

정상 성인의 운동 형상학적 보행 분석

정화수*

¹서남대학교 보건학부 작업치료학과

Analysis of Kinematic Parameters of Gait in Normal Subject

Hwa-Su Jung^{1*}

¹Dept. of Occupational Therapy, Division of Health, Seonam University

요약 본 연구는 정상 성인의 팔 움직임 종류에 따른 운동형상학적인 변화를 알아보기 위함이다. 45명의 정상 성인을 대상으로 네 가지 팔 움직임 종류인, 정상 팔 움직임 보행, 한 팔 움직임 보행, 두 팔 움직임 억제 보행, 파워 보행의 순서대로 실시하였다. 실험 대상자가 10m의 보행거리를 자연스럽게 걷는 동안 3차원 보행분석기인 Vicon 동작 분석기의 6MX3카메라를 이용해서 측정을 하였다. 이 실험의 자료는 2010년 6월부터 8월까지 수집되었다. 팔 움직임에 따른 운동 형상학적 보행변수의 변화는 정상과 비교해 시상면에서 오른쪽 골반, 엉덩관절의 관절 운동범위, 관상면에서 골반, 엉덩관절, 허리부위에 관절 운동범위, 횡단면에서는 골반, 가슴부위, 허리부위의 관절 운동범위에서 차이를 나타냈다($p < .05$). 본 연구의 결과 팔 움직임의 형태에 따라 보행을 하게 되면 운동 형상학적 변화를 나타내고, 이러한 연구 결과는 임상에서 정상인과 환자들의 보행 비교 자료로 사용될 수 있을 것이다.

Abstract This study was to performed to get the reference data of the kinematic parameters for normal subjects according to the arm movement type. Forty-five normal subjects participated in this study and preformed four sequence according to the arm movement type : normal arm movement, one arm movement, no arm movement, fitness arm movement. The study data was collected from June to August 2010. The kinematic data were measured using Vicon motion system 6MX3 cameras while each subjects walked through a 10m walkway. There were significant differences according arm movement type in the kinematic parameters such as range of motion (ROM) of the right pelvic, hip in sagittal plane, and ROM of the pelvic, hip, lumbar in coronal plane and ROM of the pelvic, thoracic, lumbar in transverse plane. This study can be utilized as the basic reference data in gait analysis for patients with pathologic gaits.

Key Words : Arm Movement, Gait Analysis, Kinematic Parameter

1. 서론

정상보행은 선 자세를 안정되게 유지하면서 신체를 앞으로 움직이게 하는 사지 운동의 반복적인 활동으로 두 관절 이상의 하지와 신체 사이의 상호작용이 요구되는 복잡한 활동이다. 이러한 보행은 안정성과 균형을 유지하고 신체를 전방으로 추진시키며 이동에 필요한 기본적인 운동을 제공하고, 적절한 관절 가동 범위와 안정성은 일상생활동작의 효과적인 수행과 안전에 필수적이라 할 수 있다[1,2].

정상인에게서 보행은 60%의 입각기와 40%의 유각기를 가진다. 입각기란 한쪽 발뒤꿈치가 땅에 닿는 시기부터 동측 발가락이 지면을 떠나는 시기까지로 발뒤꿈치 닿기(heel strike), 발바닥 닿기(foot flat), 발가락 떼기(toe off)의 과정을 가진다. 유각기란 발 끝 밀기가 끝난 직후부터 다시 발뒤꿈치가 땅에 닿기 직전까지의 시기로 초기 유각기(early swing), 중각 유각기(mid swing), 말기 유각기(late swing)의 과정을 가진다. 그리고 양하지가 동시에 땅에 닿게 되는 시기인 단하지 지지기로 인해 체중심이 수직이동이 보행주기 중 2회 발생하고, 내·외측

*Corresponding Author : Hwa-Su Jung(Seonam Univ.)

Tel: +82-10-2610-7340 email: hwasujung@nate.com

Received January 21, 2014

Revised (1st February 18, 2014, 2nd February 24, 2014)

Accepted May 8, 2014

이동이 좌우 각각 1번씩 일어난다[3].

