

# 인솔높이가 낮아서 일어서기 시 성인남성의 하지 일부근육의 근활성도와 근피로도에 미치는 영향

박종항<sup>1)</sup>, 박성두<sup>2)</sup>, 유성훈<sup>3)</sup>

광양보건대학<sup>1)</sup>, 김제우석병원<sup>2)</sup>, 광주트라우마센터<sup>3)</sup>

## The Effect of Insole on Muscle Activity and Muscle Fatigue of Part Muscle Leg at Sit to Standing in Adult Men

Jong-hang Park<sup>1)</sup>, Seong-du Park<sup>2)</sup>, Seong-hun Yu<sup>3)</sup>

Dept. of Physical Therapy, Gwangyang Health College<sup>1)</sup>

Dept. of Physical Therapy, Kimje Woo-suk Hospital<sup>2)</sup>

Dept. of Physical Therapy, Gwangju Trauma Center<sup>3)</sup>

### Key Words:

Insole,  
Muscle activity,  
Muscle fatigue

### ABSTRACT

**Background:** The purpose of this study was to investigate the effect of differing insole height on the electromyographic (EMG) activity and muscle fatigue in tibialis anterior and gastrocnemius a lot of repeat college students from the desk during a sit to stand activity. **Methods:** For the 20 subjects (males), let them wear insole in order. Using EMG equipment measured the difference in muscle activity and muscle fatigue degree. All subjects measured for 3 seconds in standing up from the chair. It's measured total 3 times. **Results:** The summary of results stated above is as follows: It's sitting to standing activity when there were no significant differences between the muscles. But sitting activity in muscle fatigue-calf muscle during standing activity correlated only. **Conclusion:** The results of this study, the height of an adult male lead in adequate to maintain a healthy foot function and health elements of effective and aesthetic elements based on a significance in that it presents.

## I 서론

한국 사회에서 외모 지상주의가 새로운 문제로 부각됨으로써 소비문화가 급속하게 변화하고 있다(강상현, 1999). 그 중에서 현대인들의 사회생활과 밀접한 관계를 가지는 신발은 기능적인 측면에 집중되어 왔으나 최근에는 미용적인 측면이 강조되어지고 있는 추세이다(이규훈 등, 2000). 또한 남성들의 외모에 관심이 늘어나게 되면서부터 남성의 미적 기준의 하나인 키에 대한 불만족을 충족시키기 위한 수단으로 키높이 구두를 사용하거나 운동화에 높은 굽의 인솔을 삽입하여 사용하는 젊은 남성들이 증가하고 있다(정주현 등, 2009). 신발의 안창이라 불리는 인솔(insole)은 활용범위가 넓으며

근육의 피로방지와 같은 기능을 제공하고 있다(이창민 등, 2008). Gardner 등(1988)은 인솔이 각종 스포츠화에 넣어 편히 사용할 수 있으며, 충격을 흡수하여 발목 및 무릎 관절을 보호하고, 체중을 분산시켜 피로를 줄일 수 있다고 하였다. 또한 신발에 4가지 인솔을 착용하고 달리는 동안 다리의 역학적 분석에 대해 보고하였고, 인솔 착용은 기본적인 체력훈련 프로그램에서 과사용 손상과 정강뼈 스트레스 증후군의 발생을 감소시킨다고 보고하였다(Schwellnus 등, 1990).

우리는 매일의 일상적인 동작을 수행하는 동안 끊임 없이 앉은 자세에서 일어서기를 수행한다. 또한 걷기 위해서 앉은 자세에서 일어서기가 선행적으로 가능해야 한다는 의미에서 이동의 전제 조건이 된다(Shepherd와 Carr, 1994). 쪼그려 앉아 일어서기와 의자에 앉아 일어서기 시 다리 근육의 사용이 높았고, 또한 두 방법 중에 쪼그려 앉아 일어서기가 의자에 앉아 일어서기 시

교신저자: 유성훈(광주트라우마센터, yshjj18@hanmail.net)  
논문접수일: 2013.12.12, 논문수정일: 2014.01.21,  
게재확정일: 2014.01.29

박중항 등, 인솔높이가 낮아서 일어서기 시 성인남성의 하지 일부근육의 근활성도와 근피로도에 미치는 영향

보다 더욱 높은 다리 근육의 사용을 보였다(신기영 등, 2003). 그리고 부분 쪼그려 앉기의 경우에도 무릎 굽힘 정도에 따라 근활성도의 차이가 생긴다고 하였다(Bobbert 등, 2008). 이러한 근육의 활성이 지속될 때 어느 한 과정 혹은 복합적인 기능감퇴의 결과를 가져오며 이때 근 피로현상이 나타나게 된다(서승록과 김종석, 2000).

