

비장애인과 편마비 장애인의 일상생활 동작에 대한 상지 운동학적 비교

Comparison of Upper Limb Kinematics in Activities of Daily Living between People without Disability and Hemiplegia Survivors

*김경¹, #송원경¹, 손량희¹, 이정수¹, 김종배¹

*K. Kim¹, #W. K. Song (wksong@gmail.com)¹, R. H. Sohn¹, J. Lee¹, J. Kim¹

¹국립재활원 재활연구소 재활보조기술연구과

Key words : Upper limb kinematics, activities of daily living, hemiplegia survivors

1. 서론

어깨, 팔꿈치 및 손목관절 등을 포함한 팔 동작(Arm movement)은 일상생활 동작(Activities of daily living, ADL)에서 중요한 역할을 담당하고 있다. 이러한 팔 동작의 정량적인 운동학적 분석은 상지 ADL 수행의 임상적인 동작 원리를 이해하기 위한 중요한 요소가 된다. 또한, 고령자 및 장애인을 대상으로 운동기능 보조 및 재활치료의 목적으로 활용되는 외골격 타입의 재활로봇 개발을 위하여 상지 운동학적 분석 자료를 이용하고 있다. 이러한 상지 운동학적 분석은 주로 비장애인을 대상으로 진행되고, 장애인의 운동학적 분석은 미비한 실정이다. 본 논문에서는 비장애인과 편마비 장애인의 상지 ADL을 수행할 때의 상지 7개 관절의 각도 변화를 비교함으로써, 편마비 장애인의 특성을 분석하였다.

2. 실험방법

본 실험에는 7명의 비장애인(Age [Mean ±Standard deviation], 28 ± 2, 7 men)과 7명의 오른쪽 편마비 장애인(Age, 51.6 ± 9.3, 6 men, 1 woman)이 참여하였다. 본 실험에 참여한 편마비 장애인들은 Brunnstrom Motor Recovery Stages가 5~6단계의 피험자들로 구성되었다. 본 연구에 참여한 피험자들은 국립재활원에서 사전에 실시된 임상시험 승인을 받아서 진행되었다.

상지 ADL 수행에 따른 피험자의 상지 동작 데이터는 9개의 적외선 카메라로 구성된 3차원 동작분석장치(VICON system Oxford's Metrics, Oxford, UK)를 이용하였으며, 표본 수집율은 120Hz로 설정하였다. 상지 ADL 수행에 따른 데이터 수집은 비장애인의 우세측 팔과 편마비 장애인의 마비측 팔에 부착된 마커로부터 수집되었다[1].

피험자는 상지 ADL에 해당하는 컵을 잡고 물마시기 동작(Drinking task with a cup)을 수행하였으며, 물마시기 동작은 Murphy [2]가 정의한 것과 같이, 총 5단계로 구분하였다. 각 구간은 사용자가 컵을 잡으러 가는 1구간(Phase 1), 컵을 입으로 옮기는 2구간(Phase 2), 물을 마시는 3구간(Phase 3), 컵을 책상으로 내려놓는 4구간(Phase 4), 컵에서 제자리로 돌아오는 5구간(Phase 5)으로 정의되었다. 각 단계는 손등에 부착된 마커의 속도와 가속도 정보를 기준으로 나뉘었다.

본 논문의 통계처리는 SPSS version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL)을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. ADL에 대한 상지 관절의 물마시기 동작 각 단계의 동작 수행 시간을 비교하기 위하여 독립 표본 t-검정을 실시하였으며, 비장애인과 편마비 장애인의 차이에 대하여 통계적인 유의성을 확인하였다.

3. 결과

비장애인과 편마비 장애인의 물마시기 동작 각 단계별 동작을 수행하는 시간을 비교한 결과는 표1과 같이 분석되었다. 물마시기 동작 시, 편마비 장애인은 비장애인에 비하여 동작 수행 시간 (Movement completion time, MCT)이 약 1.3~1.7배 크게 측정되었고, 거의 모든 영역(Phase 1, Phase 2, Phase 4, and Phase 5)에서 통계적으로 유의한 차이도 확인되었다($p < 0.05$). 또한, 물마시기 동작 전체에 대한 각 구간의 비율을 분석한 결과, 편마비 장애인은 물마시기 동작 전 구간에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 반면에 컵을 내려놓는 구간(Phase 4)에서는 비장애인에 비해 낮게 나오는 경향을 확인할 수 있었다($p = 0.073$).

