

편마비환자의 보행시작과정의
특성

연세대학교 대학원

의 학 과

장 용 원

편마비 환자의 보행 시작 과정의 특성

지도교수 강성웅

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2006년 12월 일

연세대학교 대학원

의학과

장용원

장용원의 석사 학위 논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2006년 12월 일

감사의 글

이 논문을 완성하기까지 모든 방면에 끊임없는 격려와 세심한 배려로 지도해 주신 강성웅 지도교수님께 깊은 감사를 드리며, 또한 많은 관심과 격려로써 도움을 주신 손영호 교수님, 박윤길 교수님께 진심으로 감사드립니다.

끝으로 항상 제 곁에서 힘이 되어 주신 부모님, 그리고 옆에서 묵묵히 사랑과 정성으로 도와준 아내, 사랑하는 아들 동욱이와 이 기쁨을 나누고 싶습니다. 감사합니다.

저자 씀

차 례

국문요약	1
I. 서론	3
II. 재료 및 방법	5
1. 연구대상	5
2. 연구방법	5
3. 분석방법	6
III. 결과	8
1. 대상자들의 일반적인 특성	8
2. 시공간적 지표	9
3. 운동형상학적 지표	10
4. 족압 및 압력중심 궤적	13
IV. 고찰	16
V. 결론	22
참고문헌	23
영문요약	27

그림 차례

Figure 1. Procedure of Gait Initiation	7
Figure 2. Trajectory of Center of Pressure	7
Figure 3. Kinematic Data of Control Group	13
Figure 4. Kinematic Data of Hemiplegic Patient Starting with Non-affected Side	13
Figure 5. Kinematic Data of Hemiplegic Patient Starting with Affected Side	13

표 차례

Table 1. General Characteristics of Patient and Control Group	8
Table 2. Comparison of Temporospacial Data during Gait Initiation	9
Table 3. Comparison of Kinematic Data in Sagittal Plane during Gait Initiation	12
Table 4. Comparison of Foot Pressure in Standing	15
Table 5. Comparison of Trajectory of COP during Gait Initiation	15

국문 요약

편마비 환자의 보행시작과정의 특성

보행시작은 이동동작의 중요한 일부분으로서 안정시의 기립상태에서 주기적 움직임인 보행으로 전환되는 과정으로 보행시작과정에 대한 체계적인 이해는 병적보행의 연구에 중요한 진단적 가치를 제공하며 또한 하지의지의 제작, 적용 및 평가에도 매우 중요하다.

대칭적인 보행시작은 출발하는 하지의 순서와 관계없이 운동형상학, 운동역학적으로 차이를 보이지 않아야하나 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 경우 정상인과 달리 앞는 자세, 서는 자세, 보행 등의 동작 수행에 비대칭 형태를 보이며 특히, 보행시작 과정은 편마비 환자에서 낙상이 잘 일어나는 때이므로 보행훈련에 있어 그 중요성이 강조되고 있다.

이에 이 연구에서는 편마비 환자들을 대상으로 압력판과 3차원 동작 분석기를 이용하여 이들에 있어서의 보행시작과정의 특성을 객관적으로 평가하여 보행훈련의 지표로 삼고자 하였다.

연구대상은 전산화 단층촬영 또는 자기공명영상 촬영으로 뇌출혈 또는 뇌경색의 일측성 병변이 관찰되고 보조기구의 도움없이 독립적 보행이 가능한 20명을 환자군으로 하였고 건강한 성인 남자 20명을 대조군으로 하였다.

피검자는 표식자를 부착하고 압력판위에 서 있는 상태에서부터 지시에 따라 보행을 시작하였고 운동형상적 지표와 압력중심의 이동궤적을 구하여 분석하였다.

이 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 편마비 환자의 환측 및 건측하지로 보행시작시 분속수와 속도는 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었다.
2. 편마비 환자의 환측하지로 보행시작시 고관절, 슬관절 및 족관절의 시상면에서의 운동 범위와 족관절의 배측굴곡 각도 및 최대 족관절 굴곡이 일어나는 시기는 건측하지로 출발시와 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되었고 최대 고관절, 슬관절 굴곡이 일어나는 시기는 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 빠르게 나타났다.
3. 보행시작전 기립상태의 양측 족압의 차이는 편마비 환자에서 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 증가되었다.
4. 편마비 환자의 건측하지로 출발시 압력중심의 좌우 이동거리는 환측하지로 출발시에 비해 통계학적으로 유의하게 증가되었다.

상기 결과로 보아 편마비 환자의 보행시작 과정은 운동형상학적 및 시공간적 측면에서 정상인과는 다른 양상을 나타냄을 알 수 있었고 이 연구가 향후 편마비 환자의 보행훈련의 지표 중의 하나로 사용될 수 있으리라 생각된다.

핵심되는 말 : 편마비, 보행시작, 보행훈련.

