

Original Article

Open Access

지지면의 안정성에 따른 슬링적용 플랭크 운동이 몸통 배곧은근과 가장긴근의 근긴장도, 근경직도, 근탄성도에 미치는 영향

윤정규[†]

남서울대학교 물리치료학과

Effect of Sling-Applied Plank Exercise on the Muscular Frequency, Stiffness, Decrement of the Rectus Abdominis and Longissimus of the Trunk according to the Stability of the Base of Support

Jung-Gyu Yoon, P.T., Ph.D.[†]

Department of Physical Therapy, Namseoul University

Received: May 13, 2024 / Accepted: June 2, 2024

© 2024 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: This study aimed to identify the effect of sling-applied plank exercise on the frequency, stiffness, and decrement of the rectus abdominis and longissimus muscles of the trunk according to the stability of the base of support.

Methods: Thirty-three young adults volunteered to participate and were randomly assigned to one of three groups (SS, stable support; LES, lower extremity support; and ULES, upper and lower extremity support) according to the stability of the base of support. The muscular properties of the rectus abdominis and longissimus muscles during sling-assisted plank exercise according to the stability of the base of support. were measured by using Myoton PRO (Myoton AS, Tallinn, Estonia). Statistical analysis was performed MANOVA to determine the effect of sling-assisted plank exercise on the muscular properties of the rectus abdominis and longissimus muscles according to the stability of the base of support. Post hoc analysis was conducted using Bonferroni. The level of statistical significance was set at $\alpha = 0.05$.

Results: When comparing the muscular properties, the muscle frequency and stiffness of the left rectus abdominis of ULES were significantly decreased compared to that of SS ($p < 0.05$). In the measurement time, the muscle frequency and the muscle stiffness of the right rectus abdominis increased significantly after the intervention ($p < 0.05$).

Conclusion: It was concluded that the more unstable the base of support (ULES), the higher the exercise strength, and the muscle frequency and stiffness decreased on the rectus abdominis at rest.

Key Words: Plank exercise, Muscular properties, Rectus abdominis, Longissimus, Trunk, Base of support

[†]Corresponding Author : Jung-Gyu Yoon (velsa@nsu.ac.kr)

I. 서론

플랭크 운동은 다양한 신체 건강 수준에서 즉각적으로 근기능을 향상시키는데 효과적인 운동으로 평가 받고 있다(Park et al., 2023). 다양한 자세로 변형하여 적용할 수 있는 플랭크 운동은 상지, 하지 및 몸통 근육들을 안정화시키는데 도움을 준다(Cortell-Tormo et al., 2017; Koo et al., 2022; Baik et al., 2022; Park & Park, 2019). 플랭크 운동의 활용은 10대에서 60대까지 폭넓은 연령대에서 건강을 유지하기 위해 간편히 적용할 수 있는 운동으로 보고되고 있다(Park et al., 2023; Park et al., 2021; Park & Park, 2019).

전통적인 플랭크 운동은 복부와 등 근육을 포함한 몸통 근육을 강화시키는데 주로 사용되었다(Kim et al., 2016). Park과 Park(2019)은 플랭크 운동의 수평상태를 유지하는 동안에는 배속빗근(internal oblique)이, 양쪽 다리 올리기를 하는 동안에는 배곧은근(rectus abdominis)이 활성화 된다고 보고하였다. Cortell-Tormo 등(2017)은 플랭크 운동시 어깨뼈 모음과 골반 후방 경사 자세에서 복부와 등 근육이 가장 활성화 되었다고 보고하였다. Park 등(2023)은 60대 노인들에게 플랭크 운동을 적용하여 면역세포 기능이 향상되는 것을 밝혀냈으며 동시에 호흡 능력과 체력을 향상시킬 수 있었다고 보고하였다. 하지만 Park 등(2021)은 중년 남성을 대상으로 4주 동안 실시한 강도 높은 플랭크 운동이 체력을 향상시켰지만 면역세포 기능 개선에는 효과가 없었다고 보고하였다.

