

좌·우측 편마비 환자의 3차원적 보행분석

서울보훈병원 재활의학과 물리치료실, 경북대학교 작업치료학과¹⁾

정 석 · 김 희 완¹⁾

3-Dimensional Gait Analysis of Left or Right Hemiplegia Patients

Jung, Seok, R.P.T., Kim, Hee Wan, R.P.T¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Seoul Veterans Hospital

Dept. of Physical Therapy, KyungBok College¹⁾

- ABSTRACT -

The aim of this study is to present the basic reference data of age and specific gait parameters for Hemiplegia Patients. The basic gait parameters were extracted from 10 Adult Hemiplegia Patients, 5 left Hemiplegia Patients and 5 right Hemiplegia Patients, 50 to 60 years of age using VICON 512 Motion Analyzer.

The results were as follows:

- 1) The mean Cadence of the left to the right hemiplegia were 75.81 ± 28.10 steps/min, to 68.47 ± 9.93 steps/min.
- 2) The mean Walking Speed of the left to the right hemiplegia were 0.45 ± 0.28 m/s, to 0.44 ± 0.14 m/s.
- 3) The mean Stride Length of the left to the right hemiplegia were 0.66 ± 0.31 m, to 0.76 ± 0.17 m.
- 4) The mean maximal angles of joint on the pelvic tilt for different right or left hemiplegia were $8.59 \pm 5.13^\circ$, to $11.85 \pm 5.23^\circ$. ($p > 0.05$)
- 5) The mean maximal angles of joint on the hip flexion motion for different right or left hemiplegia were $23.98 \pm 8.45^\circ$, to $25.81 \pm 5.39^\circ$. ($p > 0.05$)
- 6) The mean maximal angles of joint on the knee flexion motion for different right or left hemiplegia were $29.52 \pm 10.24^\circ$, to $28.38 \pm 14.48^\circ$. ($p > 0.05$)
- 7) The mean maximal angles of joint on the ankle dorsiflexion motion for different right or left hemiplegia were $14.68 \pm 5.03^\circ$, to $9.90 \pm 7.26^\circ$. ($p > 0.05$)
- 8) The mean maximal angles of joint on the ankle plantarflexion motion for different right or left hemiplegia were $2.10 \pm 5.17^\circ$, to $8.63 \pm 5.81^\circ$. ($p > 0.05$)

I. 서 론

편마비의 보행은 뇌졸중, 뇌종양, 뇌손상 등의 원인으로 편측 병변시 관찰되는 체위와 사지운동의 특징적인 보행 양상을 기술하는 용어이다. Brunstrom(1964)은 편마비 보행을 관찰하고 그 특징을 느리고 경직 되어 있음과 환측의 부조화 조절 운동 그리고 이를 보상하려는 건측의 대상작용으로 일찍 기술 한 바 있다. 즉 뇌중추신경의 운동 조절의 결핍으로 사지의 적절한 조화 조절 운동이 일어나는 것이며 따라서 중추신경의 신경학적 회복 정도에 따라서 운동 조절의 양상이 변화하며 편마비 보행의 양상도 변화 한다고 하였다. 이러한 병적 보행을 보이는 환자에서 그 원인을 분석하고 치료를 시행함에 있어서 객관적이고 정량적인 방법의 평가는 매우 중요한 일이라 할 수 있다. 이러한 이유로 weber(1836)등은 연속적인 사진 촬영으로 보행 분석을 시도하였으며, 그 이후 Cinefilm 및 Video Camera를 이용한 시각적 분석(Perry 1992; Sutherland 1972; Winter 1974), Electrogoniometer를 이용한 분석, 또한 최근에는 Force plate form, Dynamic EMG, Foot switch등과 함께 컴퓨터에 의한 3차원 동작 분석까지 이루어져 왔다(Gosselin 1987; Perry 1992; Sutherland 1972; Winter 1974). 최근 우리나라에서도 재활의학 및 정형외과학, 스포츠 분야, 인체공학 연구소에서 객관적이고 정확한 보행분석에 관한 관심과 함께 활발한 연구가 진행되고 있으며, 정상인의 보행지표와 아울러 편마비 환자의 보행지표는 병적 보행 양상을 비교 평가하기 위하여 기초적이고도 필수적인 자료라 할 수 있다. 그러나 아직 국내에서는 이러한 자료가 매우 드물기때문에 우리나라 편마비 환자의 보행 분석시 표준화 된 기본 지표를 구하고, 향후 3차원 동작 분석기를 이용한 보행 분석시 기초 자료로 활용하고자 본 연구를 시작 하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상은 편마비 환자 10명(좌측 5명, 우측 5명)을 대상으로 하였으며, 평균 나이는 우측 편마비 환자 60.4±7.89세, 좌측 편마비 환자 56.4±7.40세이며, 평균 유병기간

