

Pull-up 운동 시 그립 두께에 따른 근활성도의 변화

서상원 PhD^{1,†}, 고성식 PhD^{2,†}, 안근옥 PhD²

¹운동의학센터, ²한국교통대학교 스포츠학부 스포츠의학전공

Effects of Muscle Activation according to Grip Thickness in Pull-up

Sang-Won Seo PhD^{1,†}, Sung-Sik Ko PhD^{2,†}, Keun-Ok An PhD²

¹Exercise Medical Center, Choengju; ²Korea National University of Transportation, Chungju, Korea

PURPOSE: There are various variables such as exercise posture, exercise intensity, number of repetitions, and rest time of training for muscle strength development, and these variables are intended to stimulate muscle activity. The purpose of this study was to examine the effects of muscle activation according to grip thickness in pull-up exercise.

METHODS: Eleven healthy men were randomly crossover design assigned to pull-up exercise (concentric: 1-s, eccentric: 1-s, 2-s/repetition) to failure. Surface electromyography (EMG) was recorded from the forearm flexors/extensors, biceps brachii, trapezius middle/lower and latissimus dorsi for muscle activation. Using the resulting EMG data, which were filtered of electromyogram artifacts, we calculated the root mean squares (RMS).

RESULTS: Dependent-sample t-test produced a result, muscle activity in forearm flexors ($p < .01$), biceps brachii ($p < .01$), trapezius middle ($p < .01$), trapezius lower ($p < .01$) and latissimus dorsi ($p < .05$) were significantly increased at thick grip compared to normal grip in pull-up exercise.

CONCLUSIONS: This study suggested that the thicker the grip, the higher the muscle activation. Using a grip thickness as one of the variables for training programs is considered as a method to stimulate muscle activity.

Key words: Grip thickness, Muscle activation, Pull-up exercise

서론

저항운동은 웨이트 머신, 프리 웨이트, 탄성 밴드, 짐 볼 및 체중 운동 등 여러 종류의 운동이 있으며, 저항운동의 기본은 체중운동으로 시작하여 과부하의 원리에 입각한 개인의 수준에 맞는 저항을 선택해야 손상 위험성은 줄이고 운동의 효과를 높일 수 있다[1,2]. 이에 대표적인 체중 운동으로 앉았다 일어서기(squat), 팔굽혀 펴기(phsh-up), 윗몸 일으키기(sit-up) 및 턱걸이(pull-up) 운동 등이 있으며, Gregory et al. [3]은 저항운동 프로그램의 필수 요소로 광배근(latissimus dorsi) 운동

이 선행되어야 한다고 주장하였고, pull-up 운동은 광배근과 상지 근육을 발달시키기 위한 대표적인 운동으로 다양한 강도와 컨디셔닝을 설정하여 근력 또는 근지구력을 향상시키기는 저항운동 중에 하나이다[4].

특히, pull-up 운동은 견관절 내전근(shoulder/humerus joint adductor)인 광배근, 대흉근(pectoralis major), 극하근(infraspinatus) 뿐만 아니라, 상지 근육들인 상완 이두근(biceps brachii), 상완요골근(brachioradialis), 척추기립근(erector spinae), 중부 승모근(middle trapezius) 및 하부 승모근(lower trapezius) 등의 근력을 발달시킨다고 하였으며[5,6],

Corresponding author: Keun-Ok An **Tel** +82-43-841-5995 **Fax** +82-43-841-5990 **E-mail** koan@ut.ac.kr

[†]These authors contributed equally to conduct of the studies.

Keywords 그립 두께, 근활성도, 턱걸이

Received 14 Jan 2021 **Revised** 17 Feb 2021 **Accepted** 17 Feb 2021

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Handa et al. [7]은 근력 발달을 위해 주동근과 협력근 및 길항근 근육들의 적절한 근활성도가 이루어질 때 효과적이라고 보고하였다. 근전도(electromyogram)는 근세포의 흥분을 통하여 수축할 때 활동전위를 증폭시켜 나타낸 것으로[8], 수축시간에 따른 힘의 변화 및 운동단위(motor unit)의 동원 유형 등에 의한 분석에 사용되며[9], 근전도를 활용하여 근활성도를 파악하는 것은 근력 운동의 효과를 알아보기 위한 방법 중에 하나이다[10].

