Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 28, No. 4 pp.17-23, November 2009

노인의 팔 굽힘/폄 저항 운동 시 하중 증가에 따른 근육의 활성도 및 기여도 분석

김현동[1] · 황성재[1] · 손종상[1] · 김한성[1,2] · 김영호[1,2]

[1]연세대학교 의공학과 / [2]연세대학교 의료공학연구원

Analysis of Activation and Contribution of Muscles of the Elderly During Arm Flexion and Extension Resistance Exercise with Increased Load

Hyun Dong Kim[1], Sungjae Hwang[1], Jongsang Son[1], Han Sung Kim[1,2], Young Ho Kim[1,2]

[1]Department of biomedical Engineering, Yonsei University, Wonju, Gangwon 220-710
[2]Institute of Medical Engineering, Yonsei University, Wonju, Gangwon 220-710

ABSTRACT

The purpose of this study was to assess activation and contribution of muscles of the elderly according to increased loading during the arm flexion extension resistance exercise. Surface electromyographic signals were acquired from biceps brachii, triceps brachii, deltoid posterior, pectoralis major and latissimmus dorsi to determine the difference of the activation of specific muscles between the elderly and young. Five elderly and five young males with no musculoskeletal disease volunteered for the study. Electromyographic activities in the muscles were measured during resistance exercise and normalized to the maximum EMG activity recorded in the maximal voluntary static contraction (MVC). Against the increased loading during arm flexion/extension resistance exercises, the young uses muscles evenly but the elderly uses one specific muscle frequently. Contribution of triceps brachii during extension and deltoid posterior during flexion was principal in the elderly.

Keyword: Elderly, Arm flexion/extension, Resistance exercise, Increased loading, Surface electromyography (sEMG)

1. 서 론

우리 사회가 생활 수준의 향상과 의학기술의 발달로 노인 인구가 급격히 증가하여 고령화 사회로 진입하고 있는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 1970년에는 65세 이상 인구가 전체 인구의 3.1%였으나 2000년에는 7.2%로 구성비가 증가하여 2010년에는 11%로 예상하고 있다. 이후, 2050년에는 전체 인구의 노인 인구가 38.2%로 지금과는 다른 인구구성비가 예측되고 있다(통계청, 2006). 이에 우리 정부에서는 각종 사회적 비용의 감소 효과가 기대되는 노인 운동에 관심을 갖기 시작하여 허브 보건소를 통한 노인 건강 증진사업 프로그램을 시범 운영하는 계획을 세웠다. 이 계획에 따르면 2006년에는 16개 시, 도에서 '노인 건강대학' 및 '방문운동프로그램'을 실시하고 2007년도에는 시범사업에서 입증된 프로그램을 전국 보건소로 확대해 나가는 계획을 세

교신저자: 김영호
주 소: 220-710 강원도 원주시 흥업면 매지리 234, 전화: 033-760-2492, E-mail: younghokim@yonsei.ac.kr

우는 것이다. 이를 위해 보건소 전문인력을 경로당, 주민 자치센터, 공원 등 접근성이 높은 시설에 순회 파견하여 운동지도 서비스를 제공하는 계획을 발표했다(보건복지부, 2007). 외국의 경우, 미국 American Geriatrics Society에서는 노인들에게 발생하는 낙상 사고 영향을 끼치는 위험인자가 여러 가지 요인이 있을 수 있다고 보고하였다. 연구결과 11개 중 10개의 논문에서 근력 약화가 중요한 인자라고 발표했다(American Geriatrics Society, 2001). 또한, Clark(1989)은 미국체육학회(American Alliance of health, Physical Education, Recreation & Dance; AAHPERD)에서 제안한 건강관련 체력에 민첩성과 협응성 등을 포함한 기능관련 체력의 유지 및 향상에 중점을 두어야 한다고 주장했다.

노인들에 대한 운동 효과에 대한 연구도 다양하게 진행되어 왔다. 그 중 저항 운동이 노인들의 근력향상에 효과가 있다는 Moritani 등(1980)의 보고를 시작으로 여러 가지 보고(Kauffman, 1985; Frontera, 1988; Brown et al, 1990; Fiatarone et al., 1990; Charette et al., 1991; Pyka et al., 1994; Means et al., 1996)가 있었다. 이중에는 저항 운동을 실시하는 노인들에게서 근력이 증가하고, 증가한 근력은 근육량 및 골량, 이동 능력, 낙상과 상관이 높은 평형성을 개선시킨다는 보고가 있다(Fiatarone et al., 1990; Charette et al., 1991; Pyka et al., 1994; Means et al., 1996).

