유산소 병행 운동과 순수 저항 운동의 근활성도 및 근 두께의 변화

이병훈* · 유재영** · 정진규***

Changes in Muscle Activity and Thickness of Resistance Exercise added Aerobic Exercise and Pure Resistance Exercise

Byung-Hoon Lee* · Jae-Young Yoo** · Jin-Gyu Jeong***

요 약

본 연구는 넓다리 부위의 근력 증진을 위해 순수 저항운동과 유산소 병행 저항운동의 효과를 비교해 임상에서 근력증진을 목적으로 한 운동 프로그램의 근거자료를 제공하고자 하였다. 넓다리 곧은근의 근활성도는 두 군 모두 실험전에 비해 실험후 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 측정시기에 따른 군간 비교에서 순수 저항 운동군에 비해 유산소 병행 운동군이 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 넓다리 곧은근의 두께는 두 군 모두 실험전에 비해 실험 후 유의한 차이가 없었으나, 측정 시기에 따른 군간비교에서 실험후에 순수 저항 운동군에 비해 유산소 병행 저항 운동군이 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 결론적으로 근력 증진을 목적으로한 순수 저항 운동보다 저항 운동 후 유산소 운동을 실시하는 유산소 병행 운동이 근활성화 및 근 비대에 더 효과적임을 알 수 있었다.

ABSTRACT

This study aims to compare the effects of pure resistance exercise and resistance exercise added aerobic exercise for enhancing muscle strength of the femoral region and provide the evidentiary materials of an exercise program for improving muscle strength in clinical setting. Muscle activity of rectus femoris showed statistically significant differences after experiment compared to before experiment in the two groups and resistance exercise added aerobic exercise group showed statistically significant difference compared to pure resistance exercise group in group comparison according to the period of measurement. Thickness of rectus femoris showed no significant difference after experiment compared to before experiment in both groups, but resistance exercise added aerobic exercise group showed statistically significant difference after experiment compared to before experiment in group comparison according to the period of measurement. In conclusion, it was found that aerobic exercise after resistance exercise was more effective in enhancing muscle activity and thickness than pure resistance exercise for enhancing muscle activity.

키워드

resistance exercise added aerobic exercise, EMG, Ultrasonography
유산소병행 저항운동, 근전도, 초음파영상

* 전남과학대학교 산학협력단(rukas1024@nate.com)

** 남부대학교 대학원(yjy0412@hanmail.net)

*** 교신저자 : 전남과학대학교 물리치료과(ptj8763@hanmail.net)

접수일자 : 2013. 03. 22

심사(수정)일자 : 2013. 04. 25

게재 확정일자 : 2013. 05. 20

I. 서 론

최근들어 생활수준 및 삶의 질 향상으로 이어져 건강의 관심과 수명연장에 대한 요구가 증가함에 따라 건강에 대한 관심이 증가하고[1][2], 운동에 대한 중요성이 대두되면서 걷기, 달리기와 같은 유산소 운동과 웨이트 트레이닝 같은 저항운동 등과 같은 형태의 운동들이 실시되고 있다[3].

유산소 운동은 지방대사를 증가시키기 위한 방법으로 제시되고 있으며[4], 체지방의 감소 및 지방질 대사의 개선에 효과가 있고, 수축기 혈압 감소, 최대산소 섭취량 증가 등 체중조절 뿐만 아니라 심장혈관계를 개선시키는 장점이 있어 미국스포츠 의학회(American College of Sports Medicine: ACSM)에서는 최대산소섭취량의 50~80% 정도의 중강도 유산소 운동을 20~60분 운동할 것을 권장하고 있다[5].

저항운동은 무산소 운동 형태로서 점진적 과부하 원칙에 기초를 두고 실시하는 운동으로서 근육은 가해지는 저항에 적응하면서 작용함으로써 근 조직의 증가를 유발시키고 이에 따라 근육량도 증가하게 된다[6]. 또한 저항 운동은 기초대사량을 증가시켜 에너지 대사를 촉진시키고 체지방율과 내장 지방을 감소시키는 것으로 보고되고 있다[7][8].

최근들어 이러한 두 가지 형태의 운동에 대한 상호 보완적 방법으로[9] 저항성 운동과 유산소성 운동을 함께 실시하는 복합운동을 통해 유산소 운동의 장점과 저항 운동의 장점을 함께 얻으며, 운동의 효과를 극대화시키기 위한 방법으로 함께 실시한 연구들이 보고되고 있다. 권종성과 박종성[10]은 저항운동 후 유산소 운동이 체지방을 빠르게 감소시키면서 근육량을 증가시킬 수 있다고 보고하였고, 유산소 운동 실시 후 저항운동은 초과산소섭취량과 총에너지소비량을 증가시킨다고 보고되고 있다[11].

