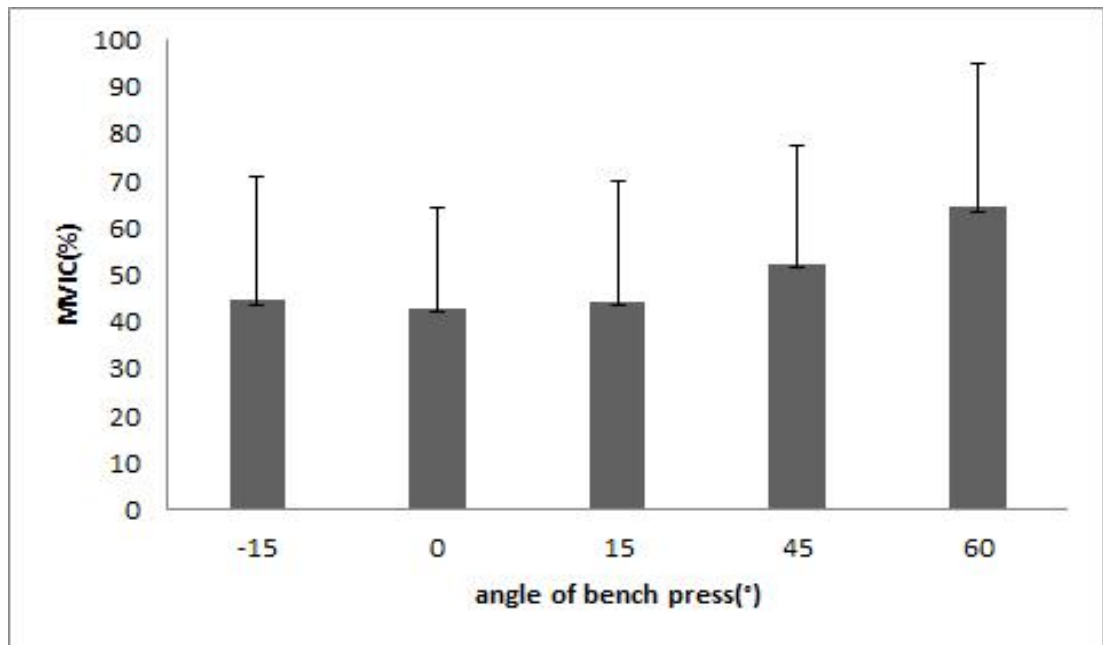


Figure 16. Activity for the long head of triceps in concentric phase(%MVIC).

## 2. 벤치프레스 수행 시 각도별 근활성도의 변화

### 1) -15도에서 신장성 수축 시 근육의 활성화도 변화

-15도에서 신장성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 26>, <Table 27>, <Figure 17>와 같다.

Table 26. Descriptive statistics for each muscle at -15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
-15°	25.52±12.30	20.89±7.97	37.69±12.60	17.90±8.03	40.80±14.76	36.28±23.97	29.85±16.40

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocostal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltoid anterior head; TSH, triceps lateral head; TLH, triceps long head;*

Table 27. The result of one-way ANOVA for each muscle at -15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	5572.752	5	1114.550		
Within Subject	13544.857	66	205.225	5.431	.001
Total	19117.608	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 -15도에서 신장성 수축 시 6가지 근육의 활성화도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 26>에 제시하였으며, <Table 27>, <Figure 17>은 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=5.431$ ,  $p=.001$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 대흉근 하부( $F=11.594$ ,  $p=.006$ ), 전면 삼각근( $F=6.406$ ,  $p=.028$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=8.936$ ,  $p=.012$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 대흉근 하부( $F=16.204$ ,  $p=.002$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 상완 삼두근(단두,  $F=17.633$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 전면 삼각근( $F=27.042$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 전면 삼각근을 기준으로 상완 삼두근(장두,  $F=7.806$ ,  $p=.017$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 상완 삼두근(단두,  $F=7.806$ ,  $p=.017$ )에서 높은 유의차가 나타났다.

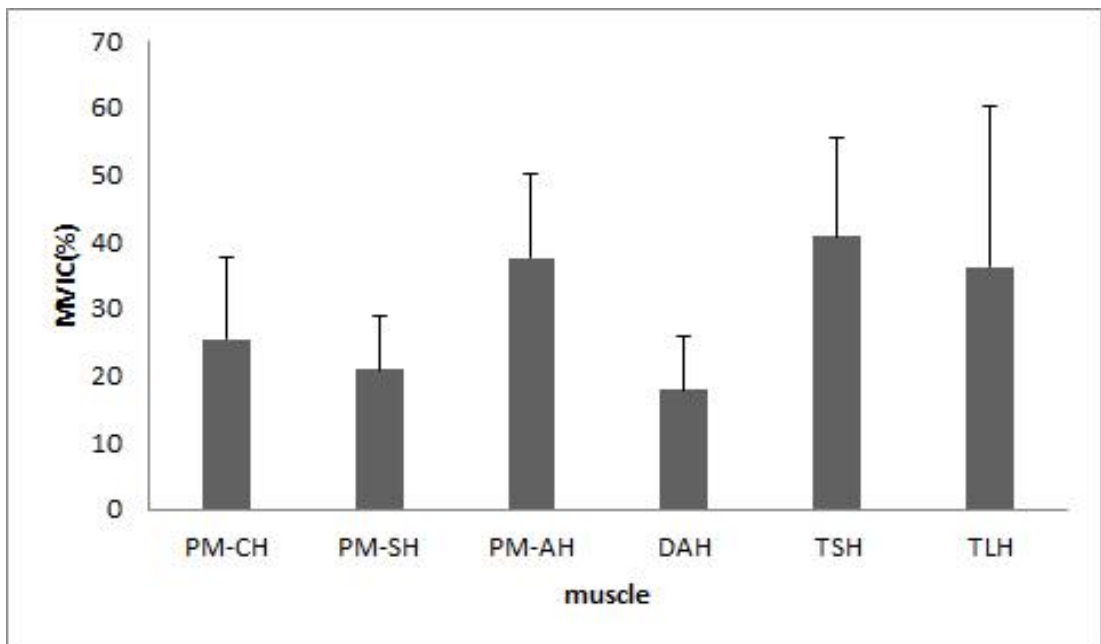


Figure 17. Activity for each muscle at  $-15^\circ$  angle in bench press eccentric phase(%MVIC).

2) 0도에서 신장성 수축 시 근육의 활성화 변화

0도에서 신장성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 28>, <Table 29>, <Figure 18>와 같다.

Table 28. Descriptive statistics for each muscle at 0° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
0°	30.68±12.20	24.12±12.54	34.08±10.70	24.48±9.57	45.18±17.17	38.40±23.31	32.82±16.31

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocostal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltoid anterior head; TSH, triceps lateral head;*

*TLH, triceps long head;*

Table 29. The result of one-way ANOVA for each muscle at 0° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	4024.428	5	804.886		
Within Subject	14864.929	66	225.226	3.574	.006
Total	18889.357	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 0도에서 신장성 수축 시 6가지 근육의 활성화도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 28>에 제시하였으며, <Table 29>, <Figure 18>은 집단의 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복 측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=3.574$ ,  $p=.006$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 상완 삼두근(단두,  $F=6.096$ ,  $p=.031$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 상완 삼두근(단두,  $F=6.598$ ,  $p=.026$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 상완 삼두근(단두,  $F=21.880$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 전면 삼각근( $F=6.227$ ,  $p=.030$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 전면 삼각근을 기준으로 상완 삼두근(단두,  $F=13.778$ ,  $p=.003$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

