

## 점증 부하 운동 시 정상인과 뇌졸중 환자의 심폐기능 및 에너지 대사 비교

### Compare of Graded Load Exercise on Cardiopulmonary Function and Energy Metabolism of Normal Persons and Stroke Patients

김지혜\*, 염주노\*\*, 유인태\*\*\*, 임재길\*\*\*\*, 황병용\*\*\*\*\*  
용인대학교 대학원\*, 단국대학교 대학원\*\*, 대전을지병원 물리치료실\*\*\*,  
가천대학교 물리치료학과\*\*\*\*, 용인대학교 물리치료학과\*\*\*\*\*

Ji-Hye Kim(sweety7905@naver.com)\*, Ju-No Yeom(ptzznag@paran.com)\*\*,  
In-Tae Ryu(bobathryu@hanmail.net)\*\*\*, Chae-Gil Lim(jgyim@gachon.ac.kr)\*\*\*\*,  
Byong-Yong Hwang(bhwang@yongin.ac.kr)\*\*\*\*\*

#### 요약

본 연구의 목적은 정상군과 뇌졸중 환자군의 하지 에르고미터를 이용한 점증적 부하 운동 시 나타나는 심폐기능 및 에너지 대사에 대해 알아보기 위해서이다. 정상군 11(남자:6, 여자:5)명, 뇌졸중 환자군 9(남자:4, 여자:5)명을 대상으로 18분 동안 하지 에르고미터를 이용하여 6분에 25watt 씩 점차적으로 증가하며 실시하였고, 이때 심폐기능 및 에너지 대사는 Quark b<sub>2</sub>를 이용하였다. 정상군에서 점진적 부하 운동 단계는 유의하게 증가하였다. 심폐기능은 최대산소 섭취량 시간, 운동시간에서 유의하게 증가하였지만, 에너지 대사에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한 심폐기능과 에너지대사는 높은 상관관계를 가졌다. 결과적으로 하지 에르고미터를 이용한 점증 부하 운동 시 18분 이내에서는 정상군과 뇌졸중 환자군의 심폐기능과 에너지 대사는 통계학적 차이를 보이지 않았지만, 최대 산소 섭취량과 운동 시간에서는 유의한 차이를 보였으며, 최대산소 섭취량과 관련이 있음을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : 점진적 부하 운동 | 하지 에르고미터 | 뇌졸중 | 심폐기능 | 에너지 대사 |

#### Abstract

The purpose of this study is to investigate the cardiopulmonary function and the energy metabolism of stroke patients and normal persons of graded load exercise using lower ergometer. Targeting 11 normal persons(male: 6, female: 5) and 9 stroke patients (male: 4, female: 5), an graded load exercise was performed with the use of lower ergometer by increasing 25 watts every 6 minute and Quark b<sub>2</sub> were used for the cardiopulmonary function and the energy metabolism. With respect to normal persons, there were significant increases in the phase of graded load exercise, maximum oxygen uptake time, exercise time with respect to the cardiopulmonary function. In addition, there was a significant correlation between cardiopulmonary function and energy metabolism, but there was no significant difference energy metabolism. As a result, there were no significant differences between stroke patients and normal persons of the cardiopulmonary function and the energy metabolism within 18 minutes, but it had significant differences between maximum oxygen uptake and exercise time. Moreover, it was possible to identify that the cardiopulmonary function and the energy metabolism of stroke patients and normal persons are related with maximum oxygen uptake.

■ keyword : | Graded Load Exercisen | Lower Ergometer | Stroke | Cardiopulmonary Function | Energy Expenditure |

## I. 서론

뇌졸중 환자의 재활에 있어서 근 약화와 협응 운동의 저하, 인지기능의 문제 등 신경학적 장애가 주로 초점이 되어왔고 이에 대해서는 뇌졸중 환자의 상지근력 강화 및 관련 요인들의 중요성[1], 인지기능과 일상생활 동작과의 상관성에 대한 연구[2], 스위스 볼을 이용한 균형 및 보행에 대한 연구가 이루어져온 반면[3] 심혈관계와 관련된 연구는 많이 부족했다.