은 10.4개월이고, 체중은 우측 편마비의 경우 평균 65.2kg, 좌측 편마비는 69.6kg이었고, 신장과 하지길이는 우측 편마비의 경우 각각 평균 164.8cm, 79.2cm, 좌측 편마비는 171cm, 84.8cm이었다. 한편 슬관절과 족관절의 폭은 우측 편마비 10.7cm, 7.42cm, 좌측 편마비는 10.8cm, 7.2cm이었으며 환자 모두 남자 였고 2000년 8월부터 2001년 4월까지 서울보훈병원 재활의학과에 입원 또는 외래 방문한 편마비 환자들 중 독립 보행이 가능한 환자들을 대상으로 환자들의 환측만 측정하여 비교, 분석 하였다.(Table 1)

Table 1. The general character of subjects

general character	Rt Hemiplegia	Lt hemiplegia
subjects	5명	5명
age	60.4±7.89세	56.4±7.40세
Weight	65.2kg	69.6kg
Height	164.8cm	171cm
Leg length	79.2cm	84.8cm
Knee width	10.7cm	10.8cm
Ankle width	7.42cm	7.2cm

2. 연구 방법

1) 먼저 환자들의 대한 과거력 청취 및 이학적 검사를 실시하고 대상자가 맨발로 보행을 할 수 있는 환자를 선택하고, 신장, 체중, 양 하지의 길이, 양 슬관절 및 족관절 나비등 보행 검사시 자료분석에 필요한 신체 계측을 시행 하였다.

2) 대상자들의 보행 검사는 영국 Oxford Metrics Inc.사의 VICON Clinical Manager Software(VCM)를 내장한 PC에 5개의 카메라가 연결되어 있는 Vicon 512 Motion Analysis System을 이용하여 보행시의 3차원상의 운동형상학적 변화를 검사 하였다. 먼저 매 검사 직전 카메라에서 발생 될 수 있는 오차를 교정하기 위해 calibration을 시행 한 후, 하지와 골반의 주요 관절 그리고 근육에 표식자를 부착하고 힘측정판 위에 기립 정지 상태에서 각 관절의 위치를 Vicon 512 Motion Analysis System에 부착된 컴퓨터 화면에서 정적 검사를 시행 하였다. 이때 부착된 표식자는 직경 2.5cm의 구형으로 부착 부위는 천골 표식자의 경우 좌우의 후상장골돌기를 연결한 선상의 중간점으로 골반과 척추 연결 부위의 약간 튀어나온 뼈의 돌출

부위, 양측 골반 표식자는 좌우의 전상장골돌기 부위, 양측 슬관절 표식자는 슬관절 굴곡의 축으로 슬관절의 앞뒤를 연결하는 선상의 중간점인 슬관절의 외측 부위로 하였다. 양측 대퇴 표식자는 대퇴의 하 1/3에 해당하는 외측 부위로서 보행시 자연스러운 팔의 운동을 저해하지 않는 높이의 부위, 양측 족관절 표식자는 경골의 외측과 부위, 양측 족관절 표식자는 경골의 하 1/3에 해당하는 외측 부위, 양측 전족부 표식자는 제2중족골두의 상면 부위, 양측 종골 표식자는 전족부 표식자와 전족부 표식자와 연결되는 발의 종축선 상의 발뒤꿈치 부위로 하였다. 동적 검사로는 양측 종골 표식자를 제거 한 후 동일 한 표식자를 부착한 상태에서 12meter 거리를 환자가 편안한 보행으로 걷게 하였으며 5회 이상 반복 보행 후 가장 자연스러운 보행 양상을 택해 분석 하였다. Vicon 512 Motion Analysis System을 통해 얻어진 visual and analogue data는 VCM software 프로그램으로 처리하여 보행의 각 주기에 따른 3차원상의 자료로 나타내었고, 이를 다시 수치화하여 보행의 주요 주기에 따른 시상면, 관상면, 횡단면의 3차원상의 관절운동으로 나타내었다. 검사후 얻어진 보행 주기별 자료는 그 평균치를 내어 T-test 및 test를 이용, 통계 처리후 비교 분석 하였다.

