

# 부목과 목발을 이용한 보행이 20대 여성의 에너지대사량에 미치는 영향

이지연<sup>1\*</sup>, 박정서<sup>2</sup>, 이대희<sup>2</sup>, 한슬기<sup>3</sup>

<sup>1</sup>안동과학대학 물리치료과, <sup>2</sup>영동대학교 물리치료학과, <sup>3</sup>대전요양병원

## Affect of gait with splint and crutch has on basal metabolism young women

Ji-Yeun Lee<sup>1\*</sup>, Jung-Seo Park<sup>2</sup>, Dae-Hee Lee<sup>2</sup> and Seul-Ki Han<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical therapy, Andong science college

<sup>2</sup>Department of Physical therapy, Youngdong university

<sup>3</sup>Daejeon rehabilitation hospital

**요 약** 본 연구는 부목과 목발을 이용한 보행 시 에너지 소모 정도를 알아보고자 건강한 20대 여성 10명을 대상으로 4주간 정상보행, 부목보행, 부목·목발보행 시 각각의 운동강도, 환기량, 산소소모량, 호흡교환율, 칼로리 그리고 환기당량을 측정하였다. 부목의 무게는 평균 1.2 kg이었으며, 보행은 연구대상자들이 부목을 착용하고 가장 편안하다고 느낀 2.74 km/h의 속도로 30분간 실시하였다. 실험결과 부목·목발보행이 정상보행과 부목보행에 비해 운동강도가 높았으며, 환기량과 산소소모량에서도 부목·목발보행이 정상보행과 부목보행에 비해 더 많았고 통계학적으로도 유의하였다(p<0.05). 칼로리는 부목·목발보행이 정상보행과 부목보행에 비해 더 높았으나 통계학적으로 유의하지 않았으며, 호흡교환율과 환기당량에서도 세 조건 간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

**Abstract** In this study, we selected ten normal women in their 20's and 4 weeks measured Exercise Intensity, Voluntary Ventilation, Respiratory Exchange Ratio, Oxygen and Calorie Consumption and Ventilation Equivalent of them during Normal Gait, Splint-equipped Gait and Crutch Gait With Splint in order to find out whether the movement limitation and the weight of orthosis could have an effect on energy consumption.

Each gait was conducted at a comfortable speed, 2.74 km/h for 30 minutes equipped with splint whose average weight is 1.2 kg. In the result of the study, The Crutch Gait With Splint showed high Exercise Intensity compared to Normal Gait and Splint-equipped Gait. In addition, in The Voluntary Ventilation and Oxygen Consumption, The Crutch Gait showed higher figures than two the others and the difference was significant as well(p<0.05). As for The Calorie Consumption, it also showed higher figures than two the others but the difference was not statistically significant.

Finally, in The Respiratory Exchange Ratio and The Ventilation Equivalent, there was no significant difference among three conditional variables.

**Key Words** : Gait, Crutch Gait, Gait Energy

### 1. 서론

정상보행이란 잘 조화된 사지의 운동을 통해 최소한의 에너지를 소모하면서 부드럽고 효과적으로 신체의 무게

중심을 앞으로 이동시키는 것으로[1,2], 인간의 신경과 골격근이 총괄적으로 사용되는 아주 복잡한 과정이고, 한 쪽 다리가 입각기의 안정된 상태를 유지하는 동시에 다른 다리가 신체를 앞으로 전진시키는 연속적이고 반복적

\*교신저자 : 이지연(pt0601@nate.com)

접수일 11년 06월 21일

수정일 (1차 11년 07월 06일, 2차 11년 07월 12일)

게재확정일 11년 09월 08일

인 동작이다[3].

정상보행은 에너지 효율이 높은 움직임이다[4,5]. 정상 보행을 위해 인체는 에너지를 최소화하는 보행방식과 속도를 선택하게 된다[6]. 그러나 최근 교통사고와 산업재해 등 각종 사고로 인한 장애로 인하여 이러한 보행방식과 속도를 선택할 수 없을 때 더 많은 에너지를 소모하게 될 것이다[6]. 대표적으로 장애인들에게 손상된 부위를 보완해 주고 일상생활에 편리함을 더해 주는 부목 등의 보조기구로 신체 일부를 고정하거나, 목발 보행을 하는 경우에는 고정기간과 각도에 따라서 최소 5%에서 최대 35% 정도까지 에너지소모량이 달라진다[7]. 따라서 보행 재활훈련에서도 환자의 능력을 고려하여 에너지의 소모를 최소화하는 방법을 고려해야만 한다[8].