우리정부에서는 노인복지회관이나, 경로당, 문화체육센터 등에서 노인 건강 및 체육활동 프로그램을 제공하고 있으나 65 이상의 노인들의 적극적인 참여를 위한 체육정책은 미흡한 실정이다(보건복지부, 2007; 문화관광부, 2003). 또한 국내연구에서는 노인 운동 기구를 활용한 근육 운동에 대한 연구가 활발하지 못하였다.

근육의 변화를 측정하기 위한 방법으로 표면근전도(surface electromyography, sEMG)를 이용하여 하지의 움직임에 따른 전기 신호의 실효값(root mean square, RMS)을 이용한 사례가 있다(Hug et al, 2004). 이에 따르면 점증부하 운동(incremental exercise) 시 부하의 증가에 따라 실효값이 비선형적으로 증가한다는 연구결과(Gamet et al., 1993; Glass et al., 1998; Lucia et al., 1999)와 부하를 증가시키며 같은 속도로 운동시 근활성도가 선형적으로 증가한다는 연구결과가 있다(Duchateau et al., 1986; Helal et al., 1987; Jammes et al., 1998).

이에 본 연구에서는 기존에 일반인에게 쓰이는 저항 운동 기구를 사용하여 부하 증가에 따른 노인의 근육활동을 분석하였다. 이를 통해 노인 저항 운동 계획 수립 시 이용할 수 있을 것으로 보인다. 또한 노인뿐 아니라 성인군도 사용할 수 있는 저항 기구를 제작하는 데 필요한 기반 데이터 획득에 도움이 되도록 젊은 성인과의 노인군과의 근기여도를 분석하였다. 이를 위해 근전도(electromyography, EMG)를 사용하여 노인의 팔 굽힘/폄 저항 운동 시 하중 증가에 따른 근육의 활성도 및 기여도 변화를 알아보았다.

2. 연구 방법

2.1 피검자

젊은 성인군과 노인의 저항 운동 기구 사용 시 근기여도 비교를 위해 근골격계 질환 및 일상생활 활동에 지장이 없는 5명의 65세 이상 한국인 남성 노인(69.4±6.3yr, 161.6±6.1cm, 60.9±4.7kg)와 5명의 20대 남성 성인들 (24.4±1.3yr, 173.3±3.3cm, 65.5±5.9kg)을 피검자로 선정하였다. 피검자에게 운동 기구에 대한 올바른 자세유지와 운동 방법, 호흡을 숙지시킨 후 운동 연습을 수행하게 하였다.

2.2 저항 운동 기구 및 저항 운동실험

운동 기구로는 큰가슴근과 넓은등근 운동에 쓰이는 팔 굽힘/폄 저항 운동(Arm flexion/extension) 기구를 선정하였다(SNS CARE CO., 대한민국)(그림 1).

그림 1. 팔 굽힘/폄 저항 운동 기구

그리고 이 저항 기구 운동 시 피검자의 위팔두갈래근(biceps brachii), 위팔세갈래근(triceps brachii), 후면 어깨세모근(deltoid posterior), 큰가슴근(pectoralis major), 넓은등근(Latissimus dorsi)에서 발생하는 근전도를 얻기 위해 근전도 전극(MA 300, Motion Lab System, USA)을 그림 2과 같이 부착하였다. 각 근전도 데이터는 1080Hz의 샘플링 주파수로 획득하였다.

피검자는 근전도 노이즈 제거와 저항 운동의 바른 자세에 대한 숙지와 함께 그림 3과 같이 팔 굽힘/폄 저항 운동(Arm flexion/extension)을 1에서 6레벨까지 각 레벨에서

2회씩 왕복하게 하였다. 이때 운동 속도를 고정시키기 위해 굽힘과 폄 동작을 각각 5초 동안 수행하게 하였다. 고령자가 운동 가능한 저항 세기의 각 레벨이 갖는 최대 부하 힘 크기는 표 1에 표시하였다. 그리고 수행한 운동의 시간에 따른 근전도 신호를 얻었다.

