

## 무릎 푸시업 플러스 동작의 슬링과 진동기 적용이 정상인의 체간 근육 근활성도 변화에 미치는 영향

김유신<sup>†</sup>

중원대학교 스포츠지도전공, 교수  
(2020년 1월 17일 접수: 2019년 2월 18일 수정: 2020년 2월 19일 채택)

### The Effects of Sling and Vibrator Application of Knee Push-Up Plus Motion on Trunk Muscle Activities in Healthy Subjects

You-Sin Kim<sup>†</sup>

*Major of Sports Coaching, College of Science and Engineering, Jungwon University,  
Goesan-gun, Chungbuk, 28024, Republic of Korea*

*(Received January 17, 2020; Revised February 18, 2020; Accepted February 19, 2020)*

**요약** : 본 연구의 목적은 무릎 푸시업 플러스 동작 시 슬링과 진동기 적용이 체간 근육의 근활성도 변화에 미치는 영향에 대해 알아보는 것이었다. 본 연구의 대상자는 신체 건강한 20대 남성 10명을 대상으로 실시하였고(연령,  $23.00 \pm 0.45$  세; 신장,  $176.60 \pm 1.64$  cm; 체중,  $67.50 \pm 1.22$  kg; 신체질량지수,  $21.65 \pm 0.34$  kg/m<sup>2</sup>), 3가지의 기본 무릎 푸시업 플러스 동작, 슬링을 적용한 무릎 푸시업 플러스 동작, 및 진동기를 적용한 무릎 푸시업 플러스 동작을 수행하였으며, 표면전극 부착 부위는 체간 근육의 오른쪽 상부 승모근, 대흉근, 전거근, 복직근, 및 외복사근으로 설정하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다. 승모근, 대흉근, 전거근, 복직근, 및 외복사근의 근활성도는 진동기를 적용한 무릎 푸시업 플러스 동작 시 통계적으로 가장 높게 나타났다( $p < .001$ ). 따라서 본 연구의 결과는 향후 무릎 푸시업 플러스 동작 적용 시 효과적인 체간 근육을 강화시키기 위한 트레이닝 프로그램의 기초자료가 될 것으로 기대된다.

**주제어** : 무릎 푸시업 플러스, 슬링, 진동기, 체간 근육, 근활성도

**Abstract** : The purpose of this study was to investigate the effects of sling and vibrator application of knee push-up plus motion on trunk muscle activities. Ten healthy adult males (age,  $23.00 \pm 0.45$  years; height,  $176.60 \pm 1.64$  cm; body mass,  $67.50 \pm 1.22$  kg; and BMI,  $21.65 \pm 0.34$  kg/m<sup>2</sup>) were participated in this study as subjects. Three types' knee push-up plus motions were performed (basic knee push-up plus motion, BKPP; knee push-up plus motion with sling, KPPS; knee push-up plus motion with vibration, KPPV). We measured the right side's trunk muscle activities of the upper trapezius (UT), pectoralis major (PM), serratus anterior (SA), rectus abdominis (RA), and external

---

<sup>†</sup>Corresponding author  
(E-mail: [generalysk@jwu.ac.kr](mailto:generalysk@jwu.ac.kr))

oblique(EO). The research findings were as follows. UT, PM, SA, RA, and EO muscle activities were greatest during KPPV( $p<.001$ ). These results are expected to serve as reference materials for knee push-up plus motion applications in training programs for trunk muscle strengthening.