보행을 하는 동안 에너지 대사와 밀접한 관련이 있는 조직은 심폐계이다. 효과적이고 조화된 심폐계는 보행에 필요한 에너지를 만들기 위해 충분한 양의 산소를 신체 조직에 공급하고, 조직에 쌓여 있는 이산화탄소를 제거하며, 다양한 대사요구에 적절하게 반응한다[9].

이런 심폐계에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 신체에 부가되는 하중과 비정상적인 보행 패턴에서 생기는 부자연스러움을 들 수 있다[10]. 다시 말해, 적합한 목발을 제공하는 것은 손상을 예방하고 에너지 소모를 최소화하여 효과적인 보행 패턴을 확립시킨다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다[11].

본 연구의 목적은 산업재해와 교통사고 등으로 인해 사용하게 되는 부목이나 목발을 이용한 비정상적인 보행 패턴이 에너지대사량에 미치는 영향을 확인하여 재활보행 훈련 시 환자가 경험하게 될 운동강도와 에너지대사량을 예측하여 훈련계획을 수립하는데 도움을 주고 한국인에게 적합한 목발 개발의 필요성을 강조하며, 그 개발에 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상자 및 연구기간

신경계, 근골격계 및 심폐계의 과거병력이나 보행장애가 없는 20대의 정상 성인 여자 10명을 대상으로 하였으며, 각각 보행에 조건에 따라 1인당 세 번씩 시험에 참가하였다. 대상자는 대전지역에 소재하는 C대학교에서 2010년 4월 25일부터 5월 17일까지 4주에 걸쳐 실험을 실시하였다.

연구대상자의 일반적인 특성은 표 1과 같다.

[표 1] 대상자의 일반적 특성

[Table 1] The characteristics of the subjects (N=10)

Characteristics	M ± SD <sup>a</sup>
age(years)	21.80 ± 1.86
height(cm)	162.70 ± 4.09
weight(kg)	55.00 ± 10.12
muscle volume(kg)	26.60 ± 4.26
body fat volume(kg)	14.15 ± 5.96

### 2.2 연구방법 및 실험도구

보행제한에 따른 에너지대사량을 알아보기 위해 10명의 대상자들은 아래와 같은 조건에 맞춰서 실험을 실시하였다.

- 2.1 아무런 제한 없이 트레드밀을 걷는다(정상보행).
- 2.2 슬관절에 대전자 아래에서 발목까지 오는 부목을 착용하고 걷는다(부목보행).
- 2.3 부목을 착용하고 환측발과 양손의 목발을 동시에 내딛는 삼점 보행을 한다(부목·목발보행).

각 조건 당 3회씩 측정하였으며, 각 조건마다 한 주 정도씩의 휴식기간이 있었다. 부목은 석고붕대로 실험 전에 각 대상자들에게 맞게 제작하였으며 실험 시에만 보행할 수 있도록 했다. 부목의 평균 무게는 1.2 kg이었으며, 보행속도는 실험대상자들이 부목을 착용하고 트레드밀 위를 걸어보게 하여 가장 편안하다고 느끼는 속도인 2.74 km/h로 결정을 하였다.

실험을 실시하기 전 Inbody 2.0(biospace, korea)을 사용하여 체성분 분석을 하였으며, 대상자들은 실험실에 도착하여 약 1시간정도 안정을 취하였고 실험에 들어가기 전 가스분석을 위해 마스크를 착용하였다. 복장은 편안한 차림에 운동화를 착용하도록 하였다.