뇌졸중 환자들은 신경운동조절 변화로[4]신체 활동과 관련된 에너지 요구량이 증가하고[5], 기본적인 활동 실행능력을 포함한 초기 유산소 능력 감소시켜, 근 위축이 발생하게 된다[6]. 근 위축은 근 약화로 운동성을 감소시키게 되며[7], 운동단위의 감소, 근섬유 크기 및 형태의 변화, 피로도의 증가 등 생리학적, 조직학적 변화가 관찰된다고 하였다[8][9].

뇌졸중 발병 후 초기 침상 안정 기간 동안에는 근육 위축과 더불어 심장기능이 저하되고 있어서 지구력이 떨어지게 된다. 또한 뇌혈관 질환과 심장 질환은 동일한 위험 요소를 가지고 있어 뇌졸중으로 인한 편마비 환자에게 심혈관계 질환이 동반되는 경우가 많다고 하였다[10]. 운동 수행능력은 인간의 생리적 기능을 통합하여 심박출량을 통해 근골격계와 생명에 필요한 장기에 분배하게 되므로, 규칙적인 운동은 폐의 환기량과 심장의 펌프 작용 등을 향상시킴으로써 최대산소섭취량을 증가시키게 된다. 특히 전신 운동은 산소를 섭취하고 이용하는 능력을 향상시켜 주기 때문에 최대산소섭취능력이 높으면 쉽게 피로해지지 않고 운동 지속 능력을 강화시키게 된다[11]. Kelly 등<sup>12</sup>은 아급성 뇌졸중 환자에서의 심폐기능은 정상인에 비해 50% 감소되어 있으며, 급성 뇌졸중 환자의 심폐기능을 측정 한 연구에서도 그 정도의 차이는 있으나 모두 정상인의 예상치보다 60% 미만의 저하가 있었고, 이는 독립적인 삶을 영위하기 위한 심폐기능에 못 미치는 것이었다.

뇌졸중 환자들은 심폐기능과 관련된 최대산소 섭취량의 차이를 알아보기 위해 상하지 에르고미터[13-15], 트레드밀 운동[16], 브리징 운동[17]과 같이 다양한 방법을 통해 평가되기도 한다. 상지 에르고미터를 이용하

여 정상인과 뇌졸중 환자의 심폐기능과 대사 반응 차이를 알아본 결과 운동내성과 관련이 있었고[15], 또한 호흡 기능과 운동 내성에도 차이를 보인다고 하였다[18]. 이처럼 뇌졸중 환자와 정상인의 심폐기능, 대사 반응의 차이는 기초적 연구로 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 정상인과 뇌졸중 환자 50대 남·녀 20명(정상인 남자 6명, 여자 5명, 뇌졸중 환자 남자 4명, 여자 5명)을 대상으로 점진적 운동부하 운동을 18분 동안 실시하여 신체대사에 영향을 주는 심폐기능 및 에너지 대사의 기초적 자료 제공하며, 추후 시간 경과에 따른 자료를 비교 연구하기 위함이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 충남 천안시 소재지 G병원과 S병원 재활의학과 입원 및 외래로 치료중인 뇌 반구의 병변으로 인한 뇌졸중 환자 중 자연회복 가능성을 최소화하기 위해 발병 후 6개월이 경과되면서, 10m 이상 독립보행이 가능하고, 치료효과에 영향을 줄 수 있는 당뇨병과 같은 내과질환과 정형 외과적 문제가 없고, 의사소통이 가능한 대상자 중 연구에 참여 할 것을 동의한 환자로 선정하였으며, 정상군 선정은 혈압과 당뇨와 같은 내과 질환과 정형외과적 문제가 없고 연구에 참여할 것을 동의한 자로 선정하였다. 본 연구의 예비실험은 2009년 6월 6일~9일까지 정상인·뇌졸중 환자 남·녀 각각 1명씩 실시하였고, 예비실험을 수정·보완하여 본 연구는 2009년 7월 4일~12일까지 정상인과 뇌졸중 환자 50대 남·녀 20명(정상인 남자 6명, 여자 5명, 뇌졸중 환자 남자 4명, 여자 5명)을 대상으로 실시하였다. 본 연구에서 제외되는 대상은 급성 심근경색, 불안정 협심증 증상이나 혈 역학적 이상이 있는 부정맥, 실신, 급성 심내막염, 급성심근염이나 심내막염, 증상을 동반한 심한 대동맥협착증, 조절되지 않은 심부전, 급성폐색전증이나 폐경색, 하지의 색전증, 조절되지 않은 천식, 호흡부전, 협조가 되지 않을 정도의 정신장애가 있는 대상은 제외하였다.

