

의자에서 일어서는 자세에서의 인체 하지부 근력 예측 Muscle forces of human lower extremity while rising from a chair

조영남* · 유흥희†
Young Nam Jo and Hong Hee Yoo

1. 서 론

생활 수준의 향상과 건강에 대한 관심 증대로 인해 우리 생활과 밀접한 관련이 있는 제품들의 인체공학 적 설계는 필수불가결한 요소가 되었다. 때문에 오래 전부터 수학적인 모델을 통해 인체의 움직임 이나 특정 동작을 수행할 때 근육이 발생시키는 힘, 관절에 가해지는 모멘트와 반력 등을 예측하기 위 해 근골격계 모델에 대한 연구가 많이 진행되어 왔 다.

A. V. Hill은 근육의 수학적 모델을 제시하였고 F. E. Zajac은 Hill의 모델을 더욱 발전시켜 현재 가장 널리 쓰이고 있는 근육-건 모델을 제안하였다. R. Drills 등은 인체 각 분절의 물성치에 관한 연구를 하였다. R. A. Brand 등은 인체 하지부의 각 분절에 대해 좌표계를 정의하고 그 좌표계를 기준으로 건 이 뼈에 연결되어 있는 위치에 대해 연구하였다. S. L. Delp는 죽은 사체를 이용해 인체 하지부의 43개 근육에 대한 Hill 근육 모델의 파라미터 값들을 제 안하였고 L. L. Menegaldo 등은 관절의 움직임에 따른 근육-건의 길이와 관절에 대한 모멘트팔 길이 변화를 근사다항식으로 나타내었다.

본 연구에서는 인체와 외부 물체 또는 외력과의 상호작용을 보다 쉽게 고려할 수 있는 인체모델을 만 드는 것을 목표로 인체 하지의 근골격계를 Hill 의 근육 모델을 이용한 다물체 시스템으로 모델링 하 였다. 이 모델을 이용하여 의자에서 일어서는 동작 에서 근육이 발생시키는 힘과 무릎 관절에 작용하 는 힘을 구해보았다.

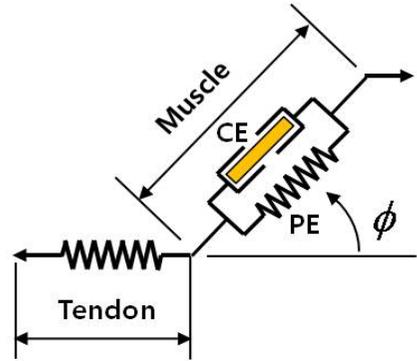


Fig 1 Hill muscle model

본 연구에서 사용된 근육 모델은 F. E. Zajac이 제안한 Hill 근육 모델을 이용하였다.(Fig. 1) 이 모델 은 근육, 그리고 근육과 뼈를 연결시켜주는 건으로 이루어져 있다.

근육은 자발적으로 수축력을 발생시키는 Contractile element와 의지와 상관없이 비선형 스프링과 같은 역할을 하는 Passive element로 나누 어져 있다.

Contractile element가 발생시키는 힘은 근육의 길이, 수축 속도, 활성화도에 따라 결정되고 Passive element는 일정 길이 이상이 되면 수축력을 발생시 킨다.

건은 근육이 발생시키는 수축력을 뼈에 전달해주 는 역할을 하고 근육과는 θ 만큼의 각도로 연결되어 있는데 이를 우모각(pennation angle)이라 한다.

근력을 계산하기 위해 필요한 근육의 물성치들을 Table. 1에 정리해 보았다.

