

## 3축 가속도 센서를 이용한 신체활동 에너지 소비량과 신체활동 강도 예측 알고리즘

### Estimating Algorithm of Physical Activity Energy Expenditure and Physical Activity Intensity using a Tri-axial Accelerometer

김도윤\*, 황인호, 전소혜, 배윤형, 김남현

D. Y. Kim, I. H. Hwang, S. H. Jeon, Y. H. Bae, N. H. Kim

#### 요 약

3축 가속도 동작감지기를 이용하여 x, y, z축에 대한 가속도 합인 SVM(Signal Vector Magnitude)를 적용한 신체활동 에너지 소비량과 신체활동 강도 예측 알고리즘을 구현하였다. 신체 건강한 20~30대 성인 남성 5명, 여성 5명을 대상으로 골반 장골능에 액티그래프(LLC, USA)와 피트미터(Fit.life, korea)를 착용하고 트레드밀위에서 3단계 신체활동(걷기: 3km/h, 빨리 걷기: 5km/h, 러닝: 8km/h)을 수행하였다. 각 신체활동 단계별로 7분간 신체활동을 수행하고 5분간 휴식을 통하여 각 신체활동 단계별로 안정화된 상태에서 실험하였다. 이러한 실험을 1주 간격으로 4주간 반복 실험을 진행하였다. 실험결과 얻어진 액티그래프와 피트미터의 600여개 데이터 상관관계를 분석하여 METs와 kcal 그리고 신체활동 강도를 구분하는 알고리즘을 구현하였다.

#### ABSTRACT

Estimating algorithm of physical activity energy expenditure and physical activity intensity was implemented by using a tri-axial accelerometer motion detector of the SVM(Signal Vector Magnitude) of 3-axis(x, y, z). A total of 10 participants(5 males and 5 females aged between 20 and 30 years). The ActiGraph(LLC, USA) and Fitmeter(Fit.life, korea) was positioned anterior superior iliac spine on the body. The activity protocol consisted of three types on treadmill; participants performed three treadmill activity at three speeds(3, 5, 8 km/h). Each activity was performed for 7 minutes with 4 minutes rest between each activity for the steady state. These activities were repeated four weeks. Algorithm for METs, kcal and intensity of activities were implemented with ActiGraph and Fitmeter correlation between the data.

**Keyword** : Tri-axial accelerometer, Energy Expenditure, Physical Activity, Physical Intensity

접 수 일 : 2011.11.18

심사완료일 : 2011.12.21

게재확정일 : 2011.12.22

\* 김도윤 : 연세대학교 의과대학 의학공학교실 박사수료  
doyoon@yonsei.ac.kr (주저자)

황인호 : 재활공학연구소 책임연구원

ihhwang@korec.re.kr (공동저자)

전소혜 : 연세대학교 의과대학 의학공학교실 석·박사통  
합과정

sohye@yuhs.ac (공동저자)

#### 1. 서론

규칙적이고 적절한 신체활동은 심혈관질환, 고혈압, 당뇨 등을 포함하는 만성질환을 예방하고 건강 증진에 중요한 요소로 작용하고 있다. 질병을 예방하고 건강 증진의 목적을 달성하기 위해 신체활동

배윤형 : 연세대학교 의과대학 의학공학교실 석사과정  
surgeonish@yuhs.ac (공동저자)

김남현 : 연세대학교 의과대학 의학공학교실 교수  
knh@yuhs.ac (교신저자)

량을 정확히 측정, 평가하는 것은 중요하다[1-6]. 신체활동에 대한 측정은 주관적인 방법과 객관적인 방법으로 나누어진다. 주관적인 방법으로는 자가 신체활동 일기, 설문지, 대상자 직접 면담 등이 있고, 객관적인 방법으로는 심박 수 관찰, 산소 소비량을 이용한 가스분석, 방사선 동위 원소를 이용한 Doubly Labeled Watered(DLW) 측정법 등이 있다. 주관적인 방법은 대상자가 자신의 신체활동 기록을 직접 입력하기 때문에 개인별로 인지의 차이가 있어 부정확하다고 알려져 있다. 객관적인 방법은 정확도가 높지만 비용과 시간이 많이 들고 정확한 검사를 위해서는 별도의 장소가 필요한 때도 있어 대규모로 진행하는 연구에 사용하기에는 제한이 있다 [7-8].

