

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2022. 09. Vol. 29, No.3, pp. 48-55

다양한 지지면에서 푸쉬업 플러스 운동이 20대 건강한 성인의 어깨 안정화 근육 두께에 미치는 영향

정진규 · 박재철

전남과학대학교 물리치료과

Effect of push-up plus exercise on shoulder stabilization muscle thickness in healthy adults in their twenties on various support surfaces

Jin Gyu Jeong, Ph.D., P.T. · Jae Cheol Park, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Chunnam Techno University

Abstract

Background: The purpose of this study is to examine the effect of push-up plus exercise on the changes in the thickness of the trapezius trapezius, serratus anterior and pectoralis major muscles involved in shoulder stability in various support surfaces.

Design: Randomized controlled trial.

Methods: The thickness change of the shoulder stabilizing muscle was measured using an ultrasound device. Corresponding t-test was performed to confirm the change within the group before the experiment and after 5 weeks. And one-way ANOVA was used to confirm the change between groups after 5 weeks. As a post hoc test, the least significant difference test was performed, and the significance level was set to $\alpha=0.05$.

Results: Changes in the thickness of the trapezius muscle within the group were significantly different between UPEG and SPEG after 5 weeks ($p<0.05$), and there was a significant difference between groups after 5 weeks ($p<0.05$). Changes in the thickness of the serratus anterior and pectoralis major muscle within the group were significantly different after 5 weeks

in PEG, UPEG and SPEG ($p<0.05$), and the changes between the groups were significantly different in the serratus anterior muscle after 5 weeks ($p<0.05$).

Conclusion: From the results of this study, it was found that the push-up exercise on an unstable support surface was effective for strengthening the trapezius upper and serratus anterior. This study intends to suggest the possibility of application as basic data for a push-up plus exercise program in clinical practice.

Key words: exercise performance, instability, push-up plus.

교신저자

박재철 교수
전남 곡성군 옥과면 대학로 113
T: 061-360-5353, E: tldnjs74@naver.com

I. 서론

인체 관절 중 어깨 관절은 가동범위가 가장 넓고 불안정하여 잘못된 움직임과 어깨뼈의 동적 안정성의 부전은 목과 어깨 주변 조직의 상해와 기능 부전을 유발하는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2007). 어깨의 안정성을 위한 근육으로는 등세모근과 앞톱니근이 포함되고(Hess, 2000; Lear과 Gross, 1998) 큰가슴근과 어깨세모근 등도 영향을 미친다. 어깨 주변 근육들의 약화나 손상은 어깨뼈의 위치 이상이나 통증 및 이상 운동의 증상이 발생하는 어깨뼈 운동장애(shoulder scapular dyskinesis)의 질환을 유발하기도 한다. 특히 앞톱니근은 어깨뼈를 위쪽 돌림(upward rotation)과 뒤기울임(posterior tilt)의 움직임을 만들기 때문에 날개 어깨뼈(winging scapula) 방지에 있어 중요한 역할을 한다(Inman과 Abbott, 1996). 어깨 관절 질환 예방과 증재에 있어 신경근 조절과 어깨 주변 근육의 근력과 지구력 증진은 중요한 부분이며(Bleichert 등, 2017) 어깨 관절 주변 조직의 능력을 개선하기 위한 적절한 운동 방법의 선택은 성공적인 증재 결과를 결정하는 중요하다(Castelein 등, 2017; Steuri 등, 2017).

