

# 다물체 동역학 분석법을 이용한 진동 자극이 인가된 레그프레스 운동의 효과 분석

## Analysis of Effects of Leg Press Exercise with Vibration Application: Multi-body Dynamic Analysis

조영근<sup>1,2</sup>, 김효선<sup>1,2</sup>, 황선홍<sup>1,2</sup>, 김영호<sup>1,2</sup>, 임도형<sup>1,2</sup>, 민진영<sup>3</sup>, \*김한성<sup>1,2</sup>

Y. K. Cho<sup>1</sup>, H.S. Kim<sup>1,2</sup>, S. H. Hwang<sup>1,2</sup>, Y. H. Kim<sup>1,2</sup>, D. Lim<sup>2</sup>, J. Y. Min<sup>3</sup>, \*H. S. Kim(hanskim@yonsei.ac.kr)<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 연세대학교 의공학과, <sup>2</sup> 연세대학교 의료공학연구원, <sup>3</sup> 주식회사 티에스메디텍

Key words : resistive exercise, leg-press exercise, muscle strength

### 1. 서론

우리나라는 지난 2000년 고령인구비율이 7%를 넘어서면서 UN의 정의에 따라 고령화 사회에 들어섰으며, 평균수명의 연장과 저출산에 의한 저연령층의 감소로 인하여 앞으로 고령층의 인구 구성비가 빠르게 증가할 것이라고 전망되고 있다.<sup>1</sup> 또한, 노화에 따른 신체기능의 퇴화로 인하여 일상생활에 많은 불편을 느끼고 있다는 보고<sup>2</sup>와 함께, 이러한 고령화 인구를 대상으로 발생하는 사고 건수도 해가 갈수록 증가되고 있는 실정이다.<sup>3</sup> 발생되고 있는 사고에 대한 원인 분석을 위하여 일상 생활에서 고령자들이 느끼는 불편함과 불만족에 대한 평가들이 최근 국내 많은 연구자들에 의해 보고되고 있다.<sup>2,4</sup> 이러한 불편함과 불만족들 중 대표적인 것으로는 이동능력 중 보행능력의 저하를 들 수 있다.<sup>5</sup> 이전에 보고된 바에 의하면 신체적 불편을 느끼는 동작들 중 계단 오르기 동작이 일상 생활 동작들 중 61.5%로 큰 불편함을 유발하는 것을 알 수 있다.<sup>6</sup> 보행이동 중 수행하는 계단 오르내림 동작은 평지 보행 보다 더 많은 에너지 사용을 필요로 한다. 또한, 하중이 부가된 상태에서의 무릎 관절의 운동은 큰 무릎 관절 모멘트와 운동 범위를 요구한다.<sup>7,8</sup> 하지만, 계단에서 상·하 이동을 위해서 필요한 큰 무릎 관절 모멘트와 운동 범위를 고령화와 함께 각 인체 말단 부위에서 발생하는 골격근의 근력 감소에 의해 고령자들이 수행할 수 없기 때문에 문제가 발생되고 있다. 영국의 통상산업성의 통계에 의하면 1995-1997년까지 가정 내에서 치명적인 사고를 당한 약 4천명의 대부분은 낙상에 의한 사고로 그 중 46%에 속하는 사망자의 대부분이 65세 이상의 노인으로서 사고 원인으로는 62%가 계단이나 사다리에서 떨어져 발생한 것으로 나타났다.<sup>9</sup>

이러한 고령자들을 대상으로 발행하는 사고율의 감소를 위하여 고령화에 따른 근력 감소를 예방하기 위한 저항 운동의 중요성이 강조되고 있다. 또한, 연구 결과<sup>10</sup>에 의하면

저항 운동을 통해서 근력과 근지구력을 증가시켜 근·골격계 기능의 증가를 가져올 수 있고, 고령자들을 위한 운동 처방들을 통하여 안전 사고들을 예방할 수 있다는 것을 알 수 있었다.<sup>11</sup> 최근에는 근력 감소의 예방을 위한 저항 운동보다 안전하고 편리한 진동운동이 소개되어 다양한 분야에서 널리 적용되고 있다.<sup>12</sup> 진동운동은 중력부하를 인위적으로 조절함으로써 근육을 보다 빠르고 강하게 수축하게 함으로써 새로운 자극을 가하는 방법이다.<sup>13</sup> 첨부적으로 진동운동을 이용하여 정량적으로 근육에 자극을 가한 효과에 의해 향상된 근기능에 관한 평가가 수행된 연구들이 보고된바 있다.<sup>14,15</sup>

이와 같은 연구들의 결과를 근거하여 진동 운동이 근력과 근지구력 등의 근기능을 향상시킬 수 있었다. 하지만 기존의 연구들은 진동 운동의 효과 분석을 위해 저항 운동 전, 일정 시간 동안 진동에 노출시킨 뒤, 저항 운동을 수행한 결과를 통해 평가한 것이 대부분이었다.<sup>14,15</sup> 이러한 연구 결과들은 저항 운동과 진동 운동의 개별적인 운동 효과 분석은 가능하지만, 두 운동이 동시에 수행되었을 때의 상호 작용에 대한 분석을 수행할 수는 없었다. 따라서 본 연구에서는 노화에 의한 근력 감소를 예방하기 위한 방법으로 실시하는 저항 및 진동 운동의 효과 분석을 위해서 진동 자극을 인가할 수 있는 레그프레스 운동기의 사용으로 운동의 상호 작용 분석을 수행하였다.