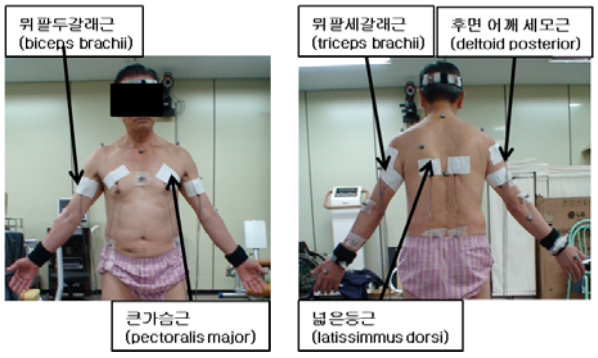

그림 2. 근전도 전극 부착 위치

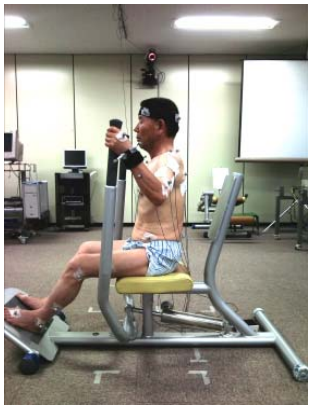

그림 3. 저항 운동 실험

표 1. 저항 운동기 구의 각 레벨에서의 최대 부하 힘 크기(kgf)

레벨	1	2	3	4	5	6
부하	20	40	100	120	300	500

2.3 최대 수의적 수축 시 근전도(Maximum Voluntary Contraction, MVC) 측정과 근활성도의 실효값 및 근기여도 계산

최대 수의적 수축 시 근전도(Maximum voluntary contraction, MVC)를 측정하기 위해 피검자가 각 근육에 대한 최대 힘을 내기 위한 자세를 취한 후 이 때 발생된 근전도 신호를 10초간 얻었다(A practical Introduction to Kinesiological Electromyography, 2005). 각 근육에 대한 MVC 측정 후 15분씩 휴식을 취하게 하였다.

운동 시 발생한 근전도 신호는 50~500Hz 대역통과필터(bandpass filter)를 취한 후 차단주파수 5Hz로 선형 포락선(linear envelope)을 취하였다. 그리고 근활성도를 얻기 위해 이 값을 해당 근육의 MVC로 정규화하였다.

그 후 두 저항 운동의 폄과 굽힘 동작, 두 구간으로 각각 나눈 후 이 구간들의 실효값을 구했다. 또한 각 레벨에 대한 전체 근육의 근활성도 실효값의 합 대비 각 근육의 근활성도 실효값을 계산하여 근기여도를 알아보았다.

3. 결과 및 고찰

3.1 부하에 따른 근활성도 증가

저항이 낮은 1, 2, 3레벨에서 보면 감소하는 구간이 나타나거나 비교적 서로 비슷한 크기를 보였다(그림 4, 5). 1, 2, 3레벨을 대표하는 저항을 운동 기구에 설정하는 것이 부하 사용의 효율성 면에서 좋을 것으로 판단된다.

3.1.1 폄 동작 시 노인군과 성인군의 각 근육에 대한 근활성도 증가 비교

폄 동작에서는 노인군과 성인군 모두 위팔세갈래근의 근전도 실효값이 가장 큰 증가를 보였다(그림 4). 특히 노인군에서는 위팔세갈래근이 5레벨에서 6레벨로 부하 증가 시 근활성도 크기가 26.94%, 위팔두갈래근이 14.92% 증가하였다. 이는 폄 동작 시 부하 증가에 따른 위팔세갈래근의 근활성화도 증가와 이에 따른 길항근 효과로 위팔두갈래근의 근육활동이 커지는 것으로 생각된다. 이와는 대조적으로 성인군에서는 위팔 세갈래근을 제외한 나머지 근육들의 근활성도 실효값이 서로 비슷하게 증가하여 그래프를 보면 값들이 모여 있는 것을 확인할 수 있다. 이로 보아 노인군은 성인군에 비해 부하가 증가할수록 운동을 하기 위한 위팔 근육에 대한 의존도가 큰 것을 볼 수 있었다.

