

# 보행시작의 운동역학적 특성

## Kinetic Characteristics of Initiation of Gait

김봉옥 · 조강희

충남대학교 의과대학 재활의학교실

### = Abstract =

To understand kinetic characteristics during the process of initiation of gait from standing, from the visual cue to toe off of the stance limb, vertical ground reaction forces(GRF) and center of pressure(COP) during gait initiation period were evaluated with two force platforms placed side by side in thirty two adults(young 16, elderly 16, each mean age 27.79 and 51.70 years) with no history of neuromusculo-skeletal abnormality.

Gait initiation period of swing and stance limbs, percentage of gait initiation period and ratio of the vertical forces to body weight at each peak of the vertical forces of both limbs, and also movement of net COP were measured and described. 2 groups, one of 16 young adults and another of 16 elderly adults, were compared statistically.

These data showed the increase of initiation of gait period and the decrease of movement of net COP, and also can now be used as a part of database when initiation of gait in subjects with neuromusculoskeletal abnormalities need to be evaluated.

## 서 론

서 있는 자세에서 걸음을 시작하는 보행의 시작(initiation of gait)은 거의 무의식적으로 일어나는 간단한 움직임이지만, 사실은 신경계의 조절, 근육의 작용 및 생체역학적인 힘의 복합적인 통합에 의해 이루어진다<sup>12)</sup>. 따라서 보행의 시작의 여러 측면을 이해하면 병적인 보행의 원인을 찾아내는데 기여할 수 있을 것으로 생각할 수 있다<sup>13)</sup>. 그러나, 보행에 관한 연구들은 주로 일정한 형태의 보행양상을 반복적으로 되풀이하는 상태에서의 운동형상학적(kinematic), 운동역학적

(kinetic)분석과 동적근전도를 사용한 연구가 일반적이어서 병적보행의 요인들이 간과되는 경우가 많다<sup>1, 3, 15, 16)</sup>.

보행의 시작에 대한 연구는 Carlsoo<sup>8)</sup>를 시작으로 하며, Cook<sup>9)</sup>과 Herman<sup>10)</sup>은 보행의 시작을 연구함으로써, 중추운동프로그램을 이해하는데 기여하였다. 힘측정판(force platform)을 사용하여 지면반발력과 압력중심의 변화를 관찰한 후, 그 변화의 원인을 설명하기 위한 가설들이 세워지기도 했다<sup>15)</sup>.

그러나, 대부분의 연구들이 한 개의 힘측정판을 사용하여, 총압력중심(net COP)의 변화를 관찰함으로써, 이 기간동안의 양하지 각각의 역할을 평가하거나, 질량중심(center of mass, COM)의 이동이나, 운동형상학적인 결과와의 통합을 곤란하게 하고 있다<sup>11)</sup>.

이에 저자들은 두 개의 힘측정판을 사용하여, 각각 한 발씩을 올려놓고 서 있는 상태에서부터의 보행의 시작과정에서 수직반발력의 변화와 두개의 힘측정판으로 측정된 무게중심과 수직반발력을 이용하여 계산한 총압력중심의 이동을 측정함으로써, 보행시작과정의 생체역학적인 특성들을 이해하고, 향후 병적보행의 원인을 규명하는데 필요한 기초자료들을 얻기 위하여 본 연구를 시행하였다.

## 실험 대상 및 방법

### 1. 실험대상

신경근골격계의 병력이 없는 정상 성인 청년군 16명과 노년군 16명을 대상으로 하였으며, 평균연령은 각각  $27.79 \pm 3.26$  세와  $51.70 \pm 9.74$  세이었다.

### 2. 실험방법

시각적인 자극으로 보행시작을 지시하고, 두 번째 발의 발가락들림기(toe off) 까지의 보행시작 과정 동안의 수직반발력의 변화를 측정하기 위하여, 피검자들을 평소에 착용하는 신발을 신고, 2개의 힘측정판(Kistler<sup>31)</sup>, Model No. 9287)) 에 각각 한 발씩 올려 놓고 서 있다가 3m 앞의 빨간 불이 켜지면, 바로 걷기 시작하도록 하였다. 피검자들에게는 검사 전에 검사 방법을 자세히 설명하였고, 편안하게 실험에 임할 수 있을 때까지 연습시킨 후 실제 실험에 임하게 하였다.

빨간 보행지시등이 켜질 때부터 2.5초 동안 500Hz의 sampling rate로 2개의 힘측정판으로부터 측정된 값은 ELITE DMA acquisition program(B.T.S.<sup>\*2)</sup>을 통하여 구했다. 각각의 힘측정판으로부터의 수직 반발력의 벡터를 각각 3회씩 측정한 후 본 교실에서 제작한 CN-IOG-1 program을 사용하여 보행시작 과정의 시간변화에 따른 수직반발력의 변화와 보행지시후 각 변화 시점까지의 시간 및 총 압력중심(net COP)의 이동을 구하였다.