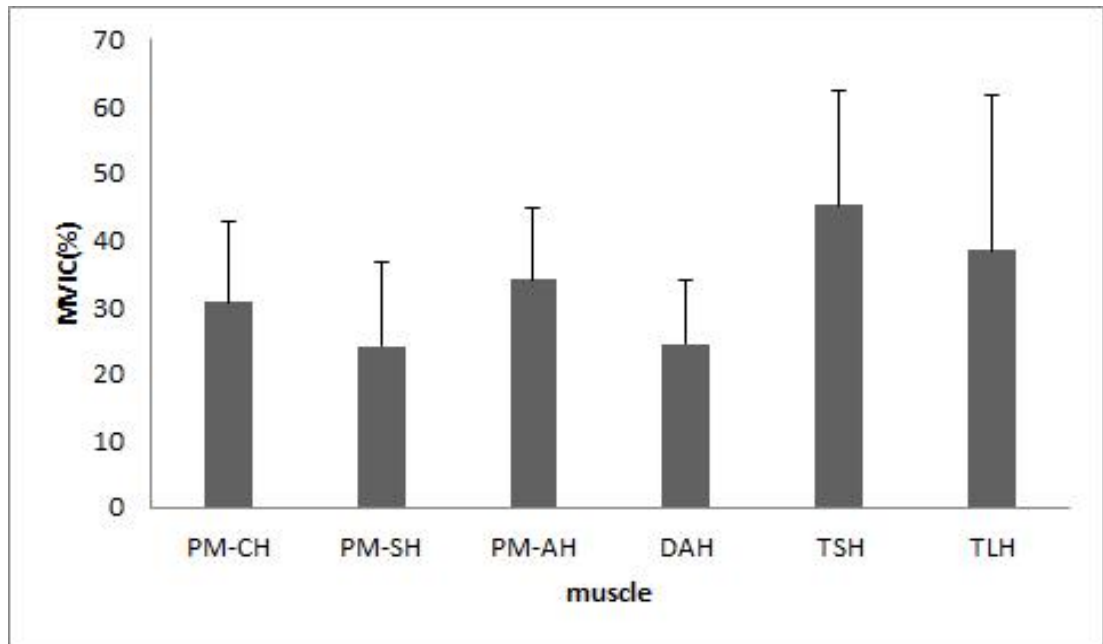


Figure 18. Activity for each muscle at 0° angle in bench press eccentric phase(%MVIC).



3) 15도에서 신장성 수축 시 근육의 활성화도 변화

15도에서 신장성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 30>, <Table 31>, <Figure 19>와 같다.

Table 30. Descriptive statistics for each muscle at 15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
15°	38.71±18.77	21.44±10.22	27.90±9.37	36.68±14.75	49.82±18.33	40.54±25.14	35.85±18.76

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocostal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltoid anterior head; TSH, triceps lateral head;*

*TLH, triceps long head;*

Table 31. The result of one-way ANOVA for each muscle at 15° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	5959.212	5	1191.842		
Within Subject	19042.787	66	288.527	4.131	.003
Total	25001.999	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 15도에서 신장성 수축 시 6가지 근육의 활성화도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 30>에 제시하였으며, <Table 31>, <Figure 19>는 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=4.131, p=.003$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 대흉근 중부( $F=9.375, p=.011$ ), 대흉근 하부( $F=5.969, p=.033$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 상완 삼두근(장두,  $F=6.461, p=.027$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 전면 삼각근( $F=26.877, p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=26.894, p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 전면 삼각근( $F=7.349, p=.020$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=17.107, p=.002$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 전면 삼각근을 기준으로 상완 삼두근(단두,  $F=5.763, p=.035$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

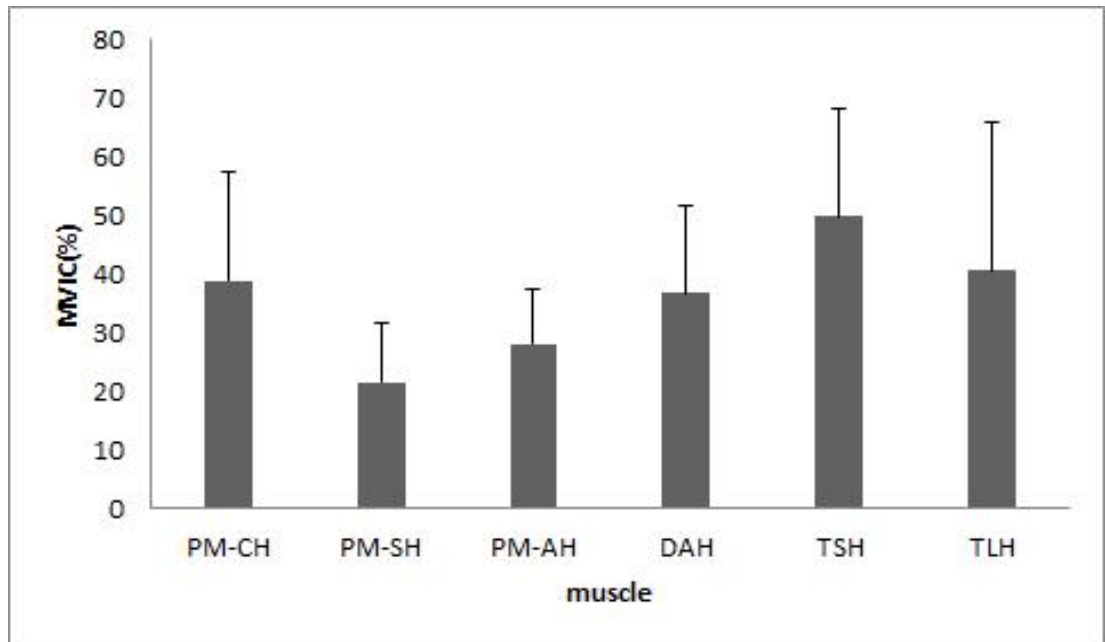


Figure 19. Activity for each muscle at 15° angle in bench press eccentric phase(%MVIC).

4) 45도에서 신장성 수축 시 근육의 활성화도 변화

45도에서 신장성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 32>, <Table 33>, <Figure 20>와 같다.

Table 32. Descriptive statistics for each muscle at 45° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
45°	43.11±21.60	16.18±7.18	18.54±8.24	50.82±13.26	52.02±14.57	50.37±26.85	38.51±22.31

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocostal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltoid anterior head; TSH, triceps lateral head;*

*TLH, triceps long head;*

Table 33. The result of one-way ANOVA for each muscle at 45° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	16713.946	5	3342.789		
Within Subject	18652.639	66	282.616	11.828	.001
Total	35366.585	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 45도에서 신장성 수축 시 6가지 근육의 활성화도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 32>에 제시하였으며, <Table 33>, <Figure 20>은 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=11.828$ ,  $p=.001$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 대흉근 중부( $F=15.971$ ,  $p=.002$ ), 대흉근 하부( $F=16.382$ ,  $p=.002$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 전면 삼각근( $F=100.164$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=67.074$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=18.931$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 전면 삼각근( $F=45.293$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=60.790$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=19.465$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다.

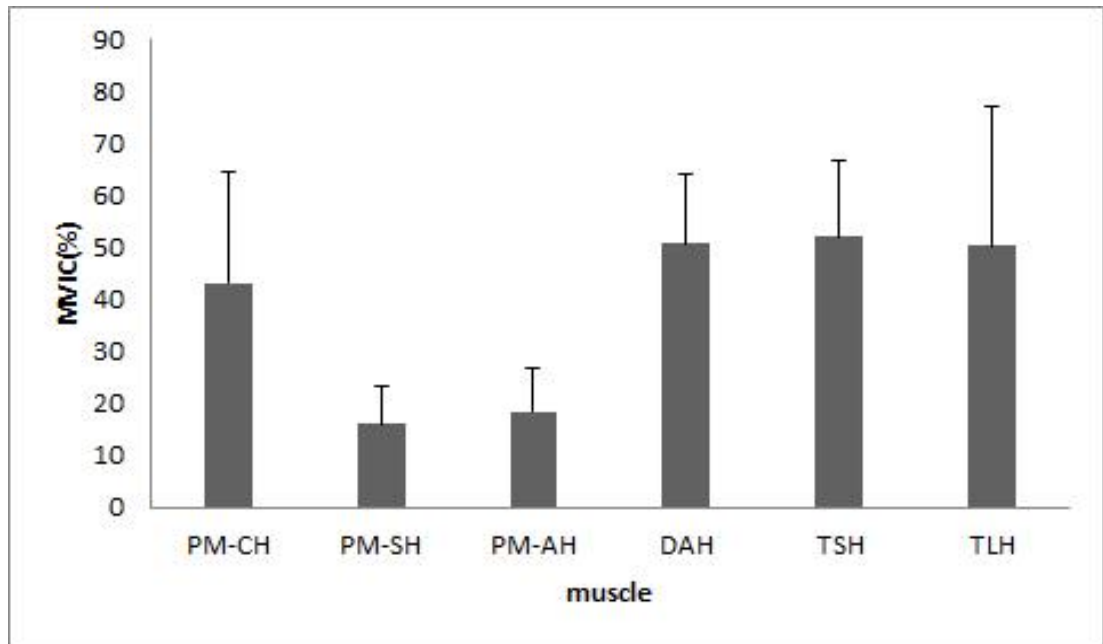


Figure 20. Activity for each muscle at 45° angle in bench press eccentric phase(%MVIC).

