

다리근력운동과 유산소운동을 결합한 복합운동이 젊은 성인의 폐활량 및 다리근 활성도에 미치는 영향

이양진¹ · 김동우^{2*}

¹경북전문대학교 물리치료과 교수, ^{2*}요셉체형연구운동센터 물리치료사

Effects of Combining Lower Extremity Strength Exercise With Aerobic Exercise on Lung Capacity and Lower Extremity Muscle Activity in Young Adults

Yang-Jin Lee, PT, Ph.D¹ · Dong-Woo Kim, PT, Ph.D^{2*}

¹*Dept. of Physical Therapy, Kyungbuk College, Professor*

^{2*}*Joseph Biomechanics Research Training Center, Physical Therapist*

Abstract

Purpose : This study aimed to compare lung capacity measures (forced vital capacity; FVC, forced expiratory volume at 1 second; FEV1, and FEV1/FVC) and the activities of rectus femoris (RF) and gastrocnemius (GCM) muscles between young adults prescribed aerobic exercise combined with lower limb strength exercise (complex exercise) and those prescribed only aerobic exercise.

Methods : We randomly divided 22 young adults into 2 groups: the complex exercise group that combined the leg strengthening and aerobic exercises (n = 11) and the aerobic-exercise-only group (n=11). Before the intervention, the FVC, FEV1, and FEV1/FVC values and the activities of RF and GCM muscles were measured. Measurements were in triplicates, and the average of the 3 measurements was used. The complex exercise group performed the treadmill exercise followed by squats and lunges, and the group performed only the treadmill exercise. Both groups were allocated the same time. Both groups performed the assigned exercise thrice a week for 3 weeks. After the intervention, the FVC, FEV1, and FEV1/FVC values and the activities of RF and GCM muscles were measured again.

Results : The FVC and FEV1 values increased significantly in both groups after the intervention (p<.05). RF activity increased significantly after the intervention in the complex exercise group (p<.05), and the magnitude of change in RF activity after the intervention was significantly higher in the complex exercise group than in the aerobic-exercise-only group (p<.05). GCM activity also significantly increased after the intervention in both groups (p<.05).

Conclusion : On the basis of our results, we recommend combining leg strengthening and aerobic exercise to improve leg muscle activity along with lung function.

Key Words : complex exercise, leg strengthening, lung function, muscle activity, treadmill training

*교신저자 : 김동우, kdwkjh82@naver.com

제출일 : 2023년 3월 31일 | 수정일 : 2023년 4월 10일 | 게재승인일 : 2023년 4월 28일

I. 서론

현대사회가 고도로 성장하면서 일상생활의 기계화, 자동화에 따라 현대인의 신체적 활동은 감소하여 신체의 기능이 급속히 저하되고, 식생활과 생활 습관의 변화로 인하여 과잉영양 섭취와 운동 부족을 야기하였다(Katzmarzyk 등, 2003). 이는 비만을 증가시키는 데 상당한 영향을 줄 수 있으며 과도한 체중과 체지방은 고지혈증, 고혈압, 당뇨, 암, 만성 폐쇄성 폐질환과 척추 및 무릎관절의 관절염 발병 위험성을 증가시킬 수 있어 사회적 문제로 대두되고 있다(Barrea, 2021). 이러한 신체활동 부족을 해소하고 생리기능을 정상적으로 유지하기 위해서 규칙적인 운동이 필수적이다(Halabchi, 2017).

운동은 호흡과 순환 기능을 향상시키고, 근육과 신경의 기능에 긍정적인 변화를 일으켜 체력을 향상시키며, 스트레스 해소 및 정신적으로 만족감을 느끼는 효과를 제공한다(Halabchi, 2017). 운동의 형태는 크게 유산소운동과 무산소성 근력운동으로 구분되며, 유산소운동은 대사활동에 필요한 산소를 사용하는 운동으로 체내로 많은 양의 산소를 공급하여 폐와 심장의 활동을 증대시켜 혈관의 기능을 향상시킨다(Kim 등, 2014; Seals 등, 2019). 반면 무산소성 근력운동은 근육 속에 저장되어있는 글리코젠을 에너지원으로 사용하는 운동으로 근육의 횡단 면적을 증가시킴으로 보다 큰 힘을 발휘할 수 있게 한다(Cutrufello 등, 2020).