심박수는 Polar heart rate tester(GBR 175015. A, Finland)로 측정하였으며, 안정시 심박수는 실험과는 전혀 무관한 때에 측정하였으며, 안정시 심박수와 운동시 심박수 그리고 나이(세)를 사용하여 각 조건에서의 운동강도를 퍼센트(%)표시법으로 알아보았다.

$$\%HR_{max} = \frac{HR_{exercise} - HR_{rest}}{HR_{max} - HR_{rest}} \times 100$$

- HR<sub>max</sub> : 최대심박수(220-나이(세))
- HR<sub>rest</sub> : 안정시 심박수 / HR<sub>exercise</sub> : 운동시 최대 심박수

본 연구에서는 에너지대사량 측정에 있어 심박수만의 의존해서 평가하는 PCI(Physiologics cost index)를 사용하

지 않고 좀 더 유용하고 다양한 측정결과를 얻을 수 있는 가스분석을 실시하였다[6]. 가스분석은 자동 호흡 분석기(Quinton 3000, USA)를 사용하였고, 총 30분간 환기량, 호흡교환율, 산소소모량, 소모칼로리, 환기당량을 측정하였다.

본 연구에서는 3분 단위의 측정값들의 평균과 표준편차를 사용하였다.

### 2.3 자료처리

통계프로그램 SPSS(version 13.0)을 사용하였다. 대상들의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였으며, 각 조건에 따른 측정치들을 비교하기 위해 일원배치분산분석을 하였고 사후검정을 실시하였다. 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

## 3. 결과

### 3.1 보행 조건에 따른 운동강도

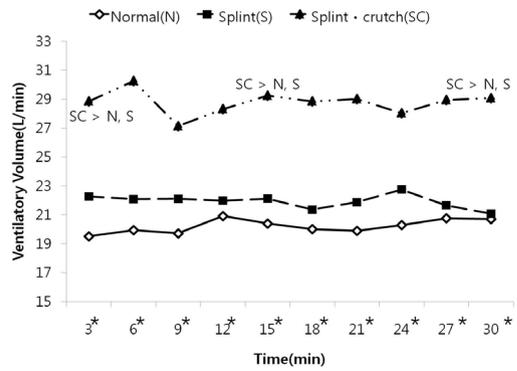
운동강도는 정상보행은 30%HRmax, 부목보행은 33%HRmax, 부목·목발보행은 58%HRmax였다.

### 3.2 보행 조건에 따른 환기량(VE; Ventilatory Volume)의 변화

트레드밀에서 3분간 걸은 후 환기량은 정상보행은  $19.52 \pm 5.97$  l/min, 부목보행은  $22.27 \pm 3.49$  l/min, 부목·목발보행은  $28.85 \pm 5.21$  l/min으로 차이가 있었다( $p<0.01$ ). 사후검정 결과 정상보행과 부목보행에 비해 부목·목발보행의 환기량이 많았다.

트레드밀에서 15분간 걸은 후 환기량은 정상보행은  $20.40 \pm 7.36$  l/min, 부목보행은  $22.12 \pm 3.78$  l/min, 부목·목발보행은  $29.24 \pm 5.04$  l/min으로 차이가 있었다( $p<0.01$ ). 사후검정 결과 정상보행과 부목보행에 비해 부목·목발보행의 환기량이 많았다.

트레드밀에서 30분간 걸은 후 환기량은 정상보행은  $20.71 \pm 7.75$  l/min, 부목보행은  $21.08 \pm 2.81$  l/min, 부목·목발보행은  $29.07 \pm 4.51$  l/min으로 차이가 있었다( $p<0.01$ ). 사후검정 결과 정상보행과 부목보행에 비해 부목·목발보행의 환기량이 많았다[그림 1].



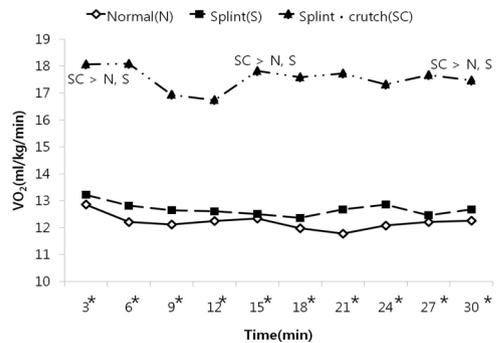
[그림 1] 환기량(VE)의 변화. \* $p<0.05$   
[Fig. 1] The changes of ventilatory volume

### 3.3 보행 조건에 따른 산소소모량( $VO_2$ ; Oxygen Cost)의 변화

트레드밀에서 3분을 걸은 후 산소소모량은 정상보행은  $12.86 \pm 5.57$  ml/kg/min, 부목보행은  $13.22 \pm 2.06$  ml/kg/min, 부목·목발보행은  $18.07 \pm 2.80$  ml/kg/min으로 차이가 있었다( $p<0.01$ ). 사후검정 결과 정상보행과 부목보행에 비해 부목·목발보행의 산소소모량이 많았다.