보행시작을 위해 먼저 내어 던지는 쪽을 유각하지(swing limb)로, 나중에 내어 던지는 쪽을 입각하지(stance limb)로 정의하였다. 각 하지의 보행시작기간(initiation of gait period)은 보행지시등이 켜진 때부터 각 하지의 발가락들림(toe off)까지로, 총보행시작기간은 보행지시등의 켜진 때부터 입각하지의 발가락들림까지로 정의하였다.

기준이 되는 시점들은 다음과 같이 정의하였다(Fig. 1). 보행지시등이 켜질 때를 유각하지와 입각하지에서 각각 Sw0, St0로, 유각하지의 수직반발력이 최대치가 될 때를 Sw1, 입각하지의 수직반발력이 최소가 될 때를 St1, 입각하지의 수직반발력이 처음 정점에 이를때를 St2, 수직반발력이 두번째 정점에 이를 때를 St4로, St2와 St4사이에 수직반발력이 가장 작은 때를 St3로 정하였다.

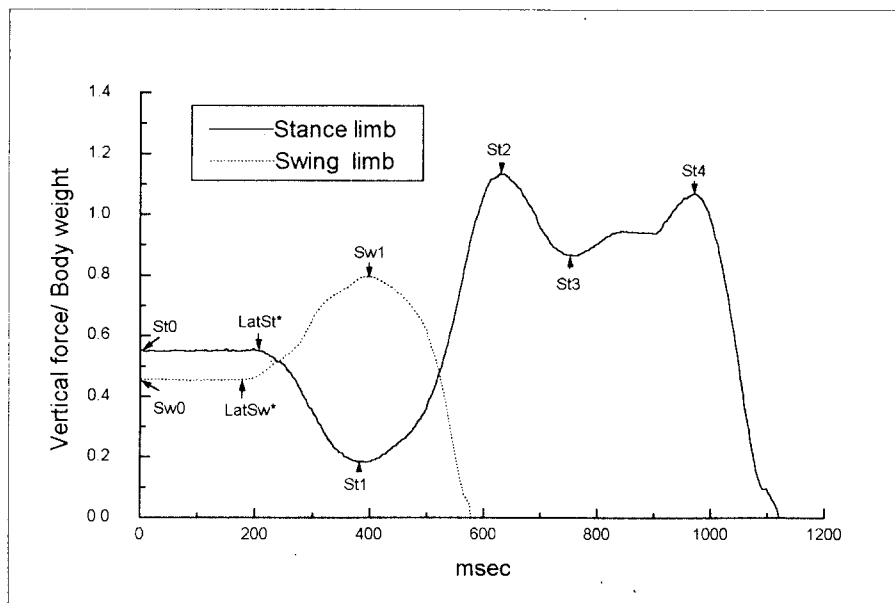


Figure 1. Vertical Forces during Gait Initiation in a normal subject (normalized to body weight)

LatSw\* : latency of initiation of gait of swing limb

LatSt\* : latency of initiation of gait of stance limb

이들 각 시점이 보행시작기간 중의 언제 일어나는 지를 총보행시작기간에 대한 백분율로 구하였고, 각 시점에서의 수직반발력을 체중에 대한 비율로 표준화하였으며 또한 보행지시후 수직반발

력의 최초변화시기, 즉 유각하지와 입각하지의 보행시작잠복기(latency of initiation of gait )를 구하였다.

총압력중심은 두개의 힘측정판에서 측정한 수직반발력과 압력중심을 아래의 공식<sup>17)</sup>을 이용하여 구하였다.

$$\text{공식; } COP_{net} = COP_l \frac{R_{vl}}{R_{vl} + R_{vr}} + COP_r \frac{R_{vr}}{R_{vl} + R_{vr}}$$

$COP_l$  : COP under left foot

$COP_r$  : COP under right foot

$R_{vl}$  : vertical reaction force under left foot

$R_{vr}$  : vertical reaction force under right foot

총압력중심의 이동궤적에서 보행동이 커질때의 시작 위치에서 유각하지 쪽으로의 최대 전후이동거리( anterior-posterior displacement of COP)와 최대 좌우이동거리(mediolateral displacement of COP), 유각하지방향으로 무게중심이동 속도와 다시 입각하지방향으로의 무게중심 이동속도를 구하였다(Fig. 2).

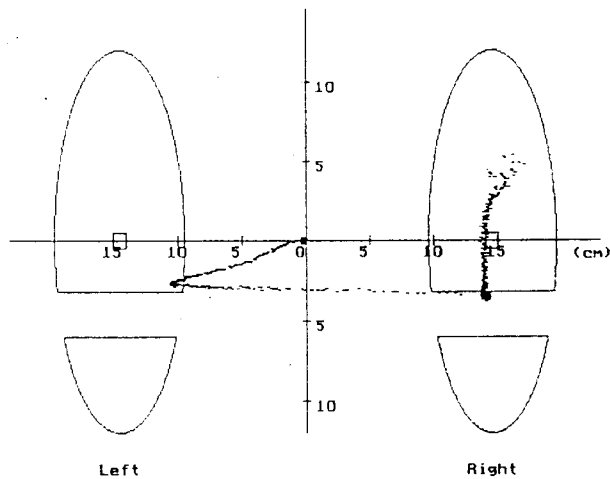


Figure 2. Trajectory of net COP during Gait Initiation

이들 각 성적을 청년층군과 노년층군 사이 차이를 비교분석하였다. 통계적인 검증은 SPSS PC+를 사용하였다.