III. 연구 결과

1. 시간적 지표 변화

전 보행주기 동안 대상자의 보행의 시간적 지표를 좌우측 편마비를 구별하여 분석해 보면 분속수는 우측 편마비에서 평균 75.81 ± 28.10 steps/min, 좌측 편마비에서는 68.47 ± 9.93 steps/min, 보행속도는 우측 편마비 0.45 ± 0.28 m/s, 좌측 편마비 0.44 ± 0.14 m/s, 단하지 지지기는 우측 편마비 0.50 ± 0.08 sec, 좌측 편마비 0.40 ± 0.06 sec, 양하지 지지기는 우측 편마비 0.86 ± 0.77 sec, 좌측 편마비 0.65 ± 0.11 sec, 활보장은 우측 편마비 0.66 ± 0.31 m, 좌측 편마비 0.76 ± 0.17 m 이었다. 좌·우측 차이를 보면 우측 편마비에서는 분속수, 단하지 지지기, 양하지 지지기가 좌측 편마비보다 증가되어 있었고, 좌측 편마비는 활보장이 우측 편마비보다 증가되어 있는 경향을 보였으며, 분속수는 비슷하게 나타났다.(Table 2)

Table 2. Temporal Parameters for Different Right or Left hemi

	Rt Hemiplegia	Lt hemiplegia
Cadence (steps/min)	75.81 ± 28.10	68.47 ± 9.93
Walking Speed (m/s)	0.45 ± 0.28	0.44 ± 0.14
Single Support (s)	0.50 ± 0.08	0.40 ± 0.06
Double Support (s)	0.86 ± 0.77	0.65 ± 0.11
Stride Length (m)	0.66 ± 0.31	0.76 ± 0.17

2. 운동 형상학적 분석

한 보행 주기에서 각 관절 운동범위의 최고값과 최저값은 운동이 이루어지는 시상면, 관상면, 횡단면으로 구분하여 측정하였다.

먼저 시상면에서 우측 편마비의 경우 골반경사는 최고 8.59 ± 5.13 도, 최저 0.92 ± 4.32 도, 고관절 굴곡은 23.98 ± 8.45 도, 신전 7.62 ± 7.09 도 슬관절 굴곡은 최고 29.52 ± 10.24 도, 최저 0.01 ± 8.39 도 족관절 배측 굴곡은 14.68 ± 5.03 도, 저측 굴곡 2.10 ± 5.17 도, 좌측 편마비의 경우 골반경사는 최고 11.85 ± 5.23 도, 최저 2.23 ± 5.46 도, 고관절 굴곡은 25.81 ± 5.39 도, 신전 10.58 ± 12.04 도 슬관절 굴곡은 최고 28.38 ± 14.48 도, 최저 9.14 ± 15.94 도 족관절 배측 굴곡은 9.90 ± 7.26 도, 저측 굴곡 8.63 ± 5.81 도였다. 좌·우측 편마비에 따른 차이를 보면 유의한 차이를 보이지 않았다.(Table 3)

Table 3. Maximal Angles of Joint on the Sagittal Plane for Different Right or Left hemi