본 연구의 대상자의 일반적 및 의학적 특성은 [표 1]

과 같다.

표 1. 연구대상자의 의학적 특성

	정상군(N=11)	환자군(N=9)	p
성별	남:6, 여:5	남:4, 여:5	0.65
연령(세)	55.5±3.4	53.9±2.9	0.09
신장(cm)	163.9±6.3	162.8±9.2	0.75
체중(kg)	63.6±7.8	63.5±10.3	0.97
발병일(month)	.	28.9±8.3	.
뇌손상원인(명/%) 뇌출혈 뇌경색	.	5(55.6) 4(44.4)	.
마비측부위(명/%) 오른쪽 왼쪽	.	7(77.8) 2(22.2)	.
신경학적 손상(점수) Berg balacne scale(56)	.	45.4	.
장애지수(점수) FIM(126) MFT(32) (affected/unaffected) MMSE(30)	.	90.8 16.0/31.4 28	.

FIM: functional independence measure, MFT:manual function test, MMSE:mini-mental state examination  
p<0.05

## 2. 측정방법

### 2.1 심폐기능 및 에너지 대사 측정

심폐기능과 에너지 대사 측정은 측정 전에 대상자들을 12시간 공복상태로 유지시킨 상태에서 상대습도 50-55%와 온도 24-25℃로 유지되는 실험실에서 Quark b<sub>2</sub> (Italy)를 이용하였다. 호흡 시 호기와 흡기 가스량을 분석, 전환시키는 마우스피스와 터빈을 통하여 산소, 이산화탄소, 질소 등을 채집 하였고, 마우스피스 포트에서 채집된 호기 가스는 샘플링 튜브를 통하여 지르코니아 산소센서에서 100Hz 듀티파형으로 분석하였으며, 측정된 결과는 컴퓨터로 보내져 저장 및 출력하였다.

### 2.2 하지 에르고 미터

하지 에르고미터를 이용한 점증부하 운동 시 시작 5분 전에 운동부하를 점진적으로 증가시켜 최대산소섭취량(VO<sub>2</sub> max)의 80%에 해당하는 목표심박수(target

heart rate:THR)에 도달할 때까지 운동을 지속하게 하였다. 단 목표심박수에 도달하기 전 높은 혈압이나 운동이상 소견을 보였을 경우 그 즉시 운동을 중단하였으며, Borg(1998)[19]에 고안된 자각성 운동 강도인 Borg's scale에 의해 피검자가 운동 강도를 주관적으로 파악하도록 하여 운동 중에 불의의 사고를 방지하고, 피검자는 운동 부하 검사 전 최소한 3시간 이내에는 식사, 술, 담배, 커피 등을 금하게 하였다. 하지 에르고미터를 이용한 점증부하 운동 시 시작 5분 전에 장비를 장착하고 안정한 후 6분간 25watt로 준비 운동을 하고 6분 간격으로 25watt씩 증가시켰으며, 18분 동안 남자는 60rpm 여자는 50rpm을 유지하면서 심폐기능 및 에너지 대사를 측정하였다.

## 3. 자료 분석

본 연구의 통계 분석은 하지 에르고미터를 이용한 점증부하 운동 시 정상군과 환자군의 차이를 알아보기 위해 Mann Whithny U 검정을 이용하였고 심폐기능과 에너지 대사의 상관관계는 스피어맨 상관관계로 알아 보았다. 통계학적 유의수준은 α=0.05로 정하였다.

## III. 결과

### 1. 하지 에르고미터를 이용한 점증부하 운동시 최대운동 결과

본 연구 대상자 중 점증부하 운동 시 정상군과 환자군의 최대 운동 결과는 [표 2]와 같다.

표 2. 하지 에르고미터를 이용한 점증부하운동시 최대운동차이

	정상군(n=11)	환자군(n=9)	p
최대 단계(step)	2.91 ± 0.30	2.11 ± 0.91	0.02*
최대 안정시 대사량 (Kcal/day)	5.60 ± 0.92	4.44 ± 1.51	0.09
최대 심박수(beat)	165.55 ± 2.58	167.33 ± 3.28	0.18

Values are mean±standard deviation

\*p <0.05

2. 하지 에르고미터를 이용한 점증부하 운동 시 심폐기능 비교

본 연구 대상자 중 정상군과 환자군의 심폐기능은 최대산소 섭취량 시점, 운동 지속시간에서 정상군이 유의하게 높게 나타났으며, ( $p < 0.05$ ), 분당 환기량, 최대산소 섭취량, 호흡교환율, 심박수에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p > 0.05$ )[표 3].

