

근전도 기반 동역학 해석을 통한 기구 저항운동 시 상지 관절 모멘트 및 주요 근육 분석

Dynamic Analysis based EMG on joint moment and muscle force of Upper limb during resistive forms exercise

*김현동¹, 황성재¹, 손종상¹, 김한성¹, 김영호¹, #임도형²
 H. D. Kim¹, S. J. Hwang¹, H.S.Kim¹, Y. H. Kim¹, D. H. Lim²
¹ 연세대학교 의공학과, ² 한국생산기술연구원 실버기술개발단

Key words : Resistive form exercise, 3D motion analysis, EMG-to-force

1. 서론

통계청 자료에 의하면 2000년에 우리나라의 65세 이상 노령 인구가 전체 인구의 7.2%를 차지하여 유엔이 정의하는 고령화 사회(aging society)로 우리나라가 진입하였으며 2019년에는 65세 이상 노인의 비율이 전체 인구의 14%를 넘는 고령사회(aged society)로 진입이 예상된다. 이는 이미 고령화 사회를 겪고 있는 일본, 이탈리아, 스웨덴, 미국보다도 더 빠른 속도로 고령사회로 진행하고 있는 추세이다.[1]

이에 따라 세계 각국에서는 고령자를 대상으로 하는 운동에 대해 연구를 진행하였다. Brill 등은 65세 이상의 노인 16명을 그룹 1(dumbbell과 ankle weight 훈련을 이용하여 2주마다 무게를 1~4파운드 증가시킴)과 그룹 2(무게 변화 없이 1파운드의 무게로 dumbbell과 ankle weight 훈련 실시)로 나누어 8주간 운동을 실시한 결과 8개의 평가항목 중 4개 항목(의자에서 일어나는 시간, 계단 오르는 시간, chest press, leg extension)에 대해서 그룹 1의 수행능력이 향상 되었으며, 나머지 4개 항목(오른손의 악력, 왼손의 악력, 6m걸는 속도, 6m간 걸음걸이 수)에 대해서는 그룹 2의 수행능력이 향상되었다는 결과를 발표했다.[2] 또한 Gettman 등은 그룹을 구분하지 않고 낮은 강도에서 높은 강도로 10주간 훈련시켰을 때 평균 19~33%의 근력향상이 있었다고 보고하였다.[3]

하지만 대부분의 국내 연구는 상지/체간/하지 기능을 향상시키기 위한 많은 종류의 근육운동 중 연구자의 임의적 선택에 따라 프로그램을 설계하여 트레이닝 효과를 평가한 결과가 대부분이다.[4, 5] 이에 본 연구에서는 고령자의 근력향상에 최적으로 작용할 수 있는 운동 강도, 반복횟수, 운동 빈도 등 대한 트레이닝 효과 검증/평가 연구를 위한 기반 데이터획득을 위한 실험을 수행하였다.

2. 방법

본 연구를 위해서 요추 및 상지 근골격계 질환이 없고, 웨이트 트레이닝 운동이 가능한 노인 남성 1명(나이 65.6, 키 166.0cm, 몸무게 63.2kg)을 피검자로 선정하였다. 피검자는 실험 전 운동기구에 대한 설명을 숙지하였다.

실험을 위해 6대의 적외선 카메라를 사용한 삼차원 동작분석 시스템 (VICON Motion System Ltd., 영국)을 이용하여 삼차원 동작분석을 하였다. 상지 및 요추 관절의 운동특성을 분석하기 위해 14mm 반사마커 39개를 plug-in marker set에 따라 부착하였다.

근육의 힘은 passive force 와 active force의 합으로 나타낼 수 있는데 active force를 위한 근육의 전기신호를 얻기 위해 EMG 전극, MA3000(Motion Lab System, USA)을 양팔에 부착하였다. 부착위치는 팔꿈치를 굽히고 펴 때 쓰이는 주요근육과 위팔을 올리거나 안쪽 뒤로 당기거나 오므리는 주요근육을 선정하여, 위팔두갈래근(biceps brachii), 위팔세갈래근(triceps brachii), 삼각근(deltoid), 큰가슴근(Pectorialis Major), 광배근(Latissimus dorsi)에 부착하였다. 피검자는 웨이트 트레이닝 운동기구로 체스트프레스/로잉 (Chest Press / Rowing)(# 에스앤에스케어, 한국) 로 실험을 진행했다. 피검자가 운동기구를 사용할 때 올바른 호흡과

자세를 할 수 있도록 지도하였고 이를 편하게 사용할 수 있도록 충분한 연습 후에 10초 동안 1회의 왕복운동을 하여 총 2회의 왕복 실험을 3회 수행하였고 중간에 30~60초간 휴식을 취했다. 이 때 피검자가 하는 운동의 부하는 0-100kgf까지의 유압을 삼등분한 0, 3, 6 level과 340kgf의 유압인 9level로 강도를 설정하여 수행하였다.