### 2. 방법

#### 2.1.3 차원 동작 분석 평가

저항 및 진동 운동의 평가는 1) 기존의 레그프레스 운동 중 엉덩이, 무릎, 발목 관절의 운동 범위를 측정하여(Fig. 1), 2) 3차원 근·골격계 모델을 생성·해석하여, 3) 진동-레그프레스를 이용하는 운동 동작 동안 주요 근육에서 발생

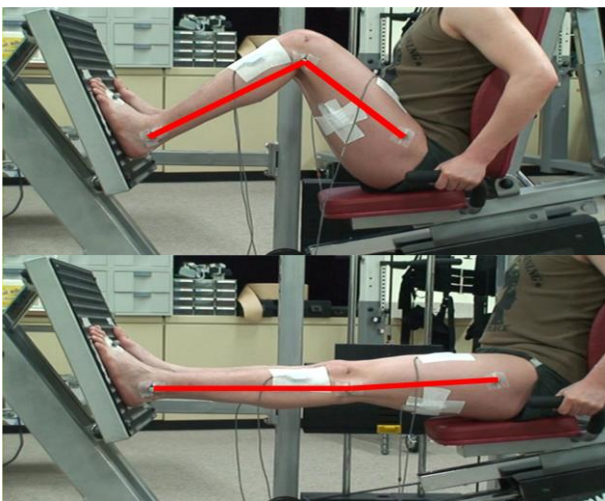


Fig. 1 A range of motion to perform a leg-press exercise

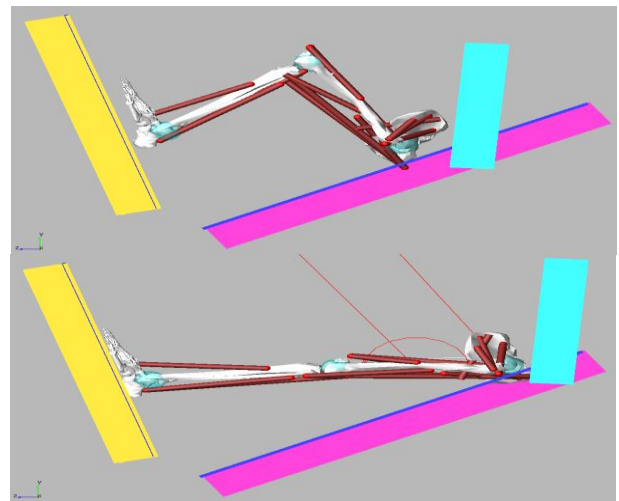


Fig. 2 A synchronized 3-dimensional virtual human lower-extremity and leg-press model

하는 근력의 변화를 분석하여 수행되었다. 이 때 3 차원 해석을 위한 운동 동작은 하중 부가되지 않은 레그프레스 운동, 하중이 부가된 레그프레스 운동, 그리고 진동과 하중이 부가된 레그프레스 운동이다. 이때 부가된 하중은 70 kg 이고, 진동은 진폭 10 mm, 주파수 20 Hz 를 인가하였다.

### 2.2 인체 가상 모델 생성

3 차원 인체 가상 모델의 생성은 BRG.LifeMOD (Biomechanics Research Group, Inc., USA)를 이용하여 건강한 남성(연령: 21 세, 신장: 177.8 cm, 체중: 77 kg)의 하체를 모델링하였다(Fig. 2). 생성된 모델에는 4 개의 뼈(엉덩이, 넓다리, 정강이, 발 뼈)와 12 개의 근육들(큰볼기근, 중간볼기근, 장골근, 넓다리곧은근, 넓다리두갈래근, 내측넓은근, 외측넓은근, 큰모음근, 반힘줄모양근, 앞정강근, 장딴지근, 가자미근)로 구성되었다.

### 2.3 레그프레스 가상 모델 생성 및 동기화

레그프레스의 단순화된 모델(등판, 아랫판, 발판) 생성과 움직임 동기화는 3 차원 다물체 동역학 해석 소프트웨어인 MSC.ADAMS (MSC Software Corp., USA)를 이용하여 수행하였다. 인체 가상 모델과 레그프레스 가상 모델의 동기화를 위하여 각각의 접촉면들에 대한 구속 조건들을 생성하여 서로 연결하였다. 이때 엉덩이 뼈의 뒤틀림을 막기 위해 회전 축 관절로 그리고 그 외의 조건들은 모두 면 대 면 접촉 조건을 정의하였다.