트레드밀에서 15분간 걸은 후 산소소모량은 정상보행은  $12.34 \pm 4.93$  ml/kg/min, 부목보행은  $12.51 \pm 2.32$  ml/kg/min, 부목·목발보행은  $17.82 \pm 1.88$  ml/kg/min로 차이가 있었다( $p<0.01$ ). 사후검정 결과 정상보행이 부목보행에 비해 부목·목발보행의 산소소모량이 많았다.

트레드밀에서 30분간 걸은 후 산소소모량은 정상보행은  $12.26 \pm 4.58$  ml/kg/min, 부목보행은  $12.68 \pm 2.47$  ml/kg/min, 부목·목발보행은  $17.47 \pm 1.87$  ml/kg/min로 차이가 있었다( $p<0.01$ ). 사후검정 결과 정상보행과 부목보행에 비해 부목·목발보행의 산소소모량이 많았다[그림 2].



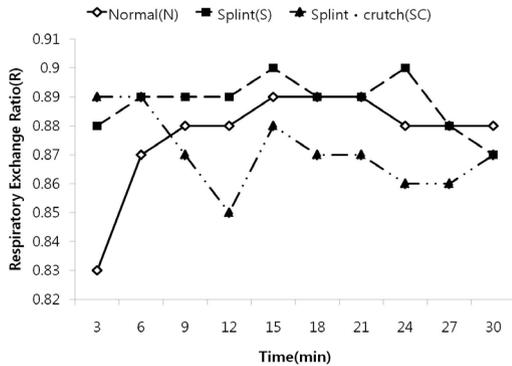
[그림 2] 산소소모량( $VO_2$ )의 변화. \* $p<0.05$   
[Fig. 2] The changes of  $VO_2$ .

### 3.4 보행 조건에 따른 호흡교환율(RER; Respiratory Exchange Ratio)의 변화

트레드밀에서 3분간 걸은 후 호흡교환율은 정상보행은  $0.83 \pm 6.22$ , 부목보행은  $0.88 \pm 5.49$ , 부목·목발보행은  $0.89 \pm 5.23$ 으로 부목·목발보행 시 가장 컸으나, 통계학적으로 유의하지는 않았다.

트레드밀에서 15분간 걸은 후 호흡교환율은 정상보행은  $0.89 \pm 3.71$ , 부목보행은  $0.90 \pm 2.63$ , 부목·목발보행은  $0.88 \pm 3.98$ 로 부목보행 시 가장 컸으나, 통계학적으로 유의하지는 않았다.

트레드밀에서 30분간 걸은 후 호흡교환율은 정상보행은  $0.88 \pm 3.10$ , 부목보행은  $0.87 \pm 3.72$ , 부목·목발보행은  $0.87 \pm 2.94$ 로 정상보행 시 가장 컸으나, 통계학적으로 유의하지는 않았다[그림 3].



[그림 3] 호흡교환율(RER)의 변화  
[Fig. 3] The changes of respiratory exchange ratio

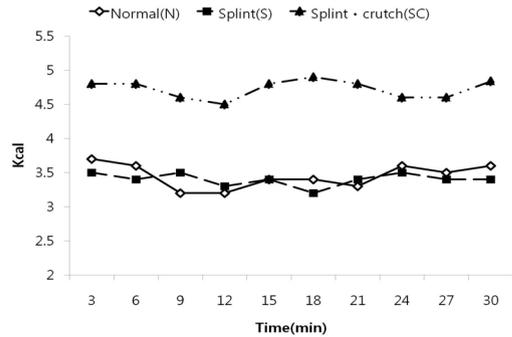
### 3.5 보행 조건에 따른 칼로리(kCal)의 변화

트레드밀에서 3분을 걸은 후 소모 칼로리량은 정상보행은  $3.70 \pm 2.36$  kCal, 부목보행은  $3.50 \pm 0.85$  kCal, 부목·목발보행은  $4.80 \pm 1.23$  kCal로 부목·목발보행 시 가장 많이 소모되었으나, 통계학적으로 유의하지는 않았다.