동역학해석을 위해 두 운동기구를 가지고 수행한 삼차원 동작 분석 실험을 통해 얻은 모션 데이터로 BRG. LifeMOD (Biomechanics Research Group, Inc., USA)로 불러와 19개의 체절과 118개의 근육으로 이루어진 삼차원 가상 골격모델을 생성하였다. 생성된 모델을 기반으로 inverse dynamic 해석과 joint driven dynamic 해석을 통하여 운동기구를 두 번 왕복하는 동안 발생하는 관절모멘트 데이터와 passive 근육 힘을 얻었다. 그리고 ADAMS (MSC. Software corporation, USA)에서 손의 궤도를 측정하여 한번 왕복할 때의 시간을 확인하였다.

Active 근육힘은 EMG전극에서 나오는 신호를 다음 그림과 같은 과정을 거쳐 얻었다.

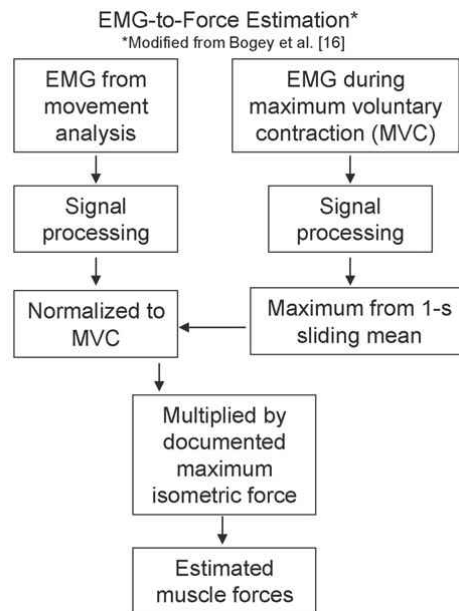


Fig. 1 EMG-to-force method[6]

3. 결과

Table 1 Maximum value of Joint Moment (N·m)

Elbow	-2.50E+00
Shoulder	-1.23E+01
Scapular	-1.44E+01

실험 프로토콜에서 운동의 왕복운동을 같은 시간, 같은 궤도로 진행했기 때문에 같은 0, 3, 6, 9 level 저항 운동 시 팔 관절에서 나오는 모멘트는 모두 비슷한 결과가 나왔다. 위 비교 결과 견갑관절, 어깨관절, 팔꿈치관절 순으로 최댓값이 나왔다. 견갑관절의 최댓값은 어깨관절을 최대로 뒤로 돌렸을 때, 즉 1회

왕복 운동이 끝나기 직전에 발생했고, 어깨관절과 팔꿈치 관절의 최댓값은 1회 왕복운동이 종료할 때 발생했다.

Table 2 Maximum Muscle force of Upper Arm at 0 level (N)

Biceps brachii	2.20E+01
Triceps brachii	1.31E+01
Deltoid	1.65E+01
Pectorialis Major	3.74E+01
Latissimus dorsi	6.04E+01

Table 3 Maximum Muscle force of Upper Arm at 3 level (N)

Biceps brachii	2.22E+01
Triceps brachii	1.22E+01
Deltoid	1.80E+01
Pectorialis Major	3.76E+01
Latissimus dorsi	1.20E+02

Table 4 Maximum Muscle force of Upper Arm at 6 level (N)

Biceps brachii	2.27E+01
Ticeps brachii	1.08E+01
Deltoid	1.83E+01
Pectorialis Major	3.79E+01
Latissimus dorsi	7.52E+01

Table 5 Maximum Muscle force of Upper Arm at 9 level (N)

Biceps brachii	2.88E+02
Triceps brachii	5.18E+01
Deltoid	1.23E+02
Pectorialis Major	4.52E+01
Latissimus dorsi	2.42E+02