		Rt Hemiplegia	Lt hemiplegia	P-Value
pelvic tilt	maximal	8.59 ± 5.13	11.85 ± 5.23	0.3507
	minimal	0.92 ± 4.32	2.23 ± 5.46	0.3411
Hip	Flexion	23.98 ± 8.45	25.81 ± 5.39	0.6931
	Extension	7.62 ± 7.09	10.58 ± 12.04	0.6485
Knee	maximal	29.52 ± 10.24	28.38 ± 14.48	0.8890
	minimal	0.01 ± 8.39	9.14 ± 15.94	0.2884
Ankle	DorsiFlexion	14.68 ± 5.03	9.90 ± 7.26	0.2613
	PlantarFlexion	2.10 ± 5.17	8.63 ± 5.81	0.0973

Values are mean \pm standard deviation p<0.05

관상면에서 우측 편마비의 경우 골반사위는 상향 4.67 ± 1.22 도, 하향 0.70 ± 2.76 도, 고관절 내전은 5.54 ± 3.90 도, 외전

4.80±4.22도, 슬관절 내반은 15.27±9.55도, 외반 3.17±4.86도, 좌측 편마비의 경우 골반사위는 상향 8.58±2.51도, 하향 1.86±1.82도, 고관절 내전은 7.82±4.75도, 외전 1.28±5.36도, 슬관절 내반은 8.66±9.99도, 외반 4.91±6.48도였다. 좌·우측 편마비에 따른 차이를 보면 골반사위의 상향만 유의한 차이를 보였고 그 나머지는 유의한 차이를 보이지 않았다.(Table 4)

Table 4. Maximal Angles of Joint on the Coronal Plane for Different Right or Left hemi

		Rt Hemiplegia	Lt hemiplegia	P-Value
pelvic	Up	4.67±1.22	8.58±2.51	0.0140
	Down	0.70±2.76	1.86±1.82	0.1212
Hip	Adduction	5.54±3.90	7.82±4.75	0.4313
	Abduction	4.80±4.22	1.28±5.36	0.6514
Knee	Varus	15.27±9.55	8.66±9.99	0.3160
	Valgus	3.17±4.86	4.91±6.48	0.05633

Values are mean ± standard deviation p<0.05

횡단면에서 우측 편마비의 경우 골반 내회전은 7.30±1.89도, 외회전 6.36±4.90도, 고관절 내회전은 17.75±11.81도, 외회전 2.01±16.79도, 족관절 내회전은 -2.65±12.80도, 외회전 17.17±11.98도, 좌측 편마비의 경우 골반 내회전은 0.12±6.40도, 외회전 22.03±5.80도, 고관절 내회전은 13.81±20.67도, 외회전 5.98±23.11도, 족관절 내회전은 13.42±12.36도, 외회전 3.40±6.10도였다. 좌·우측 편마비에 따른 차이를 보면 골반 내회전과 외회전은 유의한 차이를 보였고 그 나머지는 유의한 차이를 보이지 않았다.(Table 5)

Table 5. Maximal Angles of Joint on the Transverse for Different Right or Left hemi

		Rt Hemiplegia	Lt hemiplegia	P-Value
pelvic	Internal	7.30±1.89	0.12±6.40	0.0430
	External	6.36±4.90	22.03±5.80	0.0017
Hip	Internal	17.75±11.81	13.81±20.67	0.7230
	External	2.01±16.79	5.98±23.11	0.5487
Foot	Internal	-2.65±12.80	13.42±12.36	0.0782
	External	17.17±11.98	3.40±6.10	0.0513

Values are mean ± standard deviation p<0.05

IV. 고찰

인간의 직립보행은 선천적으로 태어나면서부터 가능한 것이 아니고 성장하면서 신경계 및 근골격계의 발달과 오랜 기간에 걸친 훈련에 의해 완성되는 과정이라고 할 수 있기 때문에 인간의 보행은 7세에서 9세 사이에 이루어지는 것으로 알려져 있고, 이때는 동체를 지면에 대해 지지하는 힘과 진행에 따라 양쪽이 교대로 동체를 지지하는 주기적인 운동의 2가지 기본 요구가 있다. 또한 정상적인 보행을 위해서는 골반과 두 다리의 각기 다른 길이와 축을 갖는 11개의 관절과 57개의 근육이 조화롭게 움직여야 하고 궁극적으로 보행에 소비되는 에너지를 극소화시키는 여러 기전이 작용하게 된다. 이러한 이유로 보행 중 일어나는 여러 근육 활동이나 관절의 가동성에 대한 연구가 그동안 계속 이루어져 왔다. 그러나 기존의 보행 분석 방법들은 0.4~0.8초 주기로 일어나는 여러 관절들의 변화를 측정하기가 용이하지 않아서 많은 장비들이 개발되어졌다.