편마비환자의 보행시작과정의 특성

<지도교수 강성웅>

연세대학교 대학원 의학과

장 용 원

I. 서론

보행시작은 이동동작의 중요한 일부분으로서 균형, 협동, 중추신경계 프로그래밍, 신경운동조절 및 모멘트와 역학적 에너지 생성등의 여러 요소가 결합된 동작으로 보행시작 과정에 대한 체계적인 이해는 병적 보행의 연구에 중요한 진단적 가치를 제공하며 또한 하지의지의 제작, 적용 및 평가에도 매우 중요하다.¹ 대칭적인 보행시작은 출발하는 하지의 순서와 관계없이 운동형상학적, 운동역학적으로 차이를 보이지 않아야하나² 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 경우 정상인과 달리 앉는 자세, 서는 자세, 보행 등의 동작 수행에 비대칭 형태를 보이며 특히, 보행시작 과정은 편마비 환자에서 낙상이 잘 일어나는 때이므로 보행훈련에 있어 그 중요성이 강조되고 있다.

보행시작에 대한 연구는 1966년 Carlsoo 등³이 처음 연구한 이래 1979년 Mann 등⁴이 힘판과 근전도 및 운동형상학적 지표를 이용한 연구를 하였고 국내에서는 김 등⁵이 뇌졸중 환자를 대상으로 두 개의 힘판을 이용한 연구를 보고하였지만 주로 보행시작과정의 시공간적 지표에 대한 분석이 대부분이었고, 환자를 대상으로 운동형상학적인

측면에서의 분석을 통한 객관적이고 체계적인 연구는 미비한 실정이다.

이에 이 연구에서는 편마비 환자들을 대상으로 압력판과 3차원 동작 분석기를 이용하여 이들에 있어서의 보행시작 과정의 특징을 정상대조군과 비교하여 객관적으로 평가하고 보행훈련의 지표로 삼고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

세브란스 병원 재활의학과에 입원한 20명의 뇌졸중 환자들을 환자군으로 하였고 건강한 성인남자 20명을 대조군으로 하였다. 환자군은 모두 첫 번째로 뇌졸중이 발병된 환자들로 전산화 단층촬영 또는 자기공명영상 촬영 결과 뇌출혈 또는 뇌경색의 일측성 병변이 관찰되었으며 병력 청취상 뇌졸중 발병이전에 기능에 영향을 미칠 정도의 신경계, 근골격계 질환 및 내과적 질환이 없었다. 또한, 연구자의 지시를 잘 수행할 수 있을 정도의 인지능력을 가지고 있었고 보조기구의 도움없이 최소한 실내이상에서 독립적 보행이 가능한 Brunnstrom stage 3-5의 motor recovery에 해당되는 환자들이었다. 대조군은 20대에서 30대의 건강한 성인 남자 20명을 대상으로 하였고 특히, 현재 근골격계나 신경계의 질환을 앓고 있거나 과거에 그러한 병력이 있는지를 면담이나 이학적 검사를 실시하여 이러한 질환이 의심되는 경우는 연구에서 제외하였다.

2. 연구방법

피검자는 Vicon protocol에 따라 기립 정지 상태에서 권 등⁶이 보고한 바와 같이 13개의 표식자를 부착하고 신발을 신지 않은 상태로 압력판의 일종인 F-scanmat[®] (Tekscan Inc, Boston, Massachusetts, U.S.A.)위에 편한 자세로 다리를 벌리고 서 있는 상태에서부터 검사자의 구두지시에 따라 자연스러운 속도로 건축과 환측하지로 각각 6회

씩 보행을 시작하도록 하였다(Figure 1). 이때 지시에 따른 환자의 준비동작의 영향을 배제하기 위하여 기립상태를 10초이상 유지하다가 임의의 순간에 보행시작에 대한 지시를 하였고 이 과정동안 3차원 동작분석기인 VICON 370[®] (Oxford metrics, Oxford, U.K.)와 압력판을 이용하여 운동형상학적 지표와 압력중심의 변화를 구하여 분석하였다. 보행시작을 위해 먼저 내딛는 쪽을 유각하지로, 나중에 내딛는 쪽을 입각하지로 정의하였고 각 하지의 보행시작 과정은 출발지시로부터 유각하지가 발가락들림(toe-off)이 되어 유각기(swing phase)를 거쳐 뒷꿈치접촉(heel contact)된후 입각하지 역시 발가락들림 후 유각기를 거쳐 뒷꿈치접촉때까지로 정의하였다. 보행시작 과정동안 압력중심의 이동궤적은 유각하지쪽으로 최대로 이동한 점과 다시 입각하지 쪽으로 이동한 점을 구분하여 출발전 기립상태의 위치에서 이들 점까지의 좌우 및 전후 이동거리를 측정하였다(Figure 2).

3. 분석 방법

통계학적인 분석은 SPSS 10.0 for window version을 이용하였고 환자군내에서 건측 및 환측하지로의 보행시작시 결과는 paired t-test를 이용하여 분석하였고 환자군의 건측 및 환측하지로 출발시의 결과와 대조군과의 결과는 independent t-test를 이용하여 분석하였으며 P value가 0.05이하인 것을 통계학적으로 유의한 것으로 판단하였다.



Figure 1. Procedure of Gait Initiation. The subjects in standing position with attaching markers on forceplate, and then initiated to walk with the instructions of examiner.

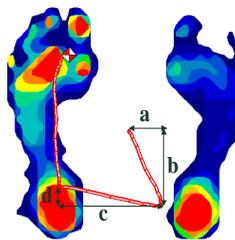


Figure 2. Trajectory of Center of Pressure. The trajectory of center of pressure during gait initiation was measured by mediolateral displacement($a+c$) and anteroposterior displacement($b+d$).

