

## 파킨슨병 환자의 상지 스윙의 비대칭과 청각신호에 따른 보행 시 진폭에 미치는 영향

손호희<sup>1</sup>, 김은정<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>부산가톨릭대학교 물리치료학과, <sup>2</sup>마산대학교 물리치료과

### Arm Swing Asymmetry and Effect of Auditory Cues on Amplitude in the Patients with Parkinson's Disease

Ho-Hee Son<sup>1</sup> and Eun-Jung Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of physical therapy, Catholic University of Pusan

<sup>2</sup>Department of physical therapy, Masan University

**요 약** 본 연구의 목적은 파킨슨병 환자의 청각 신호에 따른 보행 시, 상지 스윙의 비대칭과 진폭에 미치는 영향을 알아보기 위함이다. 연구의 대상자는 초기 파킨슨병으로 진단받은 14명의 환자로, 청각 신호(빠른 속도, 일반적인 속도, 느린 속도)를 무작위 순서로 제공하여 보행을 실시하였다. 청각 신호 속도는 전자 메트로놈을 이용하여 대상자의 자연스러운 보행 속도보다  $\pm 20\%$  속도를 적용하였다. 각각의 속도에 따른 청각 신호를 적용한 보행을 실시하는 동안, 동작분석기를 사용하여 보행 시 상지 스윙의 운동학적 변수를 비교 분석하였다. 정상 속도의 보행 시 파킨슨병 환자의 양측 상지 스윙 진폭의 비교에서는 더 많은 영향을 받은 쪽(MAS)의 상지 스윙 진폭에서 유의한 감소가 나타났다( $p < .05$ ). 청각 신호 속도에 따른 보행 시의 비교에서는 빠른 속도의 청각 신호를 적용한 보행 시 상지 스윙의 유의한 증가가 나타났다( $p < .05$ ). 본 연구의 결과를 통해 파킨슨 환자의 보행 시 양측 상지 스윙의 비대칭을 확인할 수 있었으며 또한 보행 시 빠른 청각 신호를 적용하는 경우, 파킨슨병 환자의 상지 스윙을 증가시켜 자연스러운 보행양상을 유도할 수 있으므로 중재 시 필요에 따라 적절한 속도의 청각 신호를 적용하여 보행훈련에 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

**Abstract** A recent study reporting significantly reduced symmetry in arm swing amplitude in early Parkinson's disease (PD), as measured during gait by auditory cues velocity, led to this investigation of arm swing symmetry and amplitude in PD. The subjects were 14 elderly patients diagnosed with PD. Patients were measured of three conditions performed in random order: slow, general, fast. The auditory cue velocity consisted of a metronome beat  $\pm 20\%$  than the subject's general gait speed. Using a motion analysis measurement system, changes in kinematic variables were compared to arm swing analysis. PD groups showed a highly significant reduction of the arm swing amplitude on the more affected body side(MAS)( $p < .05$ ). Comparison between the auditory cues velocity, there was a significant increase arm swing amplitude in fast velocity gait than slow and general velocity gait( $p < .05$ ). We conclude that motion analysis during gait by auditory cues velocity allows reliable investigation of asymmetric arm movements in early PD patients which attenuate with ongoing disease. The measurement of limb kinematics during gait by auditory cues velocity can broaden our methodological line-up for the analysis of complex motor programs in movement disorders.

**Key Words** : Parkinson's disease, Auditory cue, Arm swing

\*Corresponding Author : Eun-Jung Kim (Masan University)

Tel: +82-55-230-1347 email: eunjung704@hanmail.net

Received October 31, 2012

Revised (1st December 14, 2012, 2nd December 24, 2012)

Accepted January 10, 2013

## 1. 서론

파킨슨병은 대뇌 기저핵의 도파민 결핍으로 인해 발생하는 대표적인 퇴행성 뇌질환중 하나로, 파킨슨병 환자는 진전(tremor), 강직(rigidity), 운동완서(bradykinesia), 보행장애(gait disorder) 등의 감각-운동 통합(sensory-motor integration) 장애를 나타낸다[1]. 대뇌 기저핵의 기능은 감각-운동 신호를 대뇌피질로 보내어 움직임의 속도와 진폭(amplitude)을 조절함으로써, 보행 및 돌기(turning around) 등과 같은 학습된 운동 기능(motor skill)을 수행할 수 있는 능력들을 조절한다[2,3]. 파킨슨병 환자들은 정상 보행 패턴(steping pattern)을 생성하는 능력을 잃는 것은 아니지만, 운동 조절 계통을 활성화하는 데 어려움을 가지게 되어 보행 장애를 나타내게 된다[4].