어깨뼈 안정성을 위한 전통적 운동 프로그램은 열린 사슬 운동이 이용되어 왔는데 최근 연구에는 닫힌 사슬 운동이 이용되고 있다(Hardwick 등, 2006). 닫힌 사슬 운동은 중력과 체중에 의해 발생하는 하중을 이용하여 고유 수용성 입력 증가를 통해 신경근 조절을 강화하고 공동 수축을 촉진하여 어깨의 안정성 증가를 위한 중요한 방법이다(Lephart 등, 1997). 어깨에 적용 가능한 닫힌 사슬 운동으로는 안정 지지면에서 푸쉬업 운동(push-up)이 있으며 어깨의 동적 안정성을 증가시키기 위한 방법으로 이용되고 있다(Wright 등, 2018). 하지만 이러한 운동은 가슴 근육과 팔의 근육을 강화에 중점을 둔 운동으로 날개 어깨뼈를 방지하는 앞톱니근의 강화에는 제한적이다. 이러한 단점을 고려하여 개발된 푸쉬업 플러스 운동은(push-up plus) 푸쉬업 운동에서 어깨뼈 내밌(protraction)의 움직임을 추가하여 아래등세모근과 앞톱니근의 활성화를 더욱 증가 시키는 것으로 알려져 있다(Hardwick 등, 2006; Ludwig 등, 2004). 또한, 운동 난이도를 조절하기 위해 불안정 지지면과 같은 도구를 이용하는데 불안정 지지면에서 실시되는 푸쉬업 플러스 운동은 다양한 어깨 주변 근육을 동시수축을 통해 어깨 안정성의 증가에 기여하고 있다(Lee 등, 2013). 이러한 운동은 특정 근육을 대상으로 근육의 활성 수준을 변경할 수 있어 추가적으로 어깨 주변 근육의 강화를 위해 임상에서 자주 이용되고 있다.

관련 연구로는 다양한 지지면을 적용한 푸시업 플러스 운동(Seo 등, 2013), 자세 변경을 통한 푸쉬업 플러스 운동(San Juan 등, 2015), 슬링에서 푸쉬업 플러스 운동(Jeong 등, 2014) 등이 있으며 벽을 이용한 푸쉬업 플러스 운동(Lunden 등, 2010)도 확인할 수 있었다.

하지만 현재까지의 선행연구들은 표면근전도를 이용한 근활성도의 변화를 파악하는데 중점을 두었으나 다양한 지지면에서 운동 적용 이후 근육의 구조적 특성인 근육 두께 변화를 파악하려는 시도는 부족한 실정이다. 그러므로 본 연구는 푸쉬업 플러스 운동을 다양한 지지면에서 적용하여 어깨 안정화에 영향을 미치는 등세모근과 앞톱니근, 큰가슴근의 두께 변화를 확인하고자 하며 임상에서 어깨 증재 운동 프로그램의 기초 자료로 활용 가능성을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구대상자는 N 지역에 있는 대학의 20~30대 건강한 성인 남성 30명을 대상으로 하여 푸쉬업 플러스 운동군

(push-up plus exercise group; PEG) 10명, 불안정 지지면 푸쉬업 플러스 운동군(unstable push-up plus exercise group; UPEG) 10명, 슬링 푸쉬업 플러스 운동군(sling push-up plus exercise group; SPEG) 10명으로 무작위 배정방식인 제비뽑기 방법을 이용하여 분류였다. 모든 대상자에게 연구의 목적 및 운동 방법을 설명하고 자발적으로 실험 참여를 표시한 자로 하여 동의서를 작성한 후에 실시하였다. 대상자 선정 기준으로는 1) 주 2회 이상 정기적으로 운동을 하지 않는 자 2) 근뼈대계 질환이 없는 자 3) 본 연구 운동 방법을 이해하고 수행 가능한 자로 하였다.