III. 결 과

1. 대상자들의 일반적인 특성

환자군은 남자가 16명, 여자가 4명이었고 좌측뇌의 병변이 9명, 우측뇌의 병변이 11명이었다. 이들의 평균 키는 $163.5 \pm 8.4\text{cm}$, 평균 몸무게는 $62.9 \pm 9.7\text{kg}$, 평균 연령은 58.3 ± 8.7 세였고 뇌졸중 후 유병기간은 평균 20.5 ± 9.4 개월이었다. 또한 motor recovery의 정도가 Brunnstrom stage 3에 해당하는 경우가 8명, stage 4, 5에 해당하는 경우가 각각 7명, 5명이었다.

대조군의 키는 평균 $173.0 \pm 6.4\text{cm}$ 였으며 몸무게는 평균 $71.6 \pm 8.5\text{kg}$ 이었고 평균 연령은 28.2 ± 4.6 세였다(Table 1).

Table 1. General Characteristics of Patient and Control Group

Characteristics	Patient group	Control group
Sex (M:F)	16 : 4	20 : 0
Mean age (years)	58.3	28.2
Mean height (cm)	163.5	173.0
Mean weight (kg)	62.9	71.6
Location of lesion (left: right)	9 : 11	-

2. 시공간적 지표

편마비 환자의 환측하지로 출발시와 건측하지로 출발시 보행시작 과정 동안 평균 분속수(cadence)는 74.50steps/min으로 대조군의 평균 94.00steps/min에 비해 통계학적으로 유의있게 감소되어 있었으며 평균 속도(speed)도 각각 0.24m/sec, 0.23m/sec로 대조군의 평균 0.89 m/sec에 비해 통계학적으로 유의있게 감소되어 있었다(Table 2).

Table 2. Comparison of Temporospacial Data during Gait Initiation

Data	Hemiplegic patient group starting with		Control group
	affected side	non-affected side	
Cadence (steps/min)	74.50±9.24*	74.50±7.31*	94.0±8.87
Speed (m/sec)	0.24±0.11*	0.23±0.12*	0.89±0.34

Values are mean ± S.D.

*p<0.05 between hemiplegic patient group and control group

3. 운동형상학적 지표

가. 골반

편마비 환자의 환측하지로 출발시 보행시작 과정 동안 시상면에서의 평균 골반 전경사 각도는 9.86도로 건측하지로 출발시의 평균 12.95도, 대조군의 평균 10.44도와 비교하여 통계학적으로 차이를 관찰할 수 없었다(Table 3, Figure 4,5,6).

나. 고관절

편마비 환자의 환측하지로 출발시 보행시작 과정 동안 고관절의 시상면에서의 운동범위는 평균 16.34도로 건측하지로 출발할 때의 평균 26.24도와 대조군의 평균 42.40도에 비해 통계학적으로 유의있게 감소되어 있었으며, 건측하지로 출발시에도 대조군보다 통계학적으로 유의있게 감소되어 있었다($p < 0.05$). 또한 보행시작 과정 동안 최대 고관절 굴곡이 일어나는 시기는 환측하지로 출발할 때 전체주기의 평균 31.3%, 건측하지로 출발할 때 평균 32.3%로 두 경우 모두에서 대조군의 평균 43.6%에 비해 통계학적으로 유의있게 빠르게 나타났다($p < 0.05$)(Table 3, Figure 4,5,6).

다. 슬관절

편마비 환자의 환측하지로 출발시 보행시작 과정 동안 슬관절의 시상면에서의 운동범위는 평균 20.73도로 건측하지로 출발할 때의 평균 36.86도와 대조군의 평균 40.63도에 비해 통계학적으로 유의있게 감소되어 있었다($p < 0.05$). 또한 보행시작 과정 동안 최대 슬관절 굴곡이 일어나는 시기는 환측하지로 출발할 때 전체주기의 평균 27.5%로 대

조군의 평균 36.2%에 비해 통계학적으로 유의있게 빠르게 나타났지만 건축하지로 출발할 때의 평균 29.5%와는 통계학적으로 차이를 발견할 수 없었다(Table 3, Figure 4,5,6).

라. 족관절

편마비 환자의 환측하지로 출발시 보행시작 과정 동안 족관절의 시상면에서의 운동범위는 평균 11.58도로 건축하지로 출발할 때의 평균 19.94도와 대조군의 평균 21.05도에 비해 통계학적으로 유의있게 감소되어 있었다($p < 0.05$). 또한 보행시작 과정 중 발가락들림기전까지의 족관절 배측굴곡 각도는 환측하지로 출발시 평균 1.21도로 건축하지로 출발시의 평균 3.78도와 대조군의 평균 3.87도에 비해 통계학적으로 유의있게 감소되어 있었다($p < 0.05$). 그리고, 최대 족관절 배측굴곡이 일어나는 시기는 환측하지로 출발할 때 전체주기의 평균 6.8%로 건축하지로 출발할 때의 평균 12.8%와 대조군의 평균 12.1%에 비해 통계학적으로 유의있게 빠르게 나타났다($p < 0.05$)(Table 3, Figure 4,5,6).