표 3. 심폐기능의 비교

	정상군(n=11)	환자군(n=9)	$\rho$
분당환기량 (l /min)	37.32 ± 6.91	34.78 ± 13.62	0.79
최대산소섭취량 (ml/min)	1215.13 ± 198.72	984.45 ± 380.87	0.47
최대 산소섭취량시간 (sec)	905.45 ± 120.61	530.00 ± 303.73	0.01*
운동시간(sec)	990.00 ± 131.45	630.00 ± 302.99	0.01*
호흡교환율(ratio)	1.05 ± 0.06	1.08 ± 0.07	0.30
심박수 (beat/min)	124.00 ± 12.06	122.78 ± 31.65	0.47

Values are mean±standard deviation

\* $p < 0.05$

4. 하지 에르고미터를 이용한 점증부하 운동시 에너지대사 비교

본 연구 대상자 중 정상군과 환자군의 에너지 대사는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p < 0.05$ )[표 4].

표 4. 에너지대사의 비교

	정상군(n=11)	환자군(n=9)	$\rho$
분당소비열량 (Kcal/min)	6.20 ± 1.02	5.04 ± 1.99	0.43
시간당 소비열량 (Kcal/h)	371.90 ± 61.69	302.45 ± 119.24	0.43
일일 소비열량 (Kcal/day)	8925.65 ± 1480.58	7258.87 ± 2861.64	0.43
신체면적당 소비열량 (Kcal/m <sup>2</sup> /day)	5312.52 ± 830.36	4241.63 ± 1502.09	0.31
1kg당 일일 사용열량 (Kcal/kg/day)	143.36 ± 25.25	111.25 ± 36.91	0.53

Values are mean±standard deviation

\* $p < 0.05$

5. 심폐기능 및 에너지 대사의 상관관계

본 연구 대상자인 정상군(11명)과 환자군(9명)의 심폐기능 및 에너지 대사에서 분당 환기량은 최대산소 섭취량, 최대산소 섭취량시간, 호흡교환율, 운동시간, 시간당 소비열량, 일일 소비열량, 신체면적당 소비열량, 1kg 당 일일 소비열량과 높은 상관관계를 보였다( $r=0.88, 0.49, 0.57, 0.48, 0.88, 0.88, 0.88, 0.71, 0.63$ ). 최대산소 섭취량은 최대산소 섭취량 시간, 심박수, 운동시간, 분당 소비열량 시간당 소비열량, 일일 소비열량, 신체면적당 소비열량, 1kg당 일일 사용열량과 높은 상관관계를 보이는 등( $r=0.68, 0.45, 0.68, 0.99, 0.99, 0.99, 0.85, 0.71$ ), 심폐기능과 에너지 대사의 높은 상관관계를 보였다.

IV. 고찰

뇌졸중 환자를 대상으로 심폐기능을 측정하기 위한 검사는 다양하게 제시되고 있다. 트레드밀 보행과 자전거 에르고미터, 상지 에르고미터의 운동 검사 방법이 있으며, 상지 에르고미터, 자전거 에르고미터, 트레드밀 보행 순으로 최고 심박수의 80%를 달성하여 검사를 완료 할 수 있는 것으로 나타났다[20]. 뇌졸중 환자를 대상으로 실시한 트레드밀 보행과 하지 에르고미터에서는 고관절의 굴곡력과 신전력의 중요한 작용을 하며, 상완 에르고미터에서는 비마비측의 근력을 이용하는 단점을 가지고 있었다[20]. 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 굴곡력과 신전력을 평가하지 못하였지만, 독립보행이 10m이상 가능한 것을 전제로 실시하였다. 하지만, 뇌졸중 환자들은 근 조절 능력 저하로 인한 근 피로도, 경직으로 검사를 완료하지 못하였고, 정상군에서 4명은 통증이나 체력저하의 이유로 검사를 완료하지 못하였다. 그러나 하지 에르고미터를 이용한 점증부하 운동 시 개개인의 특성에 맞게 최대 산소 섭취량의 기준을 시점으로 비교하였으므로, 검사를 완료 하지 못한 자료에 대해서도 분석하였다.