Murray와 Drought(1964)가 light photography를 이용한 보행 분석을 하였으며, Perry(1968)등은 foot switch와 dynamic EMG로 stride characteristics의 분석 및 electrogoniometer를 brace에 장착하는 방법을 사용하였다. Sutherland와 Hagy(1972), Winter와 Kuryliak(1974)은 Cine film을 이용한 Vanguard motion analyzer와 NOVA 1200 computer를 보행 분석에 사용하였으며, 1980년대 중반 이후에는 force plate dynamic EMG, marker system, computer software를 갖춘 automated motion analyzer들이 도입되었다. 이러한 motion analysis system은 뇌성마비나 편마비 환자의 보행 분석 및 경직성 치료 후의 평가 그리고 여러 형태의 장애 검증 등에 좋은 객관적인 방법이지만, 설치상의 어려움과 고가의 장비, 전문 인력의 필요성 등의 문제가 있어서 널리 이용되는 데는 많은 제한점이 있는 것도 사실이다. 그러나 최근에는 여러분야에서 활발히 진행되고 있으며 그 중요성이 높이 대두되고 있다.

본 연구의 결과 시간적 지표의 변화에서 나타난 각종 수치는 서구 여러 학자들이 보고한 정상인의 분속수의 경우 Perry는 116 steps/min, Gage는 127.9 steps/min, Skinner는 117 steps/min으로 보고하여 좌우측 편마비를 구별하여 분석한 본 연구의 결과는 우측 편마비에서 평균 75.81 steps/min, 좌측 편마비에서는 68.47 steps/min으로써 좌우측은 차이가 없으나 정상인에 비해 낮은 분속수를 보였다.

본 연구가 환자를 대상으로 하였기 때문이라 생각된다. 보행속도는 우측 편마비 0.45 m/s, 좌측 편마비 0.44 m/s의 결과를 보여 Hash의 0.50 m/s와 같은 외국 연구들과 비교하여 낮은 보행 속도를 보였고 좌우측의 차이는 보이지 않았다. 단하지 지지기는 우측 편마비 0.50 sec, 좌측 편마비 0.40 sec, 양하지 지지기는 우측 편마비 0.86 sec, 좌측 편마비 0.65 sec로써 좌우측의 차이는 나지 않지만 편마비 환자라 양하지 지지기가 더 증가 한 것으로 나왔다.

좌우측 보행 분석의 시간적 지표들은 좌우측에 따라 영향을 받을 수 있을 것이라고 생각했으나, 별 다른 차이는 없었다.

또한 시상면의 운동 형상학적 분석의 측면에서 보면 좌우측 편마비 환자의 관절 운동범위는 고관절에서 좌측 25도 우측 23도, 슬관절은 좌측 28도 우측 29도, 족관절 좌측 9도, 우측 14도로 큰 차이는 보이지 않으며, Perry가 보고한 정상인 40도, 55도, 30도 등과는 많은 차이가 있었다. 그외 관상면이나 횡단면에서도 좌우측의 별다른 차이는 보이지 않았으나 정상인 보다는 감소 된것을 알 수 있었다. 결론적으로 보행 장애가 고관절이나 슬관절 그리고 족관절의 운동 범위 장애와 연관성이 있음을 알 수 있었다. 결과에서 보듯이 보행 분석이 일상생활이 이루어지는 환경이 아닌 일정한 실내 공간인 검사실에서 이루어짐으로써, 보행 거리의 제한이 있고 여러 개의 active marker들과 근전도기 등의 여러 가지 선이 연결되어져 대상자가 보다 자연스러운 보행을 하는데 지장을 초래하여 자료 분석시 다소 문제가 있는 것도 간과할 수 없었다. 따라서 앞으로 보다 많은 대상자와 다양한 환경에서 보행 분석을 실시하여 기존의 연구자료들과 비교 분석함으로써 3차원 동작분석기를 이용한 여러가지 검사와 진단의 객관성과 정확성의 증가에 기여할 수 있게 광범위한 연구가 있기를 기대해 본다.