이러한 파킨슨병 환자들의 보행 장애를 감소시키기 위해 감각신호를 사용하는 중재방법에 대한 연구가 많이 보고되고 있다. 외적 신호의 적용은 파킨슨병 환자에게 시-공간적인 자극을 유발하여 손상된 기저핵의 기능을 대신해 움직임의 시작과 연속성에 관여하며, 특히 보행에 가장 많은 영향을 주게 된다[5-7]. 또한, 제시되는 자극이나 신호의 양상(modality)에 따라 파킨슨병 환자의 운동 수행 변화에 미치는 영향이 다르게 나타난다고 보고되고 있다[8,9]. 시각 신호나 리듬적인(rhythmic) 청각 신호 등의 외적 신호를 제공하여 파킨슨병 환자의 보행을 개선시킬 수 있다[5,10-12]. 청각 신호는 기저핵의 내적 리듬(internal rhythm) 결합을 보완할 수 있는 외적 리듬(external rhythm)을 제공하게 된다. 흔히 메트로놈을 사용하거나, 대상자의 보통 분속수나 그보다 조금 빠르게 설정된 음악에 의해 생성되는 일반적인 리듬적 신호를 적용한다[11]. 청각 신호를 적용하는 것은 트레드밀을 사용하여 물리적으로 다리의 움직임을 제한하는 방법과는 달리 청각 신호를 적용하여 손상된 대뇌 기능을 대신하여 내적 신호를 유발시켜 움직임의 속도와 진폭의 변화를 이끌어내는 것이다[11-13].

지금까지의 파킨슨병 환자에 대한 보행연구에서 상지의 역할은 크게 강조되지 않고 있다. 보행 시 팔의 역할은 골반에서의 회전(rotation)이 상체에 전해져 같은 방향으로 일어나는 회전을 보상하기 위해 반대 방향으로 회전을 발생시켜 몸의 균형을 유지하는 것이다[14,15]. 상지 스윙은 몸의 각 운동량을 균형 있게 조절하고 신체 중심의 외측 기울임을 감소시키는 것에 의해 보행하는 동안 인체의 안정성에 도움을 준다[16].

보행을 하는 동안 리듬적인 팔 움직임을 양측(side-to-side) 차이는 파킨슨병 환자에서 흔히 관찰되는 임상적 징후(sign)이다[17]. 최근 보행 분석 연구에서 파

킨슨병 환자의 상지 스윙 속도와 관절가동범위의 유의한 감소를 입증하였다[18,19]. 이처럼 감소된 상지 스윙은 파킨슨병 환자에게 발생하는 가장 흔한 운동 장애이며[20], 낙상의 위험 증가와 관련이 있음에도 불구하고[21], 보행 동안 파킨슨병 환자의 상지 움직임 변화를 설명하는 연구는 많지 않다[22]. 파킨슨병 환자 보행에 대한 대부분의 평가는 감소된 보행 속도, 활보장, 유각시간 대 입각시간의 비율, 그리고 분속수를 나타내는 하지에 중점을 둔다[23-25].

이에 본 연구에서는 파킨슨병 환자를 대상으로 보행 시 양측 상지 스윙의 비대칭을 알아보고, 청각 신호를 적용한 보행 시 상지 스윙에 차이가 있는지를 비교하여 향후 파킨슨병 환자의 보행훈련 시 자연스러운 보행패턴을 유도하고 감소되는 상지 스윙에 대한 중재방법으로서 적절한 청각 신호 속도 제시를 위한 근거를 제시하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 대상

본 연구는 B광역시 D대학병원 신경과에서 특발성 파킨슨병으로 진단받은 환자로 본 연구의 기준에 부합한 파킨슨병 환자 14명을 대상으로, 2012년 1월부터 2012년 2월까지 시행하였다. 파킨슨병 환자들은 항파킨슨 약을 복용 중이었으며, UK Parkinson's disease society brain bank 임상기준으로 신경과 의사에 의해 파킨슨병을 진단 받은 자, Hoehn & Yahr 척도의 2-3 단계에 있는 자, 보행 보조도구 없이 혼자서 보행이 가능한 자로 하였으며, 모든 대상자는 연구에 대한 설명을 듣고 이해를 구하여 자발적 동의를 얻은 후 실험에 참여하였다.