그러나 지금까지의 연구에서는 유산소 후 저항운동과 저항운동 후 유산소 운동의 운동순서에 따른 신체구성, 호흡관련 지표 등을 분석한 연구들이 주를 이루고 있으며, 근력증진을 목적으로 한 복합운동과 순수한 저항운동과의 비교 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 근력 증진을 목적으로 대퇴부위의 복합운동과 순수 저항운동을 실시한 후 근 활성도와 근 두께의 변화를 확인함으로써 향후 임상에

서 근력증진을 목적으로 한 운동 프로그램의 근거자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상자는 전남 소재의 A대학교에 재학 중인 20대 남자대학생 20명을 무작위로 추출하여 연구의 목적과 절차에 대해 충분히 설명을 하고 실험에 참여하기로 동의한 자로 하였다. 각 병행운동그룹과 순수저항운동그룹으로의 할당은 측정실에 들어온 순서대로 대조무작위 할당하였다.

연구 대상자 선정 조건은 과거 신경계 및 근·골격계에 특별한 질환을 갖지 않고, 주기적으로 약을 복용하지 않는 자로 하였으며, 또한 과거 전문적인 운동을 하지 않았고, 실험기간동안 과음이나 실험이외의 다른 저항운동이나 유산소 운동을 금지하였다.

2.2 실험설계

본 연구는 운동형태에 따른 근 활성도 및 근육의 구조적 변화를 확인하기 위해 비 동등성 실험군 전·후 설계를 적용 하였다.

2.3 운동방법

그룹 모두 준비운동과 정리운동은 스트레칭으로 10분간 하였고, 운동프로그램은 표 1과 같다.

저항운동은 측정부위의 근력운동으로 3가지 동작(Leg extension, Squat, Leg curl)으로 구성하였으며, 유산소운동은 개인별 최대심박수의 50%에 상응하는 목표심박수를 계산하여 트레드밀 위에서 바로선 자세에서 양팔은 가볍게 앞뒤로 흔들면서 뛰게 하고 휴식 없이 30분간 실시하였다[7].

2.4 측정방법

2.4.1 근활성도 측정

근활성도의 측정을 위해 근전도 신호의 수집은 표면 근전도기(MP150, BIOPAC, USA)를 사용하였으며, 검사전 정확한 측정을 위해 측정부위 주위의 제모 및 각질 제거를 하고, 소독 후 실시하였다. 무릎뼈의 위

부극(Superior pole of the patellar)과 위앞엉덩이뼈가시(Anterior superior iliac spine)사이의 1/2지점에 접지전극을 부착하였다. 전극은 중심간 거리가 20mm인 TSD150B(BIOPAC Co, USA)를 사용하였고, 자체 제작된 의자에서 다리가 지면에 떠 있는 상태를 유지하고 운동시 대상작용을 방지하기 위해 양손은 의자 옆에 있는 봉을 잡게 하였다. 무릎 굽힘 90°에서 무릎 펴는 운동을 통해 총 12초간 측정하여 신호를 수집하였고, 수집된 신호에서 중앙주파수와 실효치 진폭을 분석하였다. 수집된 신호의 저장과 처리는 AcqKnowledge 3.8.1 프로그램을 사용하였다(그림 1).

표 1. 운동 프로그램
Table 1. The exercise program

1-4주			
순수	Leg extension		3set
저항	Squart	1-RM	10reps
운동	Leg curl	50%	30sec rest
유산소 병행 저항 운동군	Leg extension		3set
	Squart	1-RM	10reps
	Leg curl	50%	30sec rest
	Runnig	HRR 60%	30 min
5-8주			
순수	Leg extension		5set
저항	Squart	1-RM	10reps
운동	Leg curl	50%	30sec rest
유산소 병행 저항 운동군	Leg extension		5set
	Squart	1-RM	10reps
	Leg curl	50%	30sec rest
	Runnig	HRR 70%	30 min