Table 1 Comparison of MCT and ratio in phase of drinking task between healthy and hemiplegia

		Mean±Standard Deviation		P-value
		Healthy	Hemiplegia	
Total Phase	MCT (s)	4.54±0.29	7.12±0.73	0.005
	Ratio (%)	100	100	-
Phase 1	MCT (s)	0.76±0.16	1.36±0.39	0.006
	Ratio (%)	17.0±4.13	19.13±3.07	0.267
Phase 2	MCT (s)	0.97±0.14	1.56±0.46	0.015
	Ratio (%)	21.4±2.39	21.84±3.47	0.758
Phase 3	MCT (s)	0.69±0.37	1.13±0.62	0.137
	Ratio (%)	14.8±6.62	16.16±8.92	0.723
Phase 4	MCT (s)	1.39±0.31	1.86±0.43	0.021
	Ratio (%)	30.49±4.25	26.4±4.25	0.073
Phase 5	MCT (s)	0.73±0.19	1.21±0.59	0.008
	Ratio (%)	16.29±4.58	16.58±4.69	0.903

Fig. 1은 물마시기 동작의 구간에 대하여 상지 어깨관절의 벌림-모음 동작(Abduction-Adduction Motion)의 각도를 나타낸 그래프로, 비장애인의 관절각도(θ_{health} , Solid line)와 편마비 장애인의 관절각도(θ_{hemi} , Dot line)를 표시하였다. 편마비 장애인은 전 구간에서 비장애인에 비해 어깨관절의 벌림 동작을 더 사용하는 경향을 보였고, 특히, 컵을 잡고 물을 마시고 내려놓는 구간(Phase2~4)에서 많이 사용하였다.

비장애인과 편마비 장애인의 각도차이(θ_{diff} , Dash-dot line)는 비장애인과 편마비 장애인의 관절각도의 차이를 나타낸 것으로써, 식 (1)로 계산될 수 있다. Phase2와 Phase4의 각도차이 변화(θ_{diff})는 각각 14.8°와 16.4°의 결과가 분석되었고, 이는 편마비 장애인 전체 ROM (21.1°)의 69%와 77%의 비율을 차지한다. 편마비 장애인의 어깨관절 벌림 동작은 물을 마실 때, 컵을 들어올리고, 내리는 동작에서 비장애인에 비해 많이 사용한다는 것을 알 수 있었다.

$$\theta_{diff} = \theta_{health} - \theta_{hemi} \quad (1)$$

편마비 장애인의 상지 7 자유도의 관절각도 등 시계열 각도 자료는 다양하게 활용이 가능하다. 예를 들어, 장애인 스스로의 힘으로 ADL을 수행하다가 상지 7자유도의 운동 궤적을 벗어날 경우, 로봇의 일부 힘을 이용한 보조를 받음으로써, 주어진 운동 궤적으로 복귀하는 재활로봇의 제어의 한 방법으로 활용될 수 있다. 또한, 외골격 타입의

재활로봇 설계를 위한 상지 운동학적 모델 (Kinematic model) 개발과 편마비 장애인의 상지 동작 원리에 대한 이해에도 적용될 수 있다.

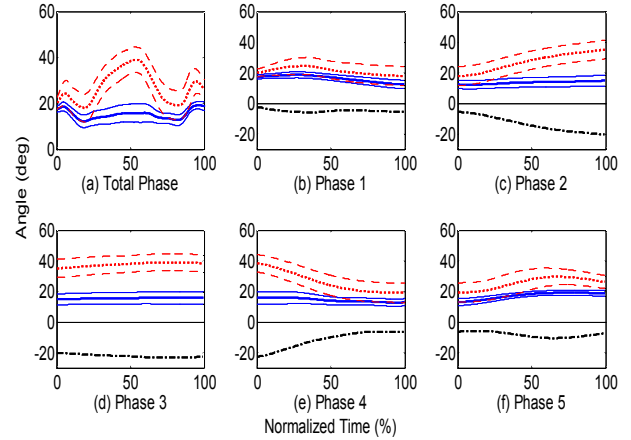


Fig. 1 Normalized time histories of the joint angle in flexion-extension motion of shoulder joint during drinking task.

4. 결론

편마비 장애인의 물마시기 동작 패턴은 비장애인에 비해 어깨관절의 벌림 동작이 컵을 잡고 물을 마시고 내려놓는 구간에서 크게 나오는 경향을 확인하였다. 이러한 편마비 장애인의 상지 운동학적 자료는 그들의 동작 원리 이해에 도움을 주는 동시에 ADL 보조 및 치료의 목적으로 쓰이는 재활로봇의 설계에 활용될 수 있다.

후기

본 연구는 ‘NRRI [11-A-05]와 R&D Program of MKE/KEIT [10035201, ADL Support System for the Elderly and Disabled]’의 지원을 받아 수행하였음.

참고문헌

1. K. Kim, D. S. Park, B. W. Ko, J. Lee, S. N. Yang, J. Kim, and W. K. Song, "Arm Motion Analysis of Stroke Patients in Activities of Daily Living Tasks: A Preliminary Study", 33rd Annual International IEEE EMBS Conference, Boston, MA, USA, 2011.
2. Murphy MA, Sunnerhagen KS, Johnels B, Willen C., "Threedimensional kinematic motion analysis of a daily activity drinking from a glass: a pilot study," Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 3:18, 2006.