### 2.2 연구절차 및 측정도구

#### 2.2.1 연구절차

연구대상자들에게 연구절차를 알려주기 위해서 연구 보조원이 시범을 보인 후 연구를 시행하였다. 모든 연구 대상자들은 실험실에 익숙해지도록 보행연습을 하여 자연스러운 보행을 유도한 후 전자 메트로놈을 이용하여 느린 속도, 보통 속도, 그리고 빠른 속도의 청각 신호 보행을 하도록 지시하였다. 청각 신호 보행 속도는 선행 연구를 참고하여 메트로놈 속도(비트/분)를 대상자의 자연스런 보행 속도와 자연스런 보행속도의  $\pm 20\%$  속도를 유지하면서 보행로를 걷도록 하였다[26].

제공되는 청각 신호 속도의 순서는 무작위로 하였으며, 각각의 신호 보행 사이에는 충분한 휴식을 제공하였

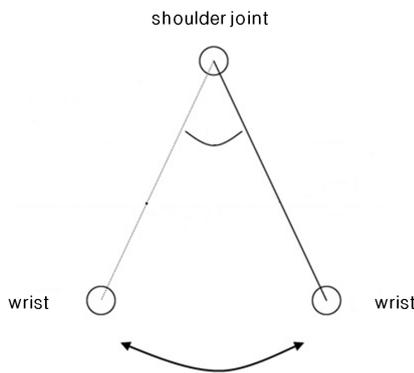
다. 보행검사는 마커를 부착한 상태에서 6m 거리를 10회 이상 반복 보행 후 가장 자연스러운 보행양상을 3회 선택하여 분석을 시행하였다.

### 2.2.2 측정도구

파킨슨병 환자의 청각 신호 속도에 따른 보행 시의 상지 스윙 분석을 위해 적외선 카메라 6대로 구성된 Hawk Digital System(60Hz, Motion Analysis, 미국)을 사용하였고, 촬영된 데이터들은 EVaRT 5.0 소프트웨어를 사용하여 수집하였으며, Cortex 64와 OrthoTrak 6.6.4 소프트웨어로 처리하였다.

대상자들의 일반적인 특성을 알기 위해서 키와 몸무게를 측정하였다. 보행검사에 필요한 발광마커는 영상분석에 필요한 1.25mm 반사마커를 사용하였으며, 운동학적 분석 측정 모델인 Helen-Hayes maker set을 따라 마커를 부착하였다.

청각 신호를 적용한 보행동안 상지 스윙과 진폭은 그림과 같다[Fig. 1].



[Fig. 1] Arm swing and amplitude

### 2.3 자료분석

실험 후 획득된 자료에 대해 PASW 18.0 for window를 이용하여 통계처리 하였으며, 파킨슨병 환자의 보행 시 비대칭적 상지 스윙의 비교를 위하여 독립표본 t 검정 (independent t-test)을 사용하였고, 청각 신호 속도에 따른 보행 시 상지 스윙 분석을 위하여 이원배치분산분석

(two-way ANOVA)을 사용하였다. 통계학적 유의수준을 검증하기 위한 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 설정하였다.

## 3. 결 과

### 3.1 연구 대상자의 일반적 특성

연구에 참여한 전체 대상자는 남성 5명, 여성 9명이었고 일반적 특성은 다음과 같다. 평균 연령은 65.07±6.59세, 평균 신장은 159.00±8.75mm, 평균 몸무게는 56.85±8.06kg 그리고 유병기간은 66.45±40.04개월이었다[Table 1].

[Table 1] General characteristic of the subject (M±SD) (n=14)

Variables	Subjects
Age(yrs)	65.07±6.59
Height(cm)	159.00±8.75
Body weight(kg)	56.85±8.06
Sex(F/M)	9/5
Months since diagnosis	66.45±40.04

M±SD : mean ± standard deviation

### 3.2 비대칭적 상지 스윙의 비교

일반적인 속도의 보행 시 파킨슨병 환자의 양측 상지 스윙에서 유의한 차이를 보였다( $p<.05$ )[Table 2].