*Keywords* : Knee push-up plus, Sling, Vibrator, Trunk muscle, Muscle activity

## 1. 서론

푸시업 플러스 운동(push-up plus exercise)은 손바닥을 지면에 고정시켜 실시하는 닫힌 사슬 운동(closed kinetic chain exercise)으로써 지구력 및 근력 강화를 증진시킬 수 있을 뿐만 아니라 각각의 관절면에 기계적인 압력을 제공하여 여러 견관절(shoulder joint) 주변 근육의 협응 수축(co-contraction)을 일으킬 수 있다[1]. 푸시업 플러스 운동은 여러 변형된 형태로 재활환자 및 일반인의 수준에 맞게 활용되어지고 있는데, 표준 푸시업 플러스(standard push-up plus)와 팔꿈치를 지지하고 실시하는 팔꿈치 푸시업 플러스(elbow push-up plus), 무릎을 꿇고 실시하는 무릎 푸시업 플러스(knee push-up plus) 및 엎드리지 않고 벽을 밀고 실시하는 벽 푸시업 플러스(wall push-up plus) 등으로 나뉘어 사용되고 있다[2]. 이러한 이유는 표준 푸시업 플러스 운동은 재활운동 프로그램에 있어서 상지 부분에 체중의 약 35% 정도의 부하를 줄 수 있으므로 운동선수나 일반인이 아닌 재활환자에게 임상에서 적용하기에는 다소 위험부담이 있기 때문이다[1,2]. 변형된 푸시업 플러스 운동 중 무릎 푸시업 플러스 운동은 기존의 선행연구 사례에 의하여 그 효과가 입증되었는데, Decker[3]는 무릎 푸시업 플러스 운동과 표준 푸시업 플러스 운동을 비교한 결과, 무릎 푸시업 플러스에서의 운동은 힘이 덜 드는데 반해, 표준 푸시업 플러스 운동과 비슷한 정도의 전거근(serratus anterior) 근활성도가 발현되기 때문에 효율적인 운동이라고 보고하였다. 이와 더불어 푸시업 플러스 운동방법 중에 슬링(sling)의 적용과 진동(vibration)의 적용이 근활성도 변화에 영향을 준다는 연구 사례들도 있다. 먼저 슬링의 적용과 관련된 연구 사례를 살펴보면 Vikne, Oedegaard, Laerum, Ihleback, & Kirkesola[4]는 슬링 운동이 흔들리는 줄과 여러 보조도구를 사용하여 움직임을 수행하는 신경근 조절(neuromuscular control) 기법으로써 신체

몸무게를 견인하여 관절의 부담감을 감소시켜 줄 수 있을 뿐만 아니라 통증으로 인해 억제된 근육 활동을 동적-정적 수축(dynamic-static contraction)으로 신경근을 자극하여 약화된 근육을 재활성화시키는 운동방법이라고 하였다. 그리고 푸시업 플러스 동작 시 진동의 적용과 관련된 선행연구를 살펴보면 김상은[5]은 진동 주파수의 증가에 따라 발현되는 어깨 주변 안정근의 근활성도를 비교하였는데, 그 결과 견관절 내전의 주동근인 대흉근과 견갑골 전인의 주동근인 전거근의 근활성도를 높이기 위해서는 높은 진동의 주파수를 사용하는 것이 효과적이라고 제안하였다. 이와 더불어 전신 진동을 적용하여 체간 및 사지 근육에 근활성도를 분석한 연구들이 다수 진행되어왔다[6,7]. 이처럼 대부분의 선행 연구들은 슬링의 적용 여부 또는 진동의 적용 여부에 따른 근활성도만을 단순-비교하여 분석한 연구 사례가 주를 이루었고, 슬링과 함께 진동기의 적용을 복합적으로 연구한 사례는 지금까지 거의 이뤄지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 무릎 푸시업 플러스 운동 시 기본 무릎 푸시업 플러스 동작(basic knee push-up plus motion; BKPP)과 슬링을 적용한 무릎 푸시업 플러스 동작(knee push-up plus motion with sling; KPPS) 및 진동기를 적용한 무릎 푸시업 플러스 동작(knee push-up plus motion with vibration; KPPV) 차이에 따른 체간 근육의 근활성도를 비교·분석하여 건강증진 현상이나 스포츠 현장에 더욱 효율적인 무릎 푸시업 플러스 동작을 제시하고자 실시되었다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 신체 조사를 통해 최근 1년 이내에 신체적 결함이 없고 각 관절의 손상이 없는 건강한 20대 남성 10명을 표본으로 실시하