이러한 문제를 해결하고 일상생활에서 측정 가능하도록 제안된 것이 가속도 센서를 이용한 신체활동 측정 장치이다. 가속도 센서를 이용한 신체활동 측정 장치는 사용자가 편리하게 착용하여 사용할 수 있으며 휴대하기 쉽고 비용이 저렴하다. 가속도 동작 감지기는 신체활동에 따른 가속도 결과 값의 표현 방식에 따라서 Count 방식과 x, y, z 축의  $cm/s^2$  방식으로 구분된다. Count 방식은 국외에서 많이 사용되고 있고,  $cm/s^2$  방식은 국내 연구에서 주로 사용되고 있다. 특히, 최근 출시되고 있는 스마트폰의 내장된 가속도 센서 역시 x, y, z 축에 대해  $cm/s^2$  가속도 값으로 결과 값이 표현되고 있다.

대표적인 Count 방식의 가속도 동작 감지기는 액티그래프, 액티칼, RT3 등이 있다. 이와 같은 장비들은 트레드밀과 일상생활의 동작에서 에너지 소모량 예측과 신체활동 강도에 대한 임상 실험과 보정 연구를 통하여 신뢰성을 인정받고 있다.[9-13] 하지만 Count 방식의 가속도 동작 감지기 결과 값은 제품별 필터 설계, A/D 변환, 각 축의 측정 민감도에 따라 Count 값이 다르게 표현된다. 즉, Count 방식은 정형화된 값이 아닌 제품에 따라 종속적인 Count 값으로 신체활동 측정 결과 값이 표현되기 때문에 제품별로 신체활동 예측 모델 식과 예측 값이 다르다[11,15].

국내에서는 x, y, z 축의  $cm/s^2$ 의 가속도 출력을 하나의 대표 값으로 처리하는 신호벡터크기(Signal Vector Magnitude : SVM)을 이용한 연구가 진행되어 왔다. 김윤경 등[18]은 가속도 데이터를 획득하여 걸음 수를 검출하고, 활동량 변환 알고리즘을 통하여 에너지 예측 정확도에 관한 연구를 진행하였고, 백중훈 등[19]은 활동신호의 특징을 추출하여 사용자의 걷기, 뛰기의 활동상태 추정 기법을 통하여 활동 상태를 모니터링하는 연구를 진행하였다. 또한, 강동원 등[20]은 가속도 센서 부착 위치에 따른 신체활동 에너지 소모량 예측 정확도에 관한 연구를 하였다.

국내와 해외에서 진행한 선행 연구들은 에너지 측정에 대한 정확도와 활동 상태의 패턴에 대한 정확성 예측에만 중점을 두었고, 통일되지 않은 표현 방식으로 인해 실용적으로 적용하여 사용하기에는 제한적이다.

최근 건강에 대한 관심이 높아지면서 가속도 센서를 이용한 건강관련 분야에 실용적으로 적용할 수 있는 알고리즘의 필요성이 높아지고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 3축 가속도 동작 감지기를 이용하여 가공되지 않은 x, y, z의 가속도 값을 이용하여 제품에 구분 없이 일상생활에서 실용적으로 사용가능한 신체활동 에너지 소비량과 신체활동 강도를 예측하는 알고리즘을 구현하고자 한다. 알고리즘 구현을 위한 실험을 위해 이미 여러 연구에서 신체활동량 측정에서 타당도가 검증되었고 임상연구, 역학연구에 적용하여 널리 사용되고 있으며, 미국 국립건강영양조사(US National Health and Nutrition Examination Survey)에 사용되고 있는 Count 방식의 액티그래프((Model GT3X, LLC, USA)[5, 9-10, 15-16] 와 x, y, z 축으로 중력가속도 값을 정제하고 순수 신체 활동량에 대해서만 가속도 값을 얻을 수 있도록 고안된 피트미터(Fit.Life, Korea)를 이용하여 실험을 수행하였다.

Count 방식과 SVM 방식을 구분 없이 모두 사용할 수 있도록 SVM과 Count 간 상관관계를 통하여 실용적으로 적용 가능한 신체활동 에너지 소비량과 신체활동 강도를 구분 할 수 있는 알고리즘을 구현

표 1. 피험자 신체적 특징

Variable	Male(n=5)	Female(n=5)	All Participants(n=10)
Age, yr	28.8±2.28	27.0±2.55	28.0±2.67
Height, cm	170.4±5.60	164.2±5.36	167.3±6.11
Body mass, kg	65.8±14.11	54.0±4.24	59.9±11.63
BMI, kg/m <sup>2</sup>	22.6±4.01	20.1±1.76	21.3±3.21

하였다.