### 3.3 청각 신호 속도에 따른 보행 시 상지 스윙 비교

파킨슨병 환자의 청각 신호 속도에 따른 보행 시 시상면상에서 상지 스윙은 청각 신호 속도에 따라 유의한 차이를 보였으며( $p<.05$ ), 더 많은 영향을 받은 쪽(more affected side, MAS)과 그렇지 않은 쪽(less affected side, LAS) 사이의 변화에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다( $p<.05$ )[Table 3]. 청각 신호 속도와 손상정도에 따른 교호 작용에서는 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>.05$ ).

사후검정 결과, 파킨슨병 환자의 청각 신호 속도에 따른 보행 시 MAS와 LAS에서 상지 스윙은 빠른 청각 신

[Table 2] Comparison of arm swing asymmetry (Mean±SD)

	MAS	LAS	t	p
Arm swing amplitude (°)	22.69±2.54	34.59±3.60	-2.70	0.01*

\*  $p<.05$

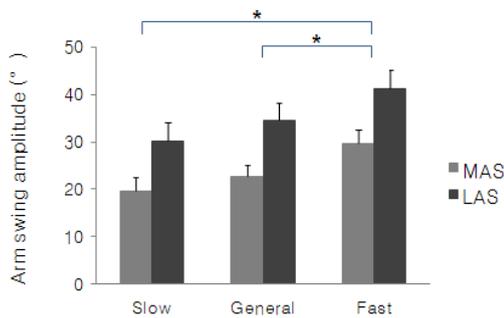
MAS : more affected side, LAS : less affected side

[Table 3] Comparison of arm swing amplitude depending on different auditory cues velocity (Mean±SD)

		Slow	General	Fast	within groups		between groups	
					F	p	F	p
Arm swing amplitude (°)	MAS	19.66±2.89	22.69±2.54	29.70±2.76	14.46	0.00*	26.95	0.00*
	LAS	30.16±4.03	34.59±3.60	41.21±3.83	12.83	0.00*		

\* p<.05

호 속도가 느린 청각 신호 속도와 보통 청각 신호 속도에 유의한 차이를 보였다(p<.05)[Fig. 2].



[Fig. 2] Post-Hoc test

#### 4. 고 찰

본 연구는 파킨슨병 환자의 청각 신호 속도에 따른 보행동안 상지 스윙 변화를 알아보기 위해 파킨슨병 환자를 대상으로 청각 신호의 속도를 다르게 적용하여 보행 시 상지 스윙에 대한 운동학적 변수를 측정하였다.

파킨슨병 환자의 보행 시 상지 스윙의 감소는 흔하게 나타나는 현상이다. 최근 여러 연구에서 파킨슨병 환자의 보행 시 상지 스윙의 속도와 범위에 대한 연구가 이루어지고 있다. Lewek 등[19]은 초기 파킨슨병 환자를 대상으로 한 보행 연구에서 단일 활보장(single strides)동안 나타나는 몸통에 대한 손목의 진폭(excursions)이 심한 비대칭을 나타낸다고 하였고, Zampieri 등[18]은 일어나 걸어가기(timed up and go test) 검사 동안 착용 센서(wearable sensor)를 사용하여 측정한 최대 상지 스윙 속도에서 비대칭을 보고하였으며, Huang 등[22]은 파킨슨병 환자의 상지 스윙의 협응(coordination)과 대칭에 관한 연구에서 양팔의 협응 감소는 비대칭에 기여할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 파킨슨병 환자의 보행동안 양측의 상지 스윙의 각도에서 유의한 차이를 보여 상지 스윙의 비대칭이 나타남을 보여주었다. 이는 선행연구의 결과와 일치하며, 일반적으로 나타나는 파킨슨병 환자의 보행 시 상지

스윙 감소뿐만 아니라 양팔의 비대칭 또한 파킨슨병 환자에게 나타나는 중요한 임상적 증상을 입증하는 결과이므로, 파킨슨병 환자 치료 시 고려되어야 할 사항이라 여겨진다.

청각 신호의 사용은 파킨슨병 환자의 보행 속도나 걸음수와 같은 연속적인 움직임과 시간적 지표에 많은 영향을 준다고 하였다[29,30]. Ford 등[31]은 파킨슨병 환자에게 점진적인 청각 신호를 적용한 보행 훈련의 결과, 보행 속도와 활보장, 분속수가 유의하게 증가하였다고 하였다.