보행시 상지의 역할은 골반부의 횡단면에서의 회전이 상체에 전해질 때, 상지가 반대방향으로 회전이 일어나 보상작용을 하게 되어 상지의 움직임이 몸의 균형을 유지한다[4]. 또한 척수의 CPG(central pattern generator)에서 일어나는 자연스러운 현상으로 보고되었다[5-7]. 또한 정상적인 보행 시 상지의 자연스러운 움직임이 일어나며, 이러한 움직임은 단순히 수동적 진자 운동이 아니라 보행에 영향을 미치는 특징을 가지고 있다[8].

보행 분석은 환자들의 병적 보행기전을 이해하는 데 과학적인 기초를 제공하고, 객관적이고 정량적인 평가를 통한 체계적인 치료와 그에 따른 효과를 정확하게 판단하고자 사용된다[9,10]. 또한 보행분석 시스템은 관찰적 보행분석에서 자동화된 3차원(three-dimensional) 보행 분석에 이르기까지 다양하다[11]. 인간의 복잡한 보행 동작 패턴을 주관적이고 부정확한 관찰로 접근한다는 것은 분석상의 큰 오류를 범할 수 있다. 정상 보행과 병적 보행의 생체 역학적 특성을 객관적으로 분석하기 위한 접근법은 일반적으로 표지자(marker)를 통한 각 관절 동작의 주기와 크기를 나타내는 3차원상의 운동 형상학적 시스템이며, 운동 형상학은 인체 분절과 관절의 가속도와 속도, 각도 및 위치에 대한 관점으로부터 보행을 기술하는 것을 말한다[10].

지금까지의 보행분석에 관한 선행연구들은 대부분 적은 숫자의 환자나 정상인을 대상으로 한 연구들이 많았기 때문에 정상인 및 병적 보행을 보이는 환자들을 위한 보행분석의 표준 자료로 사용하는 데 부족함이 있었다. 특히 팔 움직임에 의한 보행 장애를 가진 환자들과의 비교 연구에는 부족함이 많이 있었다.

따라서 본 연구는 팔 움직임의 문제로 인해 보행에 장애가 있는 환자들과의 비교 분석을 위해 정상인에게서 팔 움직임의 여러 형태를 적용해서 기초자료를 얻고 이를 통해 이후 환자들이 보행 분석 시 필요한 임상적 비교 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구는 M 도시에 위치한 M 대학에 다니는 20대의 정상 성인(남자 28명, 여자 17명)을 대상으로 하였다. 연

구 대상자의 선정 조건은 정신 질환이 없고, 신경학적 손상이 없는 자, 상지나 하지에 정형외과적 문제가 없는 자, 상지나 하지에 집중적인 훈련을 하고 있지 않은 자, 연구 기간 중 균형 조절과 관련된 약물을 복용하지 않는 자, 연구에 동의한 대상자로서 본 연구의 목적과 내용을 충분히 설명을 한 후 동의서를 작성하고, M 대학에 있는 동작 분석실에 설치되어 있는 3차원 동작 분석기를 이용하여 실험을 실시하였다[Table 1].

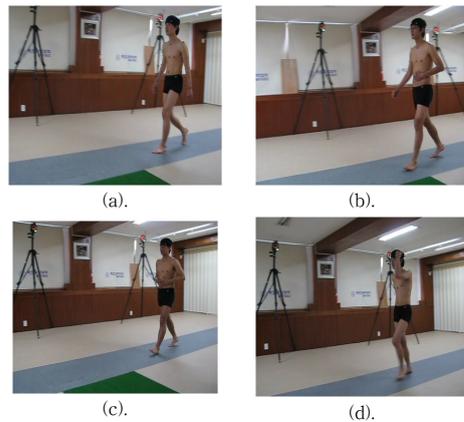
[Table 1] The general characteristics of subject

Variables	Subject
Age(yr)	22.62±2.69*
Height(cm)	168.63±9.56
Weight(kg)	63.69±15.70
Male/Female	28 / 17