## 2. 본론

### 2.1 실험 대상

피험자는 고혈압, 당뇨병, 심장 질환, 폐 질환의 과거 병력이 없는 신체 건강한 20~30대 성인 남성 5명과 여성 5명을 대상으로 실험을 시행하였다. 평균 연령은  $28.0 \pm 2.7$ 세(범위: 24~33세), 평균 신장  $167.3 \pm 6.1$  cm, 평균 체중  $59.9 \pm 11.6$  kg, 평균 체질량 지수는  $21.3 \pm 3.2$   $\text{kg/m}^2$  이었다.

### 2.2 실험 방법

실험 참가자들은 액티그래프(Model GT3X, LLC, USA)와 피트미터(Fit.Life, Korea)의 2종류 가속도 동작감지기를 골반 장골 능(anterior superior iliac spine)에 착용하고 트레드밀에서 미리 계획된 걷기, 빨리 걷기, 러닝의 3단계 신체활동을 수행하고, 액티그래프와 피트미터 데이터를 측정하였다[14].

### 2.3 측정 장치

#### 2.3.1 액티그래프

액티그래프(Model GT3X, LLC, USA)는 3축 동작 감지기이다. 세계 최초로 가속도 동작 감지기를 이용하여 신체활동 에너지측정 모델 연구를 시작하였고, 현재 60여 개 국가에서 신체활동과 관련된 비만, 당뇨병, 수면, 재활, 스포츠 의학 등의 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 액티그래프는 무게 19 g, 크기  $4.6 \times 3.3 \times 1.5$  cm이며, 가속도 측정 범위는  $-6$  G ~  $6$  G, 샘플링 30~100 Hz 설정 할 수 있다. 내장된 자체 메모리를 이용하여 신체활동을 연속적으로 20일 정도를 측정할 수 있으며 USB 케이블을 이용하여 데이터를 컴퓨터에 저장할 수 있다. 저장된 데이터는 여러 가지 데이터 포맷을 제공하여 적용 분야에 따라 데이터 포맷을 사용자는 설정할 수 있다. 측정 데이터는 활동 상태에 따라 Count 값으로 결과 값이 나오며 Count 값을 이용하여 신체활동의 에너지 소비량, 걸음 수, 조도 값, 신체활동 강도를 계산한다[11].

#### 2.3.2 피트미터

피트미터(Model Fitmeter, Fit.Life, Korea)는 국내에서 개발한 3축 가속도 동작 감지기로 국내에서 가정의학과, 신경정신과, 재활의학과 등의 연구 분야에 이용되고 있다. 신체활동 수행 결과에 대해  $\text{cm/s}^2$  가속도 값을 얻을 수 있다. 피트미터에서는 중력 가속도 값이 정제된 값과, 정제되지 않은 값을 선택적으로 얻을 수 있다. 즉, 가공되지 않은 가속도 값도 얻을 수 있기 때문에 신체활동과 관련된 연구 분야에서 광범위하게 응용하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 피트미터는 무게 13.7 g, 크기  $3.5 \times 3.5 \times 1.3$  cm, 가속도 측정 범위  $-8$  G ~  $8$  G, 샘플링 32 ~  $1/30$  Hz 설정이 가능하다. 내장된 자체 대용량 메모리를 이용하여 6개월간의 데이터를 저장할 수 있으며 USB 케이블 연결 시 자동 실행으로 데이터를 컴퓨터에 전송할 수 있다. 저장된 데이터의 포맷을 사용자에게 따라서 설정 할 수 있다. 측정된 데이터는 활동 상태에 따른 가속도 값( $\text{cm/s}^2$ ), 활동량, 조도 값 등이 측정된다.

