

# 하지 보조기(Hands-Free Crutch)보행 시 20대 정상 성인의 산소 섭취량에 미치는 영향(case study)

<https://doi.org/10.32337/KACPT.2021.9.2.45>

대한심장호흡물리치료학회지 제9권 제2호2021.12, PP.45-49

■ 박태성<sup>1,2</sup>, 김민찬<sup>2</sup>, 안하희<sup>2</sup>, 신명준<sup>1,3\*</sup>

■ <sup>1</sup>부산대학교병원 의생명연구원, <sup>2</sup>부산가톨릭대학교 물리치료학과, <sup>3</sup>부산대학교병원 재활의학과, 의생명연구원

## The Effects of Walking with Hands-Free Crutch on the Peak Oxygen Uptake of Normal Adults in their 20s.

Tae Sung Park PT, MS<sup>1,2</sup>, Min Chan Kim Student<sup>2</sup>,  
Ha Hee An Student<sup>2</sup>, Myung-Jun Shin Doctor, PhD<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital

<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

<sup>3</sup>Department of Rehabilitation Medicine, Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital

**Purpose:** This study aimed to investigate changes in oxygen intake during hands-free crutch gait compared with normal gait. **Methods:** This study was conducted on two adults—one male and one female, both in their 20s. A 6-min walking test was conducted using normal gait and hands-free crutch gait performed on separate days. The peak oxygen intake( $VO_{2peak}$ ) and lower limb muscle activity were compared using a portable metabolic analyzer and surface electromyography. **Results:** The results confirmed that hands-free crutch gait had a greater effect on the  $VO_{2peak}$  and lower extremity muscle activity compared with normal gait. **Conclusion:** In the future, if patients with cardio and respiratory system diseases undergo lower extremity surgery or injury, not only lower extremity balance training but also cardio and respiratory system management and education will be required when using assistive devices.

**Key words :** Hands-Free Crutch, Metabolic Equivalent Task, Peak  $VO_2$ , Six Minute Walking Test

**Received :** September 16, 2021 / **Revised :** November 10, 2021 / **Accepted :** November 12, 2021

## I. 서론

하지의 수술 또는 부상 후에 환자들은 이동이 불편하기 때문에 보행 보조기구를 사용하는 경우가 많이 있다(Martin 등, 2019). 보행 보조기구에는 대표적으로 액와 목발, 지팡이, 워커 등이 있다. 그러나 기존 사용이 되고 있는 보조기구들은 상지를 자유롭게 사용하기에 어려움이 있으며 액와 목발의 경우 상지의 신경 또는 혈관 부상의 위험성이 있다(Feldman 등, 1995; Martin 등, 2019).

최근 기존 보행 보조기구와 다르게 상지가 자유로운 Hands-Free Crutch의 사용과 연구가 늘고 있는 추세이다(Dewar과 Martin, 2020; Lange 등, 2019; Martin 등, 2019). Hands-Free Crutch는 액와 목발과는 다르게 상지의 손상 위험성이 없으며 하지의 전반적인 근 동원률을 높여주기 때문에 더 효율적으로 하지 재활이 가능하다(Dewar과 Martin, 2020). 또

한 환자의 병원 입원 기간을 단축시켜 주기 때문에 일상생활로의 복귀를 빠르게 도와주며(Rambani 등, 2007), 액와 목발보다 불편감이 덜하여 환자들이 Hands-Free Crutch를 더 선호한다고 한다(Martin 등, 2019).

이렇게 Hands-Free Crutch의 유용성에 대한 연구가 이루어지고 있으나 아직 보행 시 산소 섭취량에 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구는 미비한 실정이다. 액와 목발의 경우 일반 보행과 산소 섭취량 대한 비교를 진행하여 일반 보행보다 액와 목발 보행의 산소 섭취량이 높게 나온 것을 확인하였다(이지연 등, 2011). Hands-Free Crutch 역시 보행을 실시할 때 산소 섭취량이 증가할 가능성이 있어서 어느 정도로 심폐기능에 부담을 주는지 알아볼 필요성이 있다.