*: mean±SD

2.2 연구절차

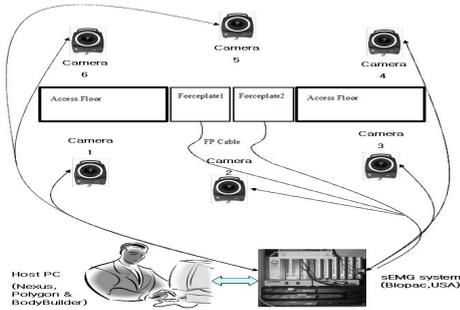
각 연구 대상자에게 실험의 전 과정을 설명한 후, InBody J05 system(Biospace Co., USA)를 이용하여 키와 몸무게를 측정하였다. 보행 분석을 실시하기 전에 실험실의 분위기를 실험 대상자가 충분히 적응할 수 있도록 하고, 실내 온도는 26도로 유지하였다[10]. 실험에 앞서 연구 보조원이 네 가지 팔 움직임 방법에 대해서 시범을 보이고, 대상자가 충분히 이 방법을 적응한 후, “편하게 걸으세요”라는 구두지시와 함께 사전 연습을 실시하였다. 실험 대상자 한명이 이 네 가지 팔 움직임 형태를 실시하고 이를 측정하였다[Fig. 1].



[Fig. 1] Arm movement type.

(a)Normal arm movment (b) One arm movement
(c) No arm movment (d). Fitness arm movement

대상자들의 보행검사는 Vicon Motion System Limited(Oxford, UK)의 Vicon IQ motion capture and analysis software 등을 내장한 PC에 6-camera Vicon MX motion analysis system을 이용하여 보행시의 3차원적인 운동 형상학적인 변화를 검사하였다[Fig. 2][10].



[Fig. 2] Vicon motion system

2.3 자료의 처리 및 통계분석

본 연구는 Windows용 SPSS/pc 12.0 통계 프로그램을 사용하여 각 측정 항목별 평균과 표준편차를 구하였다. 팔 움직임에 따른 운동 형상학적 보행변수의 차이를 알아보기 위해 반복측정 일요인 분산분석(one-way repeated measure ANOVA)을 하였다. 통계학적 유의수

준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

3. 결과

3.1 시상면상의 관절운동범위

팔 움직임에 따른 시상면에서의 관절 운동범위를 분석한 결과는 다음과 같다[Table 2]. 이 표에서 제시하는 값은 골반의 앞·뒤 경사 최대값과 최소값의 차이, 엉덩관절은 굽힘 값과 펴 값의 차이, 무릎관절은 굽힘 최대값과 최소값의 차이, 발목관절은 등 쪽 굽힘 값과 발바닥 쪽 굽힘 값의 차이, 가슴부위와 허리부위는 굽힘 값과 펴 값의 차이를 제시한 것이다.

팔 움직임에 따른 비교분석에서 정상 팔 움직임에 비해서 왼쪽 골반 관절 운동범위는 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>.05$). 오른쪽 골반의 관절 운동범위는 유의한 차이를 나타냈다($p<.01$). 왼쪽과 오른쪽 엉덩관절의 관절 운동범위는 유의한 차이를 나타냈다($p<.01$). 무릎관절과 발목관절, 가슴부위 및 허리부위의 관절 운동범위는 왼쪽과 오른쪽이 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>.05$).

[Table 2] A Comparosn of sagittal plane

(unit : degrees)

	NAM	OAM	NAM	FAM	P
Lt pelvic tilt ROM	2.92±2.06	2.96±2.44	2.76±2.11	3.07±1.94	0.921
Rt pelvic tilt ROM	2.47±0.98	2.69±1.06	2.77±1.63	3.35±1.12 ^a	0.003**
Lt hip ROM	44.01±4.96	43.63±4.64	42.62±7.32	48.10±5.18 ^a	0.000**
Rt hip ROM	42.92±6.45	43.61±5.22	41.57±8.60	47.63±5.66 ^a	0.000**
Lt Knee ROM	55.20±6.92	55.77±6.42	54.93±6.76	55.98±5.95	0.338
Rt knee ROM	59.90±5.79	58.57±5.93	58.99±5.30	57.32±7.58 ^a	0.062
Lt anke ROM	30.69±5.60	31.52±5.78	31.56±6.13	30.43±5.32	0.151
Rt ankel ROM	29.93±7.99	30.25±4.85	31.57±6.79	29.32±12.04	0.442
Lt thorax ROM	3.34±1.26	3.62±1.05	3.35±1.09	3.76±1.23 ^a	0.084
Rt thorax ROM	3.34±1.18	3.65±0.84	3.68±1.29 ^a	3.54±1.15	0.330
Lt lumbar ROM	3.79±2.36	4.02±2.61	3.59±1.55	3.60±1.82	0.691
Rt lumbar ROM	3.59±1.88	3.55±1.77	3.87±2.06	3.66±1.54	0.748