하이힐 보행 시 다리의 일부 근육들의 근 활동성은 하이힐 굽 높이의 증가에 따라 비례적으로 증가했다고 보고했다(Stefanyshyn 등, 2000). 김경과 이전형(2007)은 젊은 여성 뿐 아니라 여성 노인을 대상으로 신발 굽의 높이에 어떠한 영향을 주는지에 대해서도 연구되었는데 4cm 이상이 되면 균형 수행에 영향을 주어 낙상의 위험에 노출이 된다고 하였다. 박재영(2010)은 보행 시 발생하는 하지 근육의 근활성도를 비교 분석한 결과, 기능성 깔창을 착용함에 따라 입각기에서는 앞정강근과 넙다리두갈래근의 근활성도가 높게 관찰되었으며 유각기에서는 장딴지근과 가쪽넓은근의 근활성도가 높게 나타나 전체 보행구간에서 보행에 관련된 주동근의 근활성도가 높음을 알 수 있었다.

이와 같이 이전 연구에서는 인솔 기능 관련 및 여성의 힐 높이 변화에 대한 연구는 많이 이루어져 왔으나 남성의 구두 높이 변화나 인솔에 관련된 연구들은 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 남자 대학생을 대상으로 인솔이 낮아서 일어날 때 많이 쓰이는 앞정강근, 장딴지근의 근활성도와 근피로도에 미치는 영향을 알아보았다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자 및 기간

본 연구는 2013년 5월 16일부터 2011년 5월 16일까지 총 1일간 광주광역시 소재의 G대학교에 재학 중인 학생들 중 신체 건강한 20대 남성 20명을 대상으로 하였다. 연구대상자들에게 사전에 연구의 목적과 방법을 충분히 설명한 후, 자발적으로 참여 의사를 밝힌 학생을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 선정기준은 다리에 근골격계 장애가 없는 자, 엉덩관절과 무릎관절의 가동범위가 정상범위에 속한 자, 현재 무릎 및 엉덩관절에 통증이 없는 자, 과거 무릎이나 엉덩관절에 관련된 수술을 받지 않은 자, 심한 발 변형이나 티눈이 없는 자, 과거 허리 및 다리의 질환을 경험하지 않은 자, 발의 형태학적 변형이 없는 자로 하였다.

### 2. 실험 방법

대상자들에게 연구 목적과 연구 방법을 충분히 설명 후에 실시하였다. 인솔 높이 선정은 선행 논문에서 젊은 남성들 사이에서 단화 및 캔버스화 등에 사용량이 높은 3단계의 높이 조절이 가능한 인솔 1~3을 선정하였으며 3cm 인솔은 시중에 판매되고 있는 운동화용 일반 인솔인 Insole1을 선정하였다(유중현, 2010)(Fig 1). 20명의 대상자들을 각각 인솔 높이에 따라 근활성도와 근전도를 측정하였다.

연구 대상자는 인솔 착용 후 의자에 앉은 후 근전도를 부착하였다. 그리고 대상자는 앉았다 일어서기에 편한 발의 위치를 선정하였다. 초시계는 1회당 5초의 속도를 유지하기 위하여 사용되었다. 속도와 자세의 적응을 위한 예행연습으로 쪼그려 앉았다 서기를 5회 실시하였다. 대상자는 전극이 부착된 상태에서 각기 다른 인솔의 높이에서 "시작"이라는 구두 명령과 함께 앉았다 일어난 후 다시 제 위치로 오는 것을 1회로 하여 3회 반복 수행하였으며, 1회 수행 동안 근활성도를 측정하였다. 또한 1회 측정 후 휴식시간은 3분으로 하였다.

