

다양한 보행속도에 따른 대사에너지와 운동에너지 소모도 비교 Comparison of Energy Expenditure between Metabolic and Kinetic Energy in Various Walking Speed

*이희영^{1,2}, 박선우^{1,2}, 손종상^{1,2}, 이등엽¹, #김영호^{1,2}
*H. Y. Lee^{1,2}, S. W. Park^{1,2}, J. S. Son^{1,2}, D. Y. Lee¹, #Y. H. Kim(younghokim@yonsei.ac.kr)²
¹연세대학교 의공학과, ²연세대학교 의료공학연구원

Key words : Energy Expenditure, Metabolic, Kinetic, BMI, SVM(Signal Vector Magnitude)

1. 서론

현대 사회는 기계화와 자동화로 인해 인간들의 신체활동 양이 줄어들었으며 패스트푸드, 인스턴트 식품과 같은 영양이 불균형한 음식들의 섭취가 증가하고 있는 실정이다. 에너지 소비량에 비해 섭취 에너지가 많아지면서 체내에 여분의 에너지가 축적되어 비만의 원인이 되며 나아가 건강에 심각한 문제를 일으키는 원인이 되고 있다. 최근 국민건강보험공단의 발표에 따르면 우리나라 10 대 이상 남, 여의 30.5%가 체질량지수(BMI)가 25.0 이상인 비만인 것으로 나타났으며[1] 당뇨, 고혈압, 고지혈증 등의 대사관련 질병의 발병 가능성을 높이는 가장 큰 원인으로 밝혀지고 있다[2]. 이렇듯 잘못된 생활양식과 신체활동의 부족이 대사관련 질병 등에 중요한 영향을 미친다는 것이 밝혀짐에 따라 규칙적인 신체활동을 권장하였고, 또한 신체활동이 중요한 요소로 인식되면서 이에 관한 연구가 다양한 측면에서 수행되고 있다.

과학 기술이 발달하면서 신체활동과 에너지 소비량을 용이하게 측정할 수 있는 도구가 개발되었다. 호흡가스 분석기는 값이 비싸고 에너지 소비량을 측정할 때 마스크를 착용해야 하므로 휴대하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 크기가 작고 휴대 가능한 도구를 만들기 위해 다양한 센서를 인간의 몸에 고정시켜 움직임 감지하여 에너지 소비량을 측정하는 기술이 제안되고 있다[3]. 그 중 가속도 센서는 운동량을 측정하기 위한 가장 적합한 센서로 알려져 있으며 수 십 년 동안 움직임을 연구하는데 사용되어 왔다. 이러한 가속도 센서의 출력 값과 에너지 소비량 사이에 밀접한 관계가 증명된 것에 기반하여 사용하게 되었다[4].

본 연구의 목적은 가속도계 센서를 이용한 운동에너지 측정 방법이 에너지 소비량 측정 시에 얼마나 상관관계를 가지게 되는지 다양한 보행속도에서의 실험을 통해 알아보고 운동 속도의 범위를 넓힘으로써 에너지 소비량을 보다 정확히 예측하여 이와 관련된 회귀식을 만드는 것이다.

2. 연구방법

2.1 실험 대상

비정상적인 보행이나 나이 차이가 영향을 주지 않도록 질병이나 상해가 없고 정상적인 보행을 하는 신체 건강한 20 대 남성 5 명의 피검자를 대상으로 실험하였다. 피검자들의 평균 나이, 신장, 체중은 각각 25 세, 175±1.9cm, 73.2±8.1kg 였다(표 1).

2.2 실험 장비

호흡가스 분석기로(Metamax, Cortex Biophysik GmbH Co., Germany) 대사에너지를 측정하였고, 가속도 성분을 측정하기 위해서 3 축 가속도계 센서를(CXL02LF3, Crossbow Technologies, Canada) 두 후상장골극(Posterior Superior

Table 1 Subject parameters (n=5)

Characteristics	Mean	SD
Age (years)	25	0
Height (cm)	175	1.9
Weight (kg)	73.2	8.1
BMI	23.7	2.3

Iliac Spine, PSIS) 의 중간 지점에 부착하였으며, 트레드밀(Gaitway, HP Cosmos, Germany) 위에서 피검자의 보행을 유도하였다. 3 축 가속도계 센서는 ±25g 의 민감도를 가지는 것을 사용하였고, 데이터는 Labview (National Instruments Inc., USA) 프로그램을 이용해서 50Hz 로 저장되었다[그림 1].

2.3 실험 방법

실험은 걷기와 뛰기 동작을 수행하였고, 보행 동작의 속도는 걷기인 경우 3km/h, 4km/h, 5km/h, 6km/h 까지, 뛰기인 경우 7km/h, 8km/h, 9km/h 까지 설정하였다. 운동의 누적효과를 줄이기 위해서 보행 속도를 임의 순서대로 선정하였고 각각의 속도를 3 번씩 수행하였다. 피검자는 보행 동작을 속도에 따라 5 분 수행하였고 충분한 휴식을 통해 안정되었음을 확인한 후에 다른 속도를 실시하였다[5].

2.4 분석 방법

운동 시간 5 분 중 불안정한 에너지 소모도 수치에 따른 오차를 줄이기 위해 HR(Polar, HUN), VO₂, VCO₂ 의 정상상태(Steady-state)인 구간 2 분을 측정하였고[6], 가속도 센서 데이터는 3 축의 합인 벡터크기(SVM, Signal Vector Magnitude)를 사용하여 호흡가스 분석기의 에너지 소비량과 비교하였다.