또한 pull-up 운동은 견갑대(shoulder girdle) 안정화(stability), 당기는 근력 및 높은 수준의 상대적 근력이 필요한 운동 수행을 향상시킬 수 있는 다관절(multi-joint) 상지 운동이라고 하였으며[11], Nicholas et al. [12]은 당기는 운동(deadlift, power clean, bent-over row, pull-up)에 있어 최적의 수행은 악력 수준에 따라 달라진다고 하였고 악력을 향상시키기 위한 저항운동은 스포츠 종목에서 성공적인 경기력에 필수적이라고 보고하였다. 이에 악력을 향상시키기 위한 방법으로 머신, 케이블/밴드를 이용한 손목 굴근/신근 운동, 다양한 악력기(계), 리프팅 스트랩(strap)과 같은 운동 보조기구를 사용하지 않는 당기기 운동 및 두꺼운 바(bar) 등 여러 방법들이 사용되었으며, 이 중 두꺼운 바를 이용한 악력 훈련이 효과적이라고 하였다[12].

Pull-up 운동과 관련된 선행연구들은 잡는 방법(그립 종류)과 잡는 위치(그립 너비)에 따른 주동근에 미치는 영향에 관한 연구가 대부분이며[4,11], 그립의 종류에 관한 선행연구의 결과로 Koehler [13]연구에 의하면, 잡는 방법으로 회외(supinated grips)는 상완 이두근과 승모근의 근활성도가 높게 나타났으며, 회내(pronated grip)와 중립(neutral grips)은 광배근의 근활성도가 높게 나타났다고 보고하였다. 하지만 Kelly & Paul [14]은 pull-up 운동시에 일반적으로 사용하는 회내 그립(pronated grip)이 광배근 발달에 효과적이라고 생각하지만 이에 대한 근거는 부족하다고 주장하였다. 한편, 그립 너비에 관한 선행연구로는 Lee & Lim [15]에 연구에 의하면, 20대 남자대학생 8명을 대상으로 랫 풀 다운 운동시 그립 종류(회내, 회외)와 그립 너비(어깨 넓이의 50%, 100% 및 150%)에 따른 8가지의 상지 근육에 미치는 영향을 분석한 결과, 광배근의 근활성도는 잡는 너비 50%와 비교해서 100%에서, 중부 승모근의 근활성도는 잡는 너비 50%와 비교해서 150%에서 유의하게 높게 나타났다고 보고하였다.

전술한 바와 같이, pull-up 운동 시에 그립 종류와 그립 너비에 관한 연구가 대부분이며, 근전도를 활용한 연구도 부족한 실정이다. 근력 발달을 위한 트레이닝의 변인으로는 운동 자세, 운동 강도, 반복 횟수 및 휴식 시간 등 여러 가지 변인들이 있으며[16], 이러한 변인들은 근육활동에 있어 새로운 자극을 주기 위함이다. 선행연구에서는 여러 변인들을 주제로 연구되었지만, 새로운 자극에 있어 그립 두께에 관련한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 pull-up 운동 시 그립 두께에 따른 주동근과 협력근의 근활성도에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

연구대상은 C지역 소재 대학에 재학 중인 남자 대학생으로 주 2-3회 이상의 저항운동을 수행하는 11명을 선정하였다. 이 연구에서는 표본 수를 검정하기 위하여 G-power 3.0을 사용하여 유의수준 .05, 효과 크기 .90, 검정력 .80을 설정한 결과, 각 집단에 10명의 표본 수가 요구되었다. 모든 대상자에게 연구의 목적과 내용을 충분히 설명하고 참가 동의서에 서명을 받았으며, 실험 전에 대상자의 건강상태를 확인하였다. 연구대상의 신체적 특성은 Table 1에 제시한 바와 같다.