V. 결 론

뇌졸중에 의한 좌·우측 편마비 환자의 환측만을 이용하여 보행의 시간적 지표와 운동역학적 특징을 비교하고자 총 10명(좌측 5명, 우측 5명)을 대상으로 서울보훈병원 재활의학과에 설치되어 있는 삼차원동작분석기를 이용하여 보행 분석을 실시하였고 골반, 고관절, 슬관절, 족관절의 관절운동범위의 값과 이들의 보행주기별 변화치를 평가, 비교하고 또한 보폭과 속도변화를 알아봄으로써 향후

임상에서 실제적으로 삼차원 동작분석기를 이용한 환자들의 보행분석시 필요한 기초자료로 삼기 위하여 본 연구를 실시 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시간적 지표의 변화에서 좌·우측 차이를 보면 우측 편마비에서는 분속수, 단하지 지지기, 양하지 지지기가 좌측 편마비보다 증가되어 있었고, 좌측 편마비는 활보장이 우측 편마비 보다 증가되어 있는 경향을 보였으며, 분속수는 비슷하게 나타났다.
2. 좌·우측 편마비 환자의 환측만을 이용한 시상면에서 운동 형상학적 차이를 보면 좌·우측 편마비에서 골반경사 최고와 최저, 고관절 굴곡과 신전, 슬관절 굴곡의 최고와 최저, 족관절 배측 굴곡과 저측 굴곡등 모두 유의한 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$).
3. 좌·우측 편마비 환자의 환측만을 이용한 관상면에서 운동 형상학적 차이를 보면 골반 사위의 상향만 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 골반 사위 하향, 고관절 내전과 외전, 슬관절 내반과 외반은 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).
4. 좌·우측 편마비 환자의 환측만을 이용한 횡단면에서 운동 형상학적 차이를 보면 골반 내회전과 외회전은 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 고관절 내회전과 외회전, 족관절 내회전과 외회전은 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

참 고 문 헌

- 권도윤, 성인영, 유종윤, 하상배, 한국 성인의 3차원적 보행 분석, 대한재활의학회지, 22(5); 1107-1113, 1998.
- 김봉욱, 김태민, 채진목, 조강희, 뇌졸중 환자의 보행시작중에 보이는 운동역학 특성, 대한재활의학회지, 25(2); 227-235, 2001.
- 김철중, 박세진, 3차원 동작 분석기를 이용한 정상 보행 분석, 대한재활의학회지, 16(4); 399-405, 1992.
- Brunnstrom S. Recording gait patterns of adult hemiplegic patients. J Am Phys Ther Assoc, 44; 11, 1964.
- Gage JR. Gait analysis for decision making in cerebral palsy. Bull Hosp Jt Dis, 43: 147-163, 1983.
- Gosselin GR. Diagnostic tools for the sports chiropractor. SOMA; 13: 23-29, 1987.
- Hash D. Energetics of wheelchair propulsion and walking

- in stork patients. In *Energetics: Application to the study and management of locomotor disabilities*, Orthop Clin North Am, 9: 372-374, 1978.
- Murray MP, Drought AB. Walking pattern of normal men. *J Bone Joint Surg*, 46-A: 335-360, 1964.
- Oberg T, Karsznia A, Oberg K. Basic gait parameters. Reference data for normal subject: *J Reha Res Dev*, 30: 210-223, 1993.
- Perry J. *Gait analysis*. Thorofare, SLACK Co, 224-243, 1992.
- Skinner HB. Ankle weighting effect on gait in able bodied adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 71: 112-115, 1990.
- Sutherland DH, Hagy JI. Measurement of gait movement from motion picture film. *J Bone Joint Surg*, 54-A: 787-797, 1972.
- Winter DA, Kuryliak WM. Dynamic stabilization in human gait. *Biomechanics*, 2-A: 280-286, 1974.