2. 운동 방법

본 연구의 푸쉬업 플러스 운동군의 운동을 위해 Kim과 Lee(2019)의 운동 방법을 수정하여 이용하였다. 양팔과 양다리를 어깨너비만큼 벌리고, 어깨관절을 90° 굽힘, 엉덩관절과 무릎관절은 90° 굽힘 자세로 네발기기 자세로 만들어 어깨뼈 내밌 운동을 최대 범위에서 5초간 유지한 후 뒤당김을 하여 시작 자세로 되돌아오는 것을 1회로 하였다. 운동 간 3초간 휴식이 주어졌으며 해당 운동을 15회 반복하여 1세트로 정하였다. 운동은 총 3세트를 하였고 프로그램은 주 3회 5주간 실시하였다. 불안정 지지면 푸쉬업 플러스 운동군은 양손에 도구(TOGU, Dynamiv aircushion DEKO, Germany, 2015)를 적용하여(전혜림과 김경훈, 2018) 푸쉬업 플러스 운동과 동일한 시간과 기간을 적용하였다. 슬링 푸쉬업 플러스 운동군은 슬링(MR-001, marpe2000, KOREA, 2012)을 이용하여 푸쉬업 플러스 운동군 자세와 동일한 자세에서 손잡이 부분을 지면과 30cm 정도 떨어진 위치에 조절하여 운동을 적용하였고(윤희강과 이홍균, 2017) 푸쉬업 플러스 운동과 동일한 시간과 기간을 적용하였다.

3. 측정도구 및 측정방법

어깨 근육 두께 측정을 위해 초음파영상장치(MyLab25Glod Esaote, Italy, 2010)를 이용하였다. 주파수 변조 범위는 10MHz를 이용하였고, 변환기는 7.5MHz 선형탐촉자를 이용하였다. 위등세모근은 바로 앉은 자세에서 어깨뼈 봉우리와 7번째 목뼈의 중간 지점에서 근막과 근막 사이를 근육 두께로 정하여 측정하였다. 앞뿔근의 두께는 앉은 자세에서 어깨 85° 굽힘 45° 수평 벌림 상태로 테이블 위에 올려놓고 겨드랑이 중심선과 어깨뼈 아래 각의 수직 교차지점에서 측정하였다. 큰가슴근은 바로 누운 자세에서 손을 뒤침을 하여 겨드랑이가 접히는 앞쪽 아래 면에 변환기를 가로로 위치하여 측정하였다(이완희, 2018). 모든 근육은 우측 근육만 측정하여 3회 반복 측정을 하여 그 평균값을 이용하였고 지워지지 않는 수술용 펜을 이용하여 표시해 획득하였다. 모든 자료는 초음파 영상 관련 업무를 5년 이상 한 물리치료사 1인을 선정하여 측정하였다.

4. 자료 분석

본 연구를 통해 확인된 모든 자료는 SPSS 21.0(SPSS Inc., Chicago, USA) 통계 프로그램을 이용하였다. 대상자 정규분포를 확인하기 위해 Shapiro-wilk 검정을 하여 정규분포가 인정되어 집단 내 변화를 비교하기 위해 대응 표본 t-검정(paired t-test)를 하였고, 집단 간 변화를 비교하기 위해 일원배치분산분석(one way ANOVA)를 하였다. 사후검정으로는 최소유의차 검정(LSD)를 이용하였으며 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구의 푸쉬업 플러스 운동군(push-up plus exercise group PEG)에 참여한 대상자는 남성 10명으로 평균 신장은 176.33±3.25cm, 평균 연령은 23.83±1.02세, 평균 몸무게 74.66±9.74kg이다. 불안정 지지면 푸쉬업 플러스 운동군(unstable push-up plus exercise group UPEG)에 참여한 대상자는 남자 10명으로 평균 신장은 173.08±8.29cm, 평균 연령은 21.83±1.33세, 평균 몸무게 71.08±8.29kg이다. 슬링 푸쉬업 플러스 운동군(sling push-up plus exercise group SPEG)에 참여한 대상자는 남자 10명으로 평균 신장은 173.91±8.29cm, 평균 연령은 23.50±2.02세, 평균 몸무게 72.91±8.29kg이며 나타났으며 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다<Table 1>.