운동부하 검사는 일반적으로 매 단계마다 25watt씩 저항을 증가시키는 프로토콜을 많이 사용하나 뇌졸중 환자에게 적용하기에는 어려움이 있다[21]. 본 연구는

뇌졸중 환자의 근 조절능력의 특성을 고려하여 운동부하 검사를 조절하기 보다는 정상군과 환자군에 있어서 심폐기능의 차이를 알아보기 위한 목적이 있었으므로, 남자는 60rpm, 여자는 50rpm의 속도를 매 단계마다 유지하면서 첫 단계는 저항을 25Watt로 시작한 후 6분마다 25Watt씩 저항을 점차적으로 증가시킨 결과 운동의 단계에서 정상군이 높은 부하를 더 견딜 수 있었지만, 최대안정시 대사량과 최대 심박수에서는 차이를 보이지 않았다. 최대 단계의 차이는 rpm을 유지할 수 있는 굴곡력과 신전력과 높은 관련이 있음을 알 수 있었지만, 안정시 대사량과 심박수에서 유의한 차이가 나타나지 않은 것은, 정상군과 환자군과의 운동부하 검사를 완료하지 못한 이유를 고려해 볼 때 운동부하 강도 및 신체 부하에 미치는 영향이 크지 않았으리라 생각된다.

심폐기능에 변화는 최대 산소섭취량의 증가와 큰 상관성이 있었다[11]. 본 연구에서는 심폐기능의 변화가 정상군과 환자군의 최대산소섭취량 시점과 운동시간에서 유의한 차이를 보였지만, 최대산소섭취량에서는 통계학적 차이를 보이지 않았다. 뇌졸중 환자와 정상인을 대상으로 상지 에르고미터를 이용한 심폐기능의 변화에서 운동 시간에 있어서는 차이를 보였지만, 최대 산소 섭취량에서 유의한 차이를 보이지 않은 것과 유사한 결과를 보였다[18]. 최대산소섭취량은 최대 운동 시 미토콘드리아에서 에너지 생성을 위해 소비된 산소량으로 심한 운동 시에 증가하게 되지만[22], 환자군에서는 신경학적인 이유로 검사를 완료하지 못했고, 정상군에서는 4명을 제외하고 점중부하 운동을 더 할 수 있음에도 불구하고 18분에 마무리 운동을 하게 되었다. 이것은 운동 수행 시 심장부담이 적은 범위에서 운동을 수행하였기 때문이며[22], 환자군의 경우에는 최대한의 운동수행 능력에 도달하지 못했기 때문에 최대산소 섭취량에서도 차이를 보이지 않은 것으로 보인다.

에너지 소비량(energy expenditure)이란 신체활동 시 소비되는 에너지 량으로, 음식을 통해 섭취한 에너지를 기초대사, 신체활동, 소화작용 등의 대사작용을 통해 소비하는 양을 말한다[23]. 에너지 소비량에 대한 정보의 수집은 운동의 종류와 함께 운동 강도, 지속시간, 빈도의 세 가지 조건으로부터 안정성과 유효성이 보증될

필요가 있으며 특히 운동 강도는 중요한 인자라고 할 수 있으므로, 자신의 신체활동에 대한 정확한 평가를 위해서 중요하다[24]. 그러나 본 연구에서 에너지 대사는 신체활동의 양을 측정하는 지표로서, 분당 소비열량, 시간당 소비열량, 일일 소비열량, 신체면적당 일일 소비열량, lkg당 일일 사용열량을 측정된 결과 정상군이 환자군과 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 뇌졸중 환자들의 신경학적 변화로 인한 운동 조절 능력 상실과 관련이 있으며, 균형 및 보행 능력 저하로 인한 신체활동의 감소는 에너지 대사 기능을 감소시키는 데 영향을 준 것으로 설명될 수 있고, 정상군에서는 점중 부하 운동 능력에 도달 하지 못했기 때문에 차이를 보이지 않은 것으로 생각된다.

심폐기능과 에너지 대사에서는 높은 상관관계를 보였으며, 이는 최대산소섭취량이 높을수록 쉽게 피로해 지지 않고 운동 지속 능력이 강화될 수 있다는 것을 설명할 수 있으며[11], 본 연구를 통해 심폐기능 및 에너지 대사에 대한 정상군과 환자군의 기초적 자료와 물리 치료적 중재에 따른 추후 경과를 기대할 수 있으리라 생각된다.