## 결 과

1) 보행시작기간( Initiation of gait, IOG, period) 과 보행시작잠복기( Latency of initiation of gait, IOG)

유각하지의 보행시작기간은 청년군이  $0.54 \pm 0.09\text{sec}$ , 노년군이  $0.61 \pm 0.17\text{sec}$  였고, 입각하지의 보행시작기간은 청년군이  $1.00 \pm 0.09\text{sec}$ , 노년군이  $1.13 \pm 0.25\text{sec}$  으로 유각하지와 입각하지 모두에서 노년군에서 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$  ). 또한 보행 시작 잠복기는 유각하지에서 청년군  $0.15 \pm 0.04\text{sec}$ , 노년군이  $0.16 \pm 0.07\text{sec}$ , 입각하지에서 노년군이  $0.18 \pm 0.08\text{sec}$ 로 청년군  $0.16 \pm 0.04\text{sec}$ 에 비해 유의한 증가가 있었으며 노년군에서 입각하지와 유각하지의 보행시작 잠복기 사이에 유의한 차이가 관찰되었다(  $p < 0.05$ ) (Table 1).

Table 1. Initiation of Gait(IOG) Period and Latency of Initiation of Gait(IOG) of Swing Limb and Stance Limb

	IOG-Sw <sup>1</sup>	IOG-St <sup>2</sup>	latency, Sw <sup>3</sup>	latency, St <sup>4</sup>
Young	$0.54 \pm 0.09$	$1.00 \pm 0.09$	$0.15 \pm 0.04$	$0.16 \pm 0.04$
Eldery	$0.61 \pm 0.17^*$	$1.13 \pm 0.25^*$	$0.16 \pm 0.07^*$	$0.18 \pm 0.08^*$
Total	$0.59 \pm 0.15$	$1.09 \pm 0.20$	$0.16 \pm 0.06$	$0.17 \pm 0.06$

Values are given as mean and standard deviation(second)

\*  $P < 0.05$ , compared with yound group

+  $P < 0.05$ , compared with initiation of gait inition latency of swing limb

1; Initiation of gait period of swing limb 2; Initiation of gait period of swing limb

3; Latency of initiation of swing limb 4; Latency of initiation of stance limb

2) 수직반발력이 각 기준점에 이를 때까지의 시간(Table 2)

수직반발력이 위에서 정한 각 기준점에 이른 시간을 총 보행시작기간에 대한 백분율로 표시하면 유각하지의 최고 수직반발력(Sw1)은 약 39%에서, 입각하지의 최저 수직반발력(St1)은 약 33%에서, 입각하지의 첫째 최대수직반발력(St2)은 보행시작기간의 약 58%에서, 입각하지의 두번째 최저 수직반발력(St3)은 보행시작시간의 약 68%에서, 그리고 유각하지의 두번째 최대 수직반발력(St4)은 보행시작기간의 약 82%에서 나타났다. 청년군과 노년군 사이에는 Sw1에서만 유의한 차이를 보였다( $P < 0.05$ ).

Table 2. Percentage of Gait Initiation Period at each event(%)

Events	Young group	Eldery group	Total
Swing limb peak(Sw1)	34.95 ± 5.01	44.74 ± 13.83*	39.78 ± 11.44
Stance limb first minima(St1)	34.17 ± 4.72	32.96 ± 5.64	33.52 ± 5.17
Stance limb first peak(St2)	58.96 ± 11.18	58.02 ± 6.57	58.66 ± 8.87
Stance limb second minima(St3)	70.49 ± 6.33	67.51 ± 5.46	68.87 ± 6.12
Stance limb second peak(St4)	84.25 ± 6.69	81.63 ± 5.92	82.56 ± 6.22

Values are given as mean and standard deviation(%)

\* P < 0.05, compared with young group

### 3) 각 기준시점에서의 체중에대한 수직반발력의 비(Table 3)

각 기준시점에서의 수직반발력을 체중에 대한 비율로 표준화해서 보면, 보행지시등이 커진 직후에는 유각하지(Sw0)에서는  $0.47 \pm 0.05$ , 입각하지(St0)는  $0.53 \pm 0.05$  으로 유의한 차이를 보이며( $P < 0.05$ ), 유각하지의 발가락들림때(St2)에는 체중의 1.06배의 수직반발력이 입각기 하지쪽에서 측정되었다. 이러한 양상은 모든 피검자에서 비슷하게 나타났다. 그리고 입각하지의 발가락들림 직전에 다시 수직반발력이 정점(St4)에 이르며, 이는 1.04 이었고, St2와 St4 사이에는 수직반발력의 감소가 보이며, 이때의 최소값(St3)은 0.89 이었다. 청년군과 노년군사이에는 St3에서만 유의한 차이가 관찰되었다( $P < 0.05$ ).