였다. 연구대상자들은 본 연구의 목적을 숙지하고 자발적으로 참여한 자만을 선정하였으며, 실험 참가동의서에 동의를 얻어 진행하였다. 구체적인 연구대상자의 신체적 특성은 아래 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of participants

Variables	
Age(years)	23.00±0.45
Height(cm)	176.60±1.64
Body mass(kg)	67.50±1.22
Body mass index(kg/m <sup>2</sup> )	21.65±0.34

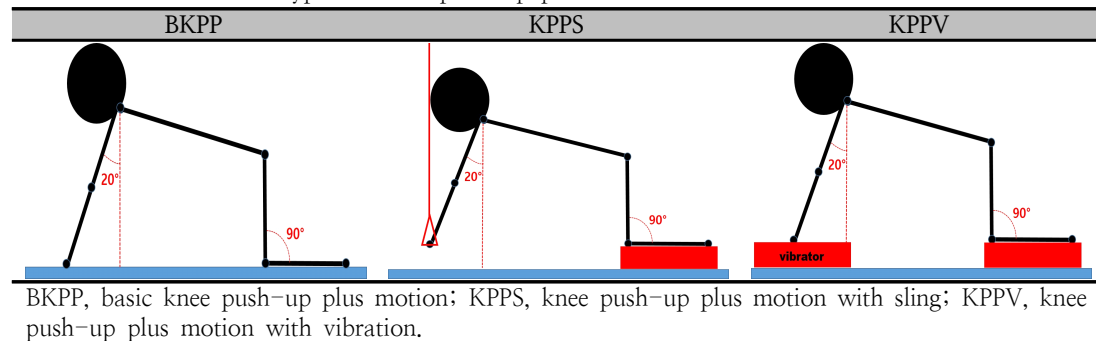
Values are means ± standard errors(M±SEs)

## 2.2. 실험절차 및 측정방법

본 연구에서는 BKPP, KPPS 및 KPPV에서 각 근육의 근활성도를 측정하였다. 측정을 위하여 사용된 슬링은 '레드벨런스'사의 Redcode-Axis(레드벨런스 Inc., Seoul, Korea)를 사용하였고, 진동기는 '소닉월드'사의 SW-VHBS 진동기(소닉월드 Inc., Won-Ju, Korea)를 사용하였으며, 진동기의 진동조건은 30Hz로 설정하였다(Table 2). 연구대상자는 각각의 무릎 푸시업 플러스 동작을 수행하기 전에 5분간 준비운동을 실시하였고, 실험을 실시하는 동안 연속적인 측정으로 인한 근피로도(muscle fatigue)를 최소화하기 위해 1개의 무릎 푸시업 플러스 동작을 취한 후 1분씩 휴식을 제공하였다. 모든 동작은 5초 동안 등척성 수축(isometric contraction) 상태를 유지하였고[8], 3회 반복 측정하여 각 근육들로부터 획득한 근전도 신호는 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안 측정된 근육의 평균 근전도 신호량 값을 사용하

였으며, 각 근육에서 수집된 신호는 근전도 값의 표준화(normalization) 과정을 실시하기 위하여 BKPP에서 발현되는 등척성 수축에 대한 백분율 %RVC(%relative voluntary contraction)로 정규화하였다. 그리고 모든 무릎 푸시업 플러스 동작은 단순 무작위 표본추출법(simple random sampling)을 적용시켜 실시하였다. 근활성도의 측정 부위는 체간 근육의 오른쪽 상부 승모근(upper trapezius; UT), 대흉근(pectoralis major; PM), 전거근(serratus anterior; SA), 복직근(rectus abdominis; RA), 및 외복사근(external oblique; EO)을 측정하였다[9]. UT, PM, SA, RA, 및 EO의 근활성도를 측정하기 위하여 무선 표면 근전도기인 'Noraxon'사의 TeleMyo™ Desktop Direct Transmission system(Noraxon USA Inc., AZ, USA)을 사용하여 측정하였고, 연구에 사용한 표면전극은 Ag, AgCl 재질의 T246H 일회용 단극 표면전극(Bio-Protech Inc., Won-Ju, Korea)을 사용하였으며, 표면전극은 542 DTS 근전도 센서(Noraxon USA Inc., AZ, USA)에 부착하여 자료를 수집하였다. 근활성도를 측정하기 위한 표본 추출률(sampling rate)은 1,024Hz로 설정하였고, 주파수 영역대는 60Hz의 필터를 사용하여 전파 정류화(rectification)를 하였으며, 평활화(smoothing)를 위하여 200ms의 실효평균값(root mean square; RMS)으로 처리하였다. 그리고 근활성 신호의 동조화(synchronization)를 위해 LifeCam VX-5000(Microsoft Inc., WA, USA)을 사용하였고, 영상 및 수집된 근전도 신호량 값의 처리와 저장에는 myo MUSCLE 3.8.2 분석 프로그램(Noraxon USA Inc., AZ, USA)을 사용하였다.