다리의 근력운동으로 스쿼트와 런지는 다리의 근육과 건과 인대를 강화시키는 가장 대표적이며 효율적인 운동으로 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절의 움직임과 다양한 근육들의 협응 동작으로 이루어진다(LaBella, 2004; Reiman 등, 2012). 다리의 근력은 신체의 중심을 조절하는데 중요한 역할을 담당하며 균형과 보행기능에 있어 절대적인 요소이다(Citaker 등, 2013). 특히 넙다리내갈래근과 장딴지근은 보행 시 무릎관절과 발목관절의 안정성을 제공하는 매우 중요한 근육이다(Kang & Lee, 2018; Kim & Yom, 2015).

최근에는 신체기능 개선과 재활을 목표로 유산소운동과 근력운동이 함께 구성된 복합운동형태의 프로그램을 선호한다(Kim 등, 2015). 이는 복합운동이 유산소성 운

동 및 무산소성 운동의 장점을 모두 얻을 수 있고 그 효과를 극대화시킬 수 있기 때문이다(Kim 등, 2015). 복합운동은 지방산화를 촉진하여 체지방 및 복부 피하지방을 감소시키고, 신체 구성 변화와 혈중지질 대사 및 심혈관계 개선에도 효과적인 것으로 보고되었다(Yarizadeh 등, 2021). 또한 복합운동이 체중, 체지방율, 신체질량지수를 감소시키고, 근력과 균형능력 증진시킨다고 보고되었고(Im 등, 2019), 불안, 짜증, 걱정과 같은 정신적인 요소에도 긍정적인 영향을 미친다고 보고되었다(Lee, 2020)

복합운동에 대한 선행연구에서 신체조성의 변화, 호흡관련 지표, 운동순서에 따른 영향 등 다양하게 분석하였다. Yoo 등(2016)은 복합운동이 다리근력과 신체중심에 미치는 영향에 대해 연구하였고, Park과 Park(2016)은 복합운동이 체성분과 근력에 미치는 영향을 연구하였으며, Shin 등(2014)은 복합운동이 혈중지질과 복부지방에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 그러나 다리근력 운동과 유산소운동을 결합한 복합운동과 순수한 유산소운동에서 다리의 근활성도와 폐활량을 비교한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 다리근력 운동과 유산소운동을 결합한 복합운동과 순수한 유산소운동 수행했을 때 다리근육의 근활성도와 폐활량을 비교해 보기 위해 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 경상북도 소재한 K대학교에 재학 중인 20대 남녀대학생 22명을 대상으로 실시하였고, 엑셀을 이용하여 복합운동군과 유산소운동군으로 무작위로 나누었다(Table 1). 호흡계통에 질환이 있는 자, 정형외과적 기형, 통증, 기능장애를 가진 자, 정기적으로 유산소운동 또는 근력운동을 하는 자, 흡연을 하는 자는 본 연구의 대상자에서 제외하였다. 모든 참가자들에게 헬싱키 선언의 윤리적 원칙에 따라 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명하였고, 자발적으로 참가를 원하는 대상에 한하여 실험을 실시하였다.

Table 1. General characteristics of subject

(n= 22)

Variable	Complex exercise group (n= 11)	Aerobic exercise group (n= 11)
Gender (male / female)	6 / 5	6 / 5
Age (year)	21.00±2.00 ^a	22.00±2.54
Height (cm)	163.66±6.37	165.60±8.61
Weight (kg)	54.66±6.97	58.11±12.18

^aM±SD

2. 실험 기기 및 도구

1) 폐활량기

폐활량을 알아보기 위해 폐기능 측정기(Quarksplor, Cosmed, Italy)를 사용하였다. 마우스피스를 입에 물고 평소처럼 숨을 쉬다가 숨을 최대한 들이마신 후 한꺼번에 내쉬는 방법으로 3번 반복 측정하여 평균값을 사용하였다(Lee & Kim, 2020). 노력성 폐활량(forced vital capacity; FVC), 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume at one second; FEV₁), 노력성 호기비(forced expiratory ratio; FEV₁/FVC)를 사용하였다.