Table 1. General characteristic of subjects (n=30)

	PEG (n=10)	UPEG (n=10)	SPEG (n=10)	p
Height (cm)	176.33±3.25	173.08±8.29	173.91±8.29	0.196
Age (years)	23.83±1.02	21.83±1.33	23.50±2.02	0.196
Weight (kg)	74.66±9.74	71.08±8.29	72.91±8.29	0.361

Mean±SD, PEG=push-up plus exercise group; UPEG=unstable push-up plus exercise group; SPEG=sling push-up plus exercise group.

2. 위등세모근 두께 변화

중재 방법에 따른 위등세모근의 집단 내 두께 변화는 PEG는 5주 후에 유의한 차이가 없었고($p>0.05$), UPEG와 SPEG는 5주 후에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 있었고 사후검정 결과 PEG와 UPEG에서, UPEG와 SPEG에서 5주 후에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)<Table 2>.

3. 앞뿔니근 두께 변화

중재 방법에 따른 앞뿔니근의 집단 내 두께 변화는 PEG와 UPEG, SPEG에서 5주 후에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 집단 간 변화에서도 유의한 차이가 있었고 사후검정 결과 PEG와 UPEG에서, UPEG와 SPEG에서 5주 후에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)<Table 2>.

4. 큰가슴근 두께 변화

중재 방법에 따른 큰가슴근의 집단 내 두께 변화는 PEG와 UPEG, SPEG에서 5주 후에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 집단 간 변화에서는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)<Table 2>.

Table 2. A comparison of between pro-post (mm)

		PEGa)	UPEGb)	SPEGc)	F	$p^3)$	Post-hoc
UTT	Pre	10.58±0.69	10.61±0.73	10.26±1.02	5.071	0.013*	a<b b>c
	Post	10.70±0.49	11.48±0.79	10.50±1.04			
	Difference ¹⁾	0.11±0.21	0.86±0.46	0.23±0.32			
	t	1.714	5.930	2.293			
	$p^2)$	0.121	0.000**	0.048**			
SAT	Pre	6.80±0.75	6.68±0.58	6.69±0.45	4.361	0.023*	a<b b>c
	Post	7.26±0.81	8.09±0.91	7.13±0.60			
	Difference ¹⁾	0.46±0.29	1.49±0.51	0.44±0.31			
	t	4.877	8.694	4.406			
	$p^2)$	0.001**	0.000**	0.002**			
PMT	Pre	6.85±1.06	6.74±0.75	6.83±0.54	2.504	0.101	
	Post	7.45±1.14	8.15±1.01	7.24±0.63			
	Difference ¹⁾	0.60±0.32	1.41±0.52	0.40±0.39			
	t	5.928	8.578	3.299			
	$p^2)$	0.000*	0.000**	0.009*			

Mean±SD, * $p<0.05$, ** $p<0.001$, PEG=push-up plus exercise group; UPEG=unstable push-up plus exercise group; SPEG=sling push-up plus exercise group; UTT=upper trapezius thickness; SAT=serratus anterior thickness; PMT=pectoralis major thickness,

¹⁾Difference: post-pre, ²⁾Paired t-test, ³⁾one way ANOVA.

IV. 고 찰

본 연구는 건강한 성인 남성 30명을 대상으로 다양한 지지면에서 푸쉬업 플러스 운동이 어깨 안정성에 관여하는 근육인 등세모근과 앞톱니근, 큰가슴근의 구조적 변화인 두께 변화를 확인하는 데 목적이 있다. 푸쉬업 플러스 운동은 어깨 복합적인 병리의 증재로써 유용성이 높은 운동 방법이지만 다양한 지지면 적용이 근육의 동원 능력의 결과인 두께 변화에 대한 비교 증거는 부족하여 본 연구를 설계하였고 다음과 같은 결과를 확인하였다.

위등세모근의 실험 전과 5주 후 변화에서 UPEG와 SPEG에서 유의한 차이가 있었다. 앞톱니근과 큰가슴근은 PEG, UPEG, SPEG에서 유의한 차이가 있었다. 사후검정 결과 위등세모근은 PEG와 UPEG에서, UPEG와 PEG에서 유의한 차이가 있었고, 앞톱니근은 PEG와 UPEG에서, UPEG와 SPEG에서 유의한 차이가 있었다.