Table 2. Definition of 3 types of knee push-up plus motion



### 2.3. 통계분석방법

본 연구에서 수집된 자료들의 통계처리를 위해 통계 프로그램인 SPSS version 23.0(IBM Inc., USA)을 사용하여 평균과 표준오차(mean±SEs)를 산출하였다. BKPP, KPPS 및 KPPV 차이에 따른 근활성도 자료에 대한 유의성 검정은 one-way repeated ANOVA를 실시하였고, 사후 검정을 위하여 Bonferroni's adjustment를 적용하였으며, 통계학적 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

무릎 푸시업 플러스 동작 시 BKPP, KPPS 및 KPPV 차이에 따른 UT, PM, SA, RA, 및 EO의 근활성도를 비교한 결과는 <Table 3>과 같다. UT의 근활성도는 KPPV가 KPPS, BKPP에 비해 %RVC 값이 통계적으로 유의하게 높은 수치를 나타내었고( $F_{2, 58}=29.978, p<.001$ ), PM의 근활성도에서도 KPPV가 KPPS, BKPP에 비해 %RVC 값이 통계적으로 유의하게 높은 수치를 나타내었으며( $F_{2, 58}=88.141, p<.001$ ), SA의 근활성도 또한 KPPV가 KPPS, BKPP에 비해 %RVC 값이 통계적으로 유의하게 높은 수치를 나타내었다( $F_{2, 58}=22.671, p<.001$ ). 그리고 RA의 근활성도는 KPPV가 KPPS, BKPP에 비해 %RVC 값이 통계적으로 유의하게 높은 수치를 나타내었고( $F_{2, 58}=16.147, p<.001$ ), EO의 근활성도에서도 KPPV가 KPPS, BKPP에 비해 %RVC 값이 통계적으로 유의하게 높은 수치를 나타내었다( $F_{2, 58}=30.685, p<.001$ ).

위에서 언급한 바와 같이 무릎 푸시업 플러스 동작에 따른 근활성도를 측정된 결과, 모든 UT, PM, SA, RA, 및 EO 근육에서 KPPV 시 가장 높은 근활성도를 나타내었고 그 다음은 KPPS 시 높은 근활성도를 나타내었다는 점이었다.

진동운동과 관련된 대부분의 선행연구에서 진동을 활용한 운동은 근력 강화 및 유연성 향상을 제시하였다[10]. Kasai, Kawanishi, & Yohagi[11]에 의하면 진동의 부여는 진동에 직접 영향을 받는 근육 부위의 근방추(muscle spindle) 뿐만 아니라 주변의 근방추 또한 자극을 받는다고 하였고, Alam, Khan, Farooq[12]는 진동운동이 중력으로 인한 부하를 인위적으로 조절이 가능하게 만든 운동방법으로써 근육을 더욱 강하고 빠르게 수축하게 함으로써 새로운 자극을 부여할

