

다채널 가속도센서를 이용한 운동량 추정 Prediction the energy expenditure from multiple accelerometers during treadmill walking

*이희영^{1,2}, 박선우^{1,2}, 김승현^{1,2}, #김영호^{1,2}

*H. Y. Lee^{1,2}, S. W. Park^{1,2}, S. H. Kim^{1,2}, #Y. H. Kim(younghokim@yonsei.ac.kr)^{1,2}

¹연세대학교 대학원 의공학과, ²연세의료공학연구원

Key words : Energy Expenditure, Accelerometer, Kinetic Energy

1. 서론

현대 사회에서 비만 인구가 꾸준히 증가하고 있다. 에너지 소비량에 비해 섭취 에너지가 많아지면서 체내에 여분의 에너지가 축적되어 비만의 원인이 되며 나아가 당뇨, 고혈압, 고지혈증 등의 대사관련 질병의 발생 가능성을 높이는 가장 큰 원인으로 밝혀지고 있다.¹ 이에 따라 규칙적인 신체활동이 중요한 요소로 인식되고 있고, 이에 관한 다양한 측면에서 연구가 수행되고 있다.

일반적으로 에너지 소모량을 측정하는 방법으로 호흡가스 분석기를 활용하여 심폐능력을 정밀하게 측정한 후 최대 운동능력을 고려하여 트레드밀(treadmill)을 활용한 운동이 이루어진다.² 그러나 호흡가스 분석기는 고가이고 에너지 소모량을 측정할 때 마스크를 착용해야 하므로 휴대하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 크기가 작고 휴대 가능한 도구를 개발하기 위해 다양한 센서를 인간의 몸에 고정시켜 움직임을 감지하여 에너지 소모량을 측정하는 기술이 제안되고 있다.³ 그 중 가속도센서는 센서의 출력 값과 에너지 소모량 사이에 밀접한 관계가 증명된 것에 기반하여, 운동량을 측정하기 위한 가장 적합한 센서로 알려져 있으며, 수 십 년 동안 움직임을 연구하는데 사용되어 왔다.

본 연구에서는 간편한 에너지 모니터링 시스템 개발에 앞서 여러 개의 3 축 가속도 센서가 내장된 시스템을 사용하여 트레드밀 보행 시 대사에너지 소모량을 예측하고자 하였다.

Table 1 Subject characteristics (n=10)

	Mean ± SD
Age (years)	25.60 ± 2.37
Height (cm)	174.40 ± 5.19
Weight (kg)	77.10 ± 5.92
BMI	25.42 ± 2.58

2. 연구방법

2.1 실험 대상

비정상적인 보행이나 나이차에 따른 에너지 소모량의 변화를 최소화하기 위해 질병이나 상해가 없는 건강한 남성 10 명을 대상으로 실험을 진행하였다(표 1).

2.2 실험 장비

호흡가스 분석기로(Metamax, Cortex Biophysik GmbH Co., Germany) 대사에너지를 측정하였고, 가속도 성분을 측정하기 위해서 4 개의 3 축 가속도센서를(CXL02LF3, Crossbow Technologies, Canada) 좌우 외측광근(Vastus Lateralis)과 좌우 후상장골극(Posterior Superior Iliac Spine, PSIS)의 중간지점과 배 위(Abdomen)에 부착하였다.

2.3 실험 방법

실험 실시 30 분 전부터 피검자들에게 최대한 안정을 유지하도록 하고 실험 진행에 대한 설명을 하였다. 이후, 실험 장비를 착용한 후 트레드밀 위에서 1.8km/h, 3.6km/h, 5.4km/h, 9.0km/h, 10.8km/h 의 순서대로 증가하는 속도로

구성된 프로토콜을 진행하였다. 1 분 동안의 ramp-up, 각 속도마다 3 분 동안의 걸기(또는 뛰기), 1 분 동안의 cool-down 으로 총 17 분의 시간으로 구성된 운동 프로토콜을 작성하여 적용하였다. 매 실험 트라이얼이 끝나면 충분한 휴식을 취하였다.

2.4 분석 방법

매 실험 트라이얼의 소요 시간인 17 분 동안, 호흡가스 분석기와 가속도 센서에서 동시에 신호를 받았다. 360Hz 의 샘플링율로 출력되는 3 축의 가속도 값을 3 축의 합인 벡터크기(Signal Vector Magnitude, SVM)을 이용하여 하나의 값으로 나타냈다. 이 값을 시간에 따른 속도 성분으로 적분하였고,⁴ 실험 시작 전 정적 상태에서 측정하였던 오프셋 값을 사용하여 드리프트 보정 및 적분상수를 고려하였다. 시간에 따른 속도 성분은 피검자의 몸무게를 고려한 운동방정식에 대입하여 시간에 따른 운동에너지(J)로 계산되었다. 4 개의 가속도센서에서 나온 값은 합산하여 운동에너지 값을 얻고 이 값과 에너지 소모량 간의 상관관계를 분석하였다.

3. 결과

1.8km/h, 3.6km/h, 5.4km/h, 9.0km/h, 10.8km/h 에서는 대사에너지 소비량이 68.72 ± 4.825kcal, 87.71 ± 3.381kcal, 116.97 ± 7.402kcal, 244.69 ± 12.139kcal, 278.71 ± 17.215kcal 가 측정되었고 운동에너지는 40.23 ± 0.812kcal, 51.35 ± 0.782kcal, 68.48 ± 0.769kcal, 143.26 ± 0.766kcal, 163.18 ± 0.766kcal 가 계산되었으며 상관관계는 R=0.818 를 나타내었다(그림 1).

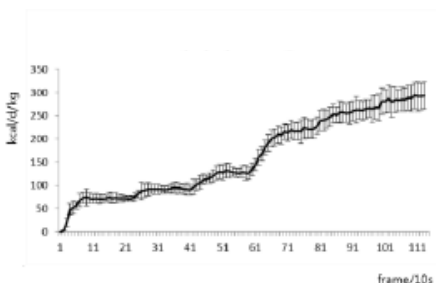


Fig 1. Energy expenditure

4. 결론

본 연구에서는 호흡가스 분석기에서 측정된 에너지 소비량과 가속도센서에서 얻은 데이터로부터 예측된 에너지 소비량의 상관관계를 분석함으로써 비교하였다. 본 연구의 실험 결과를 통해 계산된 운동에너지와 측정된 대사에너지 소모량의 값의 차이가 비슷한 것을 알 수 있었고, 이를 근거로 추가실험을 진행하여 에너지 소모량을 보다 정확하게 예측할 수 있다면, 가볍고 값이 싸며 사용이 간편한 모니터링 시스템이 될 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 산학협력 기업부설연구소 설치 지원사업을 통해 개발된 결과물입니다. 또한 본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 지역산업기술개발 사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

1. Anderssen, S. A. & Hjermmann, I., "Physical activity - a crucial factor in the prevention of cardiovascular diseases", Tidsskr Nor Laegeforen, 120, 3168-3172, 2000.
2. American College of Sports Medicine, "ACSM's Resources for the Personal Trainer", 404-430, 2007.
3. Y. M. Song, H. J. Ku, M. C. Lee, S. B. Lee, "Methods of Estimation of Physical Activity and Energy Expenditure", International Journal of Coaching Science, 7, 159-168, 2005.
4. Y. J. Jang, M. W. Jung, J. M. Kang, H. C. Kim, "An wearable energy expenditure analysis system based on the 15-channel whole-body segment acceleration measurement," Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, 2005.