Valus are mean±SD. ROM: range of motion

^a: Significantly different from normal arm movement

*:p<.05, **:p<.01

NAM : Normal arm movement

OAM: One arm movment

NAM: No arm movment

FAM: Fitness arm movement

[Table 3] A comparison of coronal plane (unit : degrees)

	NAM	OAM	NAM	FAM	P
Lt pelvic ROM	10.86±2.78	10.21±2.38 ^a	9.42±2.20 ^a	11.74±3.18 ^a	0.000**
Rt pelvic ROM	10.92±2.56	10.6±2.30 ^a	9.30±2.02 ^a	11.64±3.06 ^a	0.000**
Lt hip ROM	14.13±2.89	14.09±3.12	13.17±3.10 ^a	14.95±2.82 ^a	0.000**
Rt hip ROM	14.70±2.87	14.57±2.78	13.38±2.58 ^a	15.16±2.80	0.000**
Lt knee ROM	20.33±8.31	20.60±7.97	19.89±8.10	20.61±7.66	0.264
Rt knee ROM	12.07±6.25	12.52±7.11	11.62±6.20	13.55±7.33	0.110
Lt thorax ROM	3.65±2.16	3.33±1.54	3.08±1.37	3.85±1.57	0.107
Rt thorax ROM	3.30±1.72	2.97±1.37	3.26±1.40	3.81±1.55	0.038 ^c
Lt lumbar ROM	13.85±2.63	12.44±3.07 ^a	11.93±2.41 ^a	15.05±5.49	0.000**
Rt lumbar ROM	13.82±2.80	12.86±2.43 ^a	12.00±2.59 ^a	14.81±3.57 ^a	0.000**

Value are mean±SD. ROM: range of motion

^a: Significantly different from normal arm movement

^{*}:p<.05, ^{**}:p<.01

[Table 4] A Comparison of transverse plane (unit : degrees)

	NAM	OAM	NAM	FAM	P
Lt pelvic ROM	12.02±3.40	9.70±3.09 ^a	7.82±3.16 ^a	3.42±3.55 ^a	0.000**
Rt pelvic ROM	12.49±3.33	9.93±3.01 ^a	7.69±3.33 ^a	13.10±4.01	0.000**
Lt hip ROM	28.60±10.15	28.77±8.34	28.69±8.48	28.66±9.50	0.997
Rt hip ROM	21.37±7.19	21.30±7.25	21.17±6.97	20.63±8.27	0.795
Lt foot ROM	9.13±3.93	9.10±3.50	9.05±3.44	9.28±3.55	0.966
Rt foot ROM	9.56±3.09	8.77±2.71 ^a	9.36±3.10	10.63±6.18	0.030
Lt thorax ROM	5.51±2.51	5.83±1.82	7.03±2.79 ^a	10.77±4.90 ^a	0.000**
Rt thorax ROM	5.18±3.06	5.98±2.05	6.89±2.55 ^a	11.37±4.23 ^a	0.000**
Lt lumbar ROM	12.41±2.88	10.70±2.99 ^a	8.61±2.80 ^a	19.75±5.09 ^a	0.000**
Rt lumbar ROM	12.56±2.93	10.75±3.37 ^a	8.54±2.92 ^a	18.31±9.63 ^a	0.000**

Value are mean±SD. ROM: range of motion

^a: Significantly different from normal arm movement

^{*}:p<.05, ^{**}:p<.01

3.2 관상면상의 관절운동범위

팔 움직임에 따른 관상면상에서의 관절 운동범위를 분석한 결과는 다음과 같다[Table 3]. 이 표에서 제시하는 값은 골반은 가쪽 경사 상부 값과 하부 값의 차이, 엉덩 관절은 모음 값과 벌림 값의 차이, 무릎관절은 안쪽굽이 값과 바깥굽이 값의 차이, 가슴과 허리부위는 가쪽 굴곡의 최대값과 최소값의 차이를 제시한 것이다. 팔 움직임에 따른 비교분석에서 정상 팔 움직임에 비해서 왼쪽과 오른쪽 골반과 엉덩관절의 관절 운동범위에서 유의한 차이를 나타냈다(p<.01). 무릎관절의 관절 운동범위는 왼쪽과 오른쪽 모두 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>.05).