수 있다고 하였다. 본 연구에서도 KPPV 시 KPPS, BKPP 보다 UT, PM, SA, RA, 및 EO 근육의 근활성도가 통계학적으로 유의하게 높게 나타났는데, 이는 진동 자극이 짧은 근방추-운동신경원 연결(short spindle-motor neurons connections)을 통해 척수반사(spinal reflex)의 흥분 능력을 촉진시키고[13], 근방추(muscle spindles)에 의한 알파운동신경원( $\alpha$ -motor neuron excitability)의 활성도 증가로 인한 운동단위(motor unit)의 동원 및 수축빈도가 증가됨에 따라 강한 근수축력이 발현된 것이라 할 수 있다[14,15]. 또한 KPPV 시 UT, PM, SA, RA, 및 EO 근육이 중력과 몸무게에 대응하는 역할을 할 뿐만 아니라, 상하로 움직이는 진동의 움직임에도 대응하여 반사적 근수축이 동반되므로[16], UT, PM, SA, RA, 및 EO 근육의 근활성도가 더욱 증가된 것으로 판단된다. 그리고 본 연구에서 KPPS는 KPPV보다 높은 근활성도는 나타내지 못했지만 BKPP보다는 높은 근활성도를 나타내었다. 김세훈[17]의 연구에 의하면 KPPS는 BKPP보다 체간을 더욱 고정시키고 불안정한 지면에서의 자세를 유지시키기 위해 RA와 EO의 근활성도가 높게 나타났다고 보고하여 본 연구의 결과를 일부 뒷받침 해주고 있다.

본 연구에서 KPPS가 BKPP 보다 UT, PM, SA, RA, 및 EO 근육의 강화에 효과가 있었으며, 특히 KPPV는 다른 무릎 푸시업 플러스 동작보다 더욱 유의미한 효과를 나타내었다. 그러나 연구대상자 수가 10명의 소수 인원이라는 점을 감안해 볼 때, 본 연구의 결과가 모든 사람들에게 일반화하기에는 다소 어려움이 있으며, 근전도 실험 시 표면전극 부착 부위나 연구대상자들의 움직임 차이 등에 의해 근전도 측정값의 정확성 오류 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 좀 더 정확한 임상 적용을 위한 세부적인 프로토콜 개발을 위한 추후 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 4. 결론

본 연구는 무릎 푸시업 플러스 동작 시 BKPP, KPPS 및 KPPV 차이에 따른 UT, PM, SA, RA, 및 EO의 근활성도를 측정하였으며, 측정을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

Table 3. Mean of the average muscle activity during knee push-up plus motion

Muscle	(unit: %RVC)					
	BKPP	KPPS	KPPV	F	p	Post-hoc
UT	100.00±1.84	116.48±2.38	148.45±7.21	29.978	.000	BKPP<KPPS<KPPV
PM	100.00±3.20	134.67±5.07	177.28±4.10	88.141	.000	BKPP<KPPS<KPPV
SA	100.00±2.50	113.11±2.56	132.48±4.90	22.671	.000	BKPP<KPPS<KPPV
RA	100.00±3.61	111.00±3.98	121.51±3.35	16.147	.000	BKPP<KPPS<KPPV
EO	100.00±4.74	132.08±5.79	161.36±6.42	30.685	.000	BKPP<KPPS<KPPV

Values are means ± standard errors(M±SEs); BKPP, basic knee push-up plus motion; KPPS, knee push-up plus motion with sling; KPPV, knee push-up plus motion with vibration; UT, upper trapezius; PM, pectoralis major; SA, serratus anterior; RA, rectus abdominis; EO, external oblique.

- 1) UT의 근활성도는 KPPV 시 KPPS와 BKPP보다 %RVC 값이 가장 높게 나타났다( $p<.001$ ).
- 2) PM의 근활성도는 KPPV 시 KPPS와 BKPP보다 %RVC 값이 가장 높게 나타났다( $p<.001$ ).
- 3) SA의 근활성도는 KPPV 시 KPPS와 BKPP보다 %RVC 값이 가장 높게 나타났다( $p<.001$ ).
- 4) RA의 근활성도는 KPPV 시 KPPS와 BKPP보다 %RVC 값이 가장 높게 나타났다( $p<.001$ ).
- 5) EO의 근활성도는 KPPV 시 KPPS와 BKPP보다 %RVC 값이 가장 높게 나타났다( $p<.001$ ).