보행 속도는 정상과 비정상 보행에서 중요한 외적 요소라 할 수 있다. 보행 속도가 약 0.8% 보다 낮으면 작은 상지 스윙이 나타나며 팔 움직임 횟수는 걸음걸이 횟수와 동기화된[32,33]. Kultz-Buschbeck 등[34]과 Eke-Okoro 등[35]은 보행 속도의 증가는 상지 스윙 진폭을 증가시킨다고 하였다. Roggendorf 등[36]은 보행 속도에 따른 파킨슨병 환자의 상지 스윙 각도의 비교에서 LAS측에서는 보행속도가 빨라짐에 따라 상지 스윙 각도의 유의한 증가가 나타났으나, MAS측 각도의 증가는 있었으나 유의한 차이는 나타나지 않았다고 하였다. 본 연구에서는 트레드밀을 이용하여 보행 시 일정한 간격으로 수동적으로 속도를 증가시킨 선행연구와는 달리 보행 시 감각자극을 유발하여 손상된 기저핵의 기능을 대신하기 위한 방법으로 청각 신호를 적용하였다. 외부적으로 적용할 수 있는 감각 신호 중 청각 신호의 사용은 파킨슨병 환자의 보행 속도나 분속수 등의 움직임의 연속성과 같은 보행변수에 영향을 많이 준다고 하였으며[28], Thaut 등[12]은 청각신호의 적용이 파킨슨병 환자의 보행에 더욱 효과적이라고 하였다. 본 연구에서는 여러 가지 속도의 청각신호를 적용하여 파킨슨병 환자의 보행 시 상지 스윙에 미치는 영향을 알아보려고 하였으며 대상자들의 일반적인 보행 속도보다 빠르게 적용한 청각 신호 속도 보행은 파킨슨병 환자의 보행 속도를 증가시키게 되고 이러한 보행 속도의 증가가 양측 상지 스윙 진폭의 증가를 가져온 것으로 보여진다. 또한 본 연구에서는 LAS측 뿐만 아니라 MAS측의 상지 스윙 진폭에서도 유의한 증가를 나타내어 청각 신호의 적용을 통해 자연스러운 보행양상을 유도하여 파킨슨병 환자의 보행의 질적 향상을 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 외래 진료를 받는 파킨슨병 환자를 대상으로 하였기 때문에 대상자의 보행 양상이 많이 심하지 않아 본 연구 결과를 파킨슨병 환자 전체에 일반화하는데 어려움이 있으며, 청각 신호 속도를 이용하여 단기적인 보행패턴의 변화를 보였으나 이러한 청각 신호 속도에 대한 상지 스윙 훈련의 장기적인 효과에 대해서는 평가되지 못한 것이 이 연구의 제한점으로 볼 수 있다. 따라서 앞으로 임상에서 청각 신호 속도를 이용한 파킨슨병 환자의 보행훈련 시 상지 스윙에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 5. 결론

파킨슨병 환자의 청각 신호에 따른 보행 시, 상지 스윙의 비대칭과 진폭에 미치는 영향을 알아보기 위해 14명의 파킨슨병 환자를 대상으로, 전자 메트로놈을 이용한 청각 신호(빠른 속도, 일반적인 속도, 느린 속도)를 무작위 순서로 제공하여 보행을 실시하였다. 정상 속도의 보행 시 파킨슨병 환자의 양측 상지 스윙 진폭의 비교에서는 더 많은 영향을 받은 쪽(MAS)의 상지 스윙 진폭에서 유의한 감소가 나타났으며, 청각 신호 속도에 따른 보행 시의 비교에서는 빠른 속도의 청각신호를 적용한 보행 시 상지 스윙의 유의한 증가가 나타났다.

아직까지 파킨슨병 환자의 보행에 청각 신호를 적용하고 이를 통해 상지 움직임에 미치는 영향을 알아본 연구는 미흡한 편이다. 그러나 본 연구의 결과를 볼 때 청각 신호는 속도에 따라 파킨슨병 환자의 보행동안 상지 스윙 차이를 나타내는 것을 알 수 있다. 이를 통해 파킨슨병 환자의 청각 신호 속도에 따른 보행 훈련동안 상지 스윙에 대한 방법을 제시할 수 있으며, 중재 시 자연스러운 보행양상을 훈련하기 위해 필요에 따라 적절한 속도의 청각 신호를 제공하기 위한 이론적 근거를 제시할 수 있을 것으로 생각된다.