트레드밀에서 15분간 걸은 후 소모 칼로리량은 정상보행은  $3.40 \pm 2.17$  kCal, 부목보행은  $3.40 \pm 0.97$  kCal, 부목·목발보행은  $4.80 \pm 0.92$  kCal로 부목·목발보행 시 가장 많이 소모되었으나, 통계학적으로 유의하지는 않았다.

트레드밀에서 30분간 걸은 후 소모 칼로리량은 정상보행은  $3.60 \pm 2.07$  kCal, 부목보행은  $3.40 \pm 0.84$  kCal, 부목·목발보행은  $4.84 \pm 0.94$  kCal로 부목·목발보행 시 가장 많이 소모되었으나, 통계학적으로 유의하지는 않았다

다[그림 4].



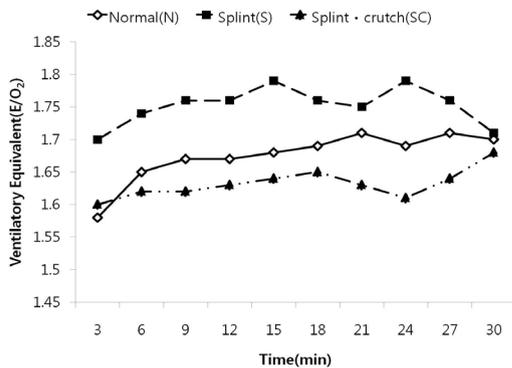
[그림 4] 칼로리(kCal)의 변화  
[Fig. 4] The changes of kCal

### 3.6 보행 조건에 따른 환기당량(VE; Ventilatory Equivalent)의 변화

트레드밀에서 3분을 걸은 후 환기당량은 정상보행은  $1.58 \pm 0.26$ , 부목보행은  $1.70 \pm 0.25$ , 부목·목발보행은  $1.60 \pm 0.25$ 로 부목보행이 가장 컸으나 통계학적으로 유의하지는 않았다.

트레드밀에서 15분간 걸은 후 환기당량은 정상보행은  $1.68 \pm 0.18$ , 부목보행은  $1.79 \pm 0.27$ , 부목·목발보행은  $1.64 \pm 0.28$ 로 부목보행이 가장 컸으나 통계학적으로 유의하지는 않았다.

트레드밀에서 30분간 걸은 후 환기당량은 정상보행은  $1.70 \pm 0.18$ , 부목보행은  $1.71 \pm 0.34$ , 부목·목발보행은  $1.68 \pm 0.29$ 로 부목보행이 가장 컸으나 통계학적으로 유의하지는 않았다[그림 5].



[그림 5] 환기당량(VE)의 변화  
[Fig. 5] The changes of Ventilatory equivalent

#### 4. 고찰

인간에게 보행이란 고유한 신체적 기능의 하나이며, 장애로 인한 재활운동에서 보행 훈련은 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 국내의 장애인 현황은 전체 인구의 약 3.1%를 차지하고 있으며, 그 중 약 90%가 후천적 장애로 보고되고 있다[12]. 이런 일시적인 장애나 영구적인 장애가 있는 환자들도 독립적인 사회생활을 위해서는 적당한 보행속도가 요구되는데 Robinett 등(1988)은 지역사회 크기에 따라 차이는 있으나 평균 44.5/min 정도는 되어야 한다고 했다[13]. 그들의 연구결과로 미루어 볼 때 부목과 목발을 이용한 보행 시 적정수준 이상의 속도와 거리를 이동할 수 있을 정도의 에너지소모가 어느 정도 인지 예측해 봐야 할 것이다. 또한 이를 기초로 하여 환자에게 적당한 운동강도와 휴식시기를 제시할 수 있을 것이다.