5) 60도에서 신장성 수축 시 근육의 활성화도 변화

60도에서 신장성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 34>, <Table 35>, <Figure 21>와 같다.

Table 34. Descriptive statistics for each muscle at 60° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
60°	40.24±22.41	14.54±7.39	12.52±5.36	54.80±23.53	57.96±19.73	61.28±29.97	40.22±27.95

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocostal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltoid anterior head; TSH, triceps lateral head;*

*TLH, triceps long head;*

Table 35. The result of one-way ANOVA for each muscle at 60° angle in bench press eccentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	28766.760	5	5753.352		
Within Subject	26703.125	66	404.593	14.220	.001
Total	55469.885	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 60도에서 신장성 수축 시 6가지 근육의 활성화도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 34>에 제시하였으며, <Table 35>, <Figure 21>은 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=14.220$ ,  $p=.001$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 대흉근 중부( $F=12.464$ ,  $p=.005$ ), 대흉근 하부( $F=14.666$ ,  $p=.003$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=5.399$ ,  $p=.040$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=5.901$ ,  $p=.033$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 전면 삼각근( $F=44.289$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=75.825$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=31.232$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 전면 삼각근( $F=36.396$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=57.760$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=30.091$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다.

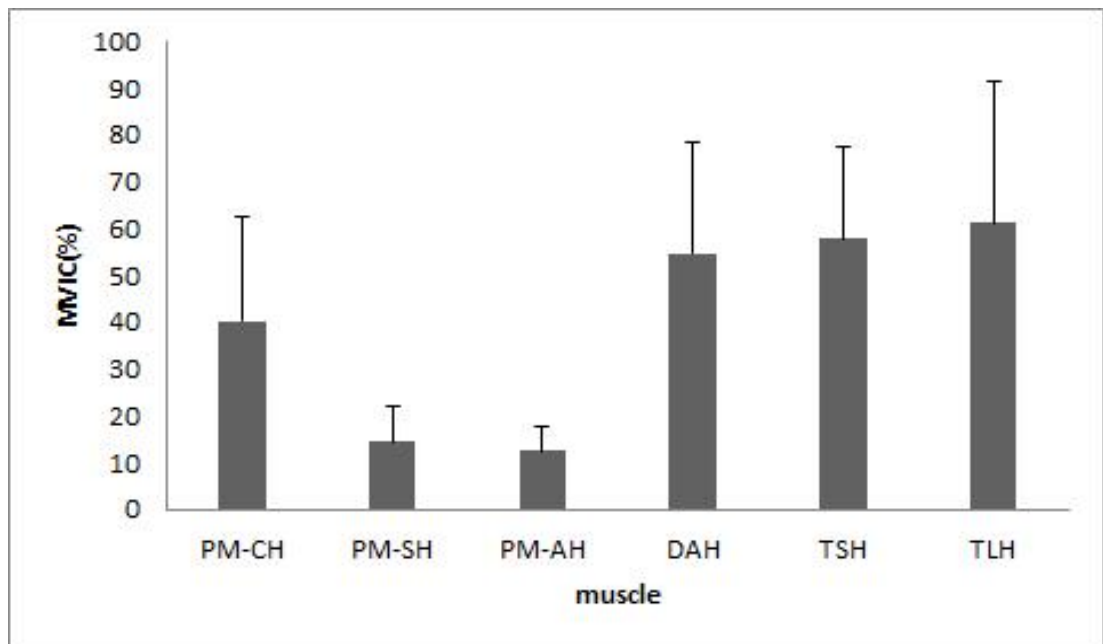


Figure 21. Activity for each muscle at 60° angle in bench press eccentric phase(%MVIC).

6) -15도에서 단축성 수축 시 근육의 활성화도 변화

-15도에서 단축성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 36>, <Table 37>, <Figure 22>와 같다.

Table 36. Descriptive statistics for each muscle at -15° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
-15°	32.88±14.87	25.46±9.30	48.15±17.23	27.12±12.38	49.71±16.91	44.57±26.41	37.98±19.20

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocstal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltooid anterior head; TSH, triceps lateral head;*

*TLH, triceps long head;*

Table 37. The result of one-way ANOVA for each muscle at -15° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	7021.370	5	1404.274		
Within Subject	19161.631	66	290.328	4.837	.001
Total	26183.001	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 -15도에서 단축성 수축 시 6가지 근육의 활성도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 36>에 제시하였으며, <Table 37>, <Figure 22>는 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=4.837$ ,  $p=.001$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 대흉근 하부( $F=13.957$ ,  $p=.003$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=3.219$ ,  $p=.030$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 상완 삼두근(장두,  $F=6.360$ ,  $p=.028$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 대흉근 하부( $F=22.374$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=18.621$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 전면 삼각근( $F=14.724$ ,  $p=.003$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 전면 삼각근을 기준으로 상완 삼두근(장두,  $F=6.409$ ,  $p=.028$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 상완 삼두근(단두,  $F=23.897$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다.

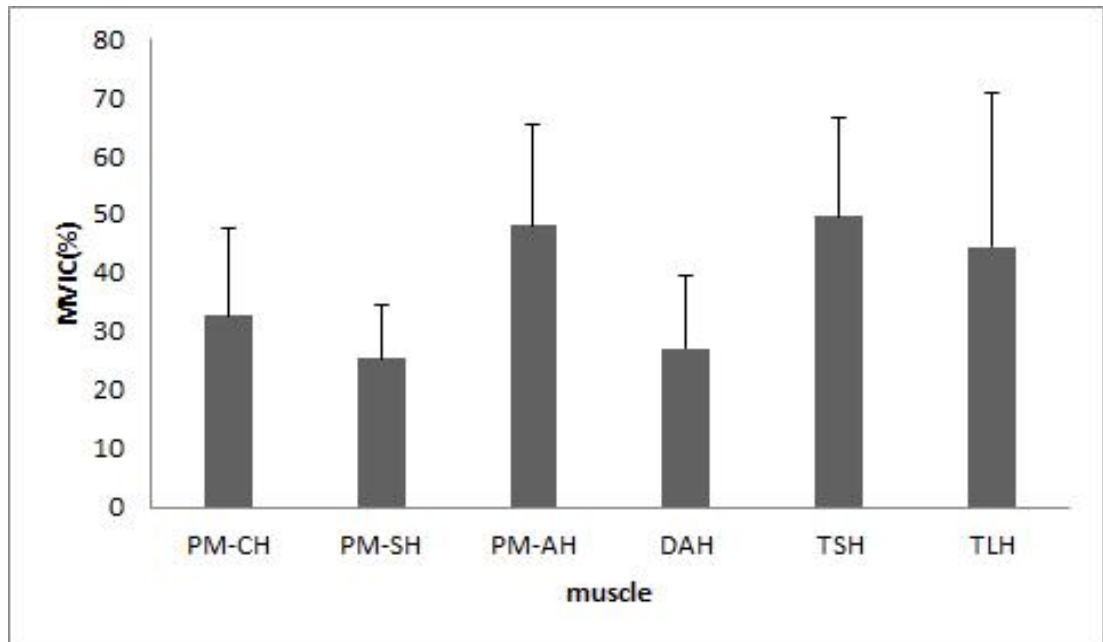


Figure 22. Activity for each muscle at  $-15^\circ$  angle in bench press concentric phase(%MVIC).



7) 0도에서 단축성 수축 시 근육의 활성화도 변화

0도에서 단축성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 38>, <Table 39>, <Figure 23>와 같다.

Table 38. Descriptive statistics for each muscle at 0° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
0°	41.33±16.91	26.98±13.63	38.93±11.24	32.60±13.91	51.64±12.74	43.08±21.12	39.09±16.70

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocostal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltoid anterior head; TSH, triceps lateral head;*

*TLH, triceps long head;*

Table 39. The result of one-way ANOVA for each muscle at 0° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	4406.468	5	881.294		
Within Subject	15407.088	66	233.441	3.775	.005
Total	19813.556	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 0도에서 단축성 수축 시 6가지 근육의 활성화도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 38>에 제시하였으며, <Table 39>, <Figure 23>은 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=3.775$ ,  $p=.005$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 대흉근 중부( $F=11.427$ ,  $p=.006$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 대흉근 하부( $F=6.121$ ,  $p=.031$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=8.107$ ,  $p=.016$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 상완 삼두근(단두,  $F=44.641$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 상완 삼두근(단두,  $F=5.785$ ,  $p=.035$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 전면 삼각근을 기준으로 상완 삼두근(단두,  $F=23.312$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다.