근육힘을 0, 3, 6 level에 대해서 비교해보면 위팔 두갈래근과 삼각근, 큰가슴근에서의 근육힘 발생이 유압에 따라 크게 발생하는 것을 확인하였다. 이에 반해 위팔세갈래근은 유압이 커질수록 감소하는 경향을 보였다. 광배근의 경우에는 0, 6 level에 비해 3 level에서 큰 값이 발생되었다. 9 level 운동 시에는 나머지 유압의 level에 비해 모든 근육에서 근육힘이 증가하는 것을 확인하였다. 6 level과 비교하면 위팔두갈래근은 약 12.7배 증가하였고 위팔세갈래근은 약 4.8배, 삼각근은 약 6.7배, 가슴근은 약 1.2배, 광배근은 3.2배가량 증가하였다. 그리고 9 level에서의 근육힘은 위팔두갈래근, 광배근, 삼각근, 위팔세갈래근, 큰가슴근 순으로 근육힘이 발생하였다.

4. 결론

본 연구에서는 가슴근과 승모근, 광배근의 운동에 쓰이는 체스트프레스/로잉(Chest Press / Rowing) 운동에 관해 가상 시뮬레이션과 emg-to-force 방법으로 관절 모멘트와 근력을 선택한 유압 level에 따라 얼마나 큰 힘을 발생하는지 알아보았다.

관절모멘트의 경우 팔꿈치 관절, 어깨 관절, 견갑 관절 순으로 최댓값 크기가 증가함을 확인하였는데 이는 저항 운동 시 팔이 뒤로 크게 당기는 동작에 의해 견갑관절에 가장 큰 부하가 걸리는 것으로 보인다. 또한 팔꿈치와 어깨관절이 1회 반복 운동 종료 시점에서 최댓값을 갖는데 비해 견갑관절이 1회 반복 운동 종료 직전에 최댓값이 나온 것은 해부학적으로 견갑관절이 더 이상 돌아가지 않는 위치까지 돌아간 뒤 어깨와 팔꿈치 관절이 조금 더 돌아가기 때문인 것으로 보인다.

근육힘에 대해서는 0-100kgf의 유압을 이용하여 저항운동을 할 시 각 운동 level에서 발생하는 근육힘이 서로 크게 차이가 없어 level에 의한 근력 운동 조절을 하기에는 부족한 것으로 보인다. 하지만 지속적인 운동의 효과 확인을 위해서는 실험을 더 해야 할 것으로 보인다. 9level에서의 근력을 다른 레벨과 비교해보면 모든 근육에서 보다 큰 근육힘이 발생하여 유압의 효과의 영향이 있었던 것으로 보인다.

하지만 대흉근과 승모근, 광배근의 운동에 효과가 있다고 알려진 이 운동기구는 0, 3, 6 level과 9 level 사이의 근육힘 비교

결과 위팔 두갈래근, 삼각근, 위팔 세갈래근, 광배근, 큰가슴근 순으로 증가하는 것으로 알려진 바와는 차이가 있는 것으로 보인다.

본 연구는 노인의 저항 운동 시 실제 근육을 추정하기 위해 근 길이에 의해 계산이 되는 passive force뿐 아니라 EMG로 측정하여 계산되는 active force까지 고려하여 실제 근력에 가깝게 계산하여 저항운동 계획 설계 시 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

하지만 이 결과는 한사람에 대한 결과로 정확한 결과를 위해서는 더 실험을 해야 할 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었습니다. 또한 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

1. <http://www.index.go.kr/egams/default.jsp>
2. Patricia A. Brill, Randall L. Jensen, Kelli F. Koltyn, Lee Ann Morgan, James R. Morrow, M. Jean Keller, Allen W. Jackson, "The Feasibility of Conducting a Group-Based Progressive Strength Training Program in Residents of a Multi-Level Care Facility", *Activities, Adaptation & Aging*, 22, 4, 53-63, 1998
3. Gettman LR, Ward P, Hagan RD, "A comparison of combined running and weight training consequent to circuit training", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 229-234, 1982
4. 이형수, 신형일, "탄성밴드를 이용한 저항운동이 여성 노인의 기초체력과 근력에 미치는 영향", *코칭능력개발지*, 9, 4, 277-289, 2007,
5. 박진홍, "12주간의 저항운동이 고령자의 체력에 미치는 영향, 한국체육과학회지", 13, 2, 653-662, 2004,
6. Sofia Heintz, Elena M Gutierrez-Farewik, "Static optimization of muscle forces during gait in comparison to EMG-to-force processing approach", *Gait & Posture*, 26, 279-88, 2007
7. http://www.lifemodeler.com/LM_Manual_2008/A_musclesform.shtml