어깨의 안정성을 회복하기 위해 앞톱니근과 주변 근육의 강화를 높이는 적절한 운동 방법의 개발은 필요하다(장준혁 등, 2003). 안정면에서 푸쉬업 플러스 운동은 어깨 안정화 근육의 강화에 효과적으로 작용하는 것으로 알려져 있다. 관련 연구를 보면 San Juan 등(2015)은 22명을 대상으로 푸쉬업 플러스를 적용하여 등세모근과 앞톱니근의 근활성도 연구에서 푸쉬업 플러스 운동은 푸쉬업 운동에 비해 앞톱니근의 근활성도를 더욱 증가시켰다고 보고하였다. Kowalski 등(2021)의 연구에서도 푸쉬업 플러스 운동은 푸쉬업 운동보다 위등세모근의 활동은 감소시키고 앞톱니근은 더욱 활성화 시킨다고 하여 본 연구에서 확인한 등세모근과 앞톱니근의 결과와 비슷한 결과

를 확인할 수 있었다. 네발기에서 푸쉬업 플러스는 운동 마지막 시점에서 어깨뼈 내뿔 동작의 추가하는 방법으로 앞뿔근은 어깨뼈 안정화를 제공하고 어깨뼈 내뿔을 생성하기 위해 동적으로 작용하기 때문에 이와 같은 운동 방법은 위등세모근의 과활동성이 있는 사람에게 이상적인 훈련이라고 하여(Kowalski 등, 2021) 본 연구 결과와 일치함을 확인할 수 있었다. 뼈 운동형상학적 관점에서 보면 어깨뼈 내뿔 동작은 등을 굽힘 시키며 빗장뼈 머리는 들임(retraction)을 하게 되며, 위팔뼈는 가로 모음과 안쪽 돌림이 되며 운동을 하므로(Neumann, 2011) 빗장뼈에 부착된 큰가슴근의 수축을 유도하게 되어 결과적으로 PEG에서 큰가슴근의 두께 증가를 보여 UPEG와 SPEG에서 집단 간에 유의한 차이가 발생하지 않은 것으로 생각된다. 하지만 증가 폭을 보면 UPEG가 1.41mm 증가를 했고 PEG는 0.60mm, SPEG는 0.40mm의 순서로 변화를 보여 기간을 늘려 확인해볼 필요성이 있다.

지지면의 불안정성은 다양한 근육을 추가적으로 강화할 수 있다. Torres 등(2017)는 불안정 지지면에서 푸쉬업 플러스 운동은 앞뿔근과 등세모근의 중간과 하부 섬유근의 근활성도의 증가를 보고하였고, 전해림과 김경훈(2018)은 푸쉬업 플러스 운동 시 지지면이 불안정 할수록 앞뿔근과 위등세모근의 근활성도가 증가 한다고 보고 하였다. 근육 두께 변화 연구에서는 Kim과 Lee(2019)는 안정 지지면과 불안정 지지면을 이용하여 네발기 자세에서 푸쉬업 플러스 운동 적용은 위등세모근과 앞뿔근, 큰가슴근의 두께를 증가시킨다고 보고하여 위등세모근과 앞뿔근 변화에서 본 연구와 비슷하였다. 이런 결과는 불안정 지지면에서 운동은 바닥에서 발생하는 외적 동요가 어깨 주변 근육의 불안정성으로 작용하고 안정성 증가를 위해 추가로 동시 수축을 한 결과로 생각되며(Behm과 Colado Sanchez, 2013) 앞뿔근 강화를 위해서는 안정 지지면보다 불안정 지지면에서 운동이 더욱 효과적이라고 하였다(Park과 You, 2011). 따라서 본 연구에서 불안정 지지면에서 푸쉬업 플러스운동이 어깨 안정성에 관여하는 앞뿔근의 근활성도를 증가시켰고 불안정면에서 오는 불안정성으로 인해 큰가슴근과 위등세모근의 근육의 두께를 증가 시킨 것으로 생각된다.