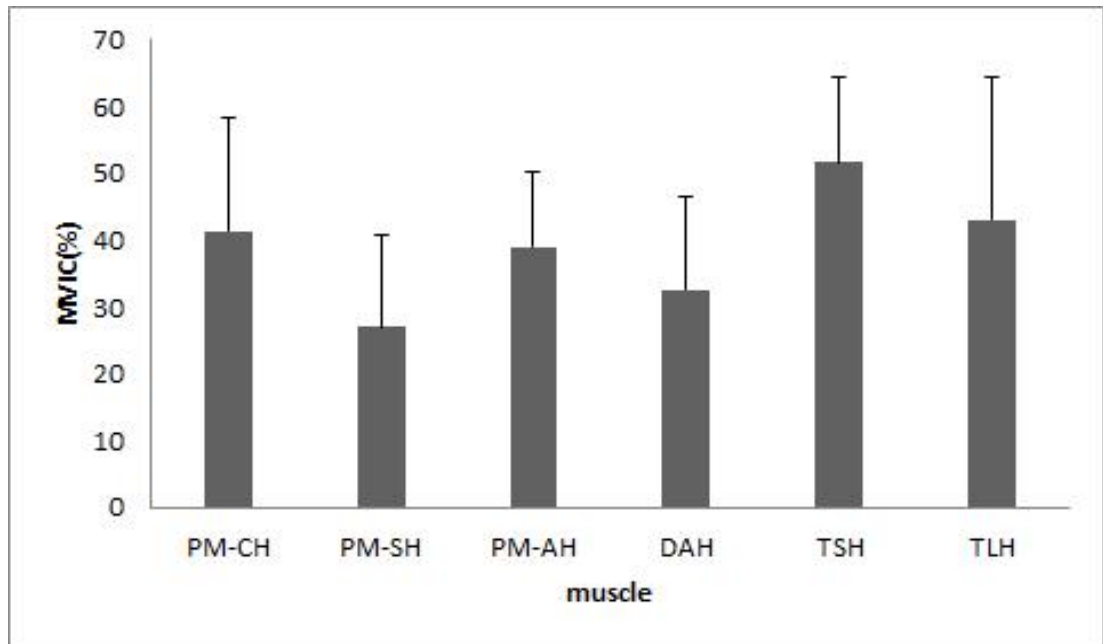


Figure 23. Activity for each muscle at 0° angle in bench press concentric phase(%MVIC).

8) 15도에서 단축성 수축 시 근육의 활성화도 변화

15도에서 단축성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 40>, <Table 41>, <Figure 24>와 같다.

Table 40. Descriptive statistics for each muscle at 15° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
15°	48.42±22.23	25.62±13.07	34.70±16.50	47.73±17.68	47.71±13.08	44.53±25.41	41.45±19.83

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocostal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltoid anterior head; TSH, triceps lateral head;*

*TLH, triceps long head;*

Table 41. The result of one-way ANOVA for each muscle at 15° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	5191.556	5	1038.311		
Within Subject	22745.699	66	344.632	3.013	.016
Total	27937.255	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 15도에서 단축성 수축 시 6가지 근육의 활성화도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 40>에 제시하였으며, <Table 41>, <Figure 24>는 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=3.013$ ,  $p=.016$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 대흉근 중부( $F=14.273$ ,  $p=.003$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 상완 삼두근(단두,  $F=17.297$ ,  $p=.002$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=4.984$ ,  $p=.047$ )에서 유의한 차이가 나타났으며 전면 삼각근( $F=38.122$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 상완 삼두근(단두,  $F=4.855$ ,  $p=.050$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

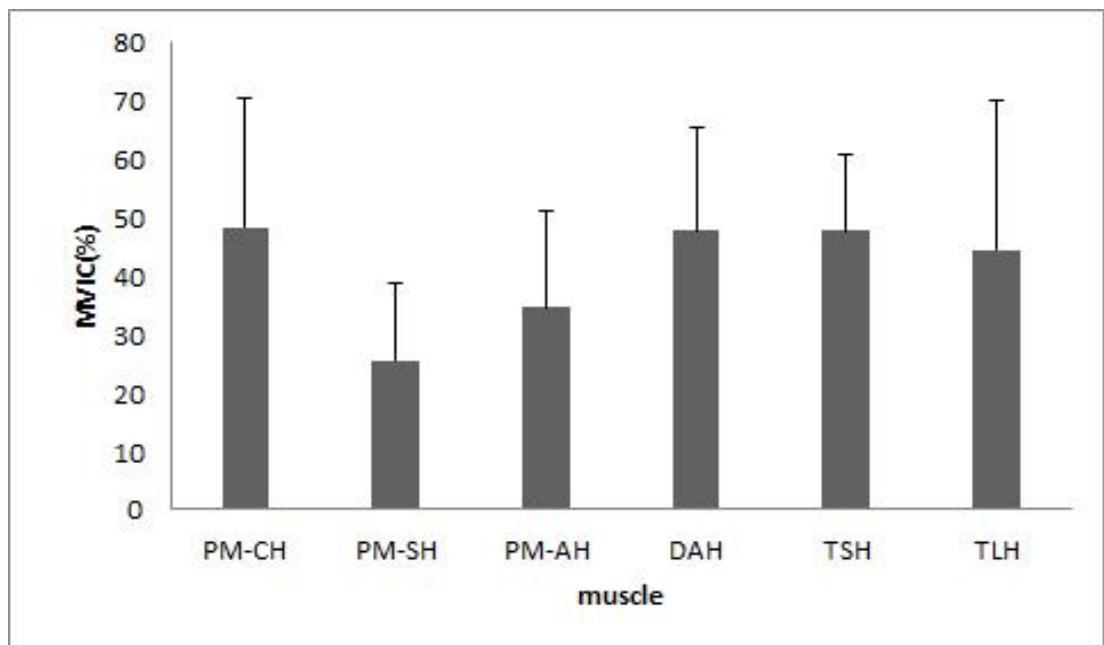


Figure 24. Activity for each muscle at 15° angle in bench press concentric phase(%MVIC).

9) 45도에서 단축성 수축 시 근육의 활성화도 변화

45도에서 단축성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 42>, <Table 43>, <Figure 25>와 같다.

Table 42. Descriptive statistics for each muscle at 45° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
45°	51.83±22.61	18.02±7.96	22.31±10.71	60.80±14.22	55.63±12.35	52.46±24.89	43.51±23.33

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocostal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltoid anterior head; TSH, triceps lateral head;*

*TLH, triceps long head;*

Table 43. The result of one-way ANOVA for each muscle at 45° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	20332.541	5	4066.508		
Within Subject	18313.403	66	277.476	14.655	.001
Total	38645.945	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 45도에서 단축성 수축 시 6가지 근육의 활성화도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 42>에 제시하였으며, <Table 43>, <Figure 25>는 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=14.655$ ,  $p=.001$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 대흉근 중부( $F=23.800$ ,  $p=.001$ ), 대흉근 하부( $F=26.865$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 전면 삼각근( $F=69.961$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=147.316$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=23.183$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 전면 삼각근( $F=44.113$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=62.925$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=20.839$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다.