본 연구는 대상자 선정의 어려움 등으로 50대 남녀로 한정했으며, 하지 에르고미터 측정 시 영향을 미칠 수 있는 심리적 변수를 고려하지 못해 장비 적응에 대한 두려움이 있었다. 또한 독립보행의 정도와 관련해서 근 경직의 정도를 측정하지 못하였다. 향후 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 하지의 근 경직의 정도를 객관적으로 측정하고, 시간 경과에 따른 경직 및 보행의 질을 향상시켜 보다 적극적인 운동 프로그램을 고안하여, 심폐기능과 에너지 대사와 관련된 연구를 지속적으로 할 수 있도록 노력해야 할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 50대 남녀 20명을 대상으로 심폐기능 및 에너지 대사의 차이를 알아보기 위해 정상군 11명, 환자군 9명을 18분 동안 하지 에르고미터를 이용하여 점중부하 운동을 실시한 결과 점중 부하 운동 시 18분 이

내에는 정상군과 환자군의 최대 운동 단계에서는 유의한 차이를 보였지만, 최대 안정시 대사량과 최대 심박수에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 심폐기능과 에너지 대사에서도 유의한 차이를 보이지 않았지만, 운동시간과 최대산소 섭취량 시점에서는 유의한 차이를 보였으며, 심폐기능과 에너지대사는 높은 상관관계를 보였다. 따라서 정상인과 뇌졸중 환자를 대상으로 실시한 18분 이내의 점증부하 운동은 심폐기능과 에너지 대사에 영향을 주지 못하는 것으로 보이며, 운동 강도를 고려한 30분 이상의 유산소 운동을 바탕으로 심폐능력을 평가하여 그 차이를 알아보는 것도 중요할 것이다. 또한 향후 뇌졸중 환자를 대상으로 신체대사에 영향을 주는 다양한 운동 유형 및 강도에 대한 분석도 필요할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 방요순, 김희영, 이문규, “뇌졸중 환자의 상지기능에 영향을 미치는 요인”, 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제7호, pp.202-210, 2009.
- [2] 이상현, “뇌졸중 환자에서 알렌인지수준과 일상생활활동, 인지기능 및 상지기능의 상관관계”, 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제9호, pp.289-294, 2009.
- [3] 고대식, 김찬규, 정대인, “스위스볼 요부안정화운동에 따른 뇌졸중 환자의 하지의 경직도 균형 분석”, 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제3호, pp.262-270, 2011.
- [4] P. Duncan, S. Studenski, L. Richards, S. Golub, S. M. Gollub, S. M. Lai, D. Reker, S. Perea, J. Yates, V. Koch, S. Rigler, and D. Johnson. “Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke,” *Stroke*, Vol.34, No.9, pp.2173-2180, 2003.
- [5] K. Postempia, L. T. Braun, T. Tinknell, and J. Popovich, “Benefits of aerobic exercise after stroke,” *Sport Med*, Vol.21, No.5, pp.337-346, 1996.
- [6] M. Dennis, “Nutrition after stroke,” *Br Medl Bull*, Vol.56, No.2, pp.466-475, 2000.
- [7] M. C. Creditor, “Hazards of hospitalization of the elderly,” *Ann Intern Med*, Vol.118, No.3, pp.219-223, 1993.
- [8] P. E. Modiziak, P. M. Pulvermacher, and E. Schultz, “Muscle regeneration during hindlimb unloading results in a reduction in muscle size after reloading,” *J. Appl Physiol*, Vol.91, No.1, pp.183-190, 2001.
- [9] A. Weiss, T. Suzuki, J. Bean, and R. A. Fielding, “High intensity strength training improves strength and functional performance after stroke,” *Am. J Phys Med Rehabil*, Vol.74, No.4, pp.369-376, 2000.
- [10] M. I. Chimowitz, and G. B. Mancini, “Asymptomatic coronary artery disease in patients with stroke,” *Stroke*, Vol.23, No.3, pp.433-438, 1992.
- [11] 임완기, 정동춘, 김태형, 운동생리학, 서울, 광림북하우스, 2010.
- [12] J. O. Kelly, S. L. Kibreath, G. M. Davis, B. Zeman, and J. Raymond, “Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients,” *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.84, No.12, pp.1780-1785, 2003.
- [13] S. A. Billinger, B. Y. Tseng, and P. M. Kluding, “Modified total-body recumbent stepper exercise test for assessing peak oxygen consumption in people with chronic stroke,” *Phys Ther*, Vol.88, No.10, pp.1188-1195, 2008.
- [14] D. C. Hill, D. D. Ethans, D. A. MacLeod, E. R. Harrison, and J. E. Matheson, “Exercise Stress Testing in Subacute Stroke Patients Using a Combined Upper- and Lower-Limb Ergometer,” *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.86, No.9, pp.1860-1866, 2005.