플랭크 운동시 슬링을 적용하여 약화된 근육을 강화하는 방법들이 연구되고 있다(Baik et al., 2022). 불안정한 지지면을 제공하기 위한 치료 방법 중 하나인 슬링 운동은 매달린 끈을 통한 다양한 축 변화를 활용한다(Kim et al., 2018). Vikne 등(2007)은 슬링이 운동 중 보조 수단으로 사용되어 피험자의 수동적 요인을 줄이고 능동적인 치료 참여를 가능하게 할 수 있다고 보고하였다. Chen 등(2016)은 슬링 운동이 몸통의 안정화, 근지구력의 증가와 이완, 관절의 운동성 및 신장 등의 효과를 얻을 수 있기 때문에 근육 강화에 효과적

인 방법이라고 보고하였다. Baik 등(2022)은 옆으로 누운 상태에서 적용한 슬링 플랭크 운동이 약화된 중간볼기근을 강화시키는데 효과적인 방법이라고 보고 하였다. Kline 등(2013)은 무용수들에게 적용한 슬링운동과 플랭크 운동이 영치신경을 자극하지 않으면서도 통증은 줄이고 몸통을 안정화시켜서 신체기능을 향상시키는데 도움이 되었다고 보고하였다. Kim 등(2023)은 슬링을 이용한 교각운동이 앞쪽 몸통근육을 활성화시켰다고 보고하였으며, Yan 등(2023)은 4주간의 슬링운동은 만성 목 통증 환자의 통증 및 기능 장애 감소에 효과적이었으며, 목 근육 두께 및 목의 신경근 조절 개선에 긍정적인 효과가 있었다고 보고하였다.

지금까지 플랭크 운동과 슬링운동의 훈련효과를 알아보기 위한 연구들은 근전도를 이용한 근활성도 측정이 대부분이며 플랭크 운동과 슬링운동 이후 변화된 근긴장도, 근경직도, 근탄성도와 같은 근특성에 대한 연구는 미흡한 것이 현실이다. 근긴장도는 근육의 지속적인 수동적인 부분적 수축 상태 또는 휴식 상태에서 수동 신장에 대해 근육이 저항하는 정도이다(Kopecká et al., 2023). 근경직도는 신경 흥분성 이상에 의해 근육이 초과 수축하여 발생하는 현상으로 정의되어 있으며, 물리적 노동으로 발생한 피로 누적, 통증과 함께 지속적인 근수축이 유지되는 상태를 의미한다(Aird et al., 2012). 근탄성도는 힘을 적용한 후 제거하였을 때, 모양이나 크기를 유지하기 위해 발생하는 복원력으로 정의할 수 있다(Aird et al., 2012).

플랭크 운동으로 근활성도가 증가한다는 기존의 연구들은 다수 존재하지만(Kim et al., 2016; Cortell-Tormo et al., 2017; Park & Park, 2019), 지지면의 안정성 변화에 따른 슬링적용 플랭크 운동이 운동 후 휴식시 근긴장도, 근경직도 및 근탄성도에 어떠한 영향을 미치는지를 연구한 결과물들은 부족한 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 플랭크 운동으로 근활성도가 증가한다는 근거를 기본으로 안정된 지지면, 불안정한 하지슬링적용과 상,하지에 슬링을 적용한 후 플랭크 운동을 실시하여 몸통의 배곧은근과 가장긴근의 근특성 변화를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 20대 성인 남, 여 33명을 체계적무작위 표본추출(systematic random sampling) 방식에 따라 무작위로 선정하였다. 모든 대상자들은 최근 6개월 간 근육뼈대계, 신경계, 심혈관계 병력이 없는 자를 선정하였다. 최근 6개월 동안 허리 부위에 통증이나 기능적 제한이 있는 자는 연구대상에서 제외하였다(Kiatkulanusom et al., 2021; Naugle et al., 2021). 본 연구는 의료윤리 지침을 준수하기 위하여 헬싱키 선언에 따라 실험 참가 전에 연구 목적과 절차를 모든 대상자들에게 자세하게 설명하였다. 모든 대상자들은 자발적으로 실험 동의서에 서명하였다. 연구대상자 수는 Cohen의 표본수 계산프로그램인 G*Power 3.1.9.7 프로그램(University of Kiel, Germany)을 이용하여 산출하였다. 본 연구에서는 지지면의 안정성에 따라 분류한 3개의 플랭크 운동 집단에 대하여 근특성의 차이를 알아보기 위하여 다변량분산분석(MANOVA)을 이용하였다. 다변량분산분석을 위한 검정력 0.95, 유의수준 0.05, 효과크기 0.80으로 설정한 최소 표본 크기는 28명이었다. 본 연구에서는 자료값의 안정성을 높이기 위하여 33명의 대상자를 선정하여 실험을 진행하였다. Maastricht 대학에서 제공하는 Research Randomizer (<http://www.randomizer.org>)를 이용하여 대상자들에게 무작위 번호를 부여하였으며 안정된 지지면(SS; stable support), 하지슬링적용(LES; lower extremity support), 상,하지슬링적용(ULES; upper and lower extremity support) 집단에 각각 11명씩 무작위 배치되었다(Sharma, et al., 2022).