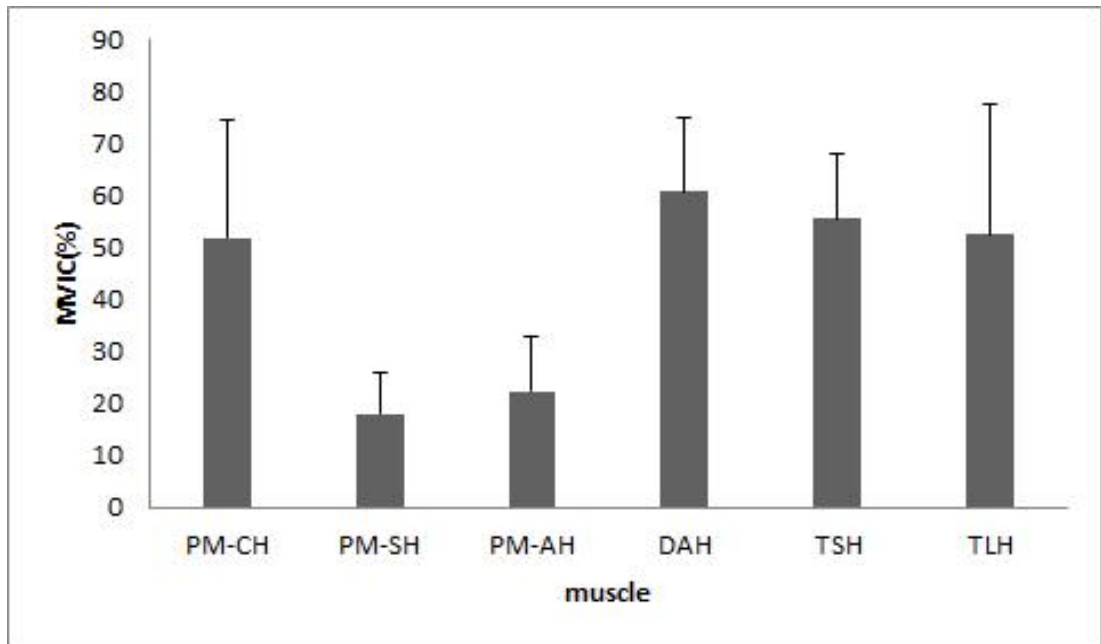


Figure 25. Activity for each muscle at 45° angle in bench press concentric phase(%MVIC).

10) 60도에서 단축성 수축 시 근육의 활성화도 변화

60도에서 단축성 수축 시 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도 측정결과는 다음 <Table 44>, <Table 45>, <Figure 26>와 같다.

Table 44. Descriptive statistics for each muscle at 60° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

grade	PM-CH	PM-SH	PM-AH	DAH	TSH	TLH	Total
60°	51.60±22.80	15.17±7.76	13.68±5.82	67.75±24.32	63.76±24.04	64.56±30.53	46.09±30.89

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

*PM-CM, pectoralis major clavicular head; PM-SM, pectoralis major sternocostal head;*

*PM-AH, pectoralis major abdominal head; DAH, deltoid anterior head; TSH, triceps lateral head;*

*TLH, triceps long head;*

Table 45. The result of one-way ANOVA for each muscle at 60° angle in bench press concentric phase (%MVIC)

	SS	df	MS	F	p
Between Subject	37915.127	5	7583.025		
Within Subject	29876.087	66	452.668	16.752	.001
Total	67791.213	71			

*Mean±Standard Deviation;*

*%MVIC, percent electro myogran maximal voluntary contraction;*

벤치프레스 수행 시 벤치의 각도가 60도에서 단축성 수축 시 6가지 근육의 활성화도 변화를 나타낸 평균과 표준편차의 값은 <Table 44>에 제시하였으며, <Table 45>, <Figure 26>은 6가지 근육의 근활성도를 구체적으로 살펴보기 위하여 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 유의한 차이를 보였다( $F=16.752$   $p=.001$ ). 대비검정 결과, 대흉근 상부를 기준으로 대흉근 중부( $F=23.215$ ,  $p=.001$ ), 대흉근 하부( $F=26.952$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 중부를 기준으로 전면 삼각근( $F=48.928$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=70.294$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=31.951$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다. 대흉근 하부를 기준으로 전면 삼각근( $F=56.140$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(단두,  $F=50.506$ ,  $p=.001$ ), 상완 삼두근(장두,  $F=33.324$ ,  $p=.001$ )에서 높은 유의차가 나타났다.

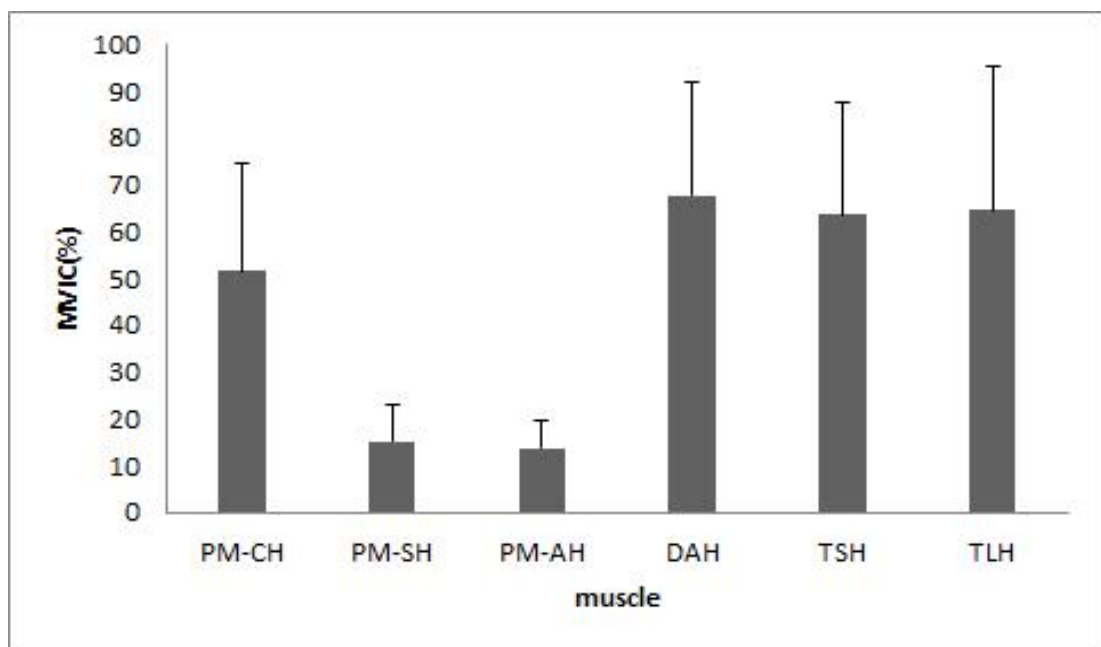


Figure 26. Activity for each muscle at 60° angle in bench press concentric phase(%MVIC).



## V. 논의

본 연구는 벤치프레스 수행 시 주동근과 협력근의 사용에 따른 효율적인 각도를 제시하기 위해 저항운동의 경력이 6개월 이상인 성인 남성을 대상으로 벤치프레스 시 5가지 각도(-15도, 0도, 15도, 45도, 60도)별 근활성도를 분석하여 그 결과를 바탕으로 다음과 같이 논의하고자 한다.

벤치프레스는 상체, 특히 대흉근을 발달시키는 데 사용되는 주요 운동 중 하나로 주동근은 대흉근이며 협력근은 삼각근과 상완 삼두근이다. 대흉근은 두 갈래로 나누어져 있고 두 갈래 중 쇄골의 전면과 흉골의 전면, 그리고 1번부터 7번까지의 늑골 연골을 시작으로 상완골의 큰결절에 붙어 있으며 이러한 대흉근의 발달을 위한 최상의 운동은 벤치프레스라고 알려져 있다.

벤치프레스는 플랫 벤치프레스, 인클라인 벤치프레스, 디클라인 벤치프레스로 나뉘고 이 세 종류의 벤치프레스는 수행하는 각도에 따라서 대흉근의 동원 부위가 다르게 사용되며 현재까지 대흉근의 발달을 극대화 시키기 위한 다양한 연구들이 이루어지고 있다. 하지만, 벤치프레스의 수행 각도에 따른 근활성도는 선행연구마다 상이하게 나타나 논쟁의 여지가 있고 주동근과 협력근의 변화를 동시에 관찰한 연구는 부족하여 본 연구에서 벤치프레스 운동 시 수행 각도에 따른 단축성 수축과 신장성 수축에 대한 협력근의 개입을 최소화하면서 주동근을 최대한 활성화시키는 벤치프레스의 각도는 -15도에서 근활성도가 가장 높게 나타났다.