## Reference

[1] Abbruzzese G, Berardelli A. "Sensorimotor integration in movement disorders", *Mov Disord*, 18, pp. 231-240, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mds.10327>

[2] Cunnington R, Jansek R, Bradshaw JL, Phillips JG. "Movement related potentials in Parkinson's disease. Presence and predict ability of temporal and spatial cues", *Brain*, 118, pp. 2935-2950, 1995.

[3] Morris ME, Matyas TA, Ianssek R, Summers JJ. "Temporal stability of gait in Parkinson's disease", *Physical Therapy*, 76(7), pp. 763-77, 1996.

[4] Frazzitta G, Maestri R, Uccellini D, Bertotti G, Abelli P. "Rehabilitation Treatment of Gait in Patients with Parkinson's Disease with Freezing: A Comparison Between Two Physical Therapy Protocols Using Visual and Auditory Cues with or Without Treadmill Training", *Movement Disorders*, 24(8), pp. 139-43, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mds.22491>

[5] Rubinstein TC, Giladi N, Hausdorff JM. "The power of cueing to circumvent dopamine deficits: a review of physical therapy treatment of gait disturbances in Parkinson's disease", *Mov Disord*, 17(6), pp. 1148-1160, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mds.10259>

[6] Bagley S, Kelly B, Tunnicliffe N, Turnbull GI, Walker JM. "The effect of visual cues on the gait of independently mobile Parkinson's disease patients", *Physiotherapy*, 77(6), pp. 415 - 20, 1991. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9406\(10\)62035-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9406(10)62035-4)

[7] Freeman JS, Cody FW, Schady W. "The influence of external timing cues upon the rhythm of voluntary movements in Parkinson's disease", *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 56, pp. 1078-1084, 1993. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.56.10.1078>

[8] Almeida QJ, Wishart LR, Lee TD. "Bimanual coordination deficits with Parkinson's disease: The influence of movement speed and external cueing", *Mov Disord*, 17(1), pp. 30-37, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mds.10030>

[9] Rochester L, Nieuwboer A, Baker K, Hetherington V, Willems AM, Chavret F, Kwakkel G, Van Wegen E, Lim I, Jones D. "The attentional cost of external rhythmical cues and their impact on gait in Parkinson's disease: effect of cue modality and task complexity", *Journal of Neural Transmission*, 114(10), pp. 1243-1248, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00702-007-0756-y>

[10] Lim I, van Wegen E, de Goede C et al. "Effects of external rhythmical cueing on gait in patients with Parkinson's disease: a systematic review", *Clin Rehabil*, 19(7), pp. 695-713, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1191/0269215505cr906oa>

[11] McIntosh GC, Brown SH, Rice RR, Thaut MH. "Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease", *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 62(1), pp. 22-26, 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.62.1.22>