그림 1. 표면 근전도
Fig. 1 Surface EMG

2.4.2 근 두께 측정

본 연구에서의 근육의 두께 측정을 위한 초음파 영상 수집은 초음파 영상장치(myLab25one, esaote, Italy)를 이용하여 측정하였으며, 이장치의 주파수 변조 범위는 6~9MHz이고 gain의 범위는 20~80이다. 초음파 변환기는 7.54MHz 선형 탐촉자(Linear transducer)이며, 근육의 측정시 자세는 측정하고자 하는 넓다리 곧은근이 최대한 수축된 상태에서 ASIS와 Patellar tendon의 1/2지점에 변환기를 대고 측정하였으며, 내장된 프로그램에 의해 전산화 처리되어 피부의 압박을 최소화하기 위해 충분한 양의 초음파 겔을 변화기와 피부사이에 도포하였고, 변환기를 피부와 직각으로 유지하여 3회 반복 측정한 후 그 평균값을 근육의 두께로 정하였다(그림 2).

그림 2. 초음파 영상장치
Fig. 2 Ultrasonography

2.5 자료처리

SPSS for Window (Kor.) Ver. 17.0을 사용하여 기술적 통계치인 평균 및 표준편차를 산출 하였다.

운동 실시 전, 후 근활성도 및 초음파 영상에 따른 비교는 paired t-test를 사용하였으며, 측정시기에 따른 군 간의 차이는 t-test를 이용하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

3.1 연구대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자 총 20명으로 순수저항운동군, 저항운동후 유산소운동군 각 10명이었다. 실험전 동질성 검정 결과 연령, 신장, 체중에서 유의한 차이가 없어 동일한 집단임이 확인되었다(표 2).

표 2 . 연구대상자의 일반적 특성.
Table 2. General characteristics of subjects

	연령(yr)	신장(cm)	체중(kg)
순수저항	25.00	172.60	67.80
운동군	±2.58	±6.38	±8.18
유산소병행	24.50	172.80	66.00
저항운동군	±3.27	±6.52	±9.20
p	.946	.709	.650

(Mean±S.D)

3.2 근 활성도의 변화

3.2.1 넙다리 골은근의 실효치 진폭의 변화

넙다리 골은근의 실효치 진폭을 측정한 결과 순수 저항 운동군이 실험전 .0121±0.0043, 실험후 .0153±0.0029로 통계적으로 유의한 차이가 있었고(p<.05), 유산소 병행 저항 운동군은 실험전 .0135±0.0025, 실험후 .0183±0.0024로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05).

측정 시기에 따른 군간 비교에서는 실험전에는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나(p>.05), 실험후에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 3).

표 3. 넙다리 골은근의 실효치진폭의 변화(mV)
Table 3. The change of RMS in rectus femoris

	순수 저항운동군	유산소병행 저항운동군	p ¹⁾
실험전	.0121±0.0043	.0135±0.0025	.389
실험후	.0153±0.0029	.0183±0.0024	.022
p ²⁾	.041	.000	

(Mean±S.D)

p¹⁾ ;Tested by t-test

p²⁾ ;Tested by Paired t-test

3.2.2 넙다리 골은근의 중앙주파수의 변화

넙다리 골은근의 중앙 주파수를 측정한 결과 순수 저항 운동군은 실험전 82.75±2.99, 실험후 85.10±3.31로 통계적으로 유의한 차이가 있었고(p<.05), 유산소 병행 저항 운동군도 실험전 82.88±3.37, 실험후 87.04±2.62로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05).

측정 시기에 따른 군간 비교에서는 실험전에는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나(p>.05), 실험후에는

통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 4).

표 4. 넙다리 골은근의 중앙주파수의 변화(Hz)
Table 4. The changes of MDF in rectus femoris

	순수 저항운동군	유산소병행 저항운동군	p ¹⁾
실험전	82.75±2.99	82.88±3.37	.923
실험후	85.10±3.31	87.04±2.62	.041
p ²⁾	.045	.031	

(Mean±S.D)

p¹⁾ ;Tested by t-test

p²⁾ ;Tested by Paired t-test

3.3 근 두께의 변화

넙다리 골은근의 두께를 측정한 결과 순수저항 운동군이 실험전 1.08±0.18, 실험후 1.25±0.17로 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 유산소 병행 저항 운동군은 실험전 1.01±0.24, 실험후 1.36±0.31로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05),

측정 시기에 따른 군간 비교에서는 실험전에는 통계적으로 유의한 차이가 없었고(p>.05), 실험후에도 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(표 5).