2) EMG(electromyography)

EMG(4D-MT V2.0, Relive, Korea)을 이용하여 우세측 다리의 넓다리근은근과 장딴지근의 근활성도를 측정하였다. 무릎을 90 ° 굽힌 스쿼트 자세에서 5초를 유지, 총 3회 실시하였고 가운데 3초에 대한 평균값을 자료분석에 사용하였다.

각 근육에 일회용 단일표면극을 부착하였다. 넓다리근은근은 위앞엉덩뼈가시와 무릎뼈와의 가운데 전극을 부착하였고(Muyor 등, 2020), 장딴지근은 근육 힘살의 세로 방향으로 부착하였다(Delali 등, 2021). 전극을 부착하기 전 일회용 면도기를 이용하여 전극을 부착할 부위에 털을 제거한 뒤, 가는 사포로 부드럽게 문질러 피부각질층을 제거하고, 알코올 솜으로 피부표면의 지방 제거하여 피부저항을 최소화하였다(Kim 등, 2020). 근전도의 신호 처리는 Myo-Research Master Edition 1.06을 사용하여 필터링하였다. 표본추출률(sampling data)은 1,500 Hz로 설정하고, 주파수 대역폭(bandwidth)은 20~400 Hz로 설정하였다. 노치 필터(notch filter)를 사용하여 60 Hz 노이즈

를 제거한 뒤 실효평균값(root mean square; RMS)으로 처리하였다. 각 근육에서 수집된 근전도 신호는 최대 수의적 등척성 수축에 대한 백분율(% maximal voluntary isometric contraction; %MVIC)로 정규화(normalization)하였다. 각 근육들은 Kendall의 방법으로 MVIC를 측정하였다(Semciw 등, 2021). MVIC 측정은 5초 동안 총 3회 실시하였고, 가운데 3초에 대한 평균값을 자료 분석에 사용하였다.

3. 실험절차

본 연구의 운동프로그램은 2022년 9월 15일부터 9월 29일까지 3주 동안 주 3일 1회당 50분씩 진행하였다. 사전평가는 9월 15일에 실시하였고, 사후평가는 9월 29일에 실시하였다. 복합 운동군은 준비운동으로 다리 스트레칭을 5분 실시 후 트레드밀을 이용한 유산소운동 20분 실시, 무산소 운동으로 스쿼트와 런지를 20분 실시한 뒤 정리운동도 준비운동과 동일한 다리 스트레칭을 5분 수행하였다. 유산소 운동군은 복합운동군과 동일한 준비운동 5분 실시 후 트레드밀에서 유산소운동을 40분 실시한 뒤 복합운동군과 동일한 정리운동을 5분 수행하였다.

트레드밀의 운동강도는 미국스포츠의학회의에서 권장하는 운동강도로써 본 연구의 대상자들이 규칙적인 운동을 하지 않은 자임을 감안하여 60 % HRmax로 설정하였다(Shin, 2014)(Fig 1). 최대심박수는 폭스의 공식을 사용하여 계산하였다. 스쿼트는 어깨너비로 다리를 좌우로 벌리고 시선은 정면을 바라보며 허리는 중립을 유지하면서 무릎관절을 천천히 바닥과 평행이 되도록 앉았다 일어나는 동작으로 실시하였다(Ko & Kim, 2012)(Fig 2). 15회씩 5세트 실시하며 세트 사이에 1분 쉬는 시간을 부여하였다. 런지는 대상자는 어깨너비 정도로 다리를 벌

리고 우세다리를 앞으로 내민 뒤, 무릎을 90 ° 정도 굽힘 하고, 비우세다리의 무릎은 바닥에 닿는 느낌으로 몸

을 내리도록 하였다(Muyor 등, 2020)(Fig 3). 10회씩 5세트 실시하고 세트 사이 1분 쉬는 시간을 부여하였다.