2. 근육 모델

Table 1 Muscle-tendon parameters

Muscle	F_o^m	l_o^m	ϕ_0	l_s^t
Rf	780	8.4	5	34.6
Vi	1235	8.7	3	13.6
Gas	1115	4.5	17	40.8
bif	1030	10.9	0	34.1

† 교신저자; 정희원, 한양대학교 기계공학부

E-mail : hhyoo@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2220-0446, Fax : (02)2293-5070

* 한양대학교 기계공학과

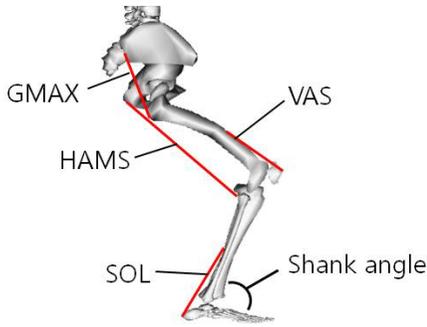


Fig 2 Musculoskeletal model

3. 하지부 모델

하지부 모델은 정강이, 허벅지, 몸통, 무릎뼈의 네 강체와 네 개의 근육으로 모델링하였다.(Fig. 2) 네 근육으로 모델링한 이유는 일어서는 동안 최소한의 에너지를 쓰도록 근력이 결정된다고 가정하였는데 이 가정에서는 Fig. 2의 네 근육만 사용하게 되기 때문이다.

의자에서 일어서는 운동에서 측면 방향으로 작용하는 힘은 상대적으로 작기 때문에 sagittal 평면에서 2차원 운동을 한다고 가정하였다. 각 분절들은 레볼루트 조인트로 연결되어 있다. 그림에서 GMAX, HAMS, VAS, SOL은 각각 Gluteal, Hamstring, Soleus, Vasti 근에 해당된다.

4. 결 과

근골격계 모델을 이용해 의자에서 일어서는 동안 근육의 근력(Fig. 3)과 슬개골 압축력(Fig. 4), 즉 무릎뼈가 무릎 관절을 누르는 힘을 구해보았다. 또한 그 결과를 M. I. Ellis 의 결과와 비교해 보았다.

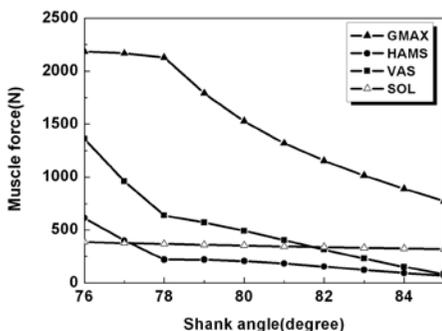


Fig 4 Muscle force of lower extremity

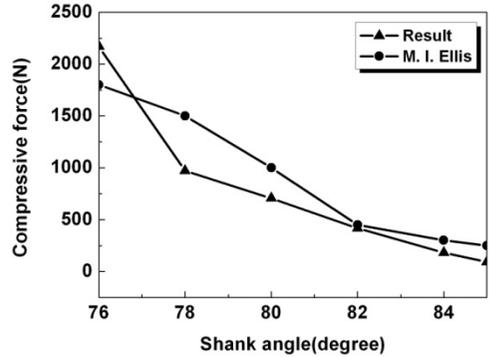


Fig 3 Patellofemoral compressive force

5. 결 론

본 연구에서는 인체 하지부의 근골격계를 네 개의 강체와 근육으로 이루어진 다물체 시스템으로 모델링하였다. 근육 모델은 F. E. Zajac이 제안한 Hill 근육 모델을 이용하였다. 의자에서 일어서는 동안의 근력과 슬개골 압축력을 구해보았고 M. I. Ellis 등이 근전도(EMG) 신호를 바탕으로 계산한 결과와 비교해 보았다. 비교 결과 어느 정도 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

네 근육 이외의 다른 근육, 그리고 인체의 다른 분절들도 모델링하여 다양한 동작에서 좋은 결과를 얻을 수 있는 하지부 모델을 만드는 것이 앞으로의 과제로 남아있다.

후 기

이 논문은 2011 년 국방과학연구소 생존성 기술 특화연구센터의 사업으로 지원받아 연구되었음.

이 논문은 2011 년도 2 단계 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.