표 5. 넙다리 골은근의 두께 변화(mm)
Table 5. The change of thickness in rectus femoris

	순수 저항운동군	유산소병행 저항운동군	p ¹⁾
실험전	1.08±0.18	1.01±0.24	.524
실험후	1.25±0.17	1.36±0.31	.368
p ²⁾	.103	.007	

(Mean±S.D)

p¹⁾ ;Tested by t-test

p²⁾ ;Tested by Paired t-test

IV. 고 찰

근력은 근육이 발휘할 수 있는 최대힘으로 정의하며, 근력강화 훈련의 가장 큰 목적은 근력을 증가시킬 수 있는 능력이 향상이다[12]. 최근들어 각종 만성질환 예방 뿐만 아니라 건강증진을 위한 운동이 중요시 되고 있으며, 많은 연구들을 통해 유산소 운동 뿐만 아니라 연령에 맞는 적절한 근력 운동의 중요성이 대

두되고 있다[13].

본 연구는 20대 남자 대학생에게 유산소 병행 저항 운동과 순수 저항운동을 실시하여 근활성도 및 근육의 구조적인 변화를 알아보고 근력 증진을 목적으로 한 운동프로그램의 근거자료로 활용하고자 시도하였다.

근전도 측정기를 통해 넙다리 곧은근의 실효치 진폭과 중앙주파수를 측정한 결과 순수저항 운동군과 유산소 병행 저항 운동군은 실험전에 비해 실험후에 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 측정 시기에 따른 군간 비교에서 실험후에 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 근전도기를 통한 실효치 진폭은 운동단위의 수와 발화율을 반영하고[14], 중앙주파수는 활동전위 전도속도, 속근 섬유의 동원비와 비례한다고 알려져 있으며[12], 중앙주파수의 증가는 속근섬유의 동원율이 증가함을 의미한다. Portero 등[15]은 8주 근력강화훈련 후 중앙주파수가 상승하였으며, 신화경[12]은 12주 근력강화 훈련 후 실효치 진폭과 중앙주파수가 모두 선형으로 증가하였다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 또한 박상동[16]은 운동순서에 따른 근력비교를 통해 저항운동 후 유산소 운동이 유산소 운동후 저항운동에 비해 근력증가에 더 효과적이라고 보고하였으며, 고영찬과 김영표[3]는 20대 남자대학생을 대상으로 저항+유산소 복합운동이 8주 이후에 악력과 배근력이 통계적으로 유의하게 증가하였다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다.

최근 영상진단장비 성능이 향상되면서, 골격근 등에 대한 정량적 영상 분석이 시도되고 있으며, 특히 초음파 영상 장치는 비 침습적이며, 방사능에 노출되지 않는다는 장점이 있고[17]. 많은 연구 결과를 통해 골격근의 두께 평가에 높은 신뢰도가 증명되었다[18]. 본 연구에서도 8주간 순수저항운동과 유산소 병행 운동 실시 후 운동부위인 넙다리내갈래근의 근 두께를 측정한 결과 순수 저항운동군은 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 평균치 증가를 확인하였으며, 유산소 병행 저항운동군에서는 실험전에 비해 실험후 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 정진규[19]는 초음파 영상상을 통한 근육의 두께가 최대 등척성 수축력과 높은 양의 상관관계를 보인다고 보고하였으며, 남기원 등[20]은 경직성 하지 마비아의 하지 근력운동 후 대퇴직근의 두께가 통계적으로 유의한 차이는 없었으나

수치상 증가하였다고 보고하여 본 연구 결과와 부분적으로 일치하였다.