또한 세계적으로 고령화, 환경문제 등으로 만성폐쇄성폐질환과 같은 호흡기 질환은 지속적으로 증가하고 있다(World Health Organization, 2018). 호흡기 질환 환자가 하지 수술 또는 부상

교신저자: 신명준

주소: 부산시 서구 구덕로 179 부산대학교병원 재활의학과 의국, E-mail: drshinmj@gmail.com

을 당한다면 보조기구를 사용하는 것이 근골격계의 문제가 아니라 심폐기능 부담 때문에도 어려워질 수 있다. 그렇기 때문에 환자들에게 Hands-Free Crutch를 착용시켜 하지 훈련만 시키기 전에 정상인에게서는 어떤 변화가 생기는지를 확인하고 그것을 근거로 하여 호흡기 질환자들에게도 어떤 영향이 있는지 살펴볼 필요가 있다. 본 연구에서는 Hands-Free Crutch를 착용하여 6분 동안 보행을 하였을 때 일반 보행과 비교하여 6분 보행 검사 결과와 산소 섭취량 그리고 목발을 착용하지 않은 다리의 근활성도가 어떻게 변화하는지 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구 case study로 대상자는 신경계, 근골격계, 심장 및 호흡기 질환이 없는 20대 정상 성인 남, 여 각 1명씩 진행을 하였으며 자세한 정보는 아래 표 1과 같다.

### 2. 연구 설계

본 연구는 6분 보행 검사(6 Minute Walking Test; 6MWT)를 통하여 일반 보행과 Hands-Free Crutch 보행을 진행하였으며 연구 대상자들의 피로를 고려하여 2일 동안 진행하였다. 첫째 날은 일반 보행, 둘째 날은 Hands-Free Crutch 보행을 실시하였으며 6분 보행 검사 시 최고 산소 섭취량을 파악하기 위하여 휴대용 무선 가스분석기를 사용하였다. 그리고 Hands-Free Crutch를 착용하지 않은 다리의 보행 시 근 활성도를 파악하고자 표면 근전도를 활용하였다(그림 1). Hands-Free Crutch 보행이 익숙하지 않을 것을 대비하여 목발 보행 전날에는 미리 목발을 착용하여 보행 훈련을 1시간 동안 수행하였다.

### 3. 측정 도구 및 방법

#### 1) Hands-Free Crutch

본 연구에서 사용한 Hands-Free Crutch는 iWALKFree

(iWALKFree, Mansfield, Ontario, Canada) 제품으로 높이 조절이 가능하며 상지를 자유롭게 사용할 수 있는 제품이다. 선행연구를 참고하여 대상자의 우세 다리인 우측 다리에 착용하여 진행하였다(Dewar과 Martin, 2020).

#### 2) 6분 보행 검사

보행 능력을 확인하기 위하여 6분 보행 검사를 실시하였다(그림 2). 6분 보행 검사는 30m의 평평한 직선 코스를 사용하여 6분 동안 최대한 걸을 수 있는 거리를 측정하였다. 검사를 진행할 때 대상자가 최대한 걸을 수 있도록 지시해주고 힘들면 보행을 천천히 하거나 휴식이 가능한 것도 사전에 알려주었으며(박태성 등, 2019), 일정 시간이 경과됨에 따라 남은 시간을 알려주었다(김창환 등, 2008). 그리고 6분 보행 검사 전/후의 심박수(Heart Rate; HR)와 산소포화도(saturation of percutaneous oxygen; SpO2)를 측정하기 위해서 WristOx2(WristOx2 Model 3150, Nonin Medical, Inc., Plymouth, USA) 장비를 활용하였다. 또한 보행 후 보조기를 착용하지 않은 좌측 다리의 피로감을 확인하



그림 1. 장비 착용 모습



그림 2. Hands-Free Crutch 6분 보행 검사

표 1. 대상자 일반적 특성

	대상자 1	대상자 2
성별	M	F
나이(세)	26	26
신장(cm)	172.5	166.6
몸무게(kg)	77.3	48.1
체질량지수	26	17.3
골격근량(kg)	38.7	21.8

기 위하여 운동 자각도(Rating of Perceived Exertion; RPE)를 보행 전, 후 대상자에게 확인하였다.