이와 관련된 선행연구에 따르면 Crispiniano et. al.(2016)은 -15도, 0도, 30도, 45도 4가지 각도로 대흉근 상부와 대흉근 중부, 대흉근 하부에 근전도를 부착하여 벤치프레스 시 각도별 대흉근의 근활성도를 측정하였다. 선행연구 결과 플랫 벤치프레스에서는 대흉근 상부, 대흉근 중부 및 대흉근 하부에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고 대흉근 중부의 근활성도는 플랫 벤치프레스에 비해 벤치의 각도가 클수록 근육의 근활성도가 높아졌으며 대흉근 하부는 디클라인 벤치프레스에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 대흉근 상부가 -15도와 0도에서 유의한 차이를 나타낸 본 연구와 유사하게 나타났으며 팔과 몸이 이루는 각도가 직각보다 작아지게 되고 어깨관절의 내회전, 90도 이상의 굴곡에서 반대편

가슴으로 내리는 동작에서 활성화되기 때문에 하부 대흉근에 자극을 줄 수 있다. 따라서, -15도와 0도에서의 벤치프레스가 대흉근 하부의 근활성도에 효과적이라고 생각된다.

Mancebo et. al.(2019)에서는 45도의 각도에서 인클라인 벤치프레스를 수행하는 동안 대흉근의 표면 근전도의 진폭을 계산하고 대흉근 상부, 대흉근 중부, 대흉근 하부의 근활성도를 평가하였으며 45도의 인클라인 벤치프레스에서 대흉근 상부의 근활성도가 가장 높게 나타났다. 이는 대흉근 중부와 대흉근 하부보다 대흉근 상부에 근활성도가 유의한 차이가 나타난 본 연구 결과와 유사하게 나타났으며 대흉근 상부는 쇄골의 내측에서 상완골에 붙어 있고 극상근과 같이 팔을 30도 외전에서 반대편 귀 쪽으로 향하며 상완 외전을 하게 되는데 이때 전면 삼각근이 협력근으로 작용하게 된다. 또한 어깨관절의 내회전 상태에서 팔을 올리는 동작에서 근육이 활성화되기 때문에 상체의 힘으로 무거운 물건을 들 때 근수축이 많은 섬유는 대흉근 상부라고 보여진다. 따라서, 벤치프레스의 45도의 각도에서 대흉근 상부가 운동의 자극에 있어서 효과적일 것으로 판단된다.

Trebs et al.(2010)의 선행연구에서 플랫폼 벤치프레스와 인클라인 벤치프레스를 0도, 28도, 44도 56도의 각도에서 어깨관절을 둘러싸고 있는 대흉근 상부와 대흉근 하부, 전면삼각근의 근활성도를 비교분석을 한 결과, 대흉근 상부의 근활성도는 플랫폼 벤치프레스보다 44도와 56도의 인클라인 벤치프레스에서 유의미하게 높았으며 대흉근 중부의 근활성도는 28도와 44도에 비해 0도에서, 56도에 비해 28도와 44도에서 유의하게 높았다. 전면 삼각근의 근활성도는 28도에서 유의한 차이가 나타났으며 대흉근과 전면 삼각근의 발달을 위해서 플랫폼 벤치프레스와 인클라인 벤치프레스를 모두 수행하는 것이 효과적으로 대흉근의 발달을 촉진시킬 수 있다고 보고하였고 벤치의 각도가 높아질수록 대흉근 상부의 근활성도가 높아지고 0도에서 대흉근 중부의 근활성도가 높게 나타난 본연구결과와 유사하게 나타났으며 0도에서의 벤치프레스 운동 시 벤치 기울기에 있어서 팔의 각도가 90°, 팔꿈치의 각도가 90도가 유지되어 벤치프레스 운동 중 대흉근 중부의 길이가 수축과 이완이 팔을 밀어내는 동작에 있어서 원활하게 이루어지기 때문에 대흉근 중부의 근육 활동이 더욱 활발하게 이루어진 것으로 판단된다.

Da Silva et al.(2013)의 선행연구에서 대흉근 상부와 대흉근 중부, 전면 삼각근

의 -30도의 디클라인 벤치프레스, 플랫 벤치프레스와 45도의 인클라인 벤치프레스의 근활성도를 측정하였다. 선행연구 결과 대흉근의 상부와 중부의 근활성도가 비슷하게 나타났지만, 인클라인 벤치프레스에서 전면 삼각근의 근활성도가 높게 나타났다. 이는 벤치프레스 시 각도가 올라갈수록 대흉근과 바벨이 수직의 위치를 벗어나게 되므로 쇄골에 상부 표면에서부터 대흉근 외측섬유에 붙어 있는 삼각근의 근육의 길이가 짧아지면서 근활성도가 높아진 걸로 생각되어진다. 따라서, 45도에서의 벤치프레스는 전면 삼각근을 활성화시키는 효과적인 운동이라고 생각된다.

Stastny et. al.(2017)의 선행연구에서는 플랫 벤치프레스 운동 시 근활성도가 높은 근육에 대해 연구하였으며 선행연구 결과로 플랫 벤치프레스 운동 시 전면 삼각근의 근활성도보다 대흉근과 삼두근의 근활성도가 상당히 높은 것으로 나타났다. 삼각근보다 대흉근과 삼두근의 근활성도가 높은 이유는 플랫 벤치프레스의 신장성 수축과 단축성 수축 시 바를 들어 올릴 때 근육의 수축과 이완이 원활하게 이루어지고 삼두근의 근활성도가 높은 이유는 등장성 수축 시 정점에서 팔꿈치가 완전히 편다면 횡수 사이에 잠깐의 휴식이 이루어지기 때문에 상완 삼두근의 개입이 많아지게 되어 협력근에 집중이 되었을 가능성이 있다고 판단된다.

Coratella et. al.(2020)은 -15도와 0도, 45도의 벤치프레스를 수행하는 동안 대흉근 상부와 대흉근 중부, 상완 삼두근(장두)와 전면 삼각근의 근활성도를 연구하였으며 벤치프레스 1RM의 80%로 신장성 수축과 등장성 수축을 측정하였다. 선행연구 결과 등장성 수축에서 대흉근 상부는 인클라인 벤치프레스에서 더 유의한 차이가 나타났으며 대흉근 중부에서는 인클라인 벤치프레스에 비해 플랫 벤치프레스와 디클라인 벤치프레스가 근활성도가 낮게 나타났다. 상완 삼두근(장두)의 근활성도는 다른 모든 운동에 비해 플랫 벤치프레스와 디클라인 벤치프레스에서 전반적으로 높게 나타났으며 전면 삼각근은 디클라인 벤치프레스에서 근활성도가 낮게 나타났다. 하지만 신장성 수축 동안 플랫 벤치프레스에서 대흉근 상부의 근활성도가 크게 나타났으며 나머지 각도에서는 비슷한 근활성도가 나타났다. 즉, 대흉근의 상부와 대흉근 중부, 대흉근 하부의 근활성도는 벤치 경사각에 따라 다르다는 것을 보여주며 전면 삼각근은 인클라인 벤치프레스 시 근활성도가 높게 나타나고 상완 삼두근은 주로 벤치프레스 자세의 안정성이 떨어질 때 사용되어

인클라인 벤치프레스에서보다 플랫 벤치프레스에서 높게 나타난 이유라고 판단된다.

Lauver et. al.(2016)의 선행연구에서 0°, 30°, 45° 및 -15° 벤치 각도에서 수행된 벤치프레스 동안 대흉근, 전면 삼각근 및 상완 삼두근의 근육 활성화를 비교했다. 각 벤치프레스 조건에 대해 최대 65% 1회 반복으로 6회 반복 1세트를 수행하였으며 표면 전자기(sEMG)는 단축성 수축과 신장성 수축에서의 근활성도를 측정하였다. 선행연구 결과 등장성 수축에서 대흉근 상부의 근활성도는 4가지 각도에서 모두 유의한 차이를 보이지 않았으나, 단축성 수축 30°와 45°에서 유의한 차이가 나타났다. 대흉근 하부의 근활성도는 45°에 비해 -15°, 30° 및 0°에서 유의한 차이가 나타났다. 이러한 선행 연구의 결과는 플랫 벤치프레스가 대흉근 상부와 대흉근 하부를 효과적으로 활성화 시킬 수 있는 각도라고 보고되고 있으며 다만 벤치의 경사각이 30° 또는 45°일 경우 특정 시점 동안 근육 활성도가 크게 일어나 벤치프레스 운동을 선택할 때 다양한 시점에 근육 활성도가 어떻게 영향을 받는지 고려하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

## VI. 결론

본 연구는 저항운동 경력이 6개월 이상인 성인 남성 12명을 대상으로 벤치프레스의 수행 각도를 다르게 하여 실시했을 때 대흉근(상부, 중부, 하부), 전면 삼각근, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도를 근전도 분석을 통해 협력근의 근활성을 최소화하면서 주동근을 최대로 활성화 시키는 벤치프레스 각도를 규명하고자 하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 신장성 수축 시 벤치프레스의 수행 각도에 따른 대흉근 상부, 대흉근 중부, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

둘째, 신장성 수축 시 벤치프레스의 수행 각도에 따른 대흉근 하부, 전면 삼각근의 근활성도는 유의한 차이가 나타났다.