2. 측정방법 및 도구

1) 근특성(muscular properties) 측정

Myoton PRO(Myoton AS, Estonia)를 이용하여 근육의 특성(근긴장도, 근경직도, 근탄성도)을 측정하였다



Fig. 1. Myoton PRO.

(Pruyn et al., 2016)(Fig. 1). 근긴장도는 F (Frequency, Hz), 근경직도는 S (Stiffness), 근탄성도는 D (Decrement)로 표기하였다(Aird et al., 2012). 근특성의 측정오차를 줄이기 위하여 배곧은근과 가장긴근의 근복(Muscle belly)에 수술용 마커 펜으로 측정지점을 표시한 후 중재 전과 후에 동일한 곳을 측정하였다. 대상자들은 배곧은근의 근특성을 측정하기 위하여 바로누운자세로, 가장긴근의 근특성을 측정하기 위하여 엎드려 누운자세로 긴장감을 풀고 편안한 상태를 유지하였다. 검사자는 마커로 표시된 지점에 Myoton의 측정탐침(probe)을 수직으로 배치하고 공진동이 발생하도록 측정하였다(Pruyn et al., 2016). 모든 측정은 총 3회 측정의 평균값을 사용하였다. Myoton PRO의 측정자간, 측정자내 신뢰도 ICC값은 0.80-0.93으로 보고되었다(Bizzini & Mannion, 2003; Gilbert et al., 2021)(Fig. 1).

3. 실험 절차

설문지를 이용하여 연구대상자들의 선정조건과 배제조건 해당 유무를 알아보았다. 체성분분석기(Inbody720; Bio space, Korea)를 이용하여 모든 대상자들의 일반적 특성을 측정하였다. 무작위로 선정된 대상자들은 SS, LES, ULES 집단에 각각 11명씩 무작위 배치되었다. 중재전 3집단에 배치된 모든 대상자들은 Myoton PRO를 사용하여 근긴장도, 근경직도, 근탄성도를 측정하였다. 각 집단의 중재 방법에 맞게 안정된

지지면, 하지슬링적용, 상,하지슬링적용을 통한 플랭크 운동이 각각 4주간 실시되었다. 4주후 3집단의 모든 대상자들은 사전측정과 동일한 방법으로 근긴장도, 근경직도, 근탄성도를 측정하였다. 모든 측정은 총 3회 측정의 평균값을 사용하였다.

1) 안정된 지지면에서 플랭크운동

바닥이 평면인 테이블 위에서 팔굽혀펴기 자세를 취한 후 90°로 팔꿈 관절을 굽힘하여 아래팔이 바닥을 지지하는 자세로 실시하였다. 머리, 척추, 골반, 엉덩관절, 무릎관절과 발목관절은 모두 일직선을 유지하고, 골반과 허리뼈는 중립 자세 유지, 지지하는 양쪽 팔꿈치의 너비는 어깨 너비, 양쪽 발의 너비는 골반 너비만큼 벌림하여 바닥을 지지하도록 하였다(Lee, 2022).

2) 하지슬링적용 플랭크운동

발목에 슬링을 적용한 후 안정된 지지면에서의 플랭크운동 방법과 동일한 자세로 운동을 실시하였다.

3) 상,하지슬링적용 플랭크운동

팔꿈치와 무릎관절에 슬링을 적용한 후 안정된 지지면에서의 플랭크운동 방법과 동일한 자세로 운동을 실시하였다.

각각의 조건에서 플랭크 운동은 30초를 유지하고

1분 휴식하는 방식으로 총 3set를 주3회 실시하였다 (Kim & Lee, 2019).