가슴 부위에서는 왼쪽 가슴부위의 관절 운동범위는 유의한 차이를 나타내지 않았고(p>.05), 오른쪽 가슴부위의 관절 운동범위는 유의한 차이를 나타냈다(p<.05). 허리부위의 관절 운동범위는 왼쪽과 오른쪽 모두 유의한 차이를 나타냈다(p<.05).

3.3 횡단면상의 관절운동범위

팔 움직임에 따른 횡단면상에서의 관절 운동범위를 분석한 결과는 다음과 같다[Table 4]. 이 표에서 제시하는 값은 골반에서는 안쪽돌림 값과 가쪽돌림 값의 차이, 엉덩관절은 안쪽돌림 값과 가쪽돌림 값의 차이, 발에서는 최대값과 최소값의 차이, 가슴과 허리부위는 돌림 최대값과 최소값의 차이를 제시한 것이다. 팔 움직임에 따른 비교분석에서 정상 팔 움직임에 비해서 왼쪽과 오른쪽 골반의 관절 운동범위는 유의한 차이를 나타냈다(p<.01). 엉덩관절은 왼쪽과 오른쪽 관절 운동범위에서 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>.05). 발은 왼쪽에서는 유의한 차이를 나타내지 않았고(p>.05), 오른쪽에서는 유의한 차이를 나타냈다(p<.05). 가슴부위와 허리부위에서는 왼쪽과 오른쪽 관절 운동범위가 모두 유의한 차이를 나타냈다(p<.01).

4. 논의

본 연구는 정상 성인을 대상으로 하여 팔 움직임의 종류에 따라 보행 분석을 통해 운동형상학적인 변화를 관찰하고자 실시하였다.

본 실험의 결과 시상면에서는 오른쪽 골반과 왼 엉덩관절, 관상면에서는 골반과 엉덩관절, 허리부위, 횡단면에서는 골반과 가슴부위, 허리부위의 관절 운동범위에서 유의한 차이를 나타내었다.

Huang 등[12]은 파킨슨병 환자의 상지 움직임의 협응과 대칭에 관한 연구에서 양팔의 협응 감소는 비대칭에 기여할 수 있다고 하였다. 또한 Son과 Kim[13]의 연구에서도 파킨슨병 환자의 보행 시 상지 팔 움직임의 감소뿐만 아니라 양팔의 비대칭 또한 파킨슨병 환자에게 나타나는 중요한 임상적 증상으로 보행에 영향을 준다고 보고하였다. Bae 등[14]은 시상면에서의 골반의 움직임은 전·후방 경사, 관상면에서는 가쪽 경사, 횡단면에서는 회전의 움직임을 보인다. Kim[15]은 보행중의 골반은 전후 경사 진폭이 약 5도, 측방 경사가 약 10도, 전·후방 회전이 약 10도라고 하였으며, Ohsato [16]는 보행 시 팔의 역할은 골반에서의 회전이 상체에 전해져서 같은 방향으로 일어나는 회전을 보상하기 위해 반대방향으로 일어나는 회전을 발생시켜 몸의 균형을 유지하는 것이라고 보고하였다. Yoon 등[10]의 연구에서는 우리 나라 연령별 보행 분석을 실시하였는데 정상 팔 흔들기와 비교해서 골반과 엉덩관절, 무릎관절, 발에서는 유사한 결과를 나타냈다. 팔 움직임에 종류에 의해서 관절 운동범위가 각면에서 작아지거나 커짐에 따라 골반 움직임의 증가나 감소가 나타나는데 이는 팔 움직임에 대한 보행 안정성을 제공하기 위한 보상작용일 것이라고 생각된다. 엉덩관절을 살펴보면 시상면에서는 오른쪽 엉덩관절이 두 팔의 움직임을 제한하였을 때 감소를 나타냈고, 관상면에서는 한 팔과 두 팔의 움직임을 제한하였을 때 감소를 나타냈다. 횡단면에서는 왼쪽은 점점 증가하였고, 오른쪽은 점점 감소하는 경향을 보였다. 이러한 이유는 팔 움직임을 제한하였을 때 하지에 전달되는 회전력의 감소로 인해서 왼쪽 엉덩관절의 회전력을 더 많이 증가시키기 위함이고, 이로 인해서 반대편인 오른쪽에서의 감소를 보이는 것으로 생각된다.