셋째, 단축성 수축 시 벤치프레스의 수행 각도에 따른 대흉근 상부, 상완 삼두근(단두, 장두)의 근활성도는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

넷째, 단축성 수축 시 벤치프레스의 수행 각도에 따른 대흉근 중부, 대흉근 하부, 전면 삼각근의 근활성도는 유의한 차이가 나타났다.

다섯째, 신장성 수축 시 벤치프레스의 수행 각도(-15°, 0°, 15°, 45°, 60°)에서의 근육별 근활성도는 유의한 차이가 나타났다.

여섯째, 단축성 수축 시 벤치프레스의 수행 각도(-15°, 0°, 15°, 45°, 60°)에서의 근육별 근활성도는 유의한 차이가 나타났다.

이상 결과를 종합해 보면, 벤치프레스 운동은 대흉근을 직접적으로 발달시켜 주는 저항운동이다. 벤치프레스의 수행 각도에 변화를 주게 되면 대흉근뿐만 아니라

상체 및 상지의 주요 근육이라고도 말 할 수 있는 전면 삼각근, 상완 삼두근의 근육 발달에도 직접적인 도움이 된다. 추정된 다른 각도에서는 협력근의 동원률이 높아지고 대흉근 발달이 상쇄되었으며 이에 본 연구에서 협력근의 개입을 최소화 하면서 주동근을 최대로 활성화 시키는 벤치프레스 각도는 -15도로 나타났다.

그러나, 대흉근 운동인 벤치프레스임에도 불구하고 상완 삼두근의 동원이 높아진 이유는 대상자의 운동 경력이 많지 않기 때문에 자세에 대한 차이가 나타나 상완 삼두근의 동원이 높아진 것으로 판단된다. 추후 연구에서는 전문 보디빌딩 선수를 대상으로 신뢰성 높은 결과를 얻기 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

<Abstract>

# Effect of bench angle on EMG activation patterns of agonist and antagonist during bench press exercise

Kim, Ju-Yeon

*Department of Kinesiology*

*General graduate school Jeju National University*

*Jeju, Korea*

Supervised by professor Seo, Tae-Beom

The purpose of this study is to investigate the alteration of EMG activation patterns of agonist and antagonist in bench press exercise according to different bench angles. Twelve adult males between the age of 20 and 30 took part in this experiment, and they had at least 6 months of resistance training experience. All subjects performed bench press exercise with 70% of one repetition maximum (1RM) according to different bench angles (-15°, 0°, 15°, 45°, 60°). To examine the activation of skeletal muscle, we analyzed electromyography (EMG) signals collected from pectoralis major (upper, middle, lower), anterior deltoid, and triceps brachii muscles.

For measurement data, the mean and standard deviation of each variable were calculated using the SPSS for windows (Version 22.0) statistical program. One-way repeated measures ANOVA was performed to determine the difference

between groups for angle, and a post-hoc analysis was performed using a contrast test. The statistical significance level ( $p$ ) of all analyzes was set to .05. As the result of this study,

First, there was a significant difference in muscle activity of the abdominal head of pectoralis major and anterior deltoid muscle during eccentric phase of bench press exercise.

Second, there was a significant difference in muscle activity of the abdominal head of pectoralis major, anterior deltoid and the lateral head of triceps during concentric phase of bench press exercise.

Third, during eccentric contraction bench press exercise, there was a significant difference in muscle activity by bench angle in all angles.

Fourth, during concentric bench press, there was a significant difference in EMG activation levels in all bench angles.

Considering these findings from our study, we identified that the bench press angle that maximizes the pectoralis major muscle might be - 15 degrees.



## 참고문헌

- 김기홍. (2006). 운동부하방법에 따른 벤치프레스 운동시 주동근의 근활성도, 근피로도 및 근력 비교. 세종대학교 교육대학원. 박사학위논문.
- 김도현. (2019). 저장도 슬로우 무브먼트 저항운동이 비만 성인의 동화작용 호르몬, 혈중지질지표 및 안정시대사율에 미치는 영향. 고려대학교 교육대학원. 석사학위논문.
- 김영섭. (2003). 12주간의 웨이트트레이닝이 여대생들의 체력 및 신체조성에 미치는 영향. 공주대학교 교육대학원. 석사학위논문.
- 김영환. (2013). 하체 불균형 자세가 들기 작업에 미치는 영향에 관한 연구. 부경대학교 대학원. 석사학위논문, 11~12.
- 김윤환. (2012). 벤치 프레스 운동 동작에서 무게에 따른 어깨 고립과 비고립이 대흉근의 근 활성도에 미치는 영향. 국민대학교 스포츠산업대학원. 석사학위논문.
- 김재욱. (2012) 운동보조제 섭취형태에 따른 웨이트트레이닝이 근육동화작용, 근비대, 근력 및 신체조성에 미치는 영향. 중앙대학교 대학원. 박사학위논문.
- 김종신. (2011) 세트별 강도변화가 벤치프레스 운동 후 주동근 적성에 미치는 영향. 단국대학교 대학원. 박사학위논문.
- 김현재. (2017). 근력강화 트레이닝이 스포츠클라이밍 선수들의 경기력에 미치는 영향 (Doctoral dissertation, 조선대학교).
- 김혜진. (2008). 근비대 기전에 있어 Insulin-like Growth Factor-I이 엔드로젠 수용체 유전자 발현 및 활성화에 미치는 영향. 미간행 석사학위논문. 이화여자대학교 대학원.
- 문영진. (2009). EMG(근전도) 분석법에 대하여. 스포츠과학, 107, 38-44.
- 박희홍. (2007). 벤치 프레스 운동 시 그립의 너비가 상체의 근 활성도에 미치는 영

- 향. 울산대학교 대학원. 석사학위논문.
- 봉예나. (2019). 밴드 운동과 영양 교육이 여자 노인의 노쇠, 근력 및 영양 섭취량에 미치는 영향 (Doctoral dissertation, 서울대학교 대학원).
- 서영환. (2019). 탄력밴드를 이용한 저항운동이 중년여성들의 간기능과 혈중 Glucose 에 미치는 효과. 한국체육과학회지, 28(1), 1239-1244.
- 손혜원. (2019). 벤치프레스 운동 중 근활성도 증가에 따른 손목떨림 반응 분석. 고려대학교 교육대학원. 석사학위논문.
- 신권능. (2021). 단관절 운동에서 덤벨과 운동로봇 트레이닝의 근기능 효과 비교. 전남대학교 교육대학원. 석사학위논문.
- 위승준, 이병선, & 이만균. (2019). 유산소운동과 저항성운동의 순서가 운동 후 혈압, 혈중 젖산농도 및 에너지 대사량에 미치는 영향. 한국체육과학회지, 28(2), 1067-1077.
- 이창철. (2003). 유산소성 운동, 5RM과 20RM 웨이트 트레이닝이 여대생이 신체조성 및 혈중지질에 미치는 영향. 단국대학교 교육대학원. 석사학위논문.
- 임완기, 강형숙, 고병구, 김정래, 김기홍, 김남주, 김동희, 김수근, 김우성, 김홍수, 노형규, 박계순, 박상규, 박수현, 박익렬, 박현, 박훈기, 배운정, 서정석, 성낙준, 오광진, 육조영, 윤재량, 윤진환, 이기광, 이대택, 이동기, 이병근, 이석호, 이승로, 이승범, 이한용, 이형국, 임규찬, 임재형, 장연환, 정동식, 정영수, 정일규, 정진원, 지용석, 최경범, 한명우, 홍길동(2004). 저항운동의 이해. 도서출판홍경.
- 정도현. 이원휘. 오재섭(2010) 견관절 외전 각도와 회전 자세에 따른 대흉근 활성화도 비교. 한국전문물리치료학회지.
- 정재훈. (2018). 60%1RM과 90%1RM 벤치프레스 7세트 운동시 운동량, 혈중젖산농도 및 주동근의 근활성도에 미치는 영향. 단국대학교 대학원. 석사학위논문.
- 정환중. (2016). 준비운동 세트수와 강도의 차이가 75% 1RM 벤치프레스 운동 시