### 3) 최고 산소 섭취량(Peak VO<sub>2</sub>)

보행 검사 시 최고 산소 섭취량(Peak VO<sub>2</sub>)과 MET (Metabolic Equivalent Task)를 측정하기 위하여 휴대용 무선 가스분석기(CosMed K4b2, Rome, Italy)를 사용하였으며, 검사 전 휴대용 무선가스분석기 마스크를 착용 후 3분의 안정을 취한 다음 6분 보행 검사를 실시하였다.

### 4) 표면 근전도(Surface EMG)

Hands-Free Crutch 보행을 할 때 목발을 착용하지 않은 다리의 근활성도를 확인하기 위하여 무선 2채널 표면 근전도 장비(MOT10 MoTive Basic, PhysioLab Co., Ltd, Busan, Korea)를 사용하였으며, 좌측 넙다리곧은근(rectus femoris muscle)과 장딴지근(gastrocnemius muscle)에 근전도 패드를 부착하여(Hermens 등, 1999) 6분 동안의 RMS 값과 중앙 주파수(Median Frequency; MF)값을 측정하였다.

## III. 연구결과

본 연구 결과는 표 2, 3과 같다. 2명의 대상자 모두에게서 일반 보행보다 Hands-Free Crutch 보행에서 최고 산소 섭취량, MET 값이 더 높게 나왔다. 그리고 심박수의 증가 폭이 일반 보행보다 Hands-Free Crutch 보행에서 더 높았으며, 산소 포화도 또한 일반 보행 보다 Hands-Free Crutch 보행이 더 감소하였다.

표 2. 대상자 1 결과

대상자 1	일반 보행		Hands-Free crutch 보행	
	6MWT Pre	6MWT Post	6MWT Pre	6MWT Post
심박수	65	76	80	121
산소 포화도	96	96	94	91
다리 운동 자각도(피로도)	0	1	0	3
거리	534		135	
최고 산소 섭취량 (ml/min/Kg)	15.52		18.46	
Peak MET	4.3		5.1	
장딴지근 RMS	91.55		94.79	
넙다리곧은근 RMS	31.08		30.06	
장딴지근 MF	87.48		87.29	
넙다리곧은근 MF	18.38		53.56	

표 3. 대상자 2 결과

대상자 2	일반 보행		Hands-Free crutch 보행	
	6MWT Pre	6MWT Post	6MWT Pre	6MWT Post
심박수	96	115	100	134
산소 포화도	98	98	96	95
다리 운동 자각도(피로도)	0	1	0	3
거리	546		204	
최고 산소 섭취량 (ml/min/Kg)	18.5		21	
Peak MET	5.8		6	
장딴지근 RMS	53.72		61.53	
넙다리곧은근 RMS	31.47		43.54	
장딴지근 MF	74.84		70.65	
넙다리곧은근 MF	22.69		36.68	

하지 근활성도의 경우 보행 6분 동안의 RMS를 보았을 때 장딴지근의 경우 남, 여 모두 증가하였고, 넙다리곧은근은 남, 여에서 다른 패턴을 보여주었다. 그리고 근 피로도를 확인하는 중앙 주파수 값을 보면 장딴지근의 경우 모두 감소하는 패턴을 보였으나 넙다리곧은근은 증가하였다.

## IV. 고 찰

본 연구는 Hands-Free Crutch를 착용하여 6분 동안 보행을 하였을 때 일반 보행과 비교하여 산소 섭취량이 어떻게 변화하는지 알아보았다. 대상자 모두 Hands-Free Crutch를 착용하고 6분 동안 보행을 하였을 때 최고 산소 섭취량이 대상자 1은 18.94%, 대상자 2는 13.51% 증가한 것을 확인하였다. 그리고 6분 동안의 보행 거리는 짧아졌으나 MET가 대상자 1은 18.61%, 대상자 2는 3.45% 증가한 것으로 보아 더 높은 강도의 활동을 한 것으로 확인을 할 수 있다. 심박수도 대상자 1은 일반 보행은 보행 전, 후 16.92%, Hands-Free Crutch 보행은 보행 전, 후 51.25%의 차이를 보였다. 대상자 2는 19.79%와 34%의 차이를 보여 Hands-Free Crutch 보행에서의 심박수 증가율이 더 높은 것을 확인할 수 있었다. 산소포화도 역시 Hands-Free Crutch 보행에서 더 큰 변화가 있음을 확인하였다(표 2, 3).