Fig 1. Treadmill exercise



Fig 2. Squat exercise



Fig 3. Lunge exercise

4. 분석방법

본 실험의 데이터는 The PASW Statistics 18 software(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계 분석을 하였다. 정규성 검증으로 shapiro-wilk test를 하여 정규분포를 확인하였다. 집단 내 운동 전·후의 차이를 구하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)를 사용하였고, 운동 전과 후의 변화량의 집단 간 차이를 비교하기 위해

독립표본 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. 결과

3주간의 중재 전과 후의 심폐기능을 비교한 결과는

Table 2. Comparison of cardiorespiratory function after intervention (n= 22)

		Complex exercise group (n=11)	Aerobic exercise group (n=11)	t	p
FVC	Pre test	4.02±.20	4.05±.21		
	Post test	4.16±.25	4.21±.22		
	Change	.14±.14	.17±.13	-4.5	.658
	t	-3.31	-4.10		
	p	.008	.002		
FEV ₁	Pre test	3.89±.10	3.97±.11		
	Post test	3.96±.11	4.06±.16		
	Change	.07±.06	.09±.10	-5.9	.564
	t	-3.95	-3.03		
	p	.003	.013		
FEV ₁ /FVC %	Pre test	95.23±.91	95.79±1.36		
	Post test	95.09±.92	95.64±1.17		
	Change	.14±.29	.15±.36	.06	.954
	t	1.65	1.44		
	p	.131	.182		

FVC; forced vital capacity, FEV₁; forced expiratory volume at one second, FEV₁/FVC; forced expiratory ratio

Table 2와 같다. FVC와 FEV₁는 복합 운동군과 유산소 운동군 모두 운동 후 유의하게 증가되었다($p < .05$). FEV₁/FVC % 는 두 집단 모두 유의한 차이는 없었다($p > .05$). FVC, FEV₁, FEV₁/FVC %의 운동 전후의 변화량은 집단 간 비교에서 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$).

3주간의 중재 전과 후의 넙다리곧은근과 장딴지근을 비교한 결과는 Table 3과 같다. 넙다리곧은근의 근활성

도는 운동 후에 복합 운동군에서 유의하게 증가하였고($p < .05$), 유산소 운동군에서는 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 집단 간 비교에서 운동 전과 후의 넙다리곧은근의 근활성도 변화량은 복합 운동군이 유산소 운동군에 비해 유의하게 큰 변화량을 보였다($p < .05$). 장딴지근의 근활성도는 두 집단 모두 운동 후 유의하게 증가하였고($p < .05$), 집단 간 비교에서 운동 전과 후의 변화량은 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$).

Table 3. Comparison of electromyographic activity of each muscle (unit: %MVIC)

	Complex exercise group (n=11)	Aerobic exercise group (n=11)	t	p	
RF	Pre test	79.56±9.53	82.01±7.36		
	Post test	83.71±6.70	82.39±7.12		
	Change	4.14±3.69	.38±3.38	2.49	.022
	t	-3.72	-.37		
	p	.004	.717		
GCM	Pre test	19.81±5.68	20.21±4.93		
	Post test	20.70±4.80	21.03±5.31		
	Change	1.08±1.52	.82±1.15	.45	.655
	t	-2.36	-2.38		
	p	.039	.039		

RF; rectus femoris, GCM; gastrocnemius

IV. 고 찰

본 연구는 다리근력운동과 유산소운동을 결합한 복합 운동과 순수한 유산소운동이 폐기능과 넙다리곧은근과 장딴지근의 근활성도에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다. 넙다리곧은근과 장딴지근은 무릎과 발목관절의 안정성을 제공하며, 균형과 보행에 있어 필수적인 근육이다(Citaker 등, 2013; Kang & Lee, 2018).

본 연구의 결과에서 다리근력운동과 유산소운동을 결합한 실험군과 순수한 유산소 운동을 한 대조군 모두 중재 후에 FVC와 FEV₁은 유의하게 증가하였고, 운동 전과 후의 변화량은 집단 간 유의한 차이는 없었다. Seo 등(2022)은 청소년 축구선수를 대상으로 한 연구에서 융복합적 신체안정화운동이 FVC와 FEV₁를 유의하게 증가시

켰다고 보고하였다. Kim 등(2017)은 흡연자 대상으로 가상현실 이용하여 근력, 유산소, 균형운동으로 구성된 복합운동을 실시 후 FVC, FEV₁ 유의하게 증가되었음을 보고하였다. Kang과 Yoon(2021)은 암환자를 대상으로 수중에서 실시한 복합운동이 FVC, FEV₁ 유의하게 증가시켰음을 보고하였다. Ki 등(2020)은 여성 노인을 대상으로 한 복합운동이 FVC, FEV₁를 유의하게 증가시켰음을 보고하였다. Jeon 등(2018)은 근감소증을 가진 여성노인을 대상으로 실시한 스쿼트운동이 FVC를 증가시켰다고 보고하였다. 이처럼 많은 선행연구에서 복합운동이 폐기능을 향상시킨다고 보고하였고, 선행연구와 본 연구의 결과를 바탕으로 다리근력운동과 유산소운동을 결합한 복합운동도 폐기능을 향상시키는데 도움이 된다고 생각된다. 또한 선행연구에서 복합운동이 폐기능을 향상시키는 이유로 코어근육들의 활성이 호흡근의 기능을 향상