팔 움직임에 따른 흉부와 요부의 형상학적인 분석을 하면, 먼저 체간은 보행에 있어서 균형을 유지하면서 중

력에 대하여 독립된 자세를 유지하고 사지의 움직임을 대비하는 자세적 역할과 중심이동을 원활히 하여 새로운 자세로 쉽게 움직이도록 하는 동적인 역할을 수행한다 [17]. Kubo 등[18]과 LaFiandra 등[19]의 연구에서는 편마비 환자의 마비된 측보다는 마비되지 않은 측의 상지를 더 많이 사용하면서 흉부 수평 회전의 양이 달라지고 이로 인하여 골반에서의 수평 회전이 비대칭적으로 변한다는 것을 보고하였다. Ford 등[20]의 연구에서 건강한 성인을 대상으로 상지를 제한하지 않은 상태와 우세 상지, 그리고 비우세 상지를 각각 제한하였을 때 골반과 흉부, 체간의 회전이 감소되고 상지의 움직임이 제한이 없을 때 상지와 하지의 협조성이 증가된다고 보고하였다. 또한 Meyns 등[21]의 연구에서는 팔 흔들기와 보행속도와의 관련성을 보았는데, 팔 흔들기가 체간회전과의 상관관계가 있음을 보고하였다. 본 연구도 이와 유사한 결과를 나타냈다. 팔의 움직임을 제한함으로써 체간의 움직임이 왼쪽과 오른쪽에서 운동범위의 감소와 증가를 나타내는 것은 어느 한쪽의 운동범위의 감소가 다른 쪽의 운동범위의 증가를 만들어 내게 되는데, 이는 서로 인체의 균형을 맞추어 가는 보상작용이라고 생각된다. 또한 팔 흔들기를 제한하지 않고 팔 흔들기를 증가시키면 체간의 회전성이 증가된다는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 정상 성인을 대상으로 하였기 때문에 일반 환자들의 팔 움직임과 보행 패턴과는 다르다. 따라서, 정상 성인과 환자들과의 팔 움직임 제한을 비교하는 추가적인 연구가 필요할 것이라고 생각된다.

5. 결과

본 연구는 정상 성인의 팔 움직임 종류에 따른 운동형상학적인 변화를 알아보기 위함이다. 45명의 정상 성인을 대상으로 한 사람이 네 가지 팔 움직임 종류인, 정상 팔 움직임 보행, 한 팔 움직임 보행, 두 팔 움직임 억제 보행, 파워 보행의 순서대로 실시하였다. 팔 움직임에 따른 운동 형상학적 보행변수의 변화는 정상과 비교해 시상면에서 오른쪽 골반, 엉덩관절, 관상면에서 골반, 엉덩관절, 허리부위, 횡단면에서는 골반, 가슴부위, 허리부위의 관절 가동범위에서 차이를 나타냈다.

아직까지 정상 성인을 대상으로 한 팔 움직임 종류에 따른 연구는 미흡한 편이다. 그러므로 본 연구의 결과를

기준으로 해서 팔 움직임의 장애로 인한 환자들의 보행 분석에 대한 비교 자료로 사용될 수 있을 것이다.