2. 측정 절차

이 연구에 참여한 모든 대상자는 첫째 날 신체구성, 손 길이 및 악력을 측정한 후에 근전도를 이용하여 상지 근육(상완 굴근/신근, 상완 이두근, 승모근 중부/하부 및 광배근)의 최대 수의적 등척성 수축력(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)을 사전에 측정하였다. 이후 1주일간에 휴식을 취한 후, 교차설계 방식으로 그립 두께(손 길이의 50% 및 100%)에 따른 pull-up 운동 시 발현된 근전도 값을 수집하였으며, pull-up 운동은 1회 반복 시 2초(단축성 수축 1초, 신장성 수축 1초) 동안에 수행한 최대반복횟수를 기록하였고, 측정 간에는 일주일에 휴식을 취하였다.

3. 측정 항목 및 방법

1) MVIC

본 실험에 앞서 근전도 자료의 표준화 작업을 위하여 각 피험자의 근육별 MVIC를 측정하였다. 먼저 상완 굴근(forearm flexors)과 상완 신근(forearm extensors)은 벤치 앞에 앉거나 무릎을 꿇은 자세로, 아래팔을 벤치에 안정적으로 고정시키고 손목에 저항을 주어 측정하였다. 상완 이두근(biceps brachii)은 팔꿈치와 몸통을 안정적으로 고정하고 벤치 앞에 앉거나 무릎을 꿇어 고정시킨 후에 팔꿈치를 어깨 높이에 위치하고 90°로 굽힌 자세에서 측정하였다. 중부 승모근(middle trapezius)은 벤치에 엎드려 몸통을 고정시킨 후, 팔꿈치를 90°로 굽힌 상태로 어깨 높이까지 벌린 자세에서 측정하였다. 하부 승모근(lower trapezius)은 벤치에 앉아 무릎과 몸통을 고정시키고 정면과 측면에서 견

Table 1. Subject characteristics

Variables	n=11
Age (yr)	24.0±1.0
Height (cm)	173.8±5.9
Weight (kg)	73.1±5.8
Body fat (%)	16.8±4.5
Hand length (cm)	19.2±0.8
Grip strength (kg)	50.5±3.8

관절 90°굴곡과 외전 및 팔꿈치를 90°로 굽힌 자세에서 측정하였다. 마지막으로 광배근(latissimus dorsi)은 중부 승모근과 동일한 방법으로 수행하였다. 각 근육별 MVIC는 3초 동안에 3번씩 측정하여 발휘된 근전도 신호의 최대 진폭을 기록하였다[17,18].

2) Pull-up

모든 참가자는 pull-up 운동 전에 어깨 관절의 움직임 및 동적 스트레칭을 10~15분간 준비 운동으로 수행하였다. pull-up 운동 시에 사용된 바(bar)는 직경 2.6 cm이며[19], 그립 두께는 비탄력 테이핑(C-type; Nichiban Co., Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 각 피험자 손 길이의 50% 및 100% 둘레를 제공하였다. pull-up 운동의 준비자세는 회내 그립(pronated grip)을 실시하였으며, 바를 어깨넓이의 100-150%로 잡고 팔꿈치가 신전된 상태에서 시작하여 팔꿈치가 90° 굽혀지는 시점에서 준비자세로 돌아오는 것을 1회로, 반복속도는 1회 반복 시 2초(단축성 수축 1초, 신장성 수축 1초) 동안에 실패할 때까지 수행하였다. 이때 운동 동작, 반동(cheating) 및 반복 속도를 유지할 수 없을 시에는 횟수로 기록하지 않았다.