불안정 지지면과 비슷한 효과를 가져오는 슬링 운동은 어깨 주변 근육인 아래등세모근과 가시아래근, 앞뿔근의 근활성도를 증가 시킨다고 하였다(Kim과 Kim, 2017). 하지만 본 연구에서 슬링에서 푸쉬업 플러스 운동은 PEG나 UPEG보다 모든 근육의 증가 폭이 작았다. 이러한 이유로는 본 연구에서 실시한 슬링을 이용한 운동 방법에서 해답을 찾을 수 있다. 슬링 운동은 불안정 지지면의 효과와 닫힌 사슬 운동 효과로 인해 어깨 주변 근육에 이득이 발생하지만(De mey 등, 2014) 본 연구에서 슬링 손잡이 부분이 바닥과 30cm 떨어져 있고 상체가 45° 기울어진 운동 자세로 인한 결과로 생각된다. 이러한 자세는 팔을 통해 전달되는 저항은 상대적으로 줄어들고 어깨에서 사용되는 근육의 요구량도 감소한다(Giancotti 등, 2018). 상체의 기울임은 중력의 감소와 무게 중심이 몸통 쪽으로 분산되어 팔보다 다리 또는 몸통의 근육 수축을 동원하여 SAT와 PMT의 변화에서 PEG와 UPEG에 비해 증가 폭이 작은 것으로 생각되며 본 연구에서 몸통과 다리의 근육 두께 변화를 확인하지 않아 아쉬움이 남는다.

본 연구는 적은 기간과 어깨뼈 이상이 있는 근.뼈대계 질환을 대상으로 하지 않고 건강한 성인을 대상으로 하였고 다양한 근육의 두께를 확인하지 않아 일반화하기는 어렵다. 하지만 본 연구를 통해 얻은 효과는 긍정적으로 생각된다. 향후 다양한 질환과 연령층을 대상으로 더욱 긴 연구 기간과 함께 본 연구에서 확인 하지 못한 몸통과 다리의 여러 근육의 두께를 확인해볼 필요성이 있다.

V. 결론

본 연구는 건강한 성인 20~30대 남성을 대상으로 다양한 지지면을 적용하여 위등세모근과 앞뿔근, 큰가슴근의 두께 변화를 확인하여 불안정 지지면에서 푸쉬업 플러스 운동 적용은 위등세모근과 앞뿔근의 두께 변화에 효과적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 향후 임상에서 다양한 지지면을 이용한 푸쉬업 플러스 운동의 중재

프로그램과 푸쉬업 플러스 운동의 기초자료로 활용되길 바란다.