저항 운동은 골격근의 구조의 변화를 가져오고, 이때 장기간의 점진적 저항운동은 근력과 근 비대 뿐만 아니라 근섬유 정렬각과 근섬유 속 길이 같은 구조에도 변화를 가져오는 것으로 알려져 있다[21]. 그러나 운동 초기의 근력 증가는 운동단위 동원 능력의 개선으로 인한 근전도 활성량의 증가를 일으키는 신경훈련기전에 의한 결과이며, 그 이후의 근력 증가는 근비대에 의한 결과로 보고되고 있다[14]. Collier 등[22]은 4주간 주 3회 저항운동 실시가 통계적으로 유의한 근력의 증상을 가져온다고 주장하였고, 김범수와 장혁기[7]는 4주간 여대생에게 유산소 운동과 저항성 운동을 복합으로 실시한 후 등속성 근력 측정 결과 통계적으로 유의한 증가가 있다고 보고하여 본 연구 결과를 지지하고 있다. 본 연구에서도 근전도를 통한 실효치 진폭과 중앙주파수가 8주간 운동 후 두 군 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타낸 반면 초음파 영상을 통한 근육의 두께 확인 결과 순수 저항 운동군에서 수치상의 차이만 나타났고, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이는 근력 강화 운동 초기인 4주 이상의 저항운동을 통해 근 섬유의 동원 능력의 증가로 인한 근력 증가가 나타난 것으로 생각되며, 8주 이후 순수 저항 운동군에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않는 것은 속근 섬유의 비대가 시작되는 단계여서 나타난 결과로 판단된다[15]. 반면 유산소 병행 저항운동군이 8주 이후 초음파 영상을 통한 근 두께에서 통계적으로 유의한 차이가 나타난 것은 이는 근 통증과 피로원인으로 작용하는 젖산의 축적을 유산소 운동을 통해 억제되기 때문으로 생각되며[23], 근력 증가를 목적으로 한 운동은 순수 저항 운동보다는 저항운동을 먼저 실시하고 후에 유산소 운동을 병행하는 운동 프로그램이 필요한 것으로 생각된다.

본 연구는 20대 대학생 20명을 대상으로 실시하여 전체로 일반화하기에는 어려움이 따르고, 장기간의 측정을 통해 근비대의 시점확인에 어려움이 있으나, 그럼에도 불구하고 본 연구는 근력 증진을 목적으로 복합운동과 순수 저항운동 후 근 활성도와 근육의 두께를 비교해봄으로써 근육의 구조적인 변화를 확인하고 임상에서 근력증진을 목적으로 운동프로그램 시행시 근거자료를 제시함에 그 의의가 있다.

향후 연구에서는 보다 더 다양한 연령대를 대상으로 한 연구 및 다양한 측정장비를 통한 복합적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 근력 증진을 목적으로 20대 남자 대학생 20명을 대상으로 대퇴부위의 유산소 병행 저항운동군 10명과 순수 저항운동군 10명으로 분류한 후 각각 8주간 실시한 후 근 활성도와 근 두께의 변화를 알아보기 위해 실시하였다. 운동 실시 전과 후에 근전도와 초음파 영상을 통해 측정한 결과는 다음과 같다.

1. 넙다리 곧은근의 실효치 진폭을 측정한 결과 순수저항 운동군과 유산소 병행 저항 운동군은 실험전에 비해 실험후 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 측정 시기에 따른 군간 비교에서는 실험전에는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 실험후에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

2. 넙다리 곧은근의 두께를 측정한 결과 순수저항 운동군과 유산소 병행 저항 운동군은 실험전에 비해 실험 후 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 측정 시기에 따른 군간 비교에서는 실험 전에는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 실험 후에는 순수 저항운동군에 비해 유산소 병행 저항 운동군이 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

결론적으로 근력증가를 목적으로 한 순수 저항운동보다 저항운동 후에 유산소 운동을 실시하는 유산소 병행 저항 운동이 근 활성화 및 근 비대에 더 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 근력 증가를 목적으로 운동을 시행하고자 하는 임상에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] Ji MK, "Relationship between Adults' Smoking Realities and Periodontal Disease-2009 Korea National Health and Nutrition Examination Survey Data-", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Science, Vol. 7, No. 4, pp. 917-924, 2012.
- [2] Kim JJ, Kim J, "A Study of Health Care System Housing and Environment of the Elderly", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Science, Vol. 7, No. 4, pp. 925-930, 2012.
- [3] Ko YC, Kim YP, "Effects of Combined Resistance Exercise and Aerobic Exercise Course on Health-related and Energy Substrates", Journal of Sport and Leisure Studies, Vol. 48, No. 2, pp. 925-936, 2012.
- [4] Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, and Ray CA, "American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension", Medicine and Science in Sports and Exercise, Vol. 36, No. 3, pp. 533-553, 2004.
- [5] American College of Sports Medicine. "Guidelines for Exercise Testing and prescription(8th Ed)", Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- [6] Choi SH, Jo MW, Shin DS, "Effects of Short-period resistance exercise on body fat, serum profiles and feeding behaviors of obese females", Journal of Basic Science, Vol. 18, pp. 125-135, 2003.
- [7] Kim BS, Chang HK, "The Effects of Short-term Aerobic and Resistance Combined Training Sequence on the Muscle Strength and Bone Mineral Density in College Aged-Females", The Korean Journal of Sport, Vol. 10, No. 3, pp. 489-498, 2012.
- [8] Choe MJ, "The effect of Park Golf exercise on body composition and sleep of the elderly", The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Science, Vol. 7, No. 6, pp. 1529-1536, 2012.
- [9] Goto K, Higashiyama M, Ishii N, and Thk-amatsu K, "Prior endurance exercise attenuates growth hormone response to subsequent resistance exercise", Eur J Appl Physiol, Vol. 94, No. 3, pp. 333-338, 2005.
- [10] Kwoun JS, Park JS, "The Effect of Exercise Training Program of Diggerent Order on body Composition and Blood Lipid for Obese Woman", Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Woman, Vol. 24, No. 2, pp. 207-215, 2009.
- [11] Kim KN, "Mixed aerobic and resistant exercise