에너지대사량을 측정하는 방법으로 산소소모량과 심박수를 이용하는 방법이 있다. 그중에서도 산소소모량을 이용하는 방법은 그 측정 결과의 신뢰성이 높은 것으로 알려져 있다[14].

산소소모량을 측정하는 방법으로 운동부하 검사를 실시하게 되는데, 트레드밀은 몸 전체를 움직일 수 있으며 체중부하가 이루어져 체중이나 체지방량을 고려한 실험을 행할 수가 있다. 본 실험에서 부목이나 목발을 사용해야 했기 때문에 트레드밀을 사용하지 않았다.

산소소모에 가장 큰 영향을 줄 수 있는 요인으로 보행 속도를 들 수 있는데 보행속도가 증가함에 따라 정상인들에게 있어서도 에너지 소모도가 증가한다는 연구 결과도 있다[15]. 본 연구에서 결정한 보행속도인 2.74 km/h(45.67 m/분)는 김미정 등(1994)의 연구결과인 68.06±9.03 (m/분)보다는 느린 것이었다[1]. 이는 본 실험의 대상자들이 모두 여성이었으며 조건에 따른 제한에 익숙하지 못한 결과라 생각된다. 보행속도는 심리상태, 보행목적, 날씨, 기온, 몸 상태 등에 따라 영향을 받으며 그 중 심리상태나 보행목적이 가장 큰 영향을 준다고 하였다[16]. 이런 점들을 미루어 볼 때 실험당시에는 보행에 대한 어떤 목적도 없었고 급박한 심리상태도 아니었으므로 보행속도가 느린 것에 영향을 주었다고 생각해 볼 수 있다.

본 연구에서 산소소모에 영향을 주는 환기량과 산소소모량은 부목·목발보행이 정상보행과 부목보행에 비해 차이가 통계학적으로 유의하게 큰 것으로 나타났다. 이와 더불어 심박수를 이용한 운동강도에서도 부목·목발 보행이 정상보행과 부목보행에 비해 차이가 통계학적으로 유의하게 큰 것으로 확인할 수 있었다. 하지만 부목보행은

정상보행에 비해 환기량과 산소소모량에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 운동강도에서도 큰 차이가 나타나지 않았다. 이는 에너지 소모에 있어 부목만 사용했을 때 보다 부목과 목발이 함께 사용되었을 때 더 큰 영향을 준다고 할 수 있다. 환기량은 여러 인자의 영향을 받는데[17], 목발 사용이 하지에서만 이루어져야 할 체중부하가 상지와 견갑대에서 이루어져[18] 체중부하에 익숙하지 않은 상지의 근육들의 피로를 유발시키고 에너지 소모를 가중시켰다고 생각되며, 이에 대한 후속연구가 요구된다.

호흡교환율은 소모된 산소와 그로 인해 생산된 이산화탄소의 비율을 말한다. 이는 운동 중에 에너지원으로 어떤 물질들이 사용되었는지 알 수 있게 해준다. 호흡교환율이 1에 가까우면 탄수화물이, 0.71에 가까우면 지방을 에너지원으로 많이 동원하였음을 의미한다[19].

본 연구에서 호흡교환율은 정상보행, 부목보행, 부목·목발보행 간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며 모두 대체적으로 0.86에서 0.90 사이에 위치하고 있어 세 가지 보행 모두 탄수화물을 더 많이 사용한 운동강도였다고 할 수 있고 칼로리 소모량 역시 정상보행, 부목보행, 부목·목발보행 간에 통계학적인 차이가 없었다. 이와 같은 결과로 미루어 볼 때 본 연구의 실험이 에너지원의 동원에 변화를 유발시키고 칼로리 소모량을 증가시킬 정도의 고강도 운동은 아니었다고 할 수 있을 것이다. 하지만 충분한 기간 동안 부목과 목발을 지속적으로 착용시키거나 보행속도를 증가시켜 실험한다면 에너지원의 동원과 칼로리 소모량에도 변화가 나타날 수도 있을 것이므로 후속연구가 요구된다.