이러한 결과는 Hands-Free Crutch 보행이 일반 보행보다 심장, 호흡 기능에 더 많은 영향을 주는 것으로 볼 수 있는데 노인, 심호흡계 질환자에게 있어서는 중요한 문제가 될 수 있을 것으로 생각된다. 이는 기존 많이 사용되고 있는 액와 목발에서도 중요한 문제인데 기존 액와 목발 3지점 비체중 지지로 보행을 할 경우

연령이 높아질수록 심혈관계에 큰 영향을 준다고 하였다(서규원, 1997). 또한 선행 연구에서는 20대 여성을 대상으로 일반 보행과 부목·액와 목발 보행을 트레드밀에서 진행을 하고 산소 소모량을 비교하였는데 트레드밀에서 30분간 걸었을 때 일반 보행의 산소 소모량은  $12.26 \pm 4.58 (\text{ml/min/Kg})$ , 부목·액와 목발 보행의 산소 소모량은  $17.47 \pm 1.87 (\text{ml/min/Kg})$ 으로 부목·액와 목발 보행에서의 산소 소모량이 많은 것을 확인하였다(이지연 등, 2011). 본 연구와 일반 보행 시 산소 소모량 값의 차이가 있으나 이는 보행 속도와 관련하여 차이가 있기 때문으로 생각된다. 본 연구에서는 6분 보행 검사로 실시하여 6분 동안 최대로 많이 걸을 수 있도록 하게 하였으나 선행연구에서는 트레드밀 속도를 2.74 km/h로 설정하여 걸었기 때문에 운동 강도의 차이가 있었을 것으로 생각된다.

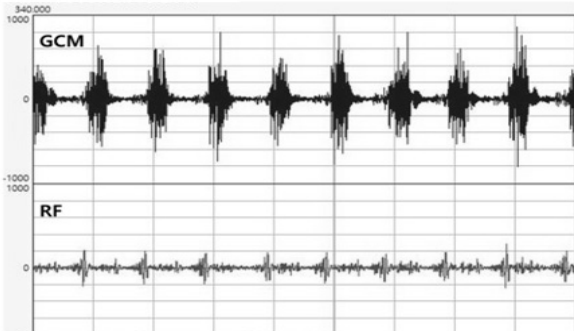
본 연구와 선행연구들의 결과를 보았을 때 앞으로 노인 인구뿐만 아니라 심호흡계 질환자의 인구가 증가하는 추세이기 때문에 (World Health Organization, 2018) 노인, 심호흡계 질환자들이 목발 착용을 착용하게 된다면 하지 기능, 균형뿐만 아니라 심장, 호흡기 기능 또한 관리를 잘 해주어야 할 것으로 생각된다.

Hands-Free Crutch를 착용하지 않은 다리의 6분 보행 검사 동안의 근 활성도를 보았는데 전반적으로 넙다리곧은근 보다 장딴지근의 근 활성도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 선행연구에서도 정상 성인 보행 시 넙다리곧은근 보다 장딴지근의 근 활성도가

높은 것으로 나왔다(Ihira 등, 2012; 기세준 등, 2008). 이는 보행 패턴에서 toe off와 initial contact에 있어서 종아리 부분의 근육을 많이 사용한 것의 결과로 생각된다(조규권 등, 2006). 그리고 Hands-Free Crutch 착용 후 장딴지근의 RMS가 더 높은 근활성도를 보여주었는데 이는 목발을 착용하지 않은 다리로 일반 보행을 할 때 보다 유각기 말기에서 발목 굴곡근을 더 사용하여 추진력을 더 얻어야 했을 것으로 생각된다. 보행 후 대상자들에게 운동 자각도를 확인한 결과 일반 보행보다 목발 보행에서 좌측 다리의 피로도가 더 심하다고 하였다.