Table 3. Comparison of Kinematic Data in Sagittal Plane during Gait Initiation

Kinematic data	Hemiplegic patient group starting with		Control group
	affected side	non-affected side	
Pelvis			
Mean anterior tilt angle (°)	9.86±5.50	12.95±5.02	10.44±5.01
Hip			
ROM ¹ (°)	16.34±7.68 ^{*†}	26.24±8.82 [*]	42.40±4.18
% GC ² of maximal flexion (%)	31.29±5.68 [*]	32.25±4.42 [*]	43.62±5.67
Knee			
ROM ¹ (°)	20.73±8.94 ^{*†}	36.86±7.15	40.63±8.30
% GC ² of maximal flexion (%)	27.50±9.54 [*]	29.54±7.82	36.17±8.22
Ankle			
ROM ¹ (°)	11.58±5.87 ^{*†}	19.94±7.11	21.05±5.87
DF ³ angle until TO ⁴ (°)	1.21±2.72 ^{*†}	3.78±4.07	3.87±1.75
% GC ² of maximal DF ³ until TO ⁴ (%)	6.80±7.16 ^{*†}	12.76±6.53	12.05±5.96

1. ROM: Range Of Motion, 2. GC: Gait Cycle, 3. DF: Dorsiflexion, 4. TO: Toe-Off

*p<0.05 between hemiplegic patient group and control group

[†]p<0.05 between affected side and non-affected side

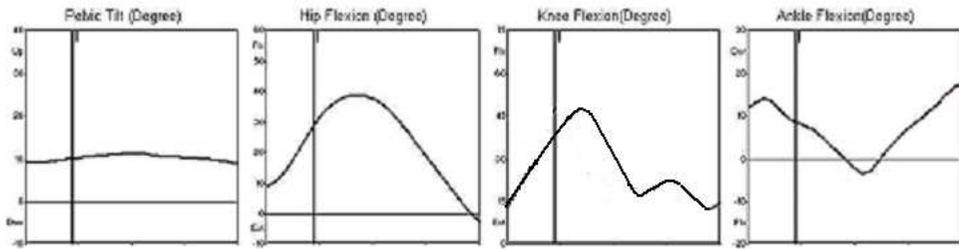


Figure 4. Kinematic Data of Control Group. It shows kinematic data of pelvis, hip, knee and ankle joint in sagittal plane during gait initiation. The vertical axis indicates range of motion of joint, and horizontal axis indicates percent of gait cycle.

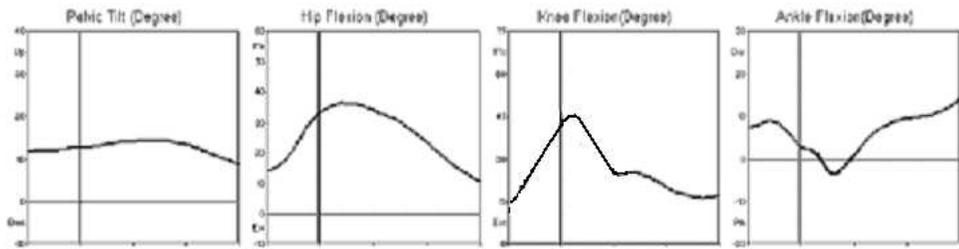


Figure 5. Kinematic Data of Hemiplegic Patient Starting with Non-affected Side. It shows kinematic data of pelvis, hip, knee and ankle joint in sagittal plane during gait initiation. The vertical axis indicates range of motion of joint, and horizontal axis indicates percent of gait cycle.

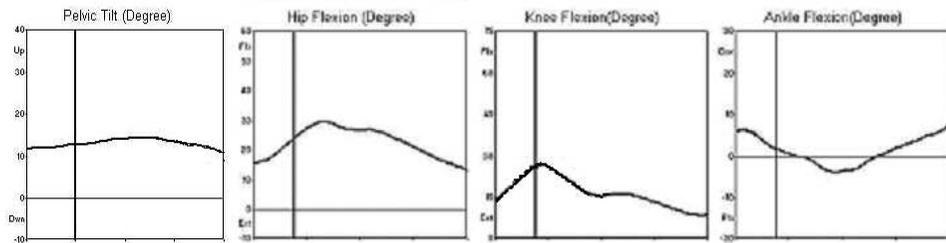


Figure 6. Kinematic Data of Hemiplegic Patient Starting with Affected Side. It shows kinematic data of pelvis, hip, knee and ankle joint in sagittal plane during gait initiation. The vertical axis indicates range of motion of joint, and horizontal axis indicates percent of gait cycle.

4. 족압 및 압력중심 궤적

보행시작전 기립상태에서 양측하지의 족압의 차이는 편마비 환자에서 평균 $50.40\text{g}/\text{cm}^2$ 로 대조군의 평균 $18.10\text{g}/\text{cm}^2$ 에 비해 통계학적으로 증가되어 있었고($P<0.05$)(Table 4), 보행시작 과정 동안 압력중심의 좌우 이동거리는 건측하지로 출발시 평균 18.18cm , 환측하지로 출발시 평균 8.83cm 으로 대조군의 평균 15.56cm 에 비해 각각 통계학적으로 증가 및 감소되어 있었다($P<0.05$). 또한, 압력중심의 전후 이동거리는 건측하지로 출발시 평균 2.42cm , 환측하지로 출발시 평균 2.07cm 로 대조군의 평균 5.21cm 에 비해 통계학적으로 감소되어 있었다($P<0.05$)(Table 5).