3) 근전도 분석

각 피험자 근육의 근활성도를 측정하기 위하여 무선 근전도기기(LXM 5308, Laxtha Inc., Korea)의 6개 채널을 사용하였으며, 측정된 근전도 원자료(raw data)에서 근활성도를 관찰하기 위하여 Telescan software (ver. 3.15, LAXTHA, Korea)를 사용하였다. 근활성도를 산출하기 위해 근전도 원신호를 offset control하여 y축 값을 0으로 설정한 다음, 전파 정류된 신호는 20-500 Hz 범위의 대역 필터(bandpass filter)를 사용하여 필터링하였다. 무선 근전도기기의 표면전극은 SENIAM (surface electromyography for non-Invasive assessment of muscle)에서 제안하는 권고사항에 따라 해당 근육에 부착하였다(Table 2) [4,20]. 또한, 신호 간섭으로 인한 노이즈(noise)를 최소화하기 위하여 사전 증폭기가 설치된 표면전극을 사용하였으며, 전극 부착부위는 피부의 각질제거를 위하여 알코올을 이용하여 깨끗이 소독한 후에 근섬유의 방향과 평행하게 부착하였다. Pull-up 운동시 발생한 근육의 활성도를 파악하기 위해서 근육이 발휘되는 파형을 각각 분석하여 산출하였으며, 데이

터 신뢰도 향상을 위해 첫 번째 측정치($r=0.4$)와 마지막 측정치는 제외하고 두 번째 발휘된 값($r=0.9$)부터 사용하였고[21] 산출된 근전도 파형을 Root mean square (RMS) 값으로 정량화하였다.

4. 자료 처리

이 연구의 자료 처리는 통계프로그램 SPSS window 20.0 version (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 기술 통계치(Means \pm SD)를 산출하였고, pull-up 운동 시에 그립 두께에 따른 집단 간의 차이를 비교 분석하기 위하여 종속표본 t-검정(dependent two sample T-Test)을 실시하였으며, 모든 통계적 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 그립 두께에 따른 근활성도

그립 두께에 따른 근활성도는 Table 3에 제시한 바와 같다. 상완 굴근, 상완 이두근, 중부 승모근, 하부 승모근 및 광배근은 HL50과 비교해서 HL100에서 유의하게 높은 것으로 나타났다.

논 의

근력 발달을 위한 트레이닝의 변인으로는 운동 자세, 운동 강도, 반복 횟수 및 휴식 시간 등 여러 가지 변인들이 있으며, 선행연구에서 이러한 변인들을 주제로 연구되었지만, 새로운 자극에 있어 그립 두께에 관련한 연구는 미비한 실정이다. 이 연구에서는 근력 발달을 위한 트레이닝의 변인으로 그립 두께의 활용이 효과적인 방법으로 사용될 수 있는지를 알아보기 위해 pull-up 운동 시 그립 두께에 따른 주동근과 협력근의 근활성도에 미치는 영향을 분석한 결과, 상완 굴근, 상완 이두근, 중부 승모근, 하부 승모근 및 광배근은 일반적인 그립(HL50)과 비교하여 두꺼운 그립(HL100)에서 유의하게 높은 것으로 나타났다. 따라서 pull-up 운동 시 두꺼운 그립을 사용할 경우, 주동근과 협력근에서 근활성도가 높게 나타난 것을 확인하였으며, 이는 효과적인 트레이닝 자극을 주기 위한 변인 중에 하나로써 사용될 수 있다고 생각된다. 근활성도는 근육의 수축과 이완 시에 발생하는 전기적 신호를 가지

Table 2. Attachment of EMG electrode

Muscle	Location
Forearm flexors	one-third of the distance from the medial epicondyle of humerus to the palmar aponeurosis.
Forearm extensors	one-fourth of the distance between the lateral epicondyle of the humerus and the styloid process of the ulna.
Biceps brachii	on the line between the medial acromion and the fossa cubit at 1/3 from the fossa cubit.
Trapezius middle	50% between the medial border of the scapula and the spine, at the level of T3.
Trapezius lower	2/3 on the line from the trigonum spinea to the 8th thoracic vertebra.
Latissimus dorsi	approximately 4 cm below the inferior tip of the scapula, half the distance between the spine and the lateral edge of the torso. two electrodes are oriented in a slightly oblique angle of approximately 25 degrees.