4. 자료 분석

자료분석은 SPSS/PC+ (Statistical Package for the Social Sciences/Personal Computer+) 23.0을 이용하였으며, KS (Kolmogorov-smirnov)검정을 이용하여 자료의 정규분포를 입증하였다. 기술통계를 이용하여 대상자들의 일반적인 특성을 알아보았으며, 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 집단간 동질성을 검증하였다. 3(집단)x2(측정시기) 이원 다변량 분산분석(two way multivariate ANOVA)을 이용하여 안정된 지지면, 하지슬링적용과 상,하지슬링적용에 따른 플랭크 운동시 배곧은근과 가장긴근의 근특성 차이를 알아보았으며 유의한 차이를 보인 경우 사후검정으로 Bonferroni 검정을 사용하였다. 통계적 유의성을 검증하기 위한 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

연구대상자들의 일반적 특성은 체성분분석기(Inbody720; Bio space, Korea)를 통하여 아래와 같이 측정되었다. 일원배치분산분석을 이용하여 집단간 동질성 검정을 실시한 결과, 연령, 신장, 체중에 대하여

Table 1. General characteristics of subjects (n=33)

Characteristics	Group			F	p
	SS (n=11) Mean±SD	LES (n=11) Mean±SD	ULES (n=11) Mean±SD		
Age (years)	19.73±2.00	20.73±1.68	20.27±1.10	1.03	0.37
Height (cm)	169.00±8.84	168.36±6.48	168.00±11.24	0.03	0.97
Weight (kg)	61.78±9.56	63.54±10.19	66.81±16.28	0.48	0.62
Sex(man/woman)	6/5	6/5	6/5		

SS; stable support, LES; lower extremity support, ULES; upper and lower extremity support, SD; standard deviation

집단간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p>0.05$) (Table 1).

2. 지지면의 안정성에 따른 플랭크 운동시 몸통 배곧은근의 근특성 비교

Table 2에 지지면의 안정성에 따른 플랭크 운동시 몸통 배곧은근의 근특성에 대한 기술통계 값이 제시되었다. 근특성의 경우 ULES 왼쪽 배곧은근의 근긴장도와 근경직도가 SS에 비해 유의한 감소가 나타났다

($p<0.05$). 측정시기에서는 오른쪽 배곧은근의 근긴장도와 근경직도가 중재 전 보다 중재 후 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 집단*측정시간 상호작용효과는 없는 것으로 나타났다($p>0.05$)(Table 3).

3. 지지면의 안정성에 따른 플랭크 운동시 몸통 가장긴근의 근특성 비교

지지면의 안정성에 따른 플랭크 운동시 몸통 가장긴근의 근특성에 대한 기술통계 값은 Table 4에 제시

Table 2. The descriptive data on the muscular properties of the rectus abdominis of the trunk during plank exercise according to the stability of the base of support

Group	Time	Rt			Lt		
		F(Hz) Mean±SD	S(N/m) Mean±SD	D(D) Mean±SD	F(Hz) Mean±SD	S(N/m) Mean±SD	D(D) Mean±SD
SS	before	10.69±0.78	146.18±27.89	1.15±0.18	11.84±2.86	159.27±39.18	1.20±0.21
	after	11.39±0.82	155.00±30.01	1.12±0.14	12.77±2.29	169.90±42.81	1.19±0.19
LES	before	10.65±1.05	138.09±19.54	1.15±0.30	10.83±1.17	144.27±28.67	1.11±0.21
	after	11.15±3.34	151.09±21.38	1.14±0.31	11.29±1.49	153.00±31.98	1.12±0.20
ULES	before	9.94±0.79	122.45±15.01	1.08±0.19	10.07±0.71	122.72±15.72	1.13±0.21
	after	11.44±2.33	163.09±38.88	1.09±0.13	11.10±1.86	137.27±18.31	1.12±0.22

SS; stable support, LES; lower extremity support, ULES; upper and lower extremity support, Rt; right, Lt; left, F; frequency, S; stiffness, D; decrement, SD; standard deviation

Table 3. The multivariate analysis on the muscular properties of the rectus abdominis of the trunk during plank exercise according to group and measurement time

		Type III Sum of Squares	df	mean square	F	p	Post hoc
Group	F(Rt)	1.33	2	0.66	0.20	0.81	
	S(Rt)	736.48	2	368.24	0.51	0.59	
	D(Rt)	0.04	2	0.02	0.40	0.66	
	F(Lt)	34.80	2	17.40	4.96	0.01*	SS>ULES
	S(Lt.)	13188.21	2	6594.10	6.82	0.00*	SS>ULES
	D(Lt)	0.09	2	0.04	1.00	0.37	
Time	F(Rt)	13.36	1	13.36	4.06	0.04*	Pre<Post
	S(Rt)	7151.04	1	7151.04	10.08	0.00*	Pre<Post
	D(Rt)	0.00	1	0.00	0.03	0.84	
	F(Lt)	10.64	1	10.64	3.03	0.08	
	S(Lt.)	2108.01	1	2108.01	2.18	0.14	
	D(Lt)	0.00	1	0.00	0.00	0.95	