3.1.2 굽힘 동작 시 노인군과 성인군의 각 근육에 대한 근활성도 증가 비교

굽힘 동작에서는 부하가 증가할수록 노인군의 후면 어깨세모근의 근전도가 5레벨에서 6레벨로 부하 증가 시 42.05% 증가하여 가장 뚜렷한 증가를 보였고 성인군에서는 후면 어깨세모근, 위팔두갈래근 그리고 넓은등근의 증가가 가장 컸다(그림 5). 반면에 큰가슴근은 6번의 부하 증가에 따른 저항 운동 동안 10% 미만의 근활성도를 보여 다른 근육들에 비해 증가가 크지 않음을 볼 수 있었다. 이 결과는

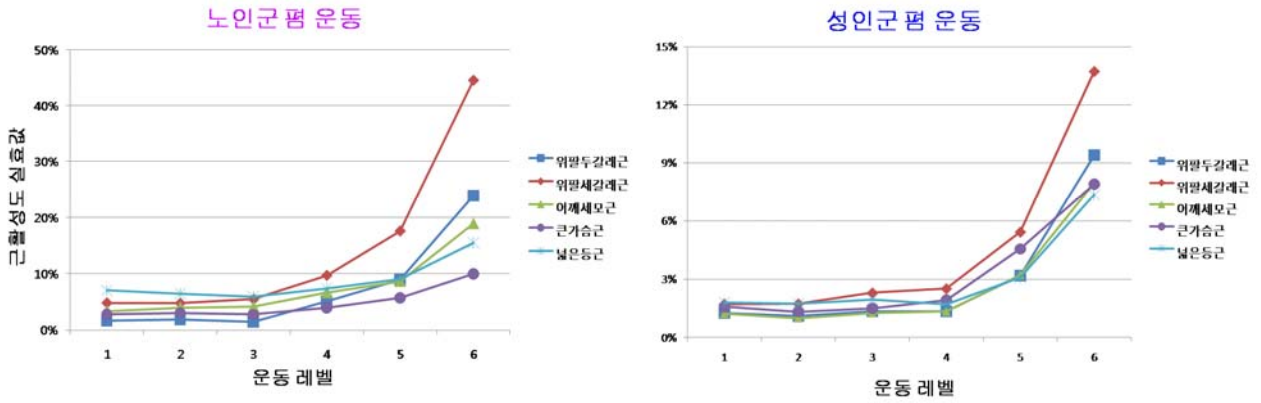

그림 4. 폄 동작 시 각 레벨에서의 근활성도

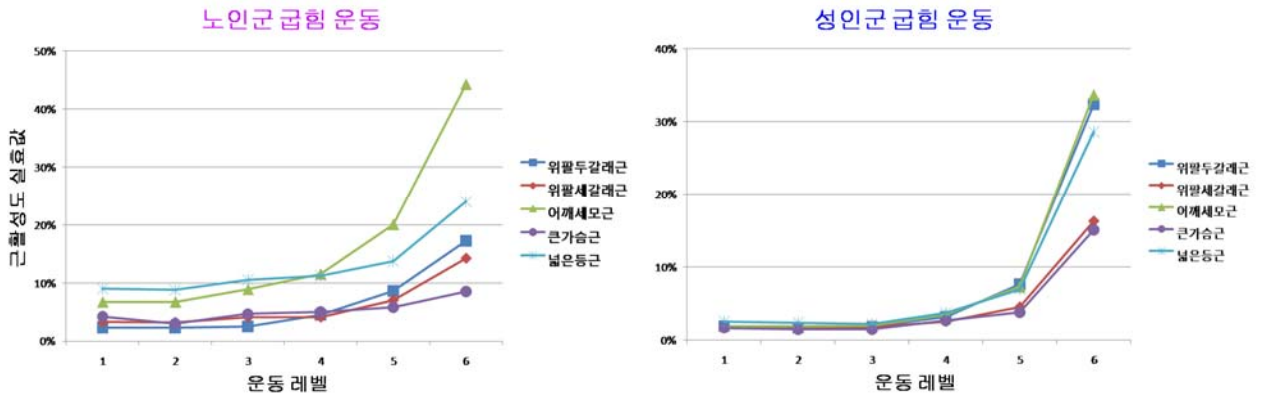

그림 5. 굽힘 동작 시 각 레벨에서의 근활성도

표 2. 폄 운동 시 근활성도의 평균 및 표준 편차

		1레벨	2레벨	3레벨	4레벨	5레벨	6레벨
노인군	위팔두갈래근	1.6±0.9%	1.8±1.8%	1.4±1.0%	5.1±4.3%	9.0±8.3%	23.9±6.4%
	위팔세갈래근	4.8±3.2%	4.8±1.9%	5.5±3.0%	9.7±3.7%	17.6±6.3%	44.5±5.7%
	어깨세모근	3.4±2.3%	4.0±3.5%	4.1±3.6%	6.6±6.1%	8.6±8.0%	18.9±14.8%
	큰가슴근	2.8±2.2%	3.1±2.7%	2.8±2.8%	3.9±2.2%	5.7±3.5%	9.9±4.0%
	넓은등근	7.0±4.7%	6.4±3.8%	5.9±5.1%	7.4±4.9%	9.0±6.1%	15.5±12.4%
성인군	위팔두갈래근	1.2±0.7%	1.1±0.3%	1.3±0.7%	1.4±1.3%	3.2±2.4	9.4±2.1%
	위팔세갈래근	1.7±0.7%	1.7±0.4%	2.3±1.4%	2.5±2.0%	5.4±2.4	13.7±6.8%