Table 3. Vertical Forces at their Maxima and Minima  
(ratio to body weight)

	Young group	Elderly group	Total
Sw0	0.46 ± 0.05	0.47 ± 0.04	0.47 ± 0.05
Sw1	0.73 ± 0.10	0.73 ± 0.10	0.72 ± 0.10
St0	0.53 ± 0.05	0.53 ± 0.04	0.53 ± 0.05 <sup>†</sup>
St1	0.24 ± 0.11	0.25 ± 0.09	0.26 ± 0.10
St2	1.10 ± 0.07	1.04 ± 0.06	1.06 ± 0.07
St3	0.86 ± 0.07	0.90 ± 0.04*	0.89 ± 0.06
St4	1.06 ± 0.09	1.04 ± 0.07	1.04 ± 0.08

Values are given as mean and standard deviation

\* P < 0.05, compared with young group

† P < 0.05, compared with Sw0

4) 총압력중심의 유각하지 방향으로 최대이동거리와 이동속도(Fig.2, Table 4. , 5)

총압력중심의 이동궤적에서 보행등이 커질때의 압력중심의 이동 시작 위치에서 유각하지 쪽으로 그리고 뒤쪽으로 이동한후 다시 입각하지쪽으로 이동한다(Fig. 2). 압력중심의 이동 시작 위치에서 유각하지쪽으로는 최대 좌우이동거리(mediolateral displacement of COP)는 청년군에서 11.64 ± 2.01, 노년군에서 9.41 ± 2.93cm, 양발사이 거리의 1/2에 대한 비로는 청년군에서 86.77 ± 9.64, 노년군에서 77.98 ± 20.15cm으로 노년군에서 청년군에 비해 유의한 감소를 보였으며 (P<0.05), 이동 시작 위치에서 유각하지쪽으로 최대로 이동한 점의 전후이동거리(anterior-posterior displacement of COP)는 청년군에서 4.52 ± 0.97, 노년군에서 3.03 ± 1.20cm, 양발 사이 거리의 1/2에 대한 백분율로는 청년군에서 34.12 ± 7.71, 노년군에서 25.61 ± 11.21%로 차이가 있으나, 통계적인 유의성은 없었다.

유각하지방향으로 무게중심 이동속도는 청년군에서 34.69 ± 7.04, 노년군에서 26.26 ± 11.01 meter/sec로 노년군에서 유의하게 감소하였으며( P<0.05), 다시 입각하지방향으로의 무게중심 이동속도는 18.29 ± 16.67 meter/sec 이며 양군 사이에는 유의한 차이가 없었다. 청년군과 전체군에서의 유각하지 방향으로의 이동속도가 입각하지방향으로의 이동속도에 비해 유의하게 높게 관찰되었다( P < 0.05).

Table 4. Maximal Displacement of net COP to Swing Limb

	Mediolateral displacement		Anteroposterior displacement	
	Length	Ratio <sup>†</sup>	Length	Ratio <sup>†</sup>
Young	11.64 ± 2.01	86.77 ± 9.64	4.52 ± 0.97	34.12 ± 7.71
Elderly	9.41 ± 2.93*	77.98 ± 20.15*	3.03 ± 1.20	25.61 ± 11.21
Total	10.44 ± 2.76	82.04 ± 16.58	3.72 ± 1.32	29.54 ± 10.55

Values are given as mean and standard deviation(cm)

\* P < 0.05, compared with young group

† Percentage of length to 1/2 of distance between both feet

Table 5. Velocity of net COP Displacement

	Swing limb side	Stance limb side
Young	34.69 ± 7.04	17.53 ± 3.09 <sup>†</sup>
Elderly	26.26 ± 11.01*	18.93 ± 22.78
Total	30.15 ± 10.20	18.29 ± 16.67 <sup>†</sup>

Values are given as mean and standard deviation(meter/second)

\* P < 0.05, compared with young group

† P < 0.05, compared with Swing limb side in young group

## 고 찰

보행시작(.initiation of gait)이란 서 있는 자세에서 시각적인 보행지시를 한 때로부터 유각하지인 처음 발을 내어 던지고, 입각하지인 그 다음 발을 내어 디딘 후 입각하지의 발가락들림까지의 과정을 말한다<sup>14)</sup>. 이 과정은 약 1초정도의 짧은 시간에 일어나지만, 질량중심, 관성모멘트의 변화, 압력중심의 변화, 지면반발력 벡터의 변화등이 규칙적으로 일어나며, 아직까지는 확실히 밝혀지지 않은 큰 가속도와 힘들이 관계될 것으로 생각되는 기간으로써, 이 기간동안의 여러가지 생체역학적 현상을 연구함으로써 보행에 관계되는 신경근골격계 특히 중추신경계의 기전들을 연구하는데 중요한 자료를 얻을 수 있을 것으로 생각된다<sup>13,14)</sup>.