Edwin Hanada 등(2001)의 실험에서 한쪽 슬관절과 동측 팔을 고정된 군은 정상보행군과 비교해 볼 때 에너지 소모에 있어서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다[20]. 이는 본 연구의 한쪽 슬관절을 고정하고 양손 목발보행을 실시할 때와 정상보행 시에 에너지 소모에 있어서 유의한 차이가 나타난 것과 유사한 결과이다.

본 연구에서는 부목보행은 정상보행과 비교해보았을 때 환기량이나 산소소모량에서 통계학적으로 차이가 나타나지 않았는데 이는 임종업(2008)의 보행 시 에너지 소모를 줄이기 위해 슬관절의 초기 접지 시에 굴곡이 중요하다는 연구결과와 다르다[21]. 이는 슬관절 굴곡이 제한된 기간과 원인에 따라서 에너지대사량이 다르게 나타날 수 있다는 것을 알 수 있게 해준다.

본 연구에서 주목할 점은 부목보행과 부목·목발보행의 경우에 에너지대사량이 유의하게 증가했다는 점이다. 그러므로, 목발을 사용할 때 에너지 소모를 최소화하는 보행 패턴을 확립시키는 것이 매우 중요할 것이다[20].

또한 목발은 세계 2차대전 당시 기존의 T자형 목발을 사이즈 조절이 가능한 A자형으로 개선한 것 이후로 크게 개량된 바가 없이 사용되고 있어 앞으로 한국인의 체형에 맞고 에너지소모를 최소화할 수 있는 목발의 개발이 필요하다고 하겠다.

## 5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 20대의 여성 10명을 대상으로 부목과 목발의 이용한 보행이 에너지대사량에 미치는 영향을 알아보고자 정상보행과 비교하여 부목보행과 부목·목발보행을 실시하여 심박수를 측정하고 가스분석을 실시하였다.

연구결과 정상보행과 부목보행 그리고 부목·목발보행은 에너지대사량에 차이가 있었다. 특히, 부목보행이 정상보행과 큰 차이가 없었던 것에 반해 부목·목발보행은 정상보행과 부목보행에 비해 에너지대사량이 높게 나타났다.

본 연구를 통해서 부목과 목발을 이용하는 환자들의 보행에 있어 부목만 사용했을 때보다 부목과 목발이 함께 사용되었을 때 더 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 향후 목발이 상지와 호흡근에 미치는 영향에 대한 연구와 한국인의 보행에 적합한 목발의 개발에 관한 연구가 진행될 예정이다.

## References

[1] S. A. Kim, et al., "The Study for Gait Speed of Stroke Patients : Comfortable versus Maxium Safe Speed", J of Korean Acad of Rehab Med, Vol.18, No.4, pp. 736-741, 1994.

[2] J S. Chon, et al., "Comparison of Gait Analysis and Energy Consumption between Various Types of Plastic Ankle Foot Orthoses in Hemiplegic Patients", J of Korean Acad of Rehab Med, Vol.24, No.6, pp. 1046-1054, 2000.

[3] J. Perry, Gait Analysis, "Normal and Pathology Function", New Jersey, SLACK, 1992.

[4] J. Saunders, The major determinants in normal and pathological gait, The journal of Bone and Joint Surgery, Vol.25, No.3, pp. 543-558, 1953.

[5] A. Kuo. The six determinants of gait and the inverted pendulum analogy: A dynamic walking perspective. Human Movement Science, Vol.26, No.3,

pp. 617-656, 2007.

[6] B. O. Kim, et al., "Energy Cost during Walking and Usefulness of Physiological Cost Index in Hemiplegic Patients", J of Korean Acad of Rehab Med, Vol.20, No.1, pp. 39-44, 1996.

[7] K. J. Cho, "Ambulation and Energy Expenditure", J of Korean Acad of Rehab Med, Vol.3, No.1, pp. 1-4, 1979.

[8] G. Erwin, M. Stanley, E. Joan, L. James, D. John, "The physiological basis of rehabilitation medicine", 2nd. Stoneham, Butterworth-Heinemann, pp .413-433, 1994.

[9] S. H. Yun. J. H. Byun., "The Cardiopulmonary Responses on Postural Changeand Intensity of Exercise", Chungnam medical journal, Vol.21, No.2, pp .85-92, 1994.