### 2.4 신체활동 수행

피험자는 트레드밀에서 총 3단계의 신체활동을 수행하였다. 걷기, 빨리 걷기, 러닝의 활동 단계를 구분하여 시행하였다. 각 신체활동 단계별로 7분간의 신체활동을 수행하고 5분간의 휴식기를 통하여 신체활동의 안정 시기를 갖도록 하였고 3단계의 신체활동과 중간 휴식시간 5분 등을 합한 총 실험 시간은 31분이다. 이와 같은 실험을 1주 간격으로 4주간 반복 진행하였다. 신체활동 수행 시 액티그래프와 피트미터를 골반 장골 능에 같이 착용하고 수행하였다. 신체활동 수행 단계는 미국 스포츠의학회에서 정의한 기준을 바탕으로 결정하였다. 기준에 따르면 걷기 50~100m/min(3~6km/h), 달리기 134m/min(8 km/h) 이상으로 정의하고 있다[17].

표 2. 실험 프로토콜

단계 (Stage)	트레드밀 속력 (Km/h)	시간 (Minute)
걷기	3	7
휴식	앉아 쉬기	5
빨리 걷기	5	7
휴식	앉아 쉬기	5
뛰기	8	7

### 2.5 분석 방법

#### 2.5.1 적용 알고리즘

엑티그래프에 적용되어 사용되고 있는 Freedson의 알고리즘을 이용하였다. Freedson은 가속도 동작 감지기를 이용하여 신체활동 측정 알고리즘을 고안하였고, 신체활동과 관련된 연구에 적용되어 가장 널리 사용되고 있다[9-15]. Freedson의 METs (Metabolism) 와 Kcal 계산 알고리즘은 다음과 같다.

$$METs = 1.439008 + (0.000795 \times counts \cdot min^{-1}) \quad (1)$$

$$Kcals = (0.00094 \times count \cdot min^{-1}) + (0.1346 \times mass \cdot kg) - 7.37418 \quad (2)$$

counts : 가속도로 측정된 결과 값

### 2.5.2 데이터 정리

걷기, 빨리 걷기, 러닝의 3단계 신체활동으로 측정된 데이터는 신체활동 수행 시 안정화된 데이터를 이용하기 위해 단계별 측정된 데이터 전후로 1분간의 데이터는 버리고 5분간 데이터를 1분 단위로 나누어 정리하였다. 신체활동에 따른 에너지 소비량과 신체활동 강도의 분류는 1분 단위로 계산한다[9-15]. 각 단계에서 5개의 데이터가 추출되며, 1회 실험을 하면 1명당 15개의 사용 가능한 데이터를 수집할 수 있다. 참여한 10명의 참가자의 4주간 실험을 통해 총 600개 데이터를 이용하여 Count 와 SVM 간의 신체활동에 따른 데이터간의 상관관계를 분석할 수 있다. 즉, 같은 동작 수행 시 나온 결과 값의 상관관계를 분석하기에 600개의 데이터를 통계 분석에 사용하여 타당성을 분석할 수 있다.

### 2.5.3 통계 분석

자료 분석은 SPSS(Statistical Package for Social Science)/ PC version 18.0 for windows를 사용하였다. 연구 대상자의 기본적인 신체활동에 대한 비율, 평균값, 표준편차를 산출하였고, 엑티그래프와 피트미터간 측정 데이터의 상관관계를 분석하기 위하여 엑티그래프에서 나온 count 값과 피트미터에서 나온 x, y, z의 3축 벡터 합의 크기(SVM, Signal Vector Magnitude)를 이용하여 상관관계와 회귀분석을 하였다.

$$SVM = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (3)$$

## 3. 실험 결과

그림 1은 1분 단위로 추출된 600여개의 SVM과 Count 간 상관관계를 비교한 데이터를 나타낸다.

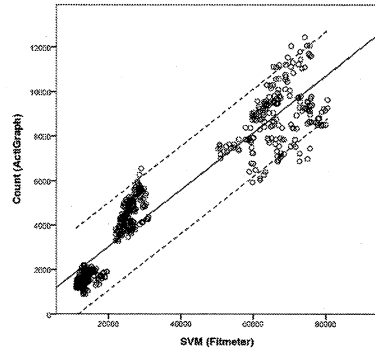


그림 1. 신체활동에 따른 count와 SVM 관계

실선은 전체 적합선을 나타내며 점선은 유의확률 0.05 이내의 값을 표현한다. 통계 결과 상관계수(R) 0.947, 결정계수(R<sup>2</sup>) 0.897, 회귀모형 유의성 값은 0.000으로 유의하다는 결과를 얻었다. 또한 Count와 SVM 두 변수간의 t=71.999, 유의수준(P) 0.000으로 회귀계수(β) 0.128의 값은 통계적 유의성을 확인할 수 있었다.