	F(Rt)	3.08	2	1.54	.46	0.62
	S(Rt)	3288.36	2	1644.18	2.31	0.10
Group*	D(Rt)	0.00	2	0.00	0.06	0.93
Time	F(Lt)	1.02	2	0.51	0.14	0.86
	S(Lt.)	96.75	2	48.37	0.05	0.95
	D(Lt)	0.00	2	0.00	0.03	0.96

SS; stable support, LES; lower extremity support, ULES; upper and lower extremity support, Rt; right, Lt; left, F; frequency, S; stiffness, D; decrement, SD; standard deviation
 *: significant difference ($p < 0.05$)

Table 4. The descriptive data on the muscular properties of the longissimus of the trunk during plank exercise according to the stability of the base of support

Group	Time	Rt			Lt		
		F(Hz) Mean±SD	S(N/m) Mean±SD	D(D) Mean±SD	F(Hz) Mean±SD	S(N/m) Mean±SD	D(D) Mean±SD
SS	before	15.14±2.08	293.18±99.37	1.02±0.17	15.16±2.23	295.81±115.53	0.96±0.19
	after	15.30±1.81	296.27±95.80	1.03±0.13	15.40±2.26	294.54±112.50	0.98±0.18
UES	before	14.67±1.34	259.27±66.02	1.09±0.24	15.04±1.67	263.45±71.08	1.07±0.29
	after	15.01±1.64	266.27±72.21	1.11±0.22	15.44±2.45	263.90±75.66	1.07±0.28
ULES	before	15.27±2.58	287.36±138.67	1.00±0.21	14.88±2.02	278.90±131.04	1.02±0.17
	after	16.57±3.10	312.45±131.71	1.00±0.24	16.50±2.36	302.00±125.25	1.04±0.16

SS; stable support, LES; lower extremity support, ULES; upper and lower extremity support, Rt; right, Lt; left, F; frequency, S; stiffness, D; decrement, SD; standard deviation

되었다. 근특성에서는 집단, 측정시기, 집단*측정시기 간 상호작용 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$).

IV. 고찰

본 연구에서는 지지면의 안정성에 따른 슬링적용 플랭크 운동이 몸통 배곧은근과 가장긴근의 근특성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

연구결과 근특성의 경우 ULES 왼쪽 배곧은근의 근긴장도와 근경직도가 SS에 비해 유의한 감소가 나타났다. 불안정한 지지면에서의 플랭크 운동은 자세 안정성을 위한 보상작용으로 근활성도를 증가시킨다 (Baik et al., 2022; Kline et al., 2013). 본 연구결과 ULES 왼쪽 배곧은근의 근긴장도와 근경직도가 SS에 비해

유의한 감소가 발생한 이유는 불안정한 지지면에서 근활성도를 증가시킨 이후 근활동의 최소시기인 휴식기에 근특성을 측정하였기 때문에 고강도 등척성 플랭크 운동시 증가된 산소요구량과 에너지 소비 이후 불안정성이 큰 지지면에서 운동 후 반작용이 크게 발생하여 근긴장도와 근경직도가 감소된 것으로 사료된다 (Kime et al., 2003; Muthalib et al., 2009). Ahmed 등 (2021)과 Patel 등(2018)은 근에너지기법을 이용하여 허리통증이 있는 대상자들에게 근수축을 유도한 이후 이완이 발생됨을 보고하였고 이를 통하여 관절가동범위를 증가시키고 통증을 완화시킬 수 있었다고 보고하였다.