[10] F. Miller, A. Stamfora, "Intensity and energy cost of weighted walking vs. running for man and women", J Appl Physiol, Vol.62, No.4, pp. 1497-1501, 1987.

[11] C. H. Yi, et al., "A Comparative Analysis between Several Crutch-Length-Estimation Techniques and Ideal Crutch Length between Several Crutch", J of the Korean Academy University Trained Physical Therapists, Vol.3, No.1, pp. 24-31, 1996.

[12] The Korea Institute for Health, "2000 year research on the actual condition of disable person", The Korea Institute for Health, pp. 231-253, 2001.

[13] S. Robinett, A. Vondran, "Functional ambulation velocity and distance requirements in rural and urban communities", Phys Ther, Vol.68, No.9, pp. 1371-1373, 1988.

[14] K. S. Chai., "An Objection of Prescription ", 21C Publishing Company, pp. 35-36, 1999.

[15] I. Y. Park., "Verifyung Walking Efficiency by Oxygen Consumption during Different Walking Speeds", The Korean Journal of Physical Education, Vol.32, No.3, pp. 233-247, 1995.

[16] K. S. Hwang, et al., "The Determination of the Optimum Walking Speed Use of Criterion to Optimize Energy Expenditure", J of Dong-eui Institute of Technology, pp. 123-128, 1998.

[17] H. N. Choi, et al., "Effects of long-term aerobic exerciseon plasma total-cholesterol, triglyseride, glucose and ventilatory functions", Exercise Science, Vol.5, No.1, pp. 25-35. 1996.

[18] I. H. Chung, et al., "Cubitus Varus Deformity following Long-term Crutch Walking in Crippled

Children(Crutch Elbow)", J of Korean Orthop Assoc, Vol.17, No.4, pp. 627-632, 1982.

- [19] Y. S. Oh, et al., "Effect of Resistance Training and Aerobic Training on Energy Metabolites, Hormone and Excess Post-Exercise Oxygen Consumption", The Korean Journal of Physical Education, Vol.41, No.1, pp. 333-344, 2002.
- [20] E. Hanada, D. Kerrigan, "Energy Consumption During Level Walking With Arm And Knee Immobilized", Archives of Physical medicine and Rehabilitation, pp. 1251-1254, 2001
- [21] J. Y. Lim, "Correlation between kinematic deviation and energy consumption in the hemiplegic gait", Yonsei University Dissertation of Master Degree, 2008.

**한 슬 기**(Seul-Ki Han)

[정회원]



- 2006년 2월 : 연세대학교 보건과학대학 보건과학과 (보건학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 대전보건대학 수중운동연구소 연구원
- 2009년 9월 ~ 현재 : 을지대학교 보건대학원 물리치료전공 석사 과정
- 2009년 11월 ~ 현재 : 대전요양병원 수중물리치료실 부팀장

<관심분야>  
수중물리치료, 동작분석

**이 지 연**(Ji-Yeun Lee)

[정회원]



- 2007년 2월 : 연세대학교 보건과학과 (보건 학사)
- 2009년 8월 : 을지대학교 보건대학원 (보건학 석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 일반대학원 박사과정
- 2011년 3월 ~ 현재 : 안동과학대학 물리치료과 교수

<관심분야>  
재활, 수중 물리치료, 자세조절

**이 대 희**(Dae-Hee Lee)

[정회원]



- 2004년 8월 : 동아대학교 대학원 생리학 전공 (의학 석사)
- 2007년 8월 : 동아대학교 대학원 생리학 전공 (의학 박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 영동대학교 보건산업대학 물리치료학과 교수

<관심분야>  
생리학, 신경물리치료

**박 정 서**(Jung-Seo Park)

[정회원]



- 2007년 2월 : 연세대학교 보건과학과 (보건 학사)
- 2009년 8월 : 을지대학교 보건대학원 (보건학 석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 재활과학대학원 박사과정
- 2009년 9월 ~ 현재 : 영동대학교 보건산업대학 물리치료학과 교수

<관심분야>  
재활, 수중물리치료, 자세조절