Table 4. Comparison of Foot Pressure in Standing

Data	Hemiplegic patient group	Control group
Difference of total foot pressure (g/cm ²)	50.40±24.98*	18.10±9.72

Values are mean ± S.D.

*p<0.05 between hemiplegic patient group and control group

Table 5. Comparison of Trajectory of COP¹ during Gait Initiation

Data	Hemiplegic patient group starting with		Control group
	affected side	non-affected side	
ML ² displacement (cm)	8.83±3.76*	18.18±4.47*	15.56±1.87
AP ³ displacement (cm)	2.07±1.65*	2.42±1.44*	5.21±1.26

Values are mean ± S.D.

1. COP: Center Of Pressure 2. ML: Mediolateral 3. AP: Anteroposterior

*p<0.05 between hemiplegic patient group and control group

IV. 고 찰

보행시작 과정은 서있는 상태에서 일정한 보행으로의 이행기간으로 균형조절에 대한 연구에 있어 매우 흥미있는 주제라고 할 수 있다.³ 보행시작 과정은 압력중심의 이동궤적에 따라 전형적으로 두 가지의 기간으로 나누어지는데^{7,8,9,10} 첫 번째 기간에는 입각기동안 활성화되었던 유각하지와 입각하지의 가자미근(soleus)이 억제되고 전경골근(tibialis anterior)의 활성이 뒤따르게 되어 압력중심(center of pressure, COP)은 후방으로 이동하게되며 유각하지의 고관절 외전근의 활성으로 압력중심은 유각하지쪽으로 이동하게 되고 따라서 신체중심(center of mass, COM)은 전방, 그리고 입각하지쪽으로 이동한다. 두 번째 기간에는 입각하지의 전경골근의 조절에 의해 신체중심의 전방속도는 급격히 증가하여 안정상태의 보행속도까지 이르게 된다.¹¹ Crenna등은¹² 보행시작 과정에서 가자미근이 억제되고 전경골근이 활성화되는 것은 목표지향과제(goal oriented task)를 수행하기위한 운동 프로그램에 의해 지배된다고 하였고 Brunt 등¹¹도 보행시작 과정은 중추성으로 프로그램화된 과정이라고 하였다. Mann 등⁴은 보행시작 과정을 운동형상학적 지표에 따라 나누었는데 유각하지의 보행시작부터 발가락들림기, 유각기, 뒷꿈치접촉기를 거쳐 입각하지가 뒷꿈치접촉 될 때까지를 한 주기로 하여 유각하지의 발가락들림기를 35%, 뒷꿈치접촉기를 60%, 입각하지의 발가락들림기를 72%, 그리고 입각하지의 뒷꿈치접촉기를 100%로 정의하였으며 이 연구에서도 이 방법을 적용하여 보행시작과정을 분석하였다. 이 연구의 결과 대조군에서의 보행시작 과정의 시공간적 지표는 Mann 등⁴의 연구와 유사한 결과를 보였고 편마비 환자가 환측 및 건측하지로 각각 보행을 시작

할 때 얻은 시공간적 지표는 출발하는 하지의 순서와 무관하게 서로 동일하였지만 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었다.

편마비 환자에서 환측 및 건측하지로 각각 보행을 시작할 때의 운동형상학적 지표를 살펴보면, 먼저 골반의 시상면에서는 환자군내에서 먼저 내딛는 하지에 따라서 또 환자군과 대조군의 비교에서도 통계학적인 차이를 발견할 수 없었다.

고관절의 움직임에 대해 Mann 등⁴은 보행시작부터 유각하지의 발가락들림기까지(0%-35%) 고관절은 점차 굴곡하게되고 약 20%에서 압력중심이 유각하지쪽으로 최대로 이동한후 입각하지쪽으로 이동하기 시작하며 발가락들림기후부터 뒷꿈치접촉기까지(35%-60%) 고관절은 계속 굴곡하여 최대굴곡에 이르고 이후 점차로 신전하게 된다고 하여 이 연구의 대조군에서 얻은 결과와 유사하였다. 그러나 환측하지로 출발시 보행시작 과정 동안 운동범위는 건측으로 출발할때나 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었으며, 건측하지로 출발시에도 대조군보다 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었다. 이는 편마비 환자의 환측하지에서 흔히 발견되는 고관절 굴곡근, 뒤넙다리근(hamstring)의 긴장 또는 경직으로 인한 골반과 대퇴골의 분리저하(poor dissociation)나 환측하지의 근력약화 때문으로 생각된다. 또한 보행시작 과정 동안의 최대 고관절 굴곡이 일어나는 시기는 환측하지로 출발할 때와 건측하지로 출발할 때 두 경우 모두에서 대조군보다 통계학적으로 유의하게 빠르게 나타났는데 건측하지로 출발시에도 대조군보다 빠르게 나타난 것은 Hesse 등²의 연구에서처럼 건측하지로 출발시 체중이 환측하지에 의해서만 지지되므로 환자가 가능한 이 시기를 짧게하려는 경향으로 불안정한 입각하지 때문에 입각하지의 단

하지지지기(single support)가 감소되면서 나타나는 현상이라 생각된다.