표 3. 선형 회귀분석 결과

Correlation Coefficient(R)	Coefficient of Determination(R <sup>2</sup> )	P-Value
0.947	0.897	< 0.000

따라서 회귀방정식을 이용하여 Count와 SVM간의 회귀분석식을 구하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$Count = 0.128 \times SVM + 490.644 \quad (4)$$

### 3.1 신체활동 에너지 소비량

회귀방정식 결과 나온 (4)의 식을 식(1)과 (2)에 적용하면 SVM을 이용한 METs와 kcal를 계산할 수 있는 알고리즘을 도출할 수 있다.

$$METs = 1.82906998 + (1.0176 \times 10^{-4} \times SVM \cdot min^{-1}) \quad (5)$$

$$Kcals = (1.2032 \times 10^{-4} \times SVM \cdot min^{-1}) + (0.1346 \times mass \cdot kg) - 6.91297464 \quad (6)$$

SVM을 이용한 METs와 kcal 알고리즘을 이용하여 걷기 5분 (3 km/h), 빨리 걷기 5분 (5 km/h), 러닝 5분 (8 km/h)의 신체활동 수행 후 각 구간 별 1분당 평균 METs은 3 km/h 일 때 3.24 ( $\pm 0.19$ ) METs, 5 km/h는 4.49 ( $\pm 0.22$ ) METs 그리고 8 km/h에서는 8.60 ( $\pm 0.72$ ) METs 결과 값이 나왔으며 kcal은 3km/h 일 때 2.82 ( $\pm 1.53$ ) kcal, 5km/h는 4.30 ( $\pm 1.59$ ) kcal 그리고 8km/h 에서는 9.16 ( $\pm 1.66$ ) kcal 결과 값이 나왔다. 그림 2, 3은 속도에 따른 에너지 소모량을 나타내고 있다. 신체활동 강도에 따른 에너지의 소모량의 결과를 요약하면 표 4와 같다.

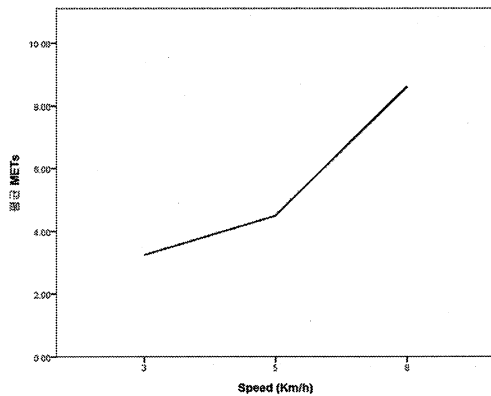


그림 2. 속도에 따른 METs 관계

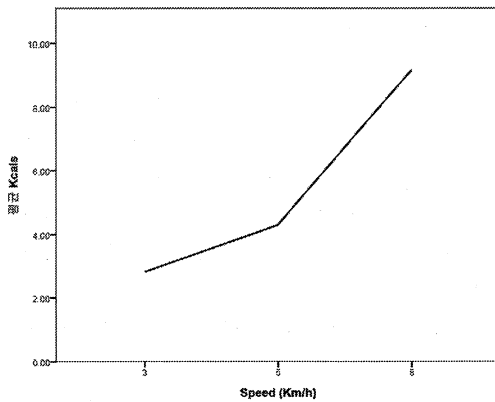


그림 3. 속도에 따른 kcal 관계

표 4. 신체활동에 따른 에너지 소모량

Speed (km/h)	Mean( $\pm$ SD) Measured METs	Mean( $\pm$ SD) Measured kcal	Mean( $\pm$ SD) Measured SVM
3	3.24( $\pm 0.19$ )	2.82( $\pm 1.53$ )	13818.88( $\pm 1830.77$ )
5	4.49( $\pm 0.22$ )	4.30( $\pm 1.59$ )	26129.84( $\pm 2177.71$ )
8	8.60( $\pm 0.72$ )	9.16( $\pm 1.66$ )	66703.17( $\pm 7117.58$ )

### 3.2 신체활동 강도 구분

신체활동 강도의 구분은 METs의 값으로 분류되는데 여러 신체활동 관련 연구에서 분류하는 기준값에 SVM에 따른 신체활동 강도를 구분하였다. 2.99METs 이하 저강도(Light), 3.00-5.99METs 중강도(Moderate), 6.00-8.99METs 고강도(Hard), 9.00METs 이상은 초고강도(Very Hard)로 구분한다. 신체활동 강도에 따른 SVM 구분에 대한 값은 표 5와 같다.