	어깨세모근	1.2±0.7%	1.0±0.7%	1.3±0.8%	1.3±0.5%	3.2±2.3	7.9±6.8%
	큰가슴근	1.6±1.2%	1.3±1.1%	1.5±1.1%	1.9±1.3%	4.5±3.5	7.9±6.3%
	넓은등근	1.8±1.4%	1.7±1.5%	1.9±1.6%	1.7±1.6%	3.1±0.4	7.3±4.7%

표 3. 굽힘 운동 시 근활성도의 평균 및 표준 편차

		1레벨	2레벨	3레벨	4레벨	5레벨	6레벨
노인군	위팔두갈래근	2.4±2.0%	2.4±1.8%	2.5±2.1%	4.5±1.8%	8.6±1.9%	17.2±9.1%
	위팔세갈래근	3.3±1.4%	3.2±2.1%	4.1±2.4%	4.1±3.6%	7.1±3.2%	14.2±3.0%

표 3. 굽힘 운동 시 근활성도의 평균 및 표준 편차(계속)

		1레벨	2레벨	3레벨	4레벨	5레벨	6레벨
노인군	어깨세모근	6.7±2.8%	6.7±2.6%	8.9±3.5%	11.5±3.1%	20.0±10.9%	44.2±9.8%
	큰가슴근	4.2±4.1%	3.0±2.6%	4.7±4.2%	5.1±2.5%	5.8±3.9%	8.6±3.9%
	넓은등근	9.0±3.8%	8.8±6.6%	10.5±8.0%	11.2±7.9%	13.7±8.6%	24.0±11.8%
성인군	위팔두갈래근	1.9±1.5%	1.7±0.8%	1.9±1.4%	3.2±3.0%	7.7±7.2%	32.4±16.6%
	위팔세갈래근	1.7±0.0%	1.7±1.0%	1.8±1.2%	2.6±0.3%	4.5±0.8%	16.3±3.6%
	어깨세모근	1.9±0.1%	1.9±0.7%	2.0±1.4%	3.5±2.4%	7.3±6.9%	33.7±7.1%
	큰가슴근	1.7±1.3%	1.5±1.1%	1.5±1.0%	2.7±1.9%	3.8±3.2%	15.1±14.9%
	넓은등근	2.5±0.7%	2.3±1.0%	2.3±1.9%	3.7±3.3%	7.0±3.9%	28.6±0.5%