Fig 1. Picture of subject wearing equipments

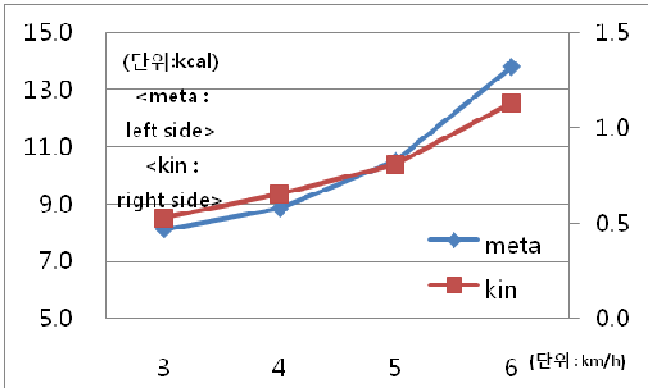


Fig 2. (a) Energy expenditure in walking

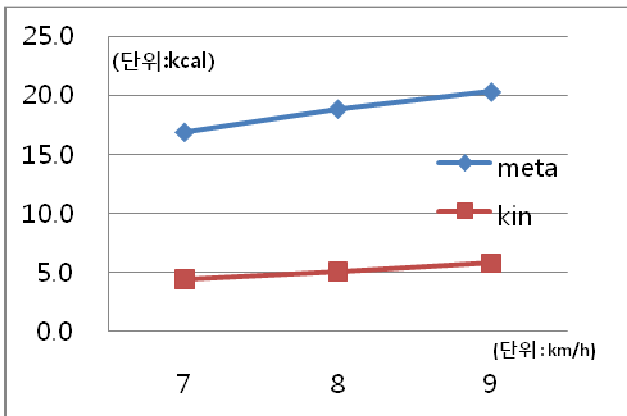


Fig 2. (b) Energy expenditure in running

$$SVM = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

원 데이터는 SVM 을 계산하기 전에 1Hz 의 High-pass 필터링으로 정적가속도 성분을 제거하였고, 모든 데이터는 MATLAB 을 이용하였으며 통계분석은 상관분석을 하였다.

3. 결과

걷기 동작 속도인 3km/h, 4km/h, 5km/h, 6km/h 에서는 대사에너지 소비량이 8.107±0.885kcal, 8.833±1.333kcal, 10.512±1.600kcal, 13.811±3.339kcal 가 측정되었고 운동에너지는 0.527±0.812kcal, 0.653±0.782kcal, 0.807±0.769kcal, 1.128±0.766kcal 가 계산되었으며 상관관계는 R=0.984 를 나타내었다[그림 2 (a)]. 뛰기 동작 속도인 7km/h, 8km.h, 9km/h 에서는 대사에너지 소비량이 16.907±1.348kcal, 18.872±2.154kcal, 20.316±2.369kcal 가 측정되었고 운동에너지가 4.411±kcal, 5.027±0.681kcal, 5.765±0.860kcal 가 계산되었으며 상관관계는 R=0.934 를 나타내었다[그림 2 (b)].

4. 결론

본 연구에서는 호흡가스 분석기에서 측정된 에너지 소비량과 가속도계에서 얻은 데이터로부터 예측된 에너지 소비량을 상관관계를 분석함으로써 비교하였다.

결과적으로 호흡가스 분석기에서 측정된 대사에너지와 가속도계 센서에서 얻은 가속도 성분을 이용하여 예측된 운동에너지가 서로 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 그러나 피검자가 적은 관계로 에너지 소비량을 예측하는데 표준이 된다고 보기 어렵다. 앞으로 본 연구에서 나타난 상관관계를 바탕으로 더 많은 데이터를 획득하여 측정된 대사에너지와 계산된 운동에너지와의 정확한 회귀식을 만

드는 것이 필요하겠다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과입니다. 또한 본 연구는 산학협력 기업부설연구소 설치 지원사업(2009-8-5137)을 통해 개발된 결과물입니다.

참고문헌

1. 국민보험관리공단(2008), 비만도 조사
2. Anderssen, S. A. & Hjermann, I., "Physicalactivity-a crucial factor in the prevention of cardiovascular diseases", Tidsskr Nor Laegeforen, 120(26), 3168-3172, 2000
3. 송윤미, "신체활동 및 에너지 소비량 추정 방법",코칭능력개발지, 7(3), 159-168, 2005
4. G D. W. Kang, J. S. Choi, K. R. Mun, Y. H. Bang, G. R. Tack, "A study on the estimation accuracy of energy expenditure by different attaching position of accelerometer", Korean Journal of Sport Biomechanics., 19(1),179-186, 2009.
5. J. H. Choi, J. Lee, H. T. Hwang, J. P. Kim, J. C. Park, K. Shin, "Estimation of activity energy expenditure : accelerometer approach", Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, September 1-4
6. R. H. Sohn, H. S. Choi, J. S. Son, S. J. Hwang, Y. H. Kim, "The comparison of overground walking and treadmill walking according to the walking speed : motion analysis and energy consumption", J. Biomed. Eng., 226-232, 2009