이렇듯 무릎 푸시업 플러스 동작 시 KPPV는 체간 근육의 근활성도 및 근력강화에 도움이 되는 것으로 나타났다.

## References

1. H. Nam Koong, *Differences in EMG during knee push-up plus with vibration, isometric horizontal abduction and vibration applied isometric horizontal abduction*. Unpublished Master's thesis, Sahmyook University, (2014).
2. P. M. Ludewig, M. S. Hoff, E. E. Osowski, S. A. Meschke, P. J. Rundquist, "Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises", *The American journal of sports medicine*, Vol.32, No.2 pp. 484-493, (2004).
3. M. J. Decker, R. A. Hintermeister, K. J. Faber, R. J. Hawkins, "Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises", *The American journal of sports medicine*, Vol.27, No.6 pp. 784-791, (1999).
4. J. Vikne, A. Oedegaard, E. Laerum, C. Ihlebaek, G. Kirkesola, "A randomized study of new sling exercise treatment vs traditional physiotherapy for patients with chronic whiplash-associated disorders with unsettled compensation claims", *Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol.39, No.3 pp. 252-259, (2007).
5. S. E. Kim, *Influence of whole body vibration frequency on EMG activity of shoulder stabilizing muscles while maintaining push up plus position*. Unpublished Master's thesis, Yonsei University, (2013).
6. L. R. Liao, F. M. Lam, M. Y. Pang, A. Y. Jones, G. Y. Ng, "Leg muscle activity during whole-body vibration in individuals with chronic stroke", *Medicine and science in sports and exercise*, Vol.46, No.3 pp. 537-545, (2014).
7. P. J. Marín, A. Santos-Lozano, F. Santin-Medeiros, G. Vicente-Rodriguez, J. A. Casajús, T. J. Hazell, N. Garatachea, "Whole-body vibration increases upper and lower body muscle activity in older

- adults: potential use of vibration accessories”, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol.22, No.3 pp. 456-462, (2012).
8. Y. S. Kim, “The Comparative Analysis of Body Muscle Activities in Plank Exercise with and without Thera-band”, *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, Vol.36, No.3 pp. 758-765, (2019).
  9. M. Barbero, R. Merletti, A. Rainoldi, *Atlas of muscle innervation zones: understanding surface electromyography and its applications*. Springer Science & Business Media, (2012).
  10. V. B. Issurin, G. Tenenbaum, “Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes”, *Journal of Sports Science*, Vol.17, No.3 pp. 177-182, (1999).
  11. T. Kasai, M. Kawanishi, S. Yohagi, “The effects of wrist muscle vibration on voluntary elbow flexion-extension movement”, *Experimental brain research*, Vol.90, No.1 pp. 217-220, (1992).
  12. M. M. Alam, A. A. Khan, M. Farooq, “Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance: A literature review”, *Work : a journal of prevention, assessment, and rehabilitation*, Vol.59, No.4 pp. 571-583, (2018).
  13. M. A. Lebedev, A.V. Poliakov, “Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration”, *Neirofiziologiia*, Vol.23, No.1 pp. 57-65, (1991).
  14. I. M. Wilcock, C. Whatman, N. Harris, J. W. Keogh, “Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes?”, *Journal of strength and conditioning research*, Vol.23, No.2 pp. 593-603, (2009).
  15. W. Y. Park, H. M. Koo, “The Effects of Vibration on Shoulder Stabilizer Muscle Activation and Scapular Winging Length of Knee Push-up Plus Exercise in Adults with Scapular Winging”, *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*, Vol.7, No.2 pp. 39-47, (2019).
  16. J. Hong, M. Velez, A. Moland, J. Sullivan, “Acute Effects of Whole Body Vibration on Shoulder Muscular Strength and Joint Position Sense”, *Journal of Human Kinetics*, Vol.25, No.1 pp. 17-25, (2010).
  17. S. H. Kim, *The Effect of chronic low back pain patients to cross section area of multifidus muscle and functional activity to during Push-up plus Exercise using sling*. Unpublished Master’s thesis, Dongshin University, (2012).