Table 3. Changes in muscle activation according to grip thickness in HL50 and HL100

Exercise muscle	Mean EMG (μV)			
	HL50	HL100	t	p
Forearm flexors	215.7±55.7	260.3±62.8	-4.003	.003**
Forearm extensors	242.4±89.9	262.7±98.0	-1.144	.279
Biceps brachii	392.6±84.3	476.0±92.6	-3.676	.004**
Trapezius middle	183.5±50.5	227.2±73.1	-3.346	.007**
Trapezius lower	280.7±89.3	317.9±94.3	-3.608	.005**
Latissimus dorsi	234.9±69.6	280.7±89.2	-2.807	.019*

Values are means and SD.

HL50, 50% of hand length; HL100, 100% of hand length.

*p < .05, **p < .01.

고 근육의 상태를 측정하는 것으로, 근활성도가 높게 나타나는 것은 운동단위의 동원이 증가하여 보다 큰 힘을 발휘하기 때문이라고 보고하였다[16]. 이 연구에서 pull-up 운동 시 일반적인 그립과 비교하여 두꺼운 그립에서 상완 굴근의 근활성도는 유의하게 높은 것으로 나타났다. 선행연구에 의하면, 두꺼운 그립을 이용한 push-up 운동 시에 전완의 굴곡근 활성화를 증가시켰고, 이로 인해 어깨 안정화 근육의 근활성도가 증가되었다고 보고하였으며[5], Jung & Cho [22]은 손가락 굴근의 근활성화를 통한 움직임이 어깨 안정화 근육의 활성화에 영향을 준다고 하였고, 그립의 지름을 증가시키는 전반적인 목표는 새로운 훈련 자극을 제공하여 전완근의 신경근 활성화를 증가시키고 궁극적으로 악력을 훈련시키는 것이라고 하였다[23]. 또한 평균 크기보다 큰 최적의 그립 크기는 악력을 개선할 수 있다고 보고하였으며[24], Cummings et al. [25]은 Division 1 남자 골프 10명을 대상으로 일반적인 그립(olympic bar, CON)과 두꺼운 그립(fat grip, FG)을 이용한 8주간의 저항운동을 수행한 결과, CON 그룹과 비교해서 FG 그룹에서 골프 수행력(ball speed, carry and drive distance)을 향상시켰다고 보고하였다. 한편, 이 연구에서 pull-up 운동 시 일반적인 그립과 비교하여 두꺼운 그립에서 상완 신근의 근활성도는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 전완(forearm)과 손 굴곡근(hand flexor)은 그립을 잡는데 관여하는 주요 근육인 반면에, 손목 신근(wrist extensors)은 안정성을 제공하는 역할을 한다고 보고되어[12], 그립의 두께가 두꺼워지면서 주요 근육들의 근활성도가 유의미하게 증가하였지만 손목 신근은 근활성도보다는 안정성에 관여하였기 때문이라고 생각된다.

일반적으로 pull-up 운동은 광배근, 중부 및 하부 승모근이 주동근으로 동원되며[26], 상완 이두근은 주관절 굴곡과 회외(supination) 및 견관절 굴곡 기능을 하는 근육으로[27] pull-up 운동 시에 광배근 다음으로 동원되는 근육이다. 선행연구에 의하면, lat pull down 운동 시 전완 근육과 상완 근육의 작용에 의해 광배근이 효율적으로 활성화되지 않을 수 있다고 하였으며, 그립의 악력이 약할 경우에 바를 내리는 동작에서 바를 놓치지 않기 위해 또는 바를 견고하게 잡기 위해 손목