시키기 때문이라고 언급하였다. 스쿼트와 런지는 다리의 근력뿐만 아니라 코어근육과 균형, 보행능력을 증가시키는 운동이다(Jeon 등, 2018). 그러므로 본 연구의 복합운동군에서도 폐기능이 향상되었고, 순수한 유산소운동군과 유의한 차이를 보이지 않았다고 생각된다.

본 연구의 결과에서 넙다리곧은근의 근활성도는 실험군에서 운동 후 유의하게 증가하였다. Kim 등(2019)은 다리의 근력 강화를 위해 레그 익스텐션과 유산소운동인 에르고미터를 4주 동안 주 3회 실시한 복합운동이 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 근활성도를 증가시켰다고 보고하였다. 본 연구와의 다른 점은 본 연구의 복합운동군은 다리근력운동으로 스쿼트와 런지를 실시하였고, 유산소운동은 트레밀 운동을 실시하여 중재방법에 차이가 있으며, 중재 기간이 3주 동안 주 3회 실시하여 1주가 짧다. 또 다른 선행연구로 Lee 등(2013)은 트레드밀을 이용한 유산소운동과 다리의 저항운동으로 레그 익스텐션, 스쿼트, 레그 켄을 병행한 복합운동이 순수하게 다리의 저항운동을 실시한 것보다 넙다리곧은근의 근활성도가 증가시켰다고 보고하였다. 이러한 선행연구와 본 연구의 결과를 고려해볼 때 다리근력운동과 유산소운동을 결합한 복합운동은 넙다리곧은근의 근활성도를 증가시키는데 효과적이라고 생각된다.

또한 운동 전과 후의 넙다리곧은근의 근활성도 변화량은 실험군이 대조군에 비해 유의하게 큰 변화량을 보였다. 이러한 결과의 이유는 스쿼트와 런지와 같은 다리 근력운동은 넙다리곧은근에 자신의 체중을 이용하여 부하를 제공하는 반면, 트레드밀을 통한 순수한 유산소운동은 넙다리곧은근에 의미있는 부하가 제공되지 않기 때문이라고 생각된다.

본 연구의 결과에서 장딴지근의 근활성도는 복합운동군과 순수한 유산소운동군 모두 운동 후 유의하게 증가하였다. 이는 보행 시 한걸음주기 당 장딴지근의 근육활동이 10~20 % 사용되고(Neumann, 2016), 스쿼트와 런지 시 지속적인 장딴지근의 수축활동으로 인하여 근활성도가 증가된 것으로 생각된다. 그러므로 다리근력운동과 유산소운동을 결합한 복합운동과 순수한 유산소운동 모두 장딴지근의 근활성도를 증가시킨다고 생각된다.

본 연구의 제한점은 대상자들의 키와 몸무게를 고려하지 못한 점, 넙다리곧은근과 장딴지근을 제외한 다리

의 다른 근육활동을 고려하지 못한 점, 20대 건강한 성인으로 연구를 진행하였기에 다른 연령대나 환자에게 일반화하기에 어려움이 있는 점, 각 집단의 대상자의 수가 11명으로 대상자의 수가 적다는 점이다. 이러한 제한점은 추후 연구를 통해 보완할 필요가 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 20대 건강한 성인을 대상으로 다리근력운동과 유산소운동을 결합한 복합운동군과 순수한 유산소운동군으로 나누어 3주 동안 주 3회, 회당 50분씩 운동을 실시한 뒤 폐기능과 넙다리곧은근 및 장딴지근의 근활성도를 비교해 보았다. 연구결과, 복합운동군과 유산소운동군 모두 폐기능이 개선되었고, 넙다리곧은근의 근활성도는 복합운동군이 운동 후 증가하였고, 운동 전과 후의 넙다리곧은근의 근활성도 변화량도 복합운동군이 유산소운동군 보다 큰 변화량을 보였다. 그러므로 다리근력운동과 유산소운동이 결합된 복합운동은 폐기능을 향상시키고, 순수한 유산소 운동과 비교하여 추가적으로 넙다리곧은근을 활성시킴으로 더 효율적인 운동프로그램이라고 제안한다.