이러한 첫 걸음의 과정이 지나면, 보행의 양상은 거의 일정한 패턴을 이루게 되고<sup>5,6)</sup>, 병적인 상태가 있을 경우에도 보상되어 나타나기 때문에, 직립상태에서의 균형과 보행에 관한 연구를 위해 짧은 시간동안의 변화인 보행시작에 관한 학문적인 흥미가 점차 증가하고 있다.

서있는 상태에서 유지되던 균형을 깨고 보행시작을 위해서는 수많은 신경과 근육들이 작용한다. 이들 중의 어느 것이라도 제대로 기능하지 않으면, 보행시작과정의 어떤 특이한 부분에 이상



을 초래할 것이다.

Carlsoo<sup>8)</sup> 이후 보행시작에 관한 연구들에는 힘측정판, load cell, 카메라들을 사용한 운동형상학적연구, 동적근전도등이 사용되었고, 제한된 수이기는 하나, 편측하지절단자들이나, 파킨슨씨병 환자들과 같이 병적인 상태에서의 연구도 보고된 바 있다<sup>4, 15)</sup>. 국내의 문헌에서는 이 부분에 대한 연구를 찾을 수 없었고, 향후의 지속적인 연구를 위한 시도로서, 본 연구에서는 두 개의 힘측정판으로부터 얻어진 수직 반발력의 측정치들을 도표화하고, 중요한 시점들을 찾아 내었으며, 또 쉽게 자료처리할 수 있는 컴퓨터 software를 제작할 수 있었다.

보고된 연구들에서는, 맨발로 실험한 경우들과<sup>12)</sup>, 일상적으로 신는 신발을 신고 실험한 경우<sup>7, 14)</sup>들이 있었으며, 본 연구에서는 일상생활에서 실제로 보행시작을 어떻게 하는지를 알기 위하여, 일상에서 사용하는 신발을 사용하도록 하였다. 또한 측정상 발생할 수 있는 오차를 최소화하기 위하여, 세번을 측정하여, 평균 값 그 피검자의 대표 값으로 사용하였다.

본 연구에서의 총보행시작기간은 약 1,090msec으로 Brunt등<sup>7)</sup>의 보행속도를 달리했던 연구의 빠른 보행에 해당되는 결과이며, Nissan 과 Whittle<sup>14)</sup>의 연구에서는 피검자의 연령이 약 40세였고, 보행시작기간이 1,150msec이었다. 본 연구에서는 속도와 보다 자세한 연령별 차이에 대한 연구할 것으로 사료된다. 총보행시작기간에대한 유각하지의 보행시작기간 은 약 53%이었고, 이는 타 연구자들의 보고와 일치하였다. 보행시작 잠복기는 보행시지후 수직 반발력의 최초변화시기까지의 시간으로 이는 검사대상자의 집중도와 중추신경계의 반응속도에 의존하는것으로 생각되나 이에 대한 자세한 연구는 문헌 고찰상에서 현재까지 보고된 경우가 없었다. 본 연구에서는 입각하지가 0.17 sec, 유각하지가 0.16 sec 였다. 보행시작시간과 보행시작 잠복기는 노년군에서 청년군에 비하여 유의하게 증가되어 보행시작이 지연됨을 알 수있다.

지면반발력벡터는 수직반발력 이외에도 전후, 좌우(또는 내외)방향들에서도 구하였으며, 본 연구에서는 가장 뚜렷한 변화를 보이는 수직반발력만을 분석하였다. 처음에는 입각하지는 휴지기 체중의 50%이상을 부하하며, 보행시지후 약 160msec가 지나면, 부하는 유각하지 쪽으로 이동하고, 약 400msec(총 보행시작기간의 약 39%)가 지나면 유각하지에 체중의 약 72%에 해당하는 부하를 받고, 입각하지는 탈부하(unload)된다. 그 후 급격히 유각하지의 발가락들림때에 이르게 되고 입각하지는 최대수직반발력을 받는다(St2) 이는 체중의 약 1.06배였고, St3에서는 체중의 0.89배, St4에서는 1.04배의 수직반발력이 있었다. 이때의 유각하지에 대한 평가가 지속되지 않았기 때문에 유각하지와의 상관관계나, 유각하지의 보행주기에서의 위치를 직접 측정할 수는 없었으나, 보행주기의 일반적으로 알려진 특성들<sup>1, 3)</sup>로 미루어 생각하면, 이들은 각각 유각하지의 발가락들림, 유각하지의 초기접지(initial contact) 등과 거의 동시에 일어나는 변화로 보인다. 이들은

동시에 3개이상의 힘측정판을 사용하여, 계속적으로 측정할 필요를 제시하고 있다. 각 기준 시점에서 체중에 대한 수직 반발력의 비와 이때의 시간은 청년군과 노년군간에 차이가 거의 없었다. 이는 정상인에서는 연령에 따른 수직 반발력의 비와 이때의 시간은 큰 차이가 없는 것으로 생각된다.