이 먼저 활성화되는데 이 또한 광배근 활성화를 감소시킨다고 하였다[28]. 이에 전완의 개입을 줄기 위해서는 lat pull down 운동을 수행하기에 앞서 전완 근육을 충분히 강화시켜 손목의 사용을 최소화하여야 한다고 주장하였다[28]. 이 연구에서 pull-up 운동 시 일반적인 그립과 비교하여 두꺼운 그립에서 상완 굴근, 상완 이두근, 중부 승모근, 하부 승모근 및 광배근의 근활성도는 유의하게 높은 것으로 나타났다. 국민 체력 기준치에 따르면, 본 연구 대상의 평균 악력은 50.5±3.8로 2등급에 해당되며, 규칙적인 저항운동을 하는 중급자 이상의 수준으로, 선행연구[28]에서 주장한 주동근 운동 수행전에 전완 근육을 강화시켰기에 본 연구에서 협력근 뿐만 아니라 주동근까지 근활성도가 높게 나타난 것으로 생각된다. 또한 Ben et al. [29]은 두꺼운 그립을 이용한 훈련은 팔 크기를 증가시키려는 보디빌더와 악력을 증가시키기 위한 운동선수(레슬링, 암벽등반 및 야구 등) 모두에게 긍정적인 이점을 볼 수 있다고 하였다.

서론에서 언급한 것처럼, pull-up 운동 시 그립 방법(pronated/supinated/neutral/rope grip)과 그립 너비(좁음, 중간, 넓은)에 따른 주동근과 협력근의 근활성도 차이에 관한 연구들은 많이 보고되어 있지만 [4,11,13-15,28], 이 연구에서는 그립 방법 및 너비 차이가 아닌 그립 두께에 차이를 두어 동일한 그립 방법과 너비를 사용했음에도 불구하고 주동근과 협력근의 근활성도에서 유의미한 변화가 나타났다. 따라서, 훈련 프로그램의 여러 변인들 중에 하나로 두꺼운 그립을 사용하는 것은 새로운 자극(stimulation)을 주기 위한 방법으로 생각된다.

결론

이 연구에서 pull-up 운동 시 그립 두께에 따른 주동근과 협력근의 근활성도에 미치는 영향을 분석한 결과, 상완 굴근, 상완 이두근, 중부 승모근, 하부 승모근 및 광배근은 손 길이의 100% 그립 두께에서 유의하게 높은 것으로 나타났다. 따라서 pull-up 운동 시 두꺼운(손 길이의 100%) 그립을 사용할 경우, 주요 근육을 자극하여 활성화 시키는 것을

확인하였다. 향후에는 초보자와 상급자를 대상으로 그림 두께에 따른 근전도 반응과 다양한 그림 두께 및 표면에 따른 운동 수행력에 어떠한 영향을 주는지 보다 상세히 검토할 필요가 있다고 생각한다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: S Seo; Data curation; Formal analysis: S Ko; Funding acquisition; Methodology: S Ko; Project administration: S Seo; Visualization; Writing-original draft: S Seo; Writing-review & editing.

ORCID

Sang-Won Seo <https://orcid.org/0000-0002-5385-6780>
 Sung-Sik Ko <https://orcid.org/0000-0002-5274-3127>
 Keun-Ok An <https://orcid.org/0000-0001-6792-3617>