표 5. 신체활동 강도에 따른 SVM 구분

Activity intensity	MET Range	SVM Range
Light	<3.00	<11,507
Moderate	3.00-5.99	11,507-40,890
Hard	6.00-8.99	40,891-70,371
Very Hard	>8.99	>70,371

### 4. 결론

본 논문은 3축 가속도 동작감지기를 사용하여 신체활동에 따른 x, y, z 축에 대한  $cm/s^2$  가속도 값을 이용하여 신체활동 에너지 소비량과 신체활동 강도를 분류 할 수 있도록 실용적인 알고리즘을 구현 하였다. 알고리즘 구현을 위해 Count 값으로 표현되는 대표적인 가속도 동작 감지기인 액티그래프와 SVM 값으로 표현되는 피트미터를 이용하여 실험하였다.

Count 방식과 SVM 방식의 구분 없이 모두 사용할 수 있도록 SVM과 Count 간 상관관계를 구하여 제품에 독립적인 신체활동 에너지 소비량과 신체활동 강도를 구할 수 있다. 또한 신체활동 강도 기준 범위를 SVM에 맞게 제시하였다. 신체활동의 강도는 신체활동 평가 요소로 중요한 척도이며 차후 신체활동 평가에 있어 중요하게 사용될 것으로 기대되어 진다.

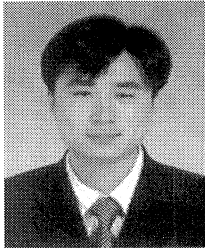
최근 스마트폰의 열풍으로 가속도 센서를 이용한 신체활동 측정 애플리케이션이 많이 나오고 있다. 스마트폰에 내장된 가속도 센서 결과 값은 x, y, z 축에 대한  $\text{cm/s}^2$  가속도 값으로 표현되기 때문에 기존의 공개된 Count 방식 알고리즘을 바로 적용하여 사용 할 수 없었다. 그러나 본 연구에서 x, y, z 축의 가속도 값을 이용하여 신체활동 에너지 소모량과 신체활동 강도를 구분하는 알고리즘을 구현함으로써 신체활동에 따른 에너지 소비량을 정량화하고 신체활동에 따른 강도를 구분하는 알고리즘을 이용하여 건강관리와 관련된 다양한 분야에서 실용적으로 응용되어 사용되어 질 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- [1] R. R. Pate, M. Pratt, S. N. et al., "Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine", *JAMA : the journal of the American Medical Association*, vol.273, pp.402-7, 1995.
- [2] National Institutes of Health, *Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults-The Evidence Report*, *Obes. Res.*, vol.6 Suppl 2, pp.51S-209S, 1998.
- [3] I. M. Lee, H. D. Sesso and R. S. Paffenbarger, Jr., "Physical activity and coronary heart disease risk in men: does the duration of exercise episodes predict risk?", *Circulation*, vol.102, pp.981-6, 2000.
- [4] G. Reaven, "Insulin resistance, hypertension, and coronary heart disease," *J. Clin. Hypertens.*, vol.5, pp.269-74, 2003.
- [5] N. Y. Leenders, T. E. Nelson and W. M. Sherman, "Ability of different physical activity monitors to detect movement during treadmill walking", *Int. J. Sports Med*, vol.24, pp.43-50, 2003.
- [6] R. H. Fagard, "Physical activity, physical fitness and the incidence of hypertension", *J. Hypertens.*, vol.23, pp.265-7, 2005.
- [7] J. F. Sallis and B. E. Saelens, "Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions", *Res. Q. Exerc. Sport*, vol.71, pp.S1-14, 2000.
- [8] A. B. Marietta, K. J. Welshimer and S. L. Anderson, "Knowledge, attitudes, and behaviors of college students regarding the 1990 Nutrition Labeling Education Act food labels", *J. Am. Diet. Assoc.*, vol.99, pp.445-9, 1999.
- [9] P. S. Freedson, "Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer", *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol.30, pp.777-81, 1998.
- [10] A. M. Swartz, S. J. Strath, D. R. Bassett, W. L. O'Brien, G. A. King and B. E. Ainsworth, "Estimation of energy expenditure using CSA accelerometers at hip and wrist sites", *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol.32, pp.S450-S6, 2000.
- [11] S. E. Crouter, J. R. Churilla and D. R. Bassett, "Estimating energy expenditure using accelerometers", *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol.98, pp.601-12, 2006.
- [12] D. P. Heil, "Predicting activity energy expenditure using the Actical (R) activity monitor", *Res. Q. Exerc. Sport*, vol.77, pp.64-80, 2006.
- [13] D. Jacobi, A. E. Perrin, N. Grosman, M. F. Dore, S. Normand, J. M. Oppert and C. Simon, "Physical activity-related energy expenditure with the RT3 and TriTrac accelerometers in overweight adults", *Obesity*, vol.15, pp.950-6, 2007.
- [14] K. Lyden, S. L. Kozey, J. W. Staudenmeyer and P. S. Freedson, "A comprehensive evaluation of commonly used accelerometer energy expenditure and MET prediction equations", *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol.111, pp.187-201, 2011.
- [15] D. Hendelman, K. Miller, C. Baggett, E. Debold and P. Freedson, "Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field", *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol.32, pp.S442-9, 2000.
- [16] A. Yngve, A. Nilsson, M. Sjoström and U. Ekelund, "Effect of monitor placement and of activity setting on the MTI accelerometer output", *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol.35, pp.320-6, 2003.
- [17] A. C. o. S. Medicine, *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, vol.7, pp.286-99, 2005.
- [18] 김윤경, 노형석, 조위덕, "가속도 센서를 이용한