총압력중심의 이동궤적은 보행동이 커질때의 압력중심의 이동 시작 위치에서 유각하지 쪽으로 그리고 뒤쪽으로 이동한후 다시 입각하지쪽으로 이동한다. 이는 Carlsoo<sup>8)</sup>, Jian 등<sup>11)</sup>과 Mann 등<sup>14)</sup>의 연구결과와 일치되는 소견이며 이러한 총압력중심의 이동에 대한 설명은 현재까지 완전하지는 않으나 Carlsoo<sup>8)</sup>는 중력중심(COG)이 압력중심(COP)를 뒤따르며, 이는 입각하지쪽으로 신체를 이동시키는 관성을 얻기위해서이라 하였고, Jian 등<sup>11)</sup>에 의하면 압력중심의 후면으로의 이동은 족저 굴곡근의 활동의 일시적감소에 의해 발생하며, 유각하지방향으로의 이동은 유각하지의 고관절 외전근의 활동증가에 기인한다고 하였다. 이후 압력중심이 입각하지쪽으로의 이동은 유각하지의 고관절 외전근 활동이 감소하고 입각하지 외전근의 활동증가로 인해 발생한다고 하였다. 하지만 이에 대한 완전한 설명은 부족한 것으로 사료되며 이에 대한 추후 보다 종합적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본연구에서는 총압력중심의 유각하지쪽으로 최대 외측까지의 이동거리와 후면까지의 이동거리 및 유각하지와 입각하지방향으로의 이동속도를 구하였다. 최대 외측까지의 이동거리는 10.44cm, 양발 사이 거리의 1/2에 대한 %로는 82.04%이며, 최대 후면까지의 이동거리와 비는 3.72cm와 29.54%를 보였다. 청년군과 비교하녀 노년군에서는 최대외측까지의 이동거리는 유의하게 증가하였으나, 최대 후면까지의 거리는 4.52cm과 3.03cm으로 상당한 차이가 있으나 통계적인 유의성은 발견할 수 없었다. 유각하지와 입각하지로의 압력중심의 이동속도는 전체군에서 30.15meter/sec와 18.29meter/sec로 유각하지로의 이동속도가 입각하지로의 이동속도에 비해 상당히 높게 측정되었고 노년군은 청년군에 비하여 유각하지로의 이동속도가 유의하게 감소하였다.

향후, 지면반발력 벡터 중 수직반발력 뿐 아니라 전후, 내외 방향의 벡터에 대한 연구를 포함하여, 더 많은 운동역학적인 연구 뿐 아니라, 운동형상학적 연구와 동적근전도를 활용한 연구 등 보다 포괄적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 총질량중심의 이동과 압력중심의 이동과의 상관관계를 밝힐 수 있다면, 보행시작의 운동프로그래밍의 신경생리학적 기전을 밝히는 데 기여할 수 있을 것으로 보인다. 또한 병적인 상태에서의 보행시작을 연구하여, 보행시작의 생리를 이해하게 되기를 기대한다.

## 결 론

보행시작의 운동역학적 특성을 이해하기 위하여 신경근골격계의 병력이 없는 건강한 정상 성인 32명(청년군 16명, 평균연령 27.79, 노년군 16명, 평균연령 51.70세)을 두개의 힘측정판위에 각각 한발씩 올리고 서있다가 보행시작을 유도하여, 시간에 따른 양측하지의 수직반발력의 변화와 총압력중심의 이동을 측정하였다.

1) 유각하지의 보행시작기간은 청년군이  $0.54 \pm 0.09\text{sec}$ , 노년군이  $0.61 \pm 0.17\text{sec}$ 이며 입각하지의 보행시작기간은 청년군이  $1.00 \pm 0.09\text{ sec}$ , 노년군이  $1.13 \pm 0.25\text{ sec}$ 로 노년군에서 유의한 증가를 보였으며 유각하지의 보행시작 잠복기는 청년군이  $0.15 \pm 0.04\text{ sec}$ , 노년군이  $0.16 \pm 0.07\text{ sec}$ 이며 입각하지의 잠복기는 청년군이  $0.16 \pm 0.04\text{ sec}$ , 노년군이  $0.18 \pm 0.08\text{ sec}$ 로 역시 노년군에서 유의한 증가가 관찰되었다.

2) 전체군의 체중에 대한 수직반발력의 비는 Sw0, Sw1, St0, St1, St2, St3, St4에서 각각  $0.47 \pm 0.05$ ,  $0.72 \pm 0.10$ ,  $0.53 \pm 0.05$ ,  $0.26 \pm 0.10$ ,  $1.06 \pm 0.07$ ,  $0.89 \pm 0.06$ ,  $1.04 \pm 0.08$  등이었고, 이들은 각각 보행시작이 시작된 후 보행시작시간의 0,  $34.78 \pm 11.44$ , 0,  $33.52 \pm 5.17$ ,  $58.66 \pm 8.87$ ,  $68.87 \pm 6.12$ ,  $82.56 \pm 6.22\%$ 에서 나타났다. 각 기준 시점에서의 체중에 대한 수직 반발력의 비와 이때의 시간은 청년군과 노년군간에 차이가 거의 없었다.