Table 1. Comparison of level of insole in the 4 groups

Group	Insole height
Experience group	3 cm
Insole 1 group	1.5 cm
Insole 2 group	3.5 cm
Insole 3 group	5.5 cm

### 3. 측정 방법

근피로도를 측정하기 위한 장비로 근전도 장비(WEMG-8, Laxtha, Korea)를 사용하여 앉고-일어서기 시 가장 많이 사용되는 근육인 앞정강근, 장딴지근을 선정하여 측정하였다(Wang 등, 2004). 근전도 데이터 측정 시간은 5초, 신호의 표본 추출률(sample rate)은 1024 Hz로 설정하였고 증폭도 저절(gain adust)은 4128 $\mu$ V로 설정하였다. 전극 부착을 위해 먼저 전극을 부착할 신체 부위를 노출시킨다. 그 후에 피부저항을 줄이기 위해 털을 제거하고 알코올로 닦는다. 앞정강근은 슬개골 중심에서 외측복사뼈까지 거리의 1/2 위치, 장딴지근은 슬와부 중심선에서 하행 2 cm 거리의 외측 표면에 부착하였다(Katsuo 등, 2006). 그 다음에 각 근육의 최대

근 수축을 유발하여 근육 부위를 결정하고 펜으로 표시하여 전극을 부착한다. 이때 전극은 직경이 10.1 mm 인 활성전극(active electrode)과 직경이 2.5 mm 인 접지전극(ground electrode)을 사용하며, 전극은 각 근육의 근육 부위와 평행하게 부착한다. 또한 활성전극 사이 거리는 20 mm 이내로 한다. 근전도의 잡음을 최소화하기 위해 접지전극을 측정에 방해가 되지 않는 부위에 부착하였다.

Telescan 프로그램을 통하여 측정된 데이터를 3초 단위로 나누고 그 구간에서 근에너지를 정량화하기 위해 사용되는 것으로서, 원신호를 제공한 후, 평균값을 계산한 후 다시 제곱근을 씌우는 방법인 평균제곱근(root mean squared; RMS)를 이용하여 최대 수의적 등척성 수축시 근활성도를 구하였다.

또한 측정된 근전도 데이터를 3초 단위로 나누고 그 구간에서 고속 푸리에 변환(fast fourier transformations) 의한 전력밀도 추정으로 파워 스펙트럼 분포를 얻는다. 여기서 각 평균지점을 구하기 위해 MEV(mean edge value)를 이용하여 각 채널의 근피로도값을 구하였다(강현빈과 박수경, 2008). 이는 근육이 피로해 짐에 따라 근전도 신호가 낮아서 근피로 상태에 대하여 분석을 나타낼 수 있다. 이 두 측정치는 3회 반복 측정하여 평균값을 자료 분석에 사용하였다.

**3. 분석방법**

자료분석에는 윈도우용 SPSS version 17.0 통계 프로그램을 사용하여 분석하였다. 비모수검정인 프리드만을 사용하여 인솔의 높이에 따른 근활성도와 근피로도 평균값을 비교 측정하는데 실시하였다. 사후검정으로 윌콕슨 검정을 이용하였다. 통계적 유의 수준은 α=.05로 하였다.

**Ⅲ. 결과**

**1. 연구대상자의 일반적 특성**

연구대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 2).

**Table 2.** General characteristic of studied subjects

Age(yrs)	Height(cm)	weight(kg)	Shoe size(mm)
24.50±.57 <sup>a</sup>	172.6±1.21	67.1±2.72	264±1.70

<sup>a</sup>Mean±SD

**2. 인솔 높이에 따른 근육들의 근활성도 비교**

인솔 높이에 따른 앞정강근의 근활성도 값은 3 cm 착용 시 66.89±16.6 mV, 1.5 cm 착용 시 64.57±12.55 mV, 3.5 cm 착용 시에는 66.41±11.65 mV, 그리고 5.5 cm 착용 시에는 67.46±12.85 mV 이었다. 그룹 간 앞정강근의 근활성도 값은 유의하지 않았다(Table 3).

인솔 높이에 따른 장딴지근의 근활성도 값은 3 cm 33.31±2.41 mV, 1.5 cm 착용 시 32.50±2.10 mV, 3.5 cm 착용 시에는 33.36±2.63 mV, 그리고 5.5 cm 착용 시에는 33.83±3.11 mV 이었다. 그룹 간 장딴지근의 근활성도 값은 유의하지 않았다(Table 3).