참고문헌

Barrea L, Muscogiuri G, Pugliese G, et al(2021). Metabolically healthy obesity (MHO) vs. metabolically unhealthy obesity (MUO) phenotypes in PCOS: association with endocrine-metabolic profile, adherence to the mediterranean diet, and body composition. *Nutrients*, 13(11), 3925. <https://doi.org/10.3390/nu13113925>.
Citaker S, Guclu-gunduz A, Yazici G, et al(2013). Relationship between lower extremity isometric muscle strength and standing balance in patients with multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation*, 33(2), 293-298. <https://doi.org/10.3233/NRE-130958>.

- Cutrufello PT, Benson BA, Landram MJ(2020). The effect of music on anaerobic exercise performance and muscular endurance. *J Sports Med Phys Fitness*, 60(3), 486-492. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.10228-9>.
- Delali L, Thomas A, Patrick A(2021). Transcutaneous electrical nerve stimulation in the management of calf muscle spasticity in cerebral palsy: a pilot study. *IBRO Neurosci Rep*, 11, 194-199. <https://doi.org/10.1016/j.ibneur.2021.09.006>.
- Halabchi F, Alizadeh Z, Sahraian MA, et al(2017). Exercise prescription for patients with multiple sclerosis; potential benefits and practical recommendations. *BMC Neurol*, 17(1), 185. <https://doi.org/10.1186/s12883-017-0960-9>.
- Im JY, Bang HS, Seo DY(2019). The effects of 12 weeks of a combined exercise program on physical function and hormonal status in elderly Korean women. *Int J Environ Res Public Health*, 16(21), 4196. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214196>.
- Jeon YK, Shin MJ, Kim CM(2018). Effect of squat exercises on lung function in elderly women with sarcopenia. *J Clin Med*, 7(7), 167. <https://doi.org/10.3390/jcm7070167>.
- Kang JH, Lee SY(2018). A comparison of quadriceps muscle strength and endurance on convergent kinesio taping with elasticity. *J Converg Informa Technol*, 8(4), 81-86. <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2018.8.4.081>.
- Kang YH, Yoon JH(2021). The effect of convergent aquatic exercise on shoulder and pulmonary function and quality of life in breast cancer patients. *J Digit Converg*, 19(10), 349-355. <https://doi.org/10.14400/JDC.2021.19.10.349>.
- Katzmarzyk PT, Tremblay A, Pérusse L, et al(2003). The utility of the international child and adolescent overweight guidelines for predicting coronary heart disease risk factors. *J Clin Epidemiol*, 56(5), 456-462. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(02\)00595-4](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(02)00595-4).
- Ki MJ, Ha SM, Kim JS, et al(2020). Effect of combined exercise on lung function, blood vitamin D, calcium and bone metabolism hormones in elderly women. *J Korean Appl Sci Technol*, 37(4), 699-710. <https://doi.org/10.12925/jkocs.2020.37.4.699>.
- Kim DW, Cho NJ, Kim TH(2020). Comparison of dead bug exercise and abdominal draw-in exercise on the activities of lumbar extensor muscles and the pelvic angle during prone hip extension in women with weak abdominal muscles. *J Korean Soc Integr Med*, 8(2), 1-9. <https://doi.org/10.15268/ksim.2020.8.2.001>.
- Kim HS, Bae WS, Lee KC(2019). Effects of ergometer exercise after static stretching and strength exercise on muscle activity of the quadriceps muscle. *Arch Orthop Sports Phys Ther*, 15(1), 57-63. <https://doi.org/10.24332/aospt.2019.15.1.06>.
- Kim JI, Jung HC, Won JY, et al(2014). Effects of aerobic exercise on middle-aged male smokers' blood vessel health. *J Digit Converg*, 12(4), 349-356. <https://doi.org/10.14400/JDC.2014.12.4.349>.
- Kim JS, Kim DY, Park DH(2015). The effect of sequence of aerobic and resistance exercise on hormones and metabolism in males. *Exerc Sci*, 24(1), 13-20. <https://doi.org/10.15857/ksep.2015.24.1.13>.
- Kim KH, Yom JP(2015). The effects of three different squat exercises on iEMG, MEF of rectus femoris, biceps femoris and gastrocnemius. *Asian J Kinesiol*, 17(1), 1-8. <https://doi.org/10.15758/jkak.2015.17.1.1>.
- Kim MH, Na EH, Kim HJ(2017). The effects of training using a virtual reality on pulmonary function of smokers. *J Korea Entertain Industr Assoc*, 11(3), 235-241. <https://doi.org/10.21184/jkeia.2017.04.11.3.235>.
- Ko YC, Kim YP(2012). Effects of combined resistance exercise and aerobic exercise course on health-related and energy substrates. *J Sport Leis Stud*, 48(2), 925-936. <https://doi.org/10.51979/KSSLS.2012.05.48.925>.
- LaBella C(2004). Patellofemoral pain syndrome: evaluation and treatment. *Prim Care*, 31(4), 977-1003. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2004.07.006>.
- Lee BH, Yoo JY, Jeong JG(2013). Changes in muscle activity and thickness of resistance exercise added aerobic exercise and pure resistance exercise. *J Korea Inst Electron Commun Sci*, 8(5), 763-769.