Mann 등⁴은 정상인에서 슬관절의 움직임은 보행시작부터 유각하지의 발가락들림기까지(0%-35%)는 고관절처럼 점차 굴곡하게되고 발가락들림기후부터 뒷꿈치접촉기까지(35%-60%)는 초기에 굴곡하다가 최대 굴곡에 이른후 신전되는 양상으로 변화하며 이때 압력중심은 입각하지의 전방으로 이동한다고 하였다. 이 연구에서 편마비 환자의 환측하지로 출발시 보행시작 과정 동안 슬관절의 시상면에서의 운동범위는 건측하지로 출발할 때와 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었고 최대 슬관절 굴곡이 일어나는 시기도 대조군의 비해 통계학적으로 유의하게 빠르게 나타났는데 이는 발가락들림기후부터 뒷꿈치접촉기까지(35%-60%) 대퇴직근(rectus femoris)이 슬관절 신전을 조절하고 고관절 굴곡을 증가시키며 전경골근이 족관절에서의 족저굴곡을 조절한다는 사실로 보아 편마비 환자에서 흔히 보이는 유각기동안 슬관절 굴곡의 감소 때문인 것으로 생각할 수 있다. 이러한 슬관절 굴곡감소의 원인으로는 대퇴사두근의 경직이외에도 고관절 굴곡근의 약화나 넙다리뒤근의 부적절한 활성화, 불충분한 발목관절 족저굴곡근등이 알려져있으나¹³ 아직 그 원인이 확실하게 밝혀지지 않은 상태이다.

대조군의 족관절 움직임은 보행시작부터 서서히 배측굴곡되다가 약 18%에 이르러 최대로 배측굴곡되며 이후 족저굴곡되며 주기의 후반부에 다시 배측굴곡되는 양상을 보였다. Mann 등⁴의 연구에 의하면 보행시작부터 발가락들림기까지(0-35%) 유각하지의 고관절과 슬관절은 점차 굴곡되고 족관절은 배측굴곡되어 유각하지의 발가락들림기를 준비하게 된다고 하였고 이 시기에 족관절의 최대 배측굴곡이 일어난

다고하여 이 연구의 결과와 일치하였다. 이 연구에서 편마비 환자의 경우 환측하지로 출발시 보행시작 과정 동안 족관절의 시상면에서의 운동범위는 건측하지로 출발할 때와 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었고 보행시작 과정 중 유각하지의 발가락들림기 전까지 족관절 배측굴곡 각도도 건측하지로 출발시나 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었다. 또한, 최대 족관절 배측굴곡이 일어나는 시기도 환측하지로 출발할 때가 건측하지로 출발할 때나 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 빠르게 나타났다. Burdett 등¹⁴은 뇌졸중환자가 자연스런 속도로 보행시 족관절에서의 운동형상학적 양상은 초기접지기(intial contact)와 중간유각기(midswing)시 족저굴곡이 증가되고 발가락들림기에 족저굴곡이 감소된다고 하였고 Perry 등¹⁵은 편마비 환자의 보행에 있어 원시적 양상(primitive pattern)은 특히 족부에서 확연하며 족관절 근육의 근전도 양상은 전경골근의 활성이 조기에 끝나고 가자미근의 활성은 조기에 시작된다고 하여 이 연구에서와 같은 결과를 초래하였다고 생각된다.

보행시작동안 압력중심의 궤적변화는 보행시작전의 기립상태시 양측하지의 족압의 차이가 편마비 환자에서 대조군에서보다 통계학적으로 증가되어 있었는데 이는 편마비 환자에서 환측으로의 체중부하가 감소된다는 의미로 해석할 수 있다. Kirker 등¹⁶은 보행가능한 뇌졸중환자의 기립상태의 불안정에 대한 환측근육의 반응은 전체적으로 저하되어 있지만 건측하지 근육의 활성증가로 보상될 수 있고 보행시 환측하지 근육의 활성은 정상 양상을 가지므로 기립상태의 균형을 재획득하기 전에도 보행가능하다고 하였지만 Brunt 등¹⁷은 체중부하가 비대칭인 환자는 수의적인 움직임동안 환측하지의 근전도 활성의 감소를 보이며 뇌졸중환자의 경우 기립시 비대칭적인 체중부하를 보이고

보행지표나 이동에도 영향을 미친다고 보고하였다. 이러한 비대칭적인 체중부하의 원인으로는 비정상적인 근육의 활성화, 비정상적인 자세 역학, 감각의 장애등이 알려져있다.^{18,19,20} 보행시작 과정에 대한 비대칭적 체중부하의 영향을 보면 Brunt 등¹⁷은 편마비환자의 환측하지에서 압력중심이 전방으로 진행하는데 기여하는 힘의 생성능력의 결여는 전경골근 활성이 불충분한 것과 연관되어 있다고 하였는데 이런 경우 전방 모멘트(forward momentum) 힘은 건측 입각하지에 의해서만 형성되고 입각하지로의 초기체중이동에 매우 작지만 중요한 힘을 제공하는 환측하지는 그 역할을 하지 못하고 지면으로부터 하지를 들게되는 역할을 하게된다고 하였다. 또한 Cummings 등²¹은 보행시작 과정에서 이러한 전방 모멘트 형성의 부족이 낙상의 원인이라고 하였고 Nolan 등²²은 발가락 기립자세(toe-standing)와 뒷꿈치 발가락 기립자세(heel-toe standing)시의 보행시작 과정을 비교한 연구에서 발가락 기립자세로부터 보행시작을 하는 경우 압력중심의 좌우이동의 변이는 뒷꿈치 발가락 기립자세로부터 시작하는 경우와 차이를 보이지 않으면서 더 큰 전방 모멘트를 생성할수 있으므로 원위부 근육이 약하고 상대적으로 근위부 근육이 보존된 상부신경원성 병변을 가진 환자에서 이로울수 있다고 하였다. 따라서 보행시작 과정에서 전방 모멘트를 형성하는 힘의 생성 능력과 대칭적인 체중부하 능력은 서로 연관성을 가지게되며 대칭적인 체중부하를 위한 치료의 중요성이 강조된다.²³