**Table 3.** Comparison muscle activity within the insole height

Muscle	Height (cm)	Muscle activity(mV)	χ <sup>2</sup>	p
Tibialis anterior	3	66.89±16.64 <sup>a</sup>	1.560	.668
	1.5	64.57±12.55		
	3.5	66.41±11.65		
	5.5	67.46±12.85		
Gastrocn -emius	3	33.42±2.30	6.120	.106
	1.5	32.94±2.42		
	3.5	33.43±2.49		
	5.5	33.90±2.94		

<sup>a</sup>Mean±SD

**3. 인솔 높이에 따른 근육들의 근피로도 비교**

인솔 높이에 따른 앞정강근의 근피로도 값은 운동화 착용 시 150.40±26.16 Hz, 1.5 cm 착용 시 149.53±23.77 Hz, 3.5 cm 착용 시에는 152.79±18.66 Hz, 그리고 5.5 cm 착용 시에는 156.06±24.57 Hz 이었다. 그룹 간 앞정강근의 근피로도 값은 유의하지 않았다(Table 4).

인솔 높이에 따른 장딴지근의 근피로도 값은 운동화 착용 시 236.53±9.79 Hz, 1.5 cm 착용 시 237.00±7.46 Hz, 3.5 cm 착용 시에는 237.53±8.71Hz, 그리고 5.5 cm 착용 시에는 156.06±24.57 Hz 이었다. 그룹 간 장딴지근의 근피로도 값은 유의한 차이를 보였다(Table 4).

그룹 간 장딴지근의 근피로도 값의 비교에서 3 cm 대 5.5 cm(p=.28), 1.5 cm 대 5.5 cm(p=.017), 3.5 cm 대 5.5 cm(p=.037)에서 유의한 차이가 나타났다.

**Table 4.** Comparison muscle fatigue within the insole height

Muscle	Height	Muscle fatigue(Hz)	$\chi^2$	p
Tibialis anterior	3	150.40±26.16 <sup>a</sup>	.120	.989
	1.5	149.53±23.77		
	3.5	152.79±18.66		
	5.5	156.06±24.57		
Gastrocnemius	3	236.52±9.79	8.455	.037
	1.5	237.00±7.46		
	3.5	237.53±8.71		
	5.5	244.65±12.90		

<sup>a</sup>Mean±SD

#### IV. 고 찰

본 연구에서는 책상에서 앉고-일어서기의 반복이 많은 대학생을 대상으로 인솔 높이에 변화를 주어 앉고-일어서기 시 많이 쓰이는 앞정강근, 장딴지근의 근활성도 및 근피로도를 비교하였다.

보행 시 높은 굽 신발을 장기간 착용하는 것은 발의 변형과 통증을 유발시키는 주요 원인이 된다(Frey 등, 1995). 윤정규 등(2010)은 서로 다른 체중을 가진 여성에게 각각 다른 굽 높이의 하이힐의 착용에 따라 나타나는 앞정강근의 근활성도가 굽 높이 9 cm 일 경우, 4 cm, 7 cm 보다 더 활성화 된다고 하였다. 박재영 등(2010)은 기능성 인솔 착용 후에 발바닥이 지면에 닿는 입각기에서 앞정강근에서 근육의 수축이 높게 나타났으며, 유각기에서는 입각기와는 반대의 경향이 나타나 장딴지근에서 높은 근육의 수축을 보였다고 하였다. 이는 기능성 인솔 착용 시 입각기에서는 발목과 무릎의 굽힘을 주도하는 앞정강근에서 활동량이 높아지며, 유각기에서는 발목과 무릎의 펴를 주도하는 장딴지근에서 활동량이 증가되는 것으로 유의한 차이가 나타났다. 그러나 본 실험의 결과에서는 인솔높이에 따른 장딴지근, 앞정강근의 근활성도 간에 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과의 차이는 본 연구에서는 앉기에서 일어서기를 보았지만, 선행 연구는 보행을 보았다는 점에서 자세가 다르기 때문일 것이다.

본 실험에서 인솔 높이에 따른 근활성도에서는 유의한 차이가 없었으나, 근피로도에서 장딴지근이 유의한

차이가 있었다( $p < .05$ ). 장딴지근의 그룹 간 비교에서는 운동화 대 5.5 cm, 1.5 cm 대 5.5 cm, 3.5 cm 대 5.5 cm에서 유의한 것을 볼 수 있었다( $p < .05$ ).