- [12] Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR, Miller RA, Rathbun J, Brault JM. "Rhythmic auditory simulation in gait training for Parkinson's disease patients", *Mov Disord*, 11(20), pp. 193-200, 1996.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mds.870110213>
- [13] Miller RA, Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR. "Components of EMG symmetry and variability in parkinsonian and healthy elderly gait", *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 101, pp. 1-7, 1996.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694\(95\)00209-X](http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694(95)00209-X)
- [14] G. H. Song, H. O. Lee. "Effect of an Arm Sling on Gait with Hemiparesis", *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*, 18(4), pp. 27-40, 2006.
- [15] Ohsato Y. "Relationships between trunk rotation and arm swing in human walking", *Japanese Orthopedic Association*, 87(5), pp. 440-448, 1993.
- [16] Elftman H. "The function of the arms in walking", *Hum Biol*, 11, pp. 529-535, 1939.
- [17] Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. "Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases", *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 55, pp. 181-184, 1992.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.55.3.181>
- [18] Zampieri C, Salarian A, Carlson-Kuhta P, Aminian K, Nutt JG, Horak FB. "The instrumented timed up and go test: potential outcome measure for disease modifying therapies in parkinson's disease", *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 81(2), pp. 171-176, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.2009.173740>
- [19] Lewek MD, Poole R, Johnson J, Halawab O, Huang X "Arm swing magnitude and asymmetry during gait in the early stages of parkinson's disease", *Gait Posture*, 31(2), pp. 256-260, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.10.013>
- [20] Nieuwboer A, De Weerd W, Dom R, Lesaffre E "A frequency and correlation analysis of motor deficits in Parkinson patients", *Disabil Rehabil*, 20(4), pp. 142-150, 1998.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3109/09638289809166074>
- [21] Wood BH, Bilclough JA, Bowron A, Walker RW. "Incidence and prediction of falls in Parkinson's disease: a prospective multidisciplinary study", *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 72(6), pp. 721-725, 2002.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.72.6.721>
- [22] Huang X, Mahoney JM, Lewis MM, Guangwei Du, Piazza SJ, Cusumano JP. "Both coordination and symmetry of arm swing are reduced in Parkinson's disease", *Gait Posture*, 35(3), pp. 373-377, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.10.180>
- [23] Alice N, Fabienne C, Anne-Marie W, Kaat D. "Does freezing in Parkinson's disease change limb coordination? A kinematic analysis", *J Neurol*, 254(9), pp. 1268-1277, 2007.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00415-006-0514-3>
- [24] Ferrarin M, Rizzone M, Bergamasco B, Lanotte M, Recalcati M, Pedotti A, Lopiano L. "Effects of bilateral subthalamic stimulation on gait kinematics and kinetics in Parkinson's disease", *Exp Brain Res*, 160(4), pp. 517-527, 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-004-2036-5>
- [25] Knutsson E. "An analysis of Parkinsonian gait", *Brain*, 95(3), pp. 475-486, 1972.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/brain/95.3.475>
- [26] Chung MJ, Wang MJJ. "The change of gait parameters during walking at different percentage of preferred walking speed for healthy adults aged 20-60 years", *Gait Posture*, 31(1), pp. 131-135, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.09.013>
- [27] Horak FB, Frank J, Nutt J. "Effects of dopamine on postural control in parkinsonian subjects: scaling, set and tone", *J Neurophysiol*, 75(6), pp. 2380-2396, 1996.
- [28] del Olmo MF, Cudeiro J. "Temporal variability of gait in Parkinson disease: effects of a rehabilitation programme based on rhythmic sound cues", *Parkinsonism Relat Disord*, 11(1), pp. 25-33, 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.parkreldis.2004.09.002>
- [29] Ford MP, Malone LA, Nyikos I, Yelisetty R, Bickel CS. "Gait training with progressive external auditory cueing in persons with Parkinson's disease", *Arch Phys Med Rehabil*. 91(8), pp. 1255-1261, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2010.04.012>
- [30] Donker SF, Beek PJ, Wagenaar RC. "Coordination between arm and leg movements during locomotion", *Journal of Motor Behavior*, 33(1), pp. 86-102, 2001.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00222890109601905>
- [31] Wagenaar RC, van Emmerik REA. "Resonant frequencies of arms and legs identify different walking patterns", *Journal of Biomechanics*, 33(7), pp. 853-861, 2000.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00020-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00020-8)
- [32] Kuitz-Buschbeck JP, Brockmann K, Gilster R, Koch A, Stolze H. "Asymmetry of arm-swing not related to handedness", *Gait Posture*, 27(3), pp. 447-454, 2008.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00020-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00020-8)
- [33] Eke-Okoro ST, Gregoric M, Larsson LE. "Alterations in gait resulting from deliberate changes of arm-swing

amplitude and phase”, *Clin Biomech*, 12(7-8), pp. 516-521, 1997.

DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0268-0033\(97\)00050-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0268-0033(97)00050-8)

- [34] Roggendorf J, Chen S, Baudrexel S, van de Loo S, Seifried C, Hilker R. “Arm swing asymmetry in Parkinson's disease measured with ultrasound based motion analysis during treadmill gait”, *Gait Posture*, 35(1), pp. 116-120, 2012.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.08.020>

---

### 손 호 희(Ho-Hee Son)

[정회원]



- 2007년 8월 : 대구대학교 재활과학대학원 물리치료학과 물리치료전공(이학석사)
- 2009년 3월 ~ 2011년 8월 : 대구대학교 대학원 재활과학과 물리치료전공(이학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 조교수

<관심분야>

생리학, 근전도, 생역학

---

### 김 은 정(Eun-Jung Kim)

[정회원]



- 2009년 8월 : 대구대학교 재활과학대학원 물리치료학과 스포츠, 정형 물리치료전공(이학석사)
- 2009년 9월 ~ 2012년 8월 : 대구대학교 대학원 재활과학과 물리치료전공(이학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 마산대학교 물리치료과 조교수

<관심분야>

신경계 물리치료, 근전도, 운동치료학