보행 횟수 검출 알고리즘과 활동량 모니터링 시스템”, 전자공학회논문지, 제48권, CI편 제2호, pp.267-277, 2011.

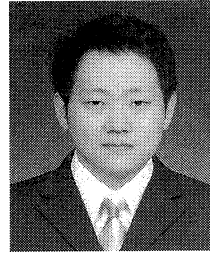
- [19] 백중훈, 윤병주, “무구속적인 측정에 의한 사용자 활동 상태 추정 기법”, 전자공학회논문지, 제46권, SP편 제5호, pp.652-661, 2009.
- [20] 강동원, 최진승, 문경률, 탁계래, “3축 가속도계와 신체정보를 이용한 보행 및 주행시 에너지 소비량의 예측”, 한국역학회지논문지, 제4호, pp.109-114쪽, 2008.



**김도연**

2009년 연세대학교 대학원 의학공학과 졸업 (이학석사)  
 2009년 - 현재 연세대학교 대학원 의학공학과 재학 (박사수료)

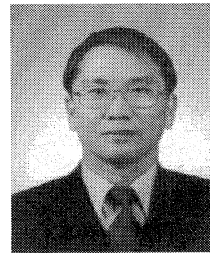
관심분야 : u-헬스케어, 인공지능, 신체활동 에너지



**배윤형**

2010년 한양대학교 졸업 (공학석사)  
 2010년 - 현재 연세대학교 대학원 의학공학과 석사과정

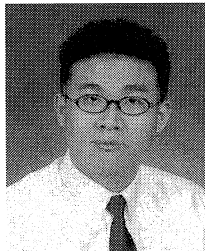
관심분야 : u-헬스케어, 신체활동 에너지



**김남현**

1987년 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학박사)  
 2003년 - 현재 연세대학교 의과대학 의학공학교실 교수  
 2008년 - 현재 연세의료원 의료정보실 실장

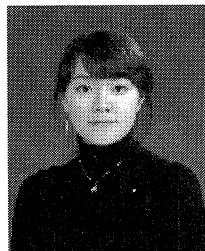
관심분야 : 의료정보, PHR, 의사결정지원시스템



**황인호**

2006년 고려대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
 2007년 - 현재 재활공학연구소 책임연구원  
 2009년 - 현재 연세대학교 의학공학교실 연구원 박사과정

관심분야 : 의료기기 시험평가 및 인증



**전소혜**

2008년 연세대학교 의용전자공학과 졸업 (공학사)  
 2009년 - 현재 연세대학교 대학원 의학공학과 석박사 통합과정

관심분야 : u-헬스케어, 인공지능, 신체활동 에너지