- <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2013.8.5.763>.
- Lee SJ(2020). The effect of complex exercise program on the quality of life of the Elderly. *J Humanit Soc Sci*, 11(6), 1037-1048. <https://doi.org/10.22143/HSS21.11.6.73>.
- Lee YJ, Kim KH(2020). Effects of the inspiratory muscle breathing training on the lung function in 20s healthy smoking and non-smoking male. *J Korean Phys Ther Sci*, 27(1), 26-33. <https://doi.org/10.26862/jkpts.2020.06.27.1.26>.
- Muyor JM, Martín-Fuentes I, Rodríguez-Ridao D, et al(2020). Electromyographic activity in the gluteus medius, gluteus maximus, biceps femoris, vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris during the monopodal squat, forward lunge and lateral step-up exercises. *PLoS One*, 15(4), e0230841. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230841>.
- Neumann DA(2016). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. 3rd ed, St Louis, Mosby, pp.739-745.
- Park SD, Park SH(2016). The effect of combined exercise order on body composition and muscle strength. *J Sport Leis Stud*, 64, 869-885. <https://doi.org/10.51979/KSSLS.2016.05.64.869>.
- Reiman MP, Bolgla LA, Loudon JK(2012). A literature review of studies evaluating gluteus maximus and gluteus medius activation during rehabilitation exercises. *Physiother Theory Pract*, 28(4), 257-268. <https://doi.org/10.3109/09593985.2011.604981>.
- Seals DR, Nagy EE, Moreau KL(2019). Aerobic exercise training and vascular function with ageing in healthy men and women. *J Physiol*, 597(19), 4901-4914. <https://doi.org/10.1113/JP277764>.
- Semciw AI, Visvalingam VN, Ganderton C, et al(2021). The immediate effect of foot orthoses on gluteal and lower limb muscle activity during overground walking in healthy young adults. *Gait Posture*, 89, 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.07.003>.
- Seo YS, Song IY, Yoon JH(2022). Effect of convergence body stabilization exercise on the visual response speed and functional movement, balance, and vital capacity of high school football players. *J Digit Converg*, 20(1), 191-202. <https://doi.org/10.14400/JDC.2022.20.1.191>.
- Shin HS, Seo SY, Lee JM, et al(2014). Effect of combined exercise order for 12 weeks of obese college females on the composition of abdominal fat and blood lipid profiles. *J Korea Contents Assoc*, 14(5), 235-243. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2014.14.05.235>.
- Yarizadeh H, Eftekhari R, Anjom-Shoae J, et al(2021). The effect of aerobic and resistance training and combined exercise modalities on subcutaneous abdominal fat: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Adv Nutr*, 12(1), 179-196. <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa090>.
- Yoo HY, Shin CH, Yoon SD, et al(2016). Effect of the 4 weeks with aerobic and anaerobic complex exercise according to the order in the lower extremity muscle strength and body gravity balance of 20' male university students. *Korea J Sports Sci*, 25(2), 1063-1073.