References

- [1] S. Y. An, S. B. Kim and K. K. Lee, "A comparative study of characters of muscle activity in lower limb and gait pattern on type of heel Rockers", *Korean Journal of Sports Biomechanics*, Vol. 17, No. 1, pp. 111-119, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2007.17.1.111>
- [2] I. H. Lee, "Reliability of visual gait analysis according to clinical experience level of physical therapists", *J Korean Soc Phys Ther*, Vol. 25, No. 4, pp. 174-179, August, 2013.
- [3] B. K. Kim, T. H. Kim, "The change of lower-limb muscle activity according to gait speed when normal and assistive gait of older", *Korean J Orhthop Manu Ther*, Vol. 14, No. 2, pp. 60-67, 2008.
- [4] B. R. Umberger, "Effects of suppressing arm swing on kinematics, kinetics, and energetics of human walking", *Journal of Biomechanics*, Vol. 41, No. 11, pp. 2575-2580, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.05.024>
- [5] K. I. Ustinova, A. G. Feldman, M. F. Levin, "Central resetting of neuromuscular steady states may underlie rhythmical arm movements", *Journal of Neurophysiology*, Vol. 96, No. 3, pp. 1124-1134, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1152/jn.01152.2005>
- [6] E. P. Zehr, C. Haridas, "Modulation of cutaneous reflexes in arm muscles during walking: further evidence of similar control mechanisms for rhythmic arm and leg movements", *Experimental Brain Research*, Vol. 149, No. 2, pp. 260-266, 2003.
- [7] O. K. Lee, D. H. An, "Changes in Gait parameters by arm sling types in healthy adults", *The Journal of Korea Contents Association*, Vol. 10, No. 5, pp. 267-276, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2010.10.5.267>
- [8] J. S. Kim, O. H. Kwon, "The effects of arm swing on gait in post-stroke hemiparesis", *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, Vol. 8, No. 3, pp. 407-415, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.13066/kspm.2013.8.3.407>
- [9] L. M. Schutte, U. Narayanan, J. L. Stout, P. Selber, J. R. Gage, M. H. Schwartz, "An index for quantifying deviatios from normal gait", *Gait & Posture*, Vol. 11, pp. 25-31, 2000.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6362\(99\)00047-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6362(99)00047-8)
- [10] N. M. Yoon, H. J. Yoon, J. S. Park, H. S. Jung, G. Kim, "The comparative study on age-associated gait analysis in normal korean", *J Kor Soc Phys Ther*, Vol. 22, No. 2, pp. 15-24, 2010.
- [11] G. Kim, N. M. Yoon, "A study on kinetic gait analysis of the normal adult", *J Kor Soc Phys Ther*, Vol. 21, No. 2, pp. 87-95, 2009.
- [12] X. Huang, J. M. Mahoney, M. M. Lewis, Du. Guangwei, S. J. Piazza, J. P. Cusumano, "Both coordination and symmetry of arm swing are reduce in Parkinson's disease", *Gait & Posture*, Vol. 35, No. 3, pp. 373-377, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.10.180>
- [13] H. H. Son, E. J. Kim, "Arm swing asymmetry and effect of auditory cues on amplitude in the patient with Parkinson's disease", *Journal of the Korea Academia-Industrial*, Vol. 14, No. 1, pp. 344-350, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.10.180>
- [14] S. S. Bae, T. Y. Kim, H. A. Chung, J. H. Bae, "A comprehensive kinetic approach to pelvis", *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*, Vol. 11, No. 2, pp. 93-102, 1999.
- [15] B. J. Kim, "The study on difference of gait asymmetry ration according to static pelvic inclination level in hemiplegic patient", *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*, Vol. 18, No. 3, pp. 1-7, 2006.
- [16] Y. Ohsato, "Relationships between trunk roation and arm swing in human walking", *Japanese Orthopedic Association*, Vol. 87, No. 5, pp. 440-448, 1993.
- [17] J. M. Song, S. M. Kim, "The effect of trunk stability exercise on balance and gait in stroke patient", *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, Vol. 5, No. 3, pp. 413-420, 2010.
- [18] M. Kubo, R. C. Wagenaar, E. Saltzman, K. G. Holt, "Biomechanical mechanism for transitions in phase and frequency of arm and leg swing during walking", *Biological Cybernetics*, Vol. 91, No. 2, pp. 91-98, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00422-004-0503-5>
- [19] M. LaFinadra, R. C. Wagenaar, K. G. Holt, J. P. Obusek, "How do load carriage and walking speed influence trunk coordination and stride parameters?", *Journal of biomechanics*, Vol. 36, No. 1, pp. 87-95, 2003.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290\(02\)00243-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290(02)00243-9)
- [20] M. P. Ford, R. C. Wagenaar, K. M. Newell, "Arm

constraint and walking in healthy adults", *Gait & Posture*, Vol. 26, No. 1, pp. 135-141, 2007.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.08.008>

- [21] P. Meyns, L. Van Gestel, F. Massaad, K. Desloovere, G. Molenaers, J. Duysens, "Arm swing during walking at different speeds in children with cerebral palsy and typically developing children", *Res Dev Disabil*, Vol. 32, No. 5, pp. 1957-1964, 2011.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2011.03.029>

정 화 수(Hwa-Su Jung)

[정회원]



- 2003년 2월 : 동신대학교 물리치료학과 (물리치료학석사)
- 2011년 2월 : 서남대학교 일반대학원 물리치료학과 (보건학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 서남대학교 작업치료학과 조교수

<관심분야>

물리치료, 신경해부생리학, 보행분석,