### 2.4 해석 수행 및 결과 분석

3 차원 다물체 동역학 해석 소프트웨어인 MSC.ADAMS 을 이용하여 역동역학 해석을 수행하였다. 주요 관찰 부위는 레그프레스 운동 시에 가장 큰 근력 증가 효과를 얻을 수 있는 넓다리곧은근, 내측넓은근, 외측넓은근이고 분석을 위하여 각 근육의 최대 근력을 계산하였다.

## 3. 결과

본 논문에서 정의된 운동 동작들을 수행하기 위하여 인체 가상 모델에 생성된 12 개의 근육들 중에서 넓다리곧은근, 내측넓은근, 외측넓은근이 일반적으로 가장 큰 근력을 나타내었다(Table 1). 동작별 근력의 크기는 하중이 부가된 운동 동작, 그리고 하중과 함께 진동이 부가된 운동 동작에서 하중이 부가되지 않은 운동 동작에서 보다 더 큰 근력을 나타내었다.

## 4. 결론

일반적으로 노화에 따른 인체 근육들이 발휘할 수 있는 최대 근력의 감소가 원인이 되어 발생하는 낙상 사고는 지속적인 운동을 통한 근기능을 유지하여 사고를 예방할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 인체 근육들의 근기능과 근지구력을 효과적으로 유지할 수 있는 운동 방법에 대한 연구가 필수적이다. 이러한 관점에서, 일반적으로 근력 운동

을 위해 사용되고 있는 레그프레스와 진동 운동의 정량적 효과 분석을 수행하였다.

3 차원 동작 분석 결과, 하중이 부가된 레그프레스 운동이 가장 큰 근력을 나타내었고, 하중과 함께 진동이 부가된 레그프레스 운동은 전체적으로 조금 작은 근력을 나타내었다. 레그프레스 운동 중 큰 하중이 부가되는 부위에서 갑작스런 큰 근력의 발생은 고령자들뿐만 아니라 성인들의 근육 경련을 유발할 수 있기 때문에 같은 운동을 수행할 때 더 작은 근력의 발생은 이러한 관점에서 도움이 될 수 있다. 하지만 본 연구는 다양한 하중과 진동 조건들을 통한 결과가 포함되어 있지 않기 때문에 향후 진행될 연구에서는 3 차원 동작 분석을 위해 보다 많은 조건들에 대한 고려가 필요할 것으로 생각된다.

## 후기

위 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었습니다.

## 참고문헌

1. 통계청, 시도별장래인구추계, 2008.
2. 이동훈, 나석희, 안근선, 정민근, “한국 고령층의 일상생활 활동 불편도 분석”, 대한인간공학회지, **26**, 67-79, 2007.
3. 최승희, 최은진, “노인 안전사고예방 대책”, 보건복지포럼, **69**, 68-72, 2002.
4. 이용희, 이동춘, 이상도, “우리나라 노인들을 대상으로 한 일상생활에서의 인간공학적 불편성 조사 연구”, 대한인간공학회지, **23**, 101-109, 2004.
5. Himann, J. E., David A., Peter A., “Aged-related changes in speed of walking”, Medicine and science in sports and exercise, **20**,161-166, 1988.
6. 신승연, “노인복지육구조사 및 정책과제-평택시를 중심으로”, 평택대학교 논문집, 1999.
7. 은선덕, “계단 오르기 동작시 계단 높이에 따른 하지 관절 모멘트의 변화 분석”, 한국운동역학회지, **13**, 121-137, 2003.
8. Andriacchi T. P., Andersson G. B., Ortengren R., Mikosz R. P., “A study of factors influencing muscle activity about the knee joint”, Journal of orthopaedic research, **1**, 266-275, 1984.
9. 한국소비자보호원, “가정내 노인 안전실태 조사 결과”, 2003.
10. 김현수, “고령자의 삶의 질을 위한 운동처방”, 한국생활환경학회지, **9**, 23-27, 2002.
11. 김미숙, 이은남, “고령자의 낙상예방을 위한 운동처방에 대한 고찰”, 대한근관절건강학회지, **13**, 7-19, 2006.
12. 임용택, “새로운 운동-트레이닝 처방 방안으로서 전신진동운동에 관한 연구”, 코칭능력개발지, **7**, 105-116, 2005.
13. Bosco, C., “The effects of extra-load permanent wearing on morphological and functional characteristics of leg extensor muscles”, Published Doctoral Thesis, Universite Jean-Monnet de Saint Etienne, France.
14. Poston B., Holcomb W. R., Guadagnoli M. A., Linn L. L., “The acute effects of mechanical vibration on power output in the bench press”, Journal of strength and conditioning research, **21**, 199-203, 2007.
15. Rees S. S., Murphy A. J., Watsford M. L., “Effects of whole-body vibration exercise on lower-extremity muscle strength and power in an older population: a randomized clinical trial”, Physical therapy, **88**, 462-470, 2008.

Table 1 Maximum muscle strengths for main lower-extremity muscles generated by the exercises defined in the current study

	Maximum muscle force (N)		
	Rectus Femoris	Vastus Lateralis	Vastus Medialis
Without Extra Load	3381.84	3685.22	2243.78
With Extra Load	6306.30	6601.21	4910.29
With Extra Load and Vibration	5858.93	6144.60	4466.77