REFERENCES

- Kritz M, Cronin J, Hume P. Screening the upper-body push and pull patterns using body weight exercises. *J Strength Cond Res.* 2010;32(3):72-82.
- Kritz MF, Cronin J. Static posture assessment screen of athletes: benefits and considerations. *J Strength Cond Res.* 2008;30(5):18-27.
- Gregory JL, Day DB, Angela L, Nicole M, Andrea N. Variations in muscle activation levels during traditional latissimus dorsi weight training exercises: an experimental study. *Dyn Med.* 2004;3(4):1-5.
- James AD, James AF, Matthew JB, Sally DL. Electromyographic analysis of muscle activation during pull-up variations. *J Electromyogr Kines.* 2017;32:30-6.
- Lee SY, Jung JM, Hwangbo G. The effects on shoulder stabilizer activation of finger flexor activation during the push-up plus exercise. *J Phys Ther Sci.* 2011;23(4):575-7.
- Joseph FS, Attila JZ, Steven PS. A comparative electromyographical investigation of muscle utilization patterns using various hand positions during the lat pull-down. *J Strength Cond Res.* 2002;16(4):539-46.
- Ronai P, Scibek E. The pull-up. *J Strength Cond Res.* 2014;36(3):88-90.
- Lee HY. A study on muscle activity and fatigue change pattern on shot time isometric works [Thesis]. Seoul: University of Seoul 2006.
- Gu HM, Chae WS, Kang NJ, Yoon CJ, Jang JI. Comparative analysis of muscle activity and ground reaction force between skilled and unskilled player during a free throw, *Korean Journal of Sport Biomechanics.* 2009;19(2):347-57.
- Andersen LL, Andersen CH, Mortensen OS, Poulsen OM, Bjornlund IB, et al. Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises, comparison of dumbbells and elastic resistance. *Phys Ther.* 2010;90(4):538-49.
- Handa T, Kato H, Hasegawa S, Okada J, Kato K. Comparative electromyographical investigation of the biceps brachii, latissimus dorsi, and trapezius muscles during five pull exercises. *JPN J Phys Fit Sport.* 2005; 54(2):159-68.
- Nicholas AR, Avery DE, Gerald TM, Jay RH, Jie K. Acute muscular strength assessment using free weight bars of different thickness. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):240-4.
- Koehler JD. How grip variation effects shoulder complex muscle activation during the pull-up. 2020 Spring 867; Retrieved from <https://scholar.valpo.edu/cus/867>
- Kelly LM Leslie, Paul C. The effect of grip width and hand orientation on muscle activity during pull-ups and the lat pull-down. *J Strength Cond Res.* 2013;35(1):75-8.
- Lee Y, Lim BO. Effects of grip width and hand orientation on muscle activities of upper body during the lat pull-down. *Korean J Sport Sci.* 2017;28(3):556-65.
- Maren SF, Eduardo LC, Sandor D, Mikel I, William JK, et al. Resistance training for older adults: position statement from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res.* 2019;33(8):2019-52.
- Jeffrey RC. The history of surface electromyography. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2003;28(2):81-91.
- Kendall FP, Provance PG, McCreary EK. *Muscles testing and function, with posture and pain*(4th ed.). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins. 2015.
- Kristin AH, Jerry LM, Colleen M, Joe F. Relationship of 1 repetition maximum lat-pull to pull-up and lat-pull repetitions in elite collegiate women swimmers. *J Strength Cond Res.* 2019;23(5):1496-502.
- Danuta RL, Pawel B. The influence of wrist posture on the time and

- frequency EMG signal measures of forearm muscles. *Gait Posture*. 2013;37(3):340-44.
21. Konrad P. *The ABC of EMG: a practical introduction to kinesiological electromyography*. noraxon USA, Inc., Scottsdale, AZ. 2005.
22. Jung J, Cho W. Effects of push-up exercise on shoulder stabilizer muscle activation according to the grip thickness of the push-up bar. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(9):2995-7.
23. Sorin B. Grip training for the athlete. *J Strength Cond Res*. 2001;23(5):45-6.
24. Blackwell JR, Kornatz KW, Heath EM. Effect of grip span on maximal grip force and fatigue of flexor digitorum superficialis. *Appl Ergon*. 1999;30(5):401-5.
25. Cummings PM, Waldman HS, Krings BM, Smith JW, McAllister MJ. Effects of fat grip training on muscular strength and driving performance in division i male golfers. *J Strength Cond Res*. 2018;32(1):205-10.
26. Nick E. *Bodyweight strength training anatomy*. New York: Human Kinetics. 2013.
27. Jenkins DB. *Hollinshead's functional anatomy of the limbs and back* (8th Ed.). Philadelphia, PA: W. B. Saunders Company. 2002.
28. Kang KH. The study about lat pull down exercise to enhance latissimus dorsi muscle. *Korean Society for Wellness*. 2017;12(3):545-52.
29. Ben MK, Brandon DS, Jon CS, Alana JT, Harish C, et al. Impact of fat grip attachments on muscular strength and neuromuscular activation during resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2019;23:1-6.