정상인에 있어 보행시작 과정 동안 출발전 압력중심의 위치는 양쪽 발의 중심부와 족관절의 바로 앞쪽에 위치하는데 이는 최소한의 근수축으로 신체의 균형을 유지할수 있는 능력에 의해 유지된다.⁴ 이 연구에서 출발전부터 압력중심은 건측하지와 후방쪽으로 이동되어있고 출

발후 좌우 이동거리는 건축 및 환측하지로 출발시 대조군에 비하여 각각 통계학적으로 증가 및 감소되어 있었고 압력중심의 전후 이동거리는 건축 및 환측하지 출발 모두에서 대조군보다 통계학적으로 감소되어 있었다. 이러한 결과는 이전의 다른 연구자들의^{2,5,23} 결과와 일치하는 것으로서 Hesse 등²은 편마비 환자에서 압력중심이 출발전부터 이미 건축으로 이동되어 있기 때문에 건축하지로 출발시 압력중심의 좌우 이동거리가 증가하지만 실제로 보행훈련시 환측하지로의 체중부하능력을 향상시키기위해 보행시작을 건축하지로 먼저 출발하도록 하는 경향이 있다고 하였는데 이 연구의 결과로 보아 환측하지로 출발하는 것이 압력중심의 좌우 이동거리가 감소되므로 보행시작 과정 동안 좀더 안정성을 제공할수 있으리라 생각된다. 따라서 환측하지로의 체중부하를 위한 치료와 아울러 보행시작 과정에서 낙상예방을 위한 교육 또한 강조되어야 할 것으로 생각된다.

이 연구의 제한점으로는 동적 근전도를 이용하여 하지의 각 근육들이 보행시작과정 주기동안 운동형상학적 지표들과 어떤 연관성을 보이는지 연구하지 못했다는 점과 각 하지근육의 근력이나 관절의 운동범위의 차이가 보행시작 과정의 여러 지표들과 어떠한 관계가 있는지 좀 더 세밀하게 연구하지 못했다는 점, 그리고 기존의 연구에서 보행시작과정이 젊은 연령과 고령간에 근육활성, 운동역학적 그리고 운동형상학적 양상에 차이가 없다는 보고²⁴가 있지만 이 연구에서 대조군의 연령이 환자군과 다르다는 점 등으로 향후 이러한 연구가 추가되어야 할 것으로 생각되며 또한 적절한 재활치료후 보행시작과정의 변화여부에 대해서도 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

이 연구는 편마비 환자와 건강한 성인 남자 각각 20명을 대상으로 하여 3차원 보행분석기와 압력판을 이용하여 보행시작 과정을 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 편마비 환자의 환측 및 건측하지로 보행시작시 분속수와 속도는 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되어 있었다.
2. 편마비 환자의 환측하지로 보행시작시 고관절, 슬관절 및 족관절의 시상면에서의 운동 범위와 족관절의 배측굴곡 각도 및 최대 족관절 굴곡이 일어나는 시기는 건측하지로 출발시와 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 감소되었고 최대 고관절, 슬관절 굴곡이 일어나는 시기는 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 빠르게 나타났다.
3. 보행시작전 기립상태의 양측 족압의 차이는 편마비 환자에서 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 증가되었다.
4. 편마비 환자의 건측하지로 출발시 압력중심의 좌우 이동거리는 환측하지로 출발시에 비해 통계학적으로 유의하게 증가되었다.

상기 결과로 보아 편마비 환자의 보행시작 과정은 운동형상학적 및 시공간적 측면에서 정상인과는 다른 양상을 나타냄을 알 수 있었고 이 연구가 향후 편마비 환자의 보행훈련의 지표 중의 하나로 적절한 재활치료후 보행시작과정의 평가에 사용될 수 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. Nissan M, Whittle MW. Initiation of gait in normal subjects: a preliminary study. *J Biomed Eng* 1990;12:165-171.
2. Hesse S, Reiter F, Jahnke M, Dawson M, Sarkodie-Gyan T, Mauritz KH. Asymmetry of gait initiation in hemiparetic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:719-724.
3. Carlsoo S. The initiation of walking. *Acta Anat* 1966;65(1):1-9.
4. Mann RA, Hagy JL, White V, Liddell D. The initiation of gait. *J Bone Joint Surg Am* 1979;61(2):232-239.
5. 김봉옥, 김태민, 채진목, 조강희. 뇌졸중 환자의 보행시작중에 보이는 운동역학 특성. *대한재활의학회지* 2001;25(2):227-235.
6. 권도윤, 성인영, 유종윤, 하상배. 한국 성인의 3차원적인 보행분석. *대한재활의학회지* 1988;22:1107-1113.
7. Breniere Y, Do MC, Bouisset S. Are dynamic phenomena prior to stepping essential to walking? *J Mot Behav* 1987;12:62-76.
8. Brunt D, Lafferty MJ, Makeon A, Goode B, Mulhausen C, Polk P. Invariant characteristics of gait initiation. *Am J Phys Med*

Rehabil 1991;70:206-212.