3) 총압력중심의 유각하지 방향으로의 최대 좌우이동거리는 전체군에서  $10.44 \pm 2.76\text{ cm}$ , 양발 사이거리의 1/2에 대한 비로는  $82.04 \pm 16.58\%$ 이며, 노년군에서 청년군에 비해 유의한 감소가 있었으며, 전후이동거리는 전체군에서  $3.72 \pm 1.32\text{ cm}$ 이며 두 군간에는 차이가 없었다.

4) 유각하지방향으로 무게중심의 이동속도는 노년군에서 청년군에 비해 감소되어있으며, 입각하지방향으로의 압력중심의 이동속도는 두군 간에 차이가 없었다. 청년군에서 유각하지 방향으로의 무게중심이동속도는 유각하지 방향으로의 속도에 비해 높은 값을 보였다.

위의 결과로 볼 때 약 1초동안의 짧은 시간동안 양측 하지에서 육안적으로는 관찰할 수 없었던 서로 다른 운동역학적인 변화를 볼 수 있었고, 정상성인에서 노년군은 청년군에 비하여 보행시작 시간이 증가되어있으며, 또한 총압력중심의 이동이 감소되어있다. 이들 자료는 향후 병적보행의 연구를 위한 자료로서 활용될 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- 1) 김봉옥, "임상보행분석의 방법." 대한재활의학회지, 18:191-202, 1994.
- 2) 윤승호, 김봉옥(역). 임상보행분석, 세진기획.
- 3) 윤승호, 김봉옥, 이제운, 박상균, "3차원 동작분석기를 이용한 정상보행분석." 대한재활의학회지, 16:199-406, 1992
- 4) Archer, S.E., *The control of upright stance and initiation of gait in young, elderly and Parkinson's disease subjects* M.Sc. Thesis, University of Waterloo
- 5) Breniere, Y., Do, M.C. and Sanches, J., "A biomechanical study of the gait initiation process." *J Biophys Med Nucl*, 5(4):197-206, 1982.
- 6) Breniere, Y. and Do, M.C., "When and how does steady state gait movement induced from upright stance begin?" *J Biomech*, 19:1035-1040, 1986.
- 7) Brunt, D., Lafferty, M., McKeon, A., Goode, B., Mulhausen, C. and Polk, P., "Invariant characteristics of gait." *Am J Phys Med Rehabil*, 70(4): 206-212, 1991.
- 8) Carlsoo, S., "The Initiation of walking." *Acta Anat*, 65(1):1-9,1966.
- 9) Cook, T. and Cozzens, B., *Human solutions for locomotion. III. The initiation of gait*, Plenum Press.
- 10) Herman, R., Cook, T., Cozzens, B. and Freeman, W., *Control of postural reactions in man: the initiation of gait*, Plenum press.
- 11) Jian, Y., Winter, DA., Ishac, MG. and Gilchrist, L., "Trajectory of the body COG and COP during initiation and termination of gait." *Gait Posture*, 1:9-14,1993.
- 12) Mann, R.A., Hagy, J.L., White, V. and Liddell, D., "The initiation of gait." *J Bone Joint Surg Am*, 61(2):232-239, 1991
- 13) Nissan, M., "The initiation of gait in lower limb amputees: some related data." *J Rehabil Res Dev*, 28(2): 1-12, 1991.
- 14) Nissan, M. and Whittle, M.W., "Initiation of gait in normal subject : a preliminary study." *J Biomed Eng*, 12:165-171,1990.
- 15) Rossi, S.A., Doyle, W. and Skinner, H.B., "Gait initiation of persons with below-knee amputation: The characterization and comparison of force profiles." *J Rehabil Res Dev*, 32(5):120-127,1995.

16) Sutherland, D.H. and Hagy, J.L., "*Measurement of gait movements from motion picture film.*" *J Bone Joint Surg*, 54-A: 787-797,1972.

17) Winter, D.A., Prince, R., Stergiou, P. and Powell, C., "*Medial-lateral and anterior posterior motor responses associated with centre of pressure changes in quiet standing.*" *Neurosci Res Commun*, 12:141-148,1993.