장딴지근과 다르게 넙다리곧은근 근 활성도는 남, 여에서 차이가 나타나고 있다. 장딴지근은 남, 여 모두 RMS가 증가하고 중앙 주파수가 감소하였으나 넙다리곧은근은 남성은 RMS가 소폭 감소, 여성은 증가하였으며 중앙 주파수의 경우 남, 여 모두 증가하였다. 장딴지 근육의 경우에는 RMS 증가와 중앙 주파수 감소가 6분 동안 보행하면서 생기는 근피로의 영향으로 판단된다. 넙다리곧은근 RMS와 중앙 주파수의 차이는 그림 3, 4에서 보는 것과 같이 Hands-Free Crutch 보행에서 일반 보행과 다르게 표면근전도 raw data 파형이 다르기 때문으로 생각된다. 일반 보행에서는 근육 수축의 파형이 정확하게 나타나는 것을 확인할 수 있지만 Hands-Free Crutch 보행에서는 정확한 근육 수축의 파형을 확인하기 힘든 상황이다. 이러한 변화를 설명하기 위해서는 대상자 수를 늘리고 넙다리곧은근 이외 보행 선행연구들을 참고하여 안

A. 일반 보행



B. Hands-Free Crutch 보행

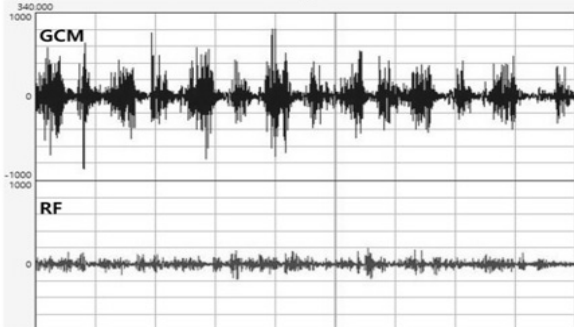
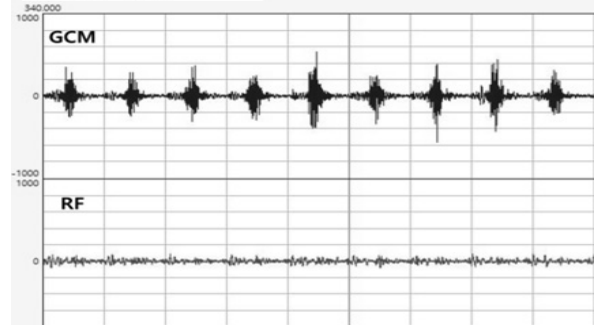


그림 3. 6분 보행 검사 근전도 raw data  
(대상자 1)

A. 일반 보행



B. Hands-Free Crutch 보행

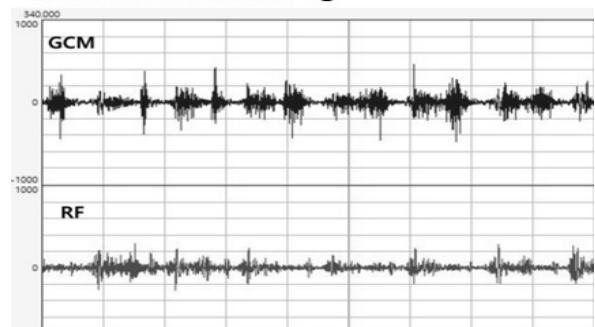


그림 4. 6분 보행 검사 근전도 raw data  
(대상자 2)

쪽넓은근과 가쪽넓은근의 표면 근전도를 같이 획득하여 분석하는 것이 필요하다고 생각된다(Ihira 등, 2012; 기세준 등, 2008).

두 명의 대상자 모두 표 2와 3에서 보행 전 심박수를 보면 일반 보행과 다르게 Hands-Free Crutch 보행이 더 높은 것을 확인 할 수 있는데 이는 대상자가 목발을 착용했을 때 육체적 부담이 증가하였거나 긴장 상태였을 가능성이 있다.