- pattern on metabolic variables", Sogang University masters thesis, 2006.
- [12] Shin HK, "Characteristics of surface Electromyography During Strength Training of 12 weeks", Yonsei University master's thesis, 2002.
- [13] Moon JW, "Effect of aerobic and resistance exercise to hyperlipidemia", Kinesiology, Vol. 8, No. 2, pp. 137-143, 2006.
- [14] Kim HJ, "The changes of ultrasound imaging and electrophysiological characteristic according to activity levels of myofascial trigger point", Dongshin University master's thesis, 2010.
- [15] Portero, P., Bigard, A. X., Gamet, D., Flageat, J. R. and Guezennec, C. Y. "Effects of resistance training in humans on neck muscle performance and electromyogram power spectrum changes", Eur J Appl Physiol, Vol. 84, No. 6, pp. 331-341, 2001.
- [16] Park SD, "The Effect of Combined Exercise Order on body Composition and Muscle Strength", Yeungnam University mater's thesis, 2011.
- [17] Maurits NM, Beenakker EA, van Schaik DE, Fock JM, van der Hoeven JH, "Muscle ultrasound in children: normal values and application to neuromuscular disorders", Ultrasound Med Biol, Vol. 30, No. 8, pp. 1017-1027, 2004.
- [18] Walton JM, Roberts N, Whitehouse GH, "Measurement of the quadriceps femoris muscle using magnetic resonance and ultrasound imaging", Br J Sports Med, Vol. 31, pp. 59-64, 1997.
- [19] Jeong JG, "Quantitative Evaluation of Normal Skeletal Muscle Using Ultrasound Image and Surface Electromyography", Dongshin University Doctor's thesis, 2005.
- [20] Nam KW, Yang EY, Kim GD, "Effects of Lower Limb Strengthening Training on Gross Motor Function and Skeletal Muscle Architecture of Children with Spastic Diplegia", Journal of Rehabilitation Research, Vol. 16, No. 1, pp. 315-330, 2012.
- [21] Reeves N D, Narici MV, Maganaris CN. "In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age", Experimental Physiology, Vol. 89, No. 6, pp. 675-689, 2004.
- [22] Collier SR, Kanaley JA, Carhart RJr, Frechette V, Tobin MM, Hall AK, Luckenbaugh AN, Fernhall B, "Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensivers", Journal of Human Hypertension, Vol. 22, No. 10, pp. 678-686, 2008.
- [23] Kim SS, "The Effect of Total Energy Expenditure and factors Associated with fatigue after Performing Different Sequences of Combined Exercise Programs", Daegu University master's thesis, 2009.

저자 소개

이병훈(Byung-Hoon Lee)

2009년 동신대학교 대학원 물리치료학과 졸업(이학석사)
2012년 조선대학교 대학원 보건학과 졸업(보건학박사)

2012년 ~ 현재 전남과학대학교 산학협력단
※ 관심분야 : 물리치료, 보건 · 의료

유재영(Jae-Young Yoo)

2009년 전남과학대학교 물리치료과 졸업(전문학사)
현재 남부대학교 보건경영대학원 물리치료학과 재학

2011년 ~ 현재 전남과학대학교 물리치료과 외래교수
※ 관심분야 : 운동치료학, 수치료학

정진규(Jin-Gyu Jeong)

2001년 원광대학교 보건환경대학원 보건학과 졸업(보건학석사)
2005년 동신대학교 대학원 물리치료학과 졸업(이학박사)

2006년 ~ 현재 전남과학대학교 물리치료과 교수
※ 관심분야 : 생체역학, 근골격계 운동치료학 및 진단학