1\*) Kistler Instrumente AG, Winterthur, Switzerland

2\*) BTS, Bioengineering Technology and Systems, srl, Milan, Italy

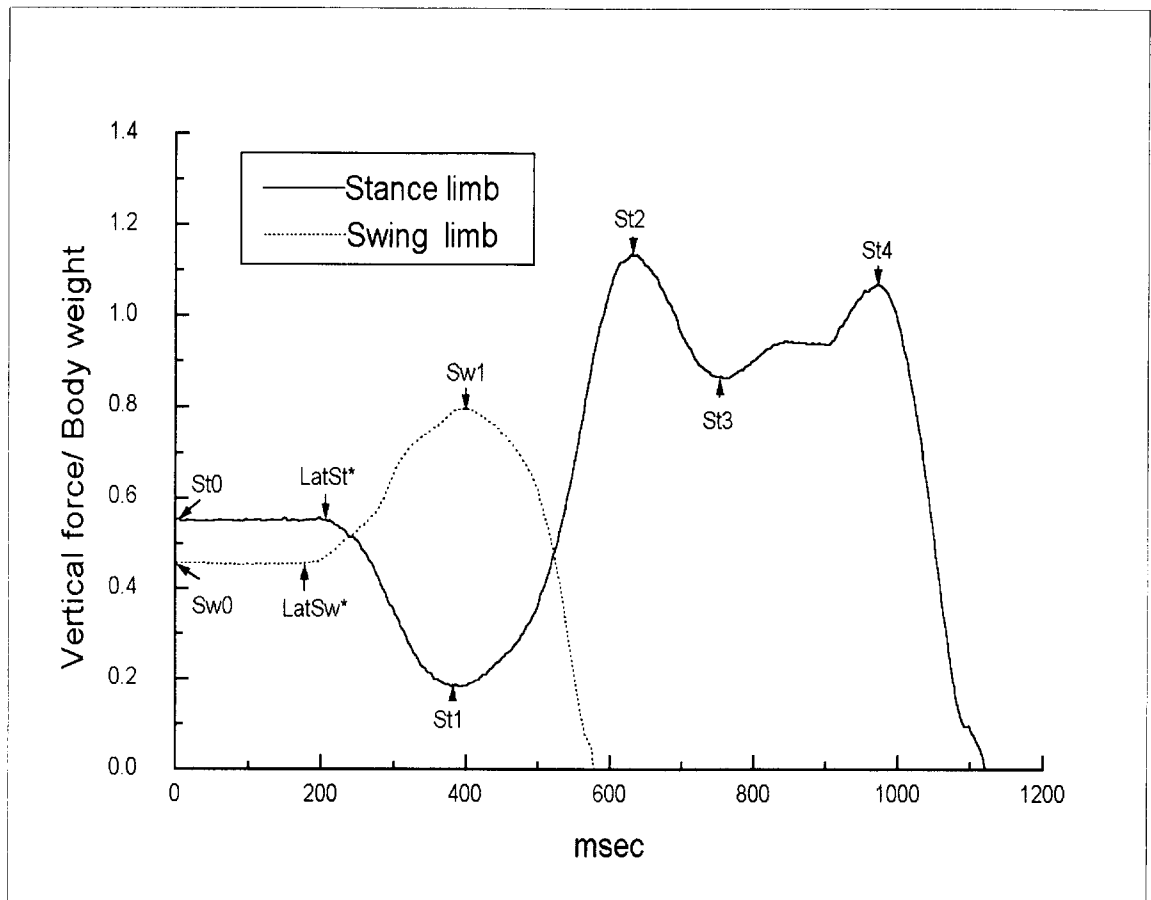


Fig. 1. Vertical Forces during Gait Initiation in a normal subject  
(normalized to body weight)

LatSw\*: latency of initiation of gait of swing limb

LatSt\*: latency of initiation of gait of stance limb

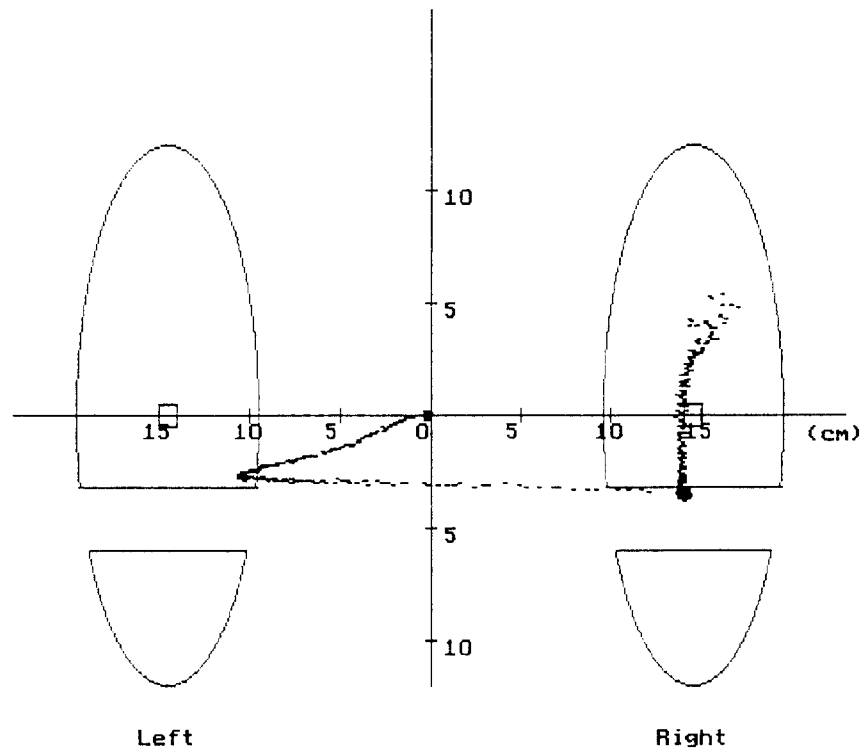


Figure 2. Trajectory of net COP during Gait Initiation