- [15] A. Tang, K. M. Sibley, S. G. Thomas, W. E. McIlroy, and D. Brooks, "Maximal exercise test results in subacute stroke," Arch Phys Med Rehabil, Vol.87, No.8, pp.1100-1105, 2006.
- [16] R. F. Nacko, K. I. Katzel, A. Yataco, L. D. Tretter, C. A. DeSouza, D. R. Dengel, G. V. Smith, and K. H. Silver, "Low-velocity graded treadmill stress testing in hemiparetic stroke patients," Stroke, Vol.27, No.5, pp.988-992, 1997.
- [17] T. Tsuji, M. Liu, K. Tsujiuchi, and N. Chino, "Bridging activity as a mode of stress testing for persons with hemiplegia," Arch Phys Med Rehabil, Vol.80, No.9, pp.1060-1064, 1999.
- [18] N. Sezer, N. K. Ordu, S. T. Sutbeyaz, and B. F. Koseoglu, "Cardiopulmonary and metabolic responses to maximum exercise and aerobic capacity in hemiplegic patients," Functi Neurol, Vol.19, No.4, pp.233-238, 2004.
- [19] G. A. V. Borg. *Borg's perceived exertion and pain scales*, Champaign, IL: Human Dinetics, 1998.
- [20] 김은주, 김승수, 김완호, 이왕재, 남기영, 박철우와 최수원, "편마비 환자에서 운동부하 검사의 선택", 대한재활의학회지, 제32권, 제1호, pp.26-31, 2008.
- [21] 박시운, 김유철, 최선미와 김연희, "자전거 에르고미터를 이용한 편마비 환자의 운동부하 검사", 대한재활의학회지, 제18권, 제1호, pp.110-117, 1994.
- [22] 김성수, 정일규, *운동생리학*, 서울, 대경북스, 1997.
- [23] 상서현, *인라인 스케이팅 시 에너지 소비량 추정 에 관한 연구*, 연세대학교 교육대학원 석사학위 논문, 2006.
- [24] 강덕호, 김차영, "중년여성의 에어로빈 운동 강도 및 에너지소비량측정에 관한 연구", 고려대학교 스포츠과학연구소, pp.6-60, 1995.

저 자 소 개

김 지 혜(Ji-Hye Kim)

정회원



- 2008년 8월 : 용인대학교 재활보건의대학원(물리치료학 석사)
- 2011년 8월 : 용인대학교 대학원(물리치료학 박사)
- 현재 : 용인대학교 대학원

<관심분야> : 신경계물리치료, 심폐물리치료

염 주 노(Ju-No Yeom)

정회원



- 2006년 8월 : 단국대학교 대학원(교육학석사(물리치료교육전공))
- 2011년 8월 : 단국대학교 대학원(박사과정수료)
- 현재 : 단국대학교 대학원

<관심분야> : 소아물리치료, 신경계물리치료

류 인 태(In-Tae Ryu)

정회원



- 2008년 8월 : 용인대학교 재활보건의대학원(물리치료학 석사)
- 2011년 8월 : 용인대학교 대학원(물리치료학 박사 수료)
- 현재 : 대전 을지병원 물리치료실

<관심분야> : 신경계물리치료, 운동치료

임 재 길(Chae-Gil Lim)

정회원



- 현재 : 가천대학교 물리치료학과

<관심분야> : 신경전기생리

황 병 용(Byong-Yong Hwang)

정회원



- 1993년 8월 : 연세대학교 석사
- 2002년 8월 : 계명대학교 박사
- 현재 : 용인대학교 보건복지대학  
물리치료학과

<관심분야> : 신경계물리치료