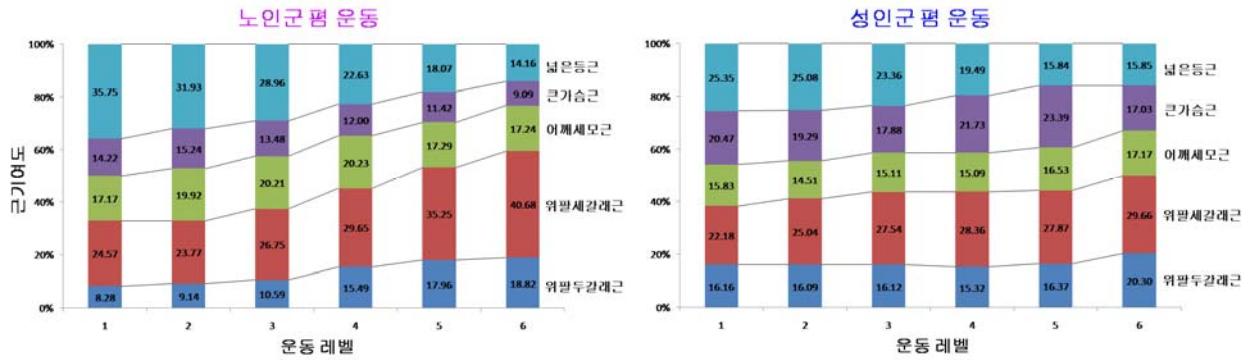

그림 6. 폄 동작 시 각 레벨에서의 근기여도

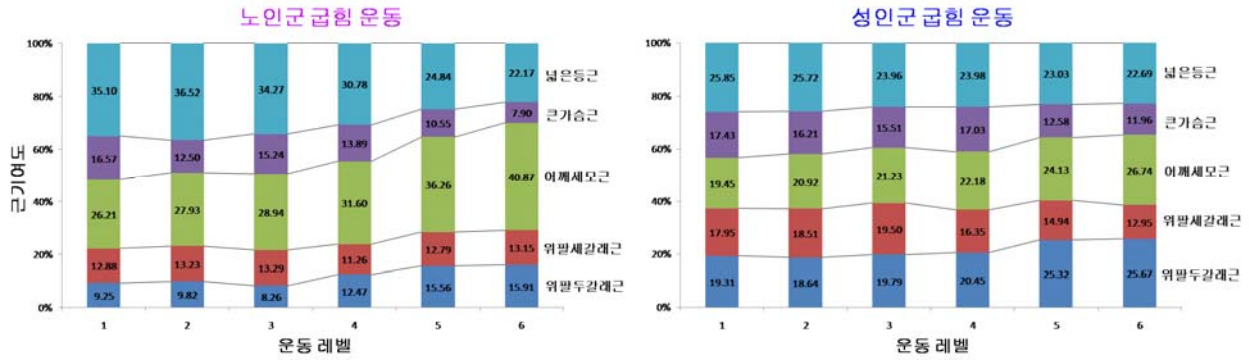

그림 7. 굽힘 동작 시 각 레벨에서의 근기여도

굽힘 동작의 저항 운동에서 노인군은 후면 어깨세모근에 그 힘이 집중된 반면 성인군에서는 세 근육에 나뉘어 운동이 수행된 것을 볼 수 있다.

3.2 부하에 따른 근기여도 변화

3.2.1 폄 동작 시 노인군과 성인군의 각 근육의 기여도 비교

노인군에서는 굽힘과 폄 시 부하가 증가함에 따라 근육들의 기여도가 크게 변함을 확인하였다(그림 6, 7). 폄 운동 시 낮은 레벨에서는 넓은등근과 위팔세갈래근 등이 크게 기여하였으나, 부하가 증가할수록 위팔세갈래근의 기여도는 증가하나 넓은등근의 기여도는 감소하였다(그림 6). 성인군에서는 부하가 커짐에 따라 넓은등근의 기여도가 5레벨까지 점차 감소하다가 6레벨에서 증가하였다. 나머지 근육에서는 일정한 증감이 없이 노인군에 비해 기여도가 일정하였다.

3.2.2 굽힘 동작 시 노인군과 성인군의 각 근육의 기여도 비교

굽힘 운동 시에는 노인군의 경우 낮은 레벨에서는 넓은등근과 후면 어깨세모근 등이 크게 기여하였으나, 부하가 증가할수록 후면 어깨세모근의 기여도는 증가하나 넓은등근의 기여도는 감소하는 양상을 보였다(그림 7). 성인군은 굽힘 운동 시 낮은 레벨에서는 넓은등근의 기여도가 가장 크고 나머지 근육들의 기여도가 골고루 분포하다가 하중이 증가할수록 후면 어깨세모근은 계속 증가하고 그 외 근육에서는 일정한 증감을 보이지 않고 기여도가 비교적 일정하였다. 이 같은 결과를 보면 노인군은 저항 운동 시 평상시 잘 쓰는 위팔 근육과 어깨 근육 위주로 운동을 하고 성인군은 몸통 근육을 포함한 전체 근육을 비교적 고르게 근육을 이용한 것으로 보여진다.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 저항 운동 기구를 선정하여 운동 시 한국 고령자의 팔 굽힘/폄 저항 운동 시 하중 증가에 따른 근육의 활성도 및 기여도를 알아보기 위해 성인과 비교하여 특성을 분석하였다.