이상용 등(2006)은 밀착형 외측 썸머 스트랩 깔창의 높이에 따라 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 장딴지근, 앞정강근은 근육의 수축이 없었다고 보고하였다. 본 연구 결과에서도 마찬가지로 장딴지근, 앞정강근에서 유의하지 못하였다는 점에서 본 연구와 같은 결과를 보였다. 이는 선행 연구에서는 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 장딴지근, 앞정강근이 무릎관절에 영향을 주지 않는다고 보며 근육보다는 무릎관절 주위의 인대와 같은 수동적인 구조이 더 큰 영향을 미친다고 결론을 내린다고 하였으며, 본 논문에서도 근육의 수축보다는 무릎관절 주위의 구조물에 의한 영향이 더 크게 미친다고 본다.

김진철(2008)은 키높이구두를 착용하면 척추세움근보다 장딴지근이 근육의 피로를 더욱 유발할 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 근피로도 중 장딴지근만이 유의함을 나타낸 것으로 보아 결과가 같았다. 이러한 결과의 일치는 앉은 자세에서 일어서기 시에 인솔이나 키높이 구두에 의해 장딴지근의 근피로가 앞정강근보다 크기 때문일 것이라고 보인다. 따라서 본 연구에서는 선행논문에서와 같이 근활성도를 알아본 결과 유의한 값이 나오지 않은 것은 무릎절과 근육간의 관계와는 무관한 것으로 보인다고 할 수 있겠다.

장시간 앉아서 작업을 하는 시내버스 운전자의 경우 앉은 자세에서 브레이크 페달을 밟을 시 장딴지근과 앞정강근에서 근육의 피로를 더욱 유발할 수 있다고 하였다(김재준 등, 2012). 계단 올라가고 내려오기 시 젊은 층은 하지 근육에서 전반적인 근육의 피로 현상을 보였으며, 고령층의 경우 다른 하지 근육에 비해 안쪽 넓다리근, 앞정강근, 반힘줄모양근, 넓다리두갈래근에서 더 큰 근육의 피로 현상을 느낀다고 하였다(김전환, 2006). 본 연구에서는 근피로도 중 장딴지근만이 유의함을 나타내어 결과가 일치하지 못하였다. 이러한 결과의 차이는 발목의 각도 및 중력이 역학적으로 선행 논문과 다르다는 차이점 및 인솔을 착용하고 앉아서 일어서기 시에 장딴지근이 앞정강근보다 더 큰 근육의 피로도를 유발하는 것 때문이라고 보인다.

본 연구에서의 제한점은 신체의 체중이 한쪽 인솔에 과도하게 부여될 수 있는 위험요소가 있어 이를 최소화할 필요가 있다. 차후 연구에서는 이러한 문제점을 보완하여 연구의 다양성을 위해 남성을 대상으로 다양한 자세에서의 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

## V. 결론

본 연구에서는 성인 남성 20명을 대상으로 인솔 높이를 달리한 후, 그에 따른 각각의 장딴지근, 앞정강근에서의 근활성도와 근피로도에 대한 효과를 알아보는 것이었다. 근활성도에서는 유의성을 확인 할 수 없었으며, 근피로도에서는 장딴지근에서 유의성을 확인 할 수 있었다( $p < .05$ ). 또한 그 중에 그룹간의 비교에서 운동화대 5.5 cm, 1.5 cm 대 5.5 cm, 3.5 cm 대 5.5 cm 에서만 유의한 차이를 나타내었다. 또한 근피로도를 알아본 결과 인솔의 높이에서 운동화보다는 5.5 cm 인솔이 더 큰 근피로도를 보였으며, 인솔 간에서도 다른 인솔들보다 5.5cm의 인솔이 더 큰 근피로도를 보였다. 따라서 평상시에 인솔을 착용하여 보행 시 5.5 cm 이하의 인솔을 착용하는 것이 성인 남성의 발의 피로에 무리를 주지 않는 것으로 보인다. 본 연구를 통해 성인 남성에게 적절한 인솔의 높이가 건강한 발의 기능을 유지하는데 효과적이며 미적인 요소와 건강 요소의 근거를 제시했다는 점에서 의의가 있다.