측정시기에서는 오른쪽 배곧은근의 근긴장도와 근경직도가 중재 전 보다 중재 후 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 슬링적용 플랭크 운동 후 근활성도가 운동 전 보다 증가하면서 발생한 자연스런 운동 효과

로 지지면의 안정성 차이에 관계없이 근긴장도와 근경직도가 대체적으로 증가하였다는 기존 연구결과를 보강해주고 있다(Baik et al., 2022; Kline et al., 2013). 본 연구에서 측정된 배곧은근뿐만 아니라 가장긴근에서도 이러한 결과는 유사하게 나타났다. 하지만 통계적으로 유의한 차이를 보인 근육은 배곧은근으로 기존 문헌에서 제시하였듯이 플랭크 운동시 몸통 앞쪽 근육들이 등쪽 근육들에 비해서 체중지지 시 중력에 대항하여 보다 민감한 반응을 보이면서 활성화된다는 근거를 보강해주고 있다(Kim et al., 2023; Park & Park, 2019).

지지면의 안정성에 따른 플랭크 운동시 몸통 가장 긴근의 근특성에서는 집단, 측정시기, 집단*측정시기 간 상호작용 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 플랭크 운동으로 근활성도를 증가시킨 많은 연구에서 몸통 앞쪽 근육인 배곧은근, 배바깥빗근, 배속빗근이 등 부위의 근육들보다 활성화된다는 연구결과들이 보고되었다(Kim et al., 2023; Park & Park, 2019). 본 연구결과 배곧은근에서는 근특성의 차이가 나타났지만, 등 부위 근육인 가장긴근에서는 불안정한 지지면에 따른 근특성의 차이가 나타나지 않았다. 이는 지지면의 안정성에 따른 플랭크 운동시 몸통의 안정화를 위해 등 부위보다는 배 부위의 근육들이 활성화되고 활성화 이후 휴식 시 이완 효과가 등 부위에 비해 배 부위 근육들에서 보다 크게 나타날 수 있다는 기존 문헌들의 근거를 보강하는 결과라 사료된다(Ahmed et al., 2021; Kim et al., 2023; Kime et al., 2003; Muthalib et al., 2009; Park & Park, 2019; Patel et al., 2018). 이로 인하여 지지면의 안정성에 따른 플랭크 운동 후 휴식 시 측정된 가장긴근의 근특성에서는 차이가 나타나지 않은 것이라 사료된다.

본 연구는 대상자들이 20대 성인들로만 구성되어 있으며 연구대상자의 수가 적어 연구의 결과를 모든 연령대로 일반화 하는 것에 제한이 있다. 실험기간 중 실험 방법과 유사한 운동은 자제를 권고하였으나 대상자 개인의 일상생활을 완벽하게 통제할 수는 없었기에 외생변수에 의한 무작위 오류 발생 가능성을

배제할 수 없다. 본 연구에서는 남녀 성비에 따른 결과값의 오류를 제거하기 위해 집단별 남녀대상자의 수를 균등배정하였으나 향후 연구에서는 남녀 특성에 따른 추가 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결론

운동강도가 높은 불안정한 지지면일수록(ULES), 휴식 시 배곧은근의 근긴장도와 근경직도가 감소하였다. 본 연구의 이러한 결과는 지지면의 안정성에 따른 플랭크 운동시 몸통의 안정화를 위한 운동강도 설정에 기초자료로 활용될 수 있을 것이며 고강도 운동이 후 휴식시 근특성의 변화에 대한 근거를 제시하고 있다.

Acknowledgements

이 논문은 2024년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

References

- Ahmed UA, Maharaj SS, Van Oosterwijk J. Effects of dynamic stabilization exercises and muscle energy technique on selected biopsychosocial outcomes for patients with chronic non-specific low back pain: a double-blind randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Pain*. 2021;21(3):495-511.
- Aird L, Samuel D, Stokes M. Quadriceps muscle tone, elasticity and stiffness in older males: reliability and symmetry using the MyotonPRO. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2012;55(2):31-39.
- Baik SM, Cynn HS, Yi CH, et al. Effect of side-sling plank exercise on trunk and hip muscle activation in subjects with gluteus medius weakness. *Journal of Back &*