- 반복횟수, 총운동량, 생리학적 변인 및 iEMG에 미치는 영향. 단국대학교 대학원. 석사학위논문.
- 장희승. (2018). 16주간의 저항성 운동 중 분지아미노산 섭취량이 노인의 신체구성 일상생활체력 및 근 합성 관련 호르몬의 변화에 미치는 영향. 단국대학교 대학원. 박사학위논문.
- 천사빈. (2021). 윈드서퍼의 플레이닝 시 풋스트랩 위치가 경기력에 따른 하지 근활성도 비교분석 연구. 부경대학교 대학원. 석사학위논문.
- 최선임(2011) 대흉근 꼬집기 촉진법이 중년여성의 견관절 수평외전 가동범위와 근긴장에 미치는 영향. 경원대학교 경영대학원. 석사학위논문.
- 윤재량, 임승길(2007) 7-10RM 방식에 대한 대학 레슬링 선수 1-RM 간접 추정식의 정확성. 운동과학. Vol6. No.1
- 이소정. (2009). 현대무용수의 프라이오메트릭 트레이닝과 웨이트 트레이닝 적용이 체력 및 하지 근기능에 미치는 영향. 계명대학교 대학원. 박사학위논문.
- 임규찬. (2006). 플랫 벤치프레스 운동과 인클라인 벤치 프레스 운동간의 최대 근력 관계. 한국운동역학회지. 189-194
- 황명숙. (2013) 고등학교 보디빌딩 선수의 운동방법 차이가 체성분 및 근비대에 미치는 영향. 공주대학교 교육대학원. 석사학위논문.
- 현인수. (2014) 탄력밴드 저항운동이 노인의 신체조성과 체력 및 골밀도에 미치는 영향. 명지대학교 사회교육대학원. 석사학위논문.
- 홍승우. (2003) 저항성 훈련방법의 차이가 근력 향상 및 안정시 대사량에 미치는 영향. 연세대학교 교육대학원. 석사학위논문.
- Arthur A. Trebs, Jason P. Brandenburg, William A. Pitney(2010) An Electromyography Analysis of 3 Muscles Surrounding the Shoulder Joint During the Performance of a Chest Press Exercise at Several Angles. Journal of Strength and Conditioning Research, 2010, 24(7), 1925-1930

- Baechle, T. R. & Earle, R. W. (2008) Essentials of strength training and conditioning: Human Kinetics.
- Barnett, C., Kippers, V., & Turner, P. (1995). Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 9(4), 222-227.
- Bodine, S. C., Stitt, T. N., Gonzalez, M., Kline, W. O., Stover, G. L., Bauerlein, R., Glass, D. J. (2001). Akt/mTOR pathway is crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. *Nature cell biology*, 3(11), 1014-1019.
- Burley, H., Georgiev, G. P., Iwanaga, J., Dumont, A. S., & Tubbs, R. S. (2020). An unusual finding of the pectoralis major muscle: decussation of sternal fibers across the midline. *Anatomy & Cell Biology*, 53(4), 505.
- Cabral, H. V., de Souza, L. M., de Oliveira, L. F., & Vieira, T. M. (2021). Non uniform excitation of the pectoralis major muscle during flat and inclined bench press exercises. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
- Campos, Y. D. A. C., & Silva, S. F. D. (2014). Comparison of electromyographic activity during the bench press and barbell pullover exercises. *Motriz: Revista de Educação Física*, 20, 200-205.
- Coratella, G., Tornatore, G., Longo, S., Esposito, F., & Cè, E. (2020). Specific prime movers' excitation during free-weight bench press variations and chest press machine in competitive bodybuilders. *European journal of sport science*, 20(5), 571-579.
- Cornu, M., Albert, V., & Hall, M. N. (2013). mTOR in aging, metabolism, and cancer. *Current opinion in genetics & development*, 23(1), 53-62.

- Crispiniano, E. C., Daltro, M. C. D. S. L., Nunes, E. M., Junior, R. A., Munguba, T. A., & Diniz, M. B. (2016). Comparative evaluation of strength and electrical activity of the pectoralis major muscle during bench press exercise in horizontal, incline and decline Modalities. *International Archives of Medicine*, 9.
- Da Silva, G. P., Guimaraes, M. P., & Silva, S. (2013). Electromyographic study of bench press exercise at different angles of execution.
- Daniels, R. J., & Cook, S. B. (2017). Effect of instructions on EMG during the bench press in trained and untrained males. *Human movement science*, 55, 182-188.
- Escamilla, R. F., Yamashiro, K., Paulos, L., & Andrews, J. R. (2009) Shoulder rehavilitation exercise. *SDport Medicine*, 39(8), 633-685
- Fry,A.C.(2004).The roleofresistance exercisointensity on muscle fiberadaptations. *Sports Medicine*, 34(10), pp.663-679.
- Glass, D. J. (2005) Skeletal muscle hypertrophy and atrophy signaling pathway. *The international Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 37(10), 1974-1984
- Jakob D. Lauver., Trent E. Cayot., Barry W. Scheuermann. (2015) Influence of bench angle on upper extremity muscular activation during bench press exercise. *European Journal of Sport Science*, 2016, 16(3), 309-316
- Kogler, J. M. Flanagan, S. P., &Whiting, W. C., (2010) Muscle activation patterns while lifting stavle and unstavle loads on stavle and unstavle surfaces. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 313-321
- Kim, S. H., Lee, W. H., Ha, S. M., Park, K. N., & Kwon, O. Y. (2011). A comparison of EMG activity for long and lateral heads of triceps brachii

muscles according to exercise and forearm positions during triceps strengthening exercises. *Physical Therapy Korea*, 18(1), 28-36.

Lauver, J. D., Cayot, T. E., & Scheuermann, B. W. (2016). Influence of bench angle on upper extremity muscular activation during bench press exercise. *European journal of sport science*, 16(3), 309-316.

Mancebo, F. D., Cabral, H. V., De Souza, L. M., & Oliveira, L. F. (2019). Is the EMGs Amplitude Distribution Spatially Localized in the Pectoralis Major Muscle During the Inclined Bench Press?. In XXVI Brazilian Congress on Biomedical Engineering (pp. 299-303). Springer, Singapore.

Nissim, H., & Nahum, S. (2004). Upstream and downstream of mTOR. *Genes & Development*, 18, 1926-1945.

Rennie, M. J., Wakerhage, H., Spangenburg, E. E., & Booth, F. W. (2004). Control of the size of the human muscle mass. *Annual Review of Physiology*, 66, 799-828.

Robert, A. F., & Charles, H. L. (2007). Protein kinase B/Akt: a nexus of growth factor and cytokine signaling in determining muscle mass. *Journal of Applied Physiology*, 103(1), 378-387.

Rodríguez-Ridao, D., Antequera-Vique, J. A., Martín-Fuentes, I., & Muyor, J. M. (2020). Effect of Five Bench Inclinations on the Electromyographic Activity of the Pectoralis Major, Anterior Deltoid, and Triceps Brachii during the Bench Press Exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7339.

Roy, X., Arseneault, K., & Sercia, P. (2021). The Effect of 12 variations of the bench press exercise on the EMG activity of three heads of the pectoralis major. *International Journal of Strength and Conditioning*, 1(1).

Saeterbakken A. H., Mo D. A., Scott S., Andersen. V. (2017) The Effects of

Bench Press Variations in Competitive Athletes on Muscle Activity and Performance. *Journal of Human Kinetics* volume 57/2017, 61-71

Schick, E. E., Coburn, J. W., Brown, L. E., Judelson, D. A., Khamoui, A. V., Tran, T. T., & Uribe, B. P. (2010) A comparison of muscle activation between a Smith machine and free weight bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 779-784

Stastny, P., Gołaś, A., Błazek, D., Maszczyk, A., Wilk, M., Pietraszewski, P., ... & Zajac, A. (2017). A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PloS one*, 12(2), e0171632.

Suene F. N. Chaves et al. (2020) Effects of Horizontal and Incline Bench Press on Neuromuscular Adaptations in Untrained Young Men. *International Journal of Exercise Science* 13(6): 859-872, 2020

Trebs, A. A., Brandenburg, J. P., & Pitney, W. A. (2010). An electromyography analysis of 3 muscles surrounding the shoulder joint during the performance of a chest press exercise at several angles. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1925-1930.