## 참고문헌

강상현. 다이어트 심리에 관한 탐색적 연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문. 1999.

강현빈, 박수경. 상지부 착용 외골격시스템의 근력보상 정도에 따른 근피로도 변화에 대한 연구. 대한기계학회. 추계학술대회. 2008;1600-1602.

김경, 이전형. 여성 노인의 신발굽 높이가 균형에 미치는 영향. 한국스포츠서지. 2007;14(3):311-330.

김재준, 김경, 유창호, 등. 근전도 분석을 통한 시내버스 운전자 피로도 분석. 한국정밀공학학회지. 2012;29(10):1149-156.

김전환. 계단 상하행시 하지근군의 근피로도에 관한 연구. 한밭대학교. 석사학위논문. 2006.

김진철. 키높이구두가 허리와 다리근육에 미치는 근피로도에 관한 연구. 서울시립대학교 산업대학원. 석사학위논문. 2008.

박재영. 다기능성 인솔 착용 시 하지의 근활성도 분석. 한국운동역학회지. 2010;20(3):327-336.

서승록, 김종석. EMG를 이용한 경사면에서 근피로도 분석. 한국산업정보학회논문지. 2000;5(2):1-8.

신기영, 김효신, 이규승, 등. 입식과 좌식을 고려한 일어서기 동작의 생체역학적 분석. 한국농업기계학회. 2003;8(2):450-453.

윤정규, 김미경, 김이화 등. 보행 시 체중과 굽 높이가 변화에 따른 하지의 근활성도 분석. 대한운동학회지. 2010;12(1):65-72.

유중현. Heel-up Insole의 생체역학적 영향에 관한 연구. 동의대학교 대학원. 석사학위논문. 2010.

이규훈, 김용걸, 황치문, 등. 정상인과 척추전방전위증 환자에서 쑤기 높이에 따른 요추전만도의 비교. 대한재활의학회지. 2000;24(6):1186-1190.

이상용, 박성진. 밀착형 외측 쑤기 스트랩 깔창의 높이에 따라 대퇴경골각에 미치는 영향. 대한정형도수치료학회지. 2006;12(1):44-50.

이창민, 김진훈, 오연주 등. 운동효과 증진을 위한 Arch Support 효과에 관한 연구. 대한인간공학회. 2008;27(3):74-78.

정주현, 김지은, 문연이, 등. 키높이 깔창이 신체전반의 기능변화에 미치는 영향: 20대 성인 남성을 중심으로. 한국체육과학회지. 2009;18(2):1403-1418.

Bobbert MF, Casius LJ, Sijpkens IW, et al. Human adjustment control to initial squat depth in vertical squat jumping. J Appl Physiol. 2008;105(5):1428-1440.

Frey C, Thompson F, Smith J. Update on women's foot wear. Foot Ankle Int. 1995;16:318-321.

Gardner LI, Dziados JE, Jones BH et al. Prevention of lower extremity stress fractures: A controlled trial of a shock absorbent insole. Am J Public Health. 1988;78(12):1563-1567.

Katsuo F, Hiroshi T, Takel K et al. Postural muscle activity patterns during standing at rest and on oscillating floor. J Electromyogr kinesiol. 2006;16(5):448-457.

Schwellnus MP, Jordaan G, Noakes TD. Prevention of common overuse injuries by the use of shock absorbing insoles. A prospective study. Am J Sports Med. 1990;18(6):636-641.

Shepherd R, Carr J. Reflections on physiotherapy and the emerging science of movement rehabilitation.

박종항 등, 인솔높이가 낮아서 일어서기 시 성인남성의 하지 일부근육의 근활성도와 근피로도에 미치는 영향

Aust J Physiother. 1994;40:39-47.

Stefanyshyn DJ, Nigg BM, Fisher V, et al. The influence of high heeled shoes on kinematics, kinetics and muscle EMG of normal female gait. J Appl Biomech. 2000;16(3):309-319.

Wang W, Compton RH, Carey TS, et al. Comparison

of inverse dynamics musculo-skeletal models of AL 288-1 Australopithecus afarensis and KNM-WT 15000 Homo ergaster to modern humans, with implications for the evolution of bipedalism. J Hum Evol. 2004;47(6):453-478.