- Musculoskeletal Rehabilitation*. 2022;35(4):849-857.
- Bizzini M, Mannion AF. Reliability of a new, hand-held device for assessing skeletal muscle stiffness. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(5):459-461.
- Chen L, Chen J, Peng Q, et al. Effect of sling exercise training on balance in patients with stroke: a meta-analysis. *PLoS One*. 2016;11:e0163351.
- Cortell-Tormo JM, García-Jaén M, Chulvi-Medrano I, et al. Influence of Scapular Position on the Core Musculature Activation in the Prone Plank Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017;31(8):2255-2262.
- Gilbert I, Gaudreault N, Gaboury I. Intra- and inter-evaluator reliability of the MyotonPRO for the assessment of the viscoelastic properties of caesarean section scar and unscarred skin. *Skin Research and Technology*. 2021;27(3):370-375.
- Kiatkulanusorn S, Suato BP, Werasingirath P. Analysis of neck and back muscle activity during the application of various pillow designs in patients with forward head posture. *Journal of Back & Musculoskeletal Rehabilitation*. 2021;34(3):431-439.
- Kim S, Salazar Fajardo JC, Yoon B. Activation of Anterolateral Abdominal Muscles During Sling Bridge Exercises: Comparison of Different Pelvic Positions. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2023;32(4):376-384.
- Kim SY, Kang MH, Kim ER, et al. Comparison of EMG activity on abdominal muscles during plank exercise with unilateral and bilateral additional isometric hip adduction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2016;30:9-14.
- Kim YW, Kim NY, Chang WH, et al. Comparison of the therapeutic effects of a sling exercise and a traditional stabilizing exercise for clinical lumbar spinal instability. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2018;27:47-54.
- Kim HS, Lee KC. Effect of support surface form on abdominal muscle thickness during plank exercise. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*. 2019;7(3):197-204.
- Kime R, Hamaoka T, Sako T, et al. Delayed reoxygenation after maximal isometric handgrip exercise in high oxidative capacity muscle. *European Journal of Applied Physiology*. 2003;89(1):34-41.
- Kline JB, Krauss JR, Maher SF, et al. Core strength training using a combination of home exercises and a dynamic sling system for the management of low back pain in pre-professional ballet dancers: a case series. *Journal of Dance Medicine & Science*. 2013;17(1):24-33.
- Koo DK, Nam SM, Kwon JW. Immediate Effects of the Reverse Plank Exercise on Muscle Thickness and Postural Angle in Individuals with the Forward Shoulder Posture. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2022;7(4):82.
- Kopecká B, Ravník D, Jelen K, et al. Objective methods of muscle tone diagnosis and their application—a critical review. *Sensors*. 2023;23(16):7189.
- Lee WH. Effects of plank exercise method using sling on the trunk muscle activity. *Journal of the Korea Academia-Industrial*. 2022;23(1):449-455.
- Muthalib M, Jubeau M, Millet GY, et al. Comparison between electrically evoked and voluntary isometric contractions for biceps brachii muscle oxidative metabolism using near-infrared spectroscopy. *European Journal of Applied Physiology*. 2009;107(2):235-241.
- Naugle KE, Hackett J, Aqeel D, et al. Effect of different Kinesio tape tensions on experimentally-induced thermal and muscle pain in healthy adults. *PLoS One*. 2021;16(11):1-14.
- Park DJ, Park SY. Which trunk exercise most effectively activates abdominal muscles? A comparative study of plank and isometric bilateral leg raise exercises. *Journal of Back & Musculoskeletal Rehabilitation*. 2019;32(5):797-802.

- Park S, Choi BH, Jee YS. Effects of plank exercise on respiratory capacity, physical fitness, and immunocytes in older adults. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2023; 19(6):332-338.
- Park SK, Lee KS, Heo SJ, et al. Effects of High Intensity Plank Exercise on Physical Fitness and Immunocyte Function in a Middle-Aged Man: A Case Report. *Medicina*. 2021;57(8):845.
- Patel VD, Eapen C, Ceepee Z, et al. Effect of muscle energy technique with and without strain-counterstrain technique in acute low back pain - A randomized clinical trial. *Hong Kong Physiotherapy Journal*. 2018;38(1):41-51.
- Pruyn EC, Watsford ML, Murphy AJ. Validity and reliability of three methods of stiffness assessment. *Journal of Sport and Health Science*. 2016;5(4):476-483.
- Sharma SK, Kala N, Telles S. Volitional yoga breathing influences attention and anxiety: An exploratory randomized crossover study. *Complementary Medicine Research*. 2022;29(2):120-126.
- Vikne J, Oedegaard A, Laerum E, et al. 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*. 2007;39: 252-259.
- Yan ZW, Yang Z, Zhao FL, et al. Effect of sling exercise therapy on surface electromyography and muscle thickness of superficial cervical muscle groups in female patients with chronic neck pain. *Journal of Back & Musculoskeletal Rehabilitation*. 2023;36(2): 387-397.