

# 일상생활 중 Cardiopulmonary fitness 측정 방법 사전 연구

현은제<sup>1</sup>, 윤치열<sup>1</sup>, 안중우<sup>1</sup>, 김희찬<sup>2</sup>, 윤형진<sup>2\*</sup>

1. 서울대학교 대학원 협동과정 바이오엔지니어링 전공
2. 서울대학교 의과대학 의공학교실, 의학연구원 의용생체공학연구소

## Preliminary study of cardiopulmonary fitness measurement in daily life

E. J. Hyun<sup>1</sup>, C. Yoon<sup>1</sup>, J. W. Ahn<sup>1</sup>, H. C. Kim<sup>2</sup>, H. J. Yoon<sup>2\*</sup>,

1. Interdisciplinary Program, Bioengineering Major, Graduate School, Seoul National University

2. Department of Biomedical Engineering, College of Medicine and Institute of Medical & Biological Engineering, Medical Research Center, Seoul National University

### Abstract

Cardiopulmonary fitness(CPF) has been spotlighted recently as a critical index related with a individual health. Despite the importance of the CPF, current method for measuring CPF needs special equipment and operation by an expert. Also it overburdens subjects with physical load. So we suggest that method for measuring CPF using accelerometry and heart rate monitor in daily life. Our research provides subjects with health information conveniently.

### 연구 배경

수명과 건강을 결정하는 인자들 중 신체활동에 대한 중요성이 최근 들어 점차 부각되고 있다. 유전적 영향 및 의료적인 관리보다 신체활동을 포함한 행동인자가 건강에 미치는 영향이 더 크다는 연구결과가 발표되었으며[1], 2002년 WHO에서는 신체활동량 부족을 조기 사망의 가장 중요한 위험인자 중 하나라고 발표하였다.

Cardiopulmonary fitness(CPF)는 신체활동과 밀접하게 심폐기능의 능력을 표현할 수 있는 지표로 심장과 폐에 동맥혈을 공급하여 근육에서 이를 사용할 수 있도록 하는 능력을 의미한다. 일반적으로 CPF는 최대 산소 섭취량(Maximal Oxygen uptake, 이하 VO<sub>2</sub>max)으로 측정하고, VO<sub>2</sub>max이 낮은 경우, 흡연, 고혈압 등 전통적인 심혈관계 위험인자의 유무와 상관없이 총사망 및 심혈관계 질환에 의한 사망 위험이 증가된다고 알려져 있다[2].

지속적인 유산소 운동으로 일정부분 개선이 가능한 VO<sub>2</sub>max는 유전적인 요인을 포함한 나이, 성별, 특정 질환의 유무에 따라 개인적인 차이가 많은 것으로 보고되었다[3]. 따라서 개인의 건강 상태 측정과 질병 예방을 위해 VO<sub>2</sub>max의 정량적인 측정이 필요하다.

하지만 VO<sub>2</sub>max 분석은 특수 장비와 전문 인력이 필요하며, 측정 과정에서 과도한 운동 강도를 요구하기 때문에 노인과 환자에게 신체적인 부담을 안길 수 있다. 이를 해결하기 위해 일상생활에서 VO<sub>2</sub>max의 측정이 가능한 방법의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 관성 센서와 심박 센서를 이용하여 일상생활 시 신체활동을 측정하고, 연산을 통해 신체적인 부담 없이 VO<sub>2</sub>max를 추정할 수 있는 방법에 대한 사전 연구를 설명하고자 한다.

### 연구 방법

본 연구에서는 정상 성인 남성 피험자 1명을 대상으로 실험을 수행하였다. 개인의 VO2max를 파악하기 위해 피험자는 1회의 운동부하검사를 통해 VO2max 을 측정했다. 운동부하 검사는 브루스 프로토콜을 사용했으며, 이 때 metabolic gas analyzer와 심전계를 이용하여 산소 및 이산화탄소의 소비, 배출량, VO2max 및 심박수를 측정했다.

운동부하 검사 후 피험자는 가슴에 심박센서와 3축 가속도 센서를, 팔다리에는 3축 가속도 센서를 부착한 후 3시간 동안 가벼운 운동과 휴식을 번갈아 가며 수행하는 동안 각 센서에서의 신호를 측정하였다.

심박 센서의 신호에서 R peak를 검출하고 1분 단위로 R-R interval의 평균값을 이용하여 심박수를 계산하였다. 몸통의 가속도 센서에서 얻어낸 3축 가속도 신호는 0.25 ~ 7Hz로 밴드패스 필터링을 하고 1분간의 acceleration count를 계산하였다. 계산된 가속도 신호와 체중을 비선형 운동량 추정식에 넣어 에너지 소비량을 추정하였다[4]. 심박수와 추정된 에너지 소비량과의 상관관계를 통해 피험자의 나이에 따른 최대 심박수 시 에너지소비량을 추정하고 이 때의 에너지 소모량으로부터 산소 섭취량을 얻어내면 피험자의 VO2max 를 추정할 수 있다.

### 연구 결과

가속도 신호로부터 계산된 에너지 소비량과 측정된 심박수 간의 상관관계에서 2차 exponential 추세선을 구했다( $R^2=0.64$ , RMSE=7.12). 이 추세선을 이용하여 최대심박수일 때의 운동량 추정이 가능하고, 추후 VO2max 과의 연관식을 개발하여 일상생활중 VO2max 을 계산한다. 검출한 200kJ/min 이하의 에너지소비 데이터 중 높은 심박수는 운동정지 후 얼마간 심박수가 빠른 상태를 유지한 것이므로 정밀한 추정을 위하여 제거해야 한다.

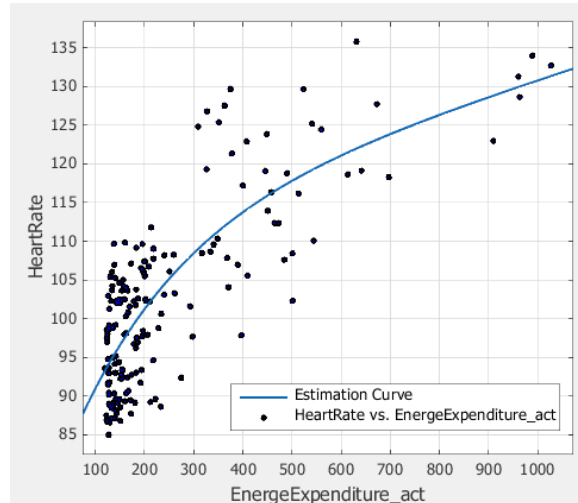


그림1. 가속도 신호로부터 계산된 에너지소비량과 측정된 심박수 간의 상관관계

### Acknowledgements

이 연구는 국립중앙의료원 Cardiopulmonary fitness sensor 개발 및 유용성 검증 과제 및 2013년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2005-2001287).

### 참고 문헌

- [1] S. A. Schroeder, "We can do better—improving the health of the American people," *New England Journal of Medicine*, vol. 357, no. 12, pp. 1221-1228, 2007.
- [2] K. J. B. K. H. W. Blair Sn, III and et al., "Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women," *JAMA*, vol. 276, no. 3, pp. 205-210, 1996.
- [3] C. Bouchard and T. Rankinen, "Individual differences in response to regular physical activity," *Medicine and science in sports and exercise*, vol. 33, no. 6; SUPP, pp. S446-S451, 2001.
- [4] K. Y. Chen and M. Sun, "Improving energy expenditure estimation by using a triaxial accelerometer," *Journal of applied Physiology*, vol. 83, no. 6, pp. 2112-2122, 1997