추후 연구에서 사전 Hands-Free Crutch 보행 시간을 보다 늘려 대상자가 Hands-Free Crutch에 더 적응을 할 수 있도록 할 필요성이 있을 것으로 생각된다. 그리고 보조기 길이에 대한 부분도 일정하게 기준을 정하여 진행 할 필요성이 있을 것이다. 절단환자와 보조기 착용 환자에게 있어 보조기의 길이는 매우 중요하기 때문에 이 부분에 대하여 정확한 진단과 기준이 필요할 것이다. 마지막으로 육체적 부담이 있을 수도 있는 부분을 고려하여 노인 환자들과 같이 균형 능력이 감소한 환자들에게 있어서는 사전 균형 평가를 통하여 Hands-Free Crutch를 착용하여도 괜찮은지 사전확인인 필수적인 요소라고 생각된다.

## V. 결 론

본 연구 결과를 종합적으로 살펴보았을 때 Hands-Free Crutch 보행이 일반 보행 보다 산소 섭취량과 하지의 근 활성도에 더 많은 영향을 주는 것으로 확인이 되었다. 추후 연구에서는 더 많은 대상자를 바탕으로 실험을 진행하여 노인, 심호흡계 질환자에 대한 목발 착용 후 관리 및 교육에 대한 중요성을 확인할 필요성이 있을 것이다.

## 참고문헌

- 기세준, 채원식, 강년주, 등. 파워보행과 일반보행 시 하지근의 근전도 비교 분석. 한국운동역학회지, 18(4);125-133, 2008.
- 김창환, 박용범, 모은경, 등. COPD환자에서 6분 보행검사를 이용한 최대산소섭취량 예측. 대한결핵 및 호흡기학회, 64(6);433-438, 2008.
- 박태성, 신명준, 이은이. 스마트 신발을 활용한 보행분석 시스템 활용 가치에 대한 논의. 융합정보논문지, 9(3);128-133, 2019.
- 서규원. 연령에 따른 3지점 비체중지지 목발보행이 심혈관계에 미치는 영향. 대한물리치료사학회지, 4(1);243-253, 1997.
- 조규권, 김유신, 김은정. 파워워킹과 일반보행의 운동학적 및 EMG 비교분석. 한국운동역학회지, 16(6);85-95, 2006.
- 이지연, 박정서, 이대희, 등. 부목과 목발을 이용한 보행이 20대 여성의 에너지대사량에 미치는 영향. 한국산학기술학회 논문지, 12(9);4001-4007, 2011.
- Dewar C, Martin KD. Comparison of Lower Extremity EMG Muscle Testing With Hands-Free Single Crutch vs Standard Axillary Crutches. Foot & Ankle Orthopaedics, 5(3);1-8, 2020.
- Feldman DR, Vujic I, McKay D, et al. Crutch-induced axillary artery injury. Cardiovasc Intervent Radiol, 18(5);296-299, 1995.
- Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, et al. European recommendations for surface electromyography. Roessingh research and development, 8(2);13-54, 1999.
- Ihira H, Shimada H, Suzukawa M, et al. Differences between proximal and distal muscle activity of the lower limbs of community-dwelling women during the 6-minute walk test. Journal of Physical Therapy Science, 24(2);205-209, 2012.
- Lange DT, Stockero AM, Neal MM, et al. KINETIC AND SUBJECTIVE ANALYSIS OF KNEE ROLLERS, HANDS FREE CRUTCH, AND CONVENTIONAL CRUTCHES. ISBS Proceedings Archive, 37(1);21-25, 2019.
- Martin KD, Unangst AM, Huh J, et al. Patient Preference and Physical Demand for Hands-Free Single Crutch vs Standard Axillary Crutches in Foot and Ankle Patients. Foot Ankle Int, 40(10);1203-1208, 2019.
- Rambani R, Shahid MS, Goyal S. The use of a hands-free crutch in patients with musculoskeletal injuries: randomized control trial. Int J Rehabil Res, 30(4);357-359, 2007.
- World Health Organization. GLOBAL HEALTH ESTIMATES SUMMARY TABLES: PROJECTION OF DEATHS BY CAUSE, AGE AND SEX, BY WHO REGION, 2018.