9. Cordo PJ, Nashner LM. Properties of postural adjustments associated with rapid arm movements. *J Neurophysiol* 1982;47(2):287-302.

10. Jian Y, Winter DA, Ishac MG, Gilchrist L. Trajectory of the body COG and COP during initiation and termination of gait. *Gait Posture* 1993;1:9-22.

11. Brunt D, Liu SM, Trinble M, Bauer J, Short M. Principles underlying the organization of movement initiation from quiet stance. *Gait Posture* 1999;10:121-128.

12. Crenna P, Frigo C. A motor program for the initiation of forward-oriented movements in humans. *J Physiol(Lond)* 1991;437:635-653.

13. Delisa JA, Gans BM. *Rehabilitation Medicine, Principles and Practice*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998.

14. Burdett RG, Borello-France D, Blatchly C, Poptter C. Gait comparison of subjects with hemiplegia walking unbraced, with ankle-foot orthosis, and with Air-stirrup brace. *Phys Ther* 1988; 68:1197-1203.

15. Perry J. Gait Analysis, Normal and Pathological Function. 1st ed. New Jersey: SLACK; 1992.
16. Kirker SGB, Simpson DS, Jenner JR, Wing AM. Stepping before standing:hip muscle function in stepping and standing balance after stroke. J Neurosurg Psychiatry 2000;68:458-464.
17. Brunt D, Vander Linden DW, Behrman AL. The relation between limb loading and control parameters of gait initiation in persons with stroke. Arch Phys Med Rehabil 1995;76:627-634.
18. Arcan M, Brull MA, Najenson T, Solzi P. FGP assessment of postural disorders during process of rehabilitation. Scand J Rehabil Med 1977;9:165-168.
19. Wall JC, Ashburn A. Assessment of gait disability in hemiplegics. Scand J Rehabil Med 1979;11:95-103.
20. Wall JC, Turnbull GI. Gait asymmetries in residual hemiplegia. Arch Phys Med Rehabil 1986;63:550-553.
21. Cummings SR, Nevitt MC. A hypothesis: The cause of hip fractures. J Gerontol 1989;44:107-111.
22. Nolan L, Kerigan DC. Keep on your toes: gait initiation from

toe-standing. J Biomech 2003;36:393-401.

23. Dawson M, Reiter F, Sakodie-Gyan T, Provinciali L, Hesse S. Gait initiation, development of a measurement system for use in a clinical environment. Biomed Tech 1996;41:213-217.

24. Halliday SE, Winter DA, Frank JS, Patla AE, Prince F. The initiation of gait in young, elderly and Parkinson's disease subjects. Gait Posture 1998;8:8-14.

Abstract

Characteristics of Gait Initiation in Hemiplegic patients

Yong Won Jang

Department of Medicine

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Seong Woong Kang)

Gait initiation is an important part of locomotion, and is the transient state from standing at rest to the cyclic movement of walking. So, systemic understanding of these provides very critical diagnostic value for the studies on pathologic gait and plays an important role in the manufacturing, fit and evaluation of prosthetic devices.

Symmetrical gait initiation signifies that there should be no significant differences in the kinematic and kinetic parameters regardless of starting limb. However, hemiplegic patients caused by stroke exhibits asymmetrical form in the movements of sitting, standing, and walking postures, etc. In particular, gait initiation in gait training becomes more emphasized because the hemiplegic patients have an increased risk of fall during this task.

Accordingly, the present study is designed to objectively evaluate

the characteristics of the gait initiation in hemiplegic patients through the force plate and 3-dimensional motion analyzer, and to provide more useful information to gait training.

Twenty stroke patients with unilateral brain lesion such as hemorrhage or infarction, able to walk without any assistive devices were recruited as a patient group and a control group consisted of twenty healthy adult men.

The subjects in standing position with attaching markers on force plate, and then initiated to walk with the instructions of an examiner and temporospatial, kinematic parameters and trajectory of the center of pressure were measured during this procedure.

The results were as follows;

1. The average cadence and speed during the gait initiation starting with affected and non-affected limbs of the hemiplegic patient were statistically significantly reduced in comparisons with the control group.
2. The sagittal range of motion of hip, knee and ankle joints and ankle dorsiflexion starting with affected limb was significantly decrease compared as starting with non-affected limb and control group. The time when the maximal flexion angle of hip, knee and ankle joints was occurred starting with affected limb was significantly earlier than when that of occurred starting with control group.
3. The difference between both foot pressures in the standing

position prior to the gait initiation was significantly increased in the hemiplegic patient group than the control group.

4. The mediolateral displacement of center of pressure during starting with affected limb was significantly increased compared as starting with non-affected limb.

As the results above, the gait initiation of the hemiplegic patients showed different features from the healthy people in the kinematic and temporospatial aspects, and accordingly the present study can be used as one of the guides in gait training for the hemiplegic patients hereafter.

Key Words : Hemiplegia, Gait initiation, Gait Training.