참고문헌

- 이완희. 재활 영상해부학. 서울: 대한나래출판사. 2018;130-42.
- 윤희강, 이훈균. 슬링과 안정한 면에서 푸쉬업 플러스 운동이 머리 전방 자세성인의 근활성도와 폐기능에 미치는 영향. 한국산학기술학회논문지. 2017;18(4):624-31.
- 전혜림, 김경훈. 네발기기 자세에서 지지면에 따라 뉴렉기법을 적용한 슬링이 어깨 안정화 근육에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2018;25(2):24-34.
- 장준혁, 구봉오, 김선엽. 익상견갑에 대한 전거근 운동: 증례 보고. 대한정형도수치료학회지. 2003;9(2):69-77.
- Behm DG, Colado Sanchez JC. Instability resistance training across the exercise continuum. Sports health. 2013;5(6):500-3.
- Bleichert S, Renaud G, MacDermid J, et al. Rehabilitation of symptomatic atraumatic degenerative rotator cuff tears: A clinical commentary on assessment and management. J Hand Ther. 2017;30(2):125-35.
- Castelein B, Cagnie B, Cools A. Scapular muscle dysfunction associated with subacromial pain syndrome. J Hand Ther. 2017;30(2):136-46.
- De mey K, Danneels L, Cagnie B, et al. Shoulder muscle activation levels during four closed kinetic chain exercises with and without Redcord slings. J Strength Cond Res. 2014;28(6):1626-35.
- Giancotti GF, Fusco A, Varalda C, et al. Biomechanical analysis of suspension training push-up. J Strength Cond Res. 2018;32(3):602-9.
- Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK, et al. A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. J Orthop Sports Phys Ther. 2006;36(12):903-10.
- Hess S. Functional stability of the glenohumeral joint. Man Ther. 2000;5(2):63-71.
- Inman VT, Abbott LC. Observations of the function of the shoulder joint. Clin Orthop Relat Res. 1996;330:3-12.
- Jeong SY, Chung SH, Shim JH. Comparison of upper trapezius, anterior deltoid, and serratus anterior muscle activity during push-up plus exercise on slings and a stable surface. J Phys Ther Sci. 2014;26(6):937-9.
- Kim DH, Kwon OY, Yi CH, et al. The effects of 4-week serratus anterior strengthening exercise program on the scapular position and pain of the neck and interscapular region. Phys Ther Korea. 2007;14(4):58-65.
- Kim HS, Lee KC. Comparison of thickness changes of scapula stabilization muscles according to the position of unstable support surface during push-up plus exercise. AOSPT. 2019;15(2):19-25.
- Kim JW, Kim YN. Effect of Sling Exercise on Muscle Activity and Pain in Patients with Rotator Cuff Repair. J Kor Phys Ther. 2017;29(2):45-9.
- Kowalski K, Connelly DM, Jakobi JM, et al. Shoulder electromyography activity during push-up variations: A scoping review. Shoulder & Elbow. 2021;6:1-15.
- Lear LJ, Gross MT. An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression. J Orthop Sports Phys Ther. 1998;28(3):146-57.
- Lee S, Lee D, Park J. The effects of changes in hand position on the electromyographic activities of the shoulder stabilizer muscles during push-up plus exercises on unstable surfaces. J Phys Ther Sci. 2013;25(1):125-8.
-

- Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL, et al. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med.* 1997;25(1):130-7.
- Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, et al. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *Am J Sports Med.* 2004;32(2):484-93.
- Lunden JB, Braman JP, LaPrade RF, et al. Shoulder kinematics during the wall push-up plus exercise. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(2):216-23.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation.* Amsterdam: Elsevier Health Sciences. 2011:133-40.
- Park SY, Yoo WG. Differential activation of parts of the serratus anterior muscle during push-up variations on stable and unstable bases of support. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011;21(5):861-7.
- San Juan JG, Suprak DN, Roach SM, et al. The effects of exercise type and elbow angle on vertical ground reaction force and muscle activity during a push-up plus exercise. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16(1):1-9.
- Seo SH, Jeon IH, Cho YH, et al. Surface emg during the push-up plus exercise on a stable support or swiss ball: Scapular stabilizer muscle exercise. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(7):833-7.
- Steuri R, Sattelmayer M, Elsig S, et al. Effectiveness of conservative interventions including exercise, manual therapy and medical management in adults with shoulder impingement: A systematic review and meta-analysis of RCTs. *Br J Sports Med.* 2017;51(18):1340-7.
- Torres RJ, Pirauá AL, Nascimento VY, et al. Shoulder muscle activation levels during the push-up-plus exercise on stable and unstable surfaces. *J Sport Rehabil.* 2017;26(4):281-6.
- Wright AA, Hegedus EJ, Tarara DT, et al. Exercise prescription for overhead athletes with shoulder pathology: A systematic review with best evidence synthesis. *Br J Sports Med.* 2018;52(4):231-7.
-