저항 운동 수행 시 각 저항에 따른 노인군의 근활성도 실효값은 각 근육 별로 구분이 될 만큼 차이가 있지만 성인군의 경우에는 큰 차이가 없었다. 또한 저항이 증가함에 따라 노인군은 기여도가 한 근육에 집중되는 반면, 성인군은 이에 비해 골고루 분포하였다. 폄 동작 시에는 위팔세갈래근의 기여도가 컸으며 굽힘 동작 시에는 어깨세모근의 기여도가 가장 컸다.

추가적인 실험을 통해 노인의 신체적인 다양성을 고려한 근전도 분석이 이루어져야 하고 이를 토대로 노인을 위한 저항 운동 기구 계발에 도움이 될 수 있을 것으로 보인다. 또한 운동을 지속적으로 수행하지 않은 일반인을 대상으로 한 실험이다. 따라서 추가적인 연구를 통하여 지속적인 저항 운동의 효과에 대한 분석이 이루어져야 할 것으로 보인다.

본 연구에서 사용한 저항 운동 시 근활성도를 계산하여 비교하는 방법은 근육이 내는 힘과 밀접한 관계를 가지고 있으므로(Bogey et al., 2005) 저항 운동 수행하기 위해 주로 사용하는 근육에 대한 기반 자료로 쓰일 수 있다. 향후 노인 근육 모델이 만들어질 경우 노인과 성인이 발생하는 근력을 계산하는 데 매우 유용할 것으로 보인다. 또한 각 레벨의 부하에 따른 노인의 근육활동 정도를 파악하여 부하세기를 이용한 노인 맞춤형 저항 운동 기구 설계 시 노인의 근육 특성에 맞는 저항 운동 기구 개발에 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었고, 또한 본 연구는 지식경제부(MKE) 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지역산업선도기술개발사업의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

보건복지부, "노인 건강증진을 위한 운동사업 활성화", 2007.

문화관광부, "연령별, 개인별 특성에 맞는 체육프로그램 개발", 2003.

American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopedic Surgeons Panel on Falls Prevention, Guideline for the Prevention of Falls in Older Persons, American Geriatrics Society Panel on Falls Prevention, 49(5), 664-672, 2001.

Bogey, R. A., Perry, J. and Gitter, A. J., An EMG-to-Force Processing Approach for Determining Ankle Muscle Forces During Normal Human Gait, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 13(3), 2005.

Brown, A. B., McCartney, N. and Sale, D. G., Positive adaptations to weight lifting training in the elderly., Journal of Applied Physiology, 69, 1725-1733, 1990.

Brill, P. A., Jensen, R. L. and Koltyn, K. F., The Feasibility of Conducting a Group-Based Progressive Strength Training Program in Residents of Multi-Level Care Facility, Activities, Adaptation & Aging, 22(4), 53-63, 1988.

Charette, S. L., McEvoy, L., Pyka, G., Snowharter, C., Guido, D., Wiswell, R. A. and Markus, R., Muscle hypertrophy response to resistance training in older women, Journal of Applied Physiology, 70, 1912-1916, 1991.

Clark, B. A., Tests for fitness in order adults AAHPERD fitness task force, Journal of Physical Education Recreation and Dance, 60, 66-71, 1989.

Duchateau, J., Le Bozec, S. and Hainaut, K., Contributions of slow and fast muscles of triceps surae to a cyclic movement, European Journal of Applied Physiology, 55(5), 476-481, 1986.

Fiatarone, M., Marks, E. and Ryan, N., High intensity strength training in nonagenarians, Journal of American Medical Association, 13263(22), 3029-3034, 1990.

Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P., Knuttgen, H. G. and Evans, W. J., Strength conditioning in older men; skeletal muscle hypertrophy and improved function., Journal of Applied Physiology, 64, 1038-1044, 1988.

Frontera, W. R., Meridith, C. N., O'reilly, K. P. and Evans, W .J., Strength training and determinations of VO2max in oldmen., Journal of Applied Physiology, 68, 329-333, 1990.

Gamet, D., Duche^ne, J., Garapon-Bar, C. and Goubel, F., Surface electromyogram power spectrum in human quadriceps muscle during incremental exercise, Journal of Applied Physiology, 74, 2704-2710, 1993.

Gettman, L. R., Ward, P. and Hagan, R. D., A comparison of combined running and weight training consequent to circuit training, Medicine and Science in Sports and Exercise, 14, 229-234, 1982.

Glass, S. C., Knowlton, R. G., Sanjabi, P. B. and Sullivan, J. J., Identifying the integrated electromyographic threshold using different muscles during incremental cycling exercise, Journal of Sports Medicine Physics Fitness, 38, 47-52, 1998.

Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., Kraemer, W. J., Newton, R. U. and Alen, M., Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people, Aging and Neuromuscular Adaption to Strength training, 84, 1341-1349, 1998.

Helal, J. N., Guezennec, C. Y. and Goubel, F., The aerobic-anaerobic transition: re-examination of the threshold concept including an electromyographic approach, European Journal of Applied Physiology, 56, 643-649, 1987.

Hug, F., Decherchi, P., Marqueste, T. and Jammes, Y., EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects, Journal of Electromyography and Kinesiology, 14, 187-195, 2004.

Jammes, Y., Caquelard, F. and Badier, M., Correlation between surface electromyogram, oxygen uptake and blood lactate concentration during dynamic leg exercise, Respiratory Physiology. 112, 167-174, 1998.

Kauffman, T. L., Strength training effect in young and aged women, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 65, 223-226, 1985.

Konrad, P., A practical Introduction to Kinesiological Electromyography, Noraxon INC. USA, 2005.

Korea National Statistical Office, http://www.index.go.kr/egams

Lucia, A., Sanchez, O., Carvajal, A. and Chicharro, J. L., "Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography", British Journal of Sports Medicine, 33(3), 178- 185, 1999.

Means, K., Rodll, D. and O'sulllivan, P., Rehabilitation of elderly fallers: Pilot study of a low moderate intensity exercise program., Archives Physical Medical Rehabilitation, 77(10), 1030-1036, 1996.

Moritani, T. and deVries. H. A, Potential for gross muscle hypertrophy in order men, Journal of Gerontology, 35(5), 672-682, 1980.

Pyka, G., Lindenberger, E. and Charette, S., Muscle strength and fiber adaptations to a year-long resistance training program in elderly men and women, Journal of Gerontology, 49(1), 22-27, 1994.

SNS CARE CO., LTD, http://www.snscare.co.kr

◐ 저자 소개 ◑

❖ 김 현 동 ❖ grandijer@cabe.yonsei.ac.kr
연세대학교 의공학부 학사
현 재: 연세대학교 의공학과 석사과정
관심분야: 생체역학, 전산모의해석, 인간공학

❖ 황 성 재 ❖ hwangsj@yonsei.ac.kr
연세대학교 의공학부 석사
현 재: 연세대학교 의공학과 박사과정
관심분야: 생체역학, 인간공학

❖ 손 종 상 ❖ jongsang.son@ yonsei.ac.kr
연세대학교 의공학부 석사
현 재: 연세대학교 의공학과 박사과정
관심분야: 생체역학, 인간공학

❖ 김 한 성 ❖ hanskim@ yonsei.ac.kr
Dept. of Mechanical Eng., the Univ. of Manchester Institute of Sceince and Technology 박사
현 재: 연세대학교 의공학과 교수
관심분야: 생체역학, 전산모의해석, 재활공학, 인간공학

❖ 김 영 호 ❖ younghokim@ yonsei.ac.kr
Biomedical Engineering, the Univ. of Iowa 박사
현 재: 연세대학교 의공학과 교수(의료공학연구원 원장)
관심분야: 생체역학, 재활공학, 인간공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2009년 08월 05일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2009년 11월 24일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2009년 11월 25일