

허리와 손목의 가속도 센서를 이용한 신체활동 에너지 소비량 예측 알고리즘 구현

Implementation of Physical Activity Energy Expenditure Prediction Algorithm using Accelerometer at Waist and Wrist

김도윤*, 정유석, 전소혜, 강승용, 배윤형, 김남현

D. Y. Kim, Y. S. Jung, S. H. Jeon, S. Y. Kang, Y. H. Bae, N. H. Kim

요 약

본 논문에서는 3축 가속도 동작 감지기를 이용하여 신체활동 에너지 소비량 예측 알고리즘을 구현 하였다. 피험자 33명(남성: 15, 여성: 18명)을 대상으로 트레드밀에서 호흡가스분석기, 3축 가속도 동작 감지기(피트미터)를 허리와 손목에 착용 후 2 km/h ~ 11 km/h 까지 각 단계별 2분 수행 후, 1 km/h 씩 증가 시키면 실험을 진행하였다. 3축 가속도 동작 감지기의 x, y, z축 출력 값을 하나의 대표 값으로 처리하는 신호벡터크기(Signal Vector Magnitude: SVM)와 산소소비량과의 회귀분석을 통하여 신체활동 에너지 소비량 예측 알고리즘을 구현 하였다. 허리, 손목, 허리와 손목의 3축 가속도 동작 감지기 착용 위치에 따라 알고리즘을 구현하고 각각의 알고리즘 별로 비교하여 신체활동의 특성에 따라 선택적으로 이용할 수 있도록 구현 하였다.

ABSTRACT

Estimating algorithm of physical activity energy expenditure 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 33 participants(15 males and 18 females) that performed walking and running on treadmill at 2 ~ 11 km/h speeds(each stage increase 1km/h). Algorithm for energy expenditure of physical activities were implemented with VO_2 consumption and SVM correlation between the data. Algorithm consists of three kinds and hip, wrist, waist and hip can be used to apply.

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

1. 서론

비만은 당뇨, 고혈압, 고지혈증 등의 대사관련 질병의 발병 가능성을 높이는 가장 큰 원인으로 알려져 있다. 규칙적이고 적절한 신체활동은 만성질환을 예방하고 건강증진에 중요한 요소로 작용하고 있다. 질병을 예방하고 건강 증진의 목적을 달성하기 위해 신체활동량을 정확히 측정, 평가하는 것은 중요하다[1-3].

일상생활에서 신체활동을 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

접 수 일 : 2011.12.02

심사완료일 : 2011.12.21

게재확정일 : 2012.06.18

* 김도윤 : 연세대학교 의과대학 의학공학교실 박사

doyoon@yonsei.ac.kr (주저자)

정유석 : ㈜휘트닷라이프 대표이사

jys8508@gmail.comr (공동저자)

전소혜 : 연세대학교 의과대학 의학공학교실 석·박사통
합과정

sohye@yuhs.ac (공동저자)

강승용 : 연세대학교 의과대학 의학공학교실 석사과정

kalemaz@yuhs.ac (공동저자)

배윤형 : 충남대학교 의학전문대학원

surgeonish@yonsie.ac.kr (공동저자)

김남현 : 연세대학교 의과대학 의학공학교실 교수

knh@yuhs.ac (교신저자)

따라서 Count 방식과 x, y, z 축의 cm/s² 방식으로 구분된다. Count 방식은 국외에서 많이 사용되고 있고, cm/s² 방식은 국내 연구에서 주로 사용되고 있다[4-7].

대표적인 Count 방식의 가속도 동작 감지기는 액티그래프, 액티칼 등이 있다. 이와 같은 장비들은 트레드밀과 일상생활 신체활동에서 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[8].

국내에서는 x, y, z 축의 cm/s²의 가속도 출력을 하나의 대표 값으로 처리하는 신호벡터크기(Signal Vector Magnitude : SVM)을 이용한 연구가 진행되어 왔다. 김윤경 등[9]은 가속도 데이터를 획득하여 걸음 수를 검출하고, 활동량 변환 알고리즘을 통하여 에너지 예측 정확도에 관한 연구를 진행하였고, 백종훈 등[10]은 활동신호의 특징을 추출하여 사용자의 걷기, 뛰기의 활동상태 추정 기법을 통하여 활동 상태를 모니터링하는 연구를 진행하였다.

국내와 해외에서 진행한 선행 연구들은 각 제품별로 정해진 계산 알고리즘이 있어 결과 값을 서로 비교하기가 어렵고 통일되지 못한 신체활동 표현 방식으로 신체활동에 대한 에너지 소모량에 대한 정량적인 수치의 기준을 결정하기가 어렵다. 또한 일상생활에서의 움직임은 상부운동과 하부 운동으로 나누어지는데 기존의 알고리즘은 하부 운동을 중심으로 측정된 알고리즘이 대부분이어서 일상생활에서 폭넓게 적용하여 사용하기가 어렵다.

본 연구의 목적은 3축 가속도 동작 감지기를 이용하여 x, y, z의 가속도 값을 이용하여 제품에 구분 없이 일상생활에서 실용적으로 사용가능한 신체활동 에너지 소비량 예측 알고리즘을 구현 하였다. x, y, z 축의 하나의 대표 값인 SVM 표현 방식을 이용하고, 가스호흡분석기로부터 측정된 산소소모량과 회귀분석을 통하여 순수한 신체활동에 대한 알고리즘을 구현하였다. 신체활동 에너지 소비량 예측 알고리즘은 타 가속도 동작 감지기에서도 이용 가능하도록 실용적으로 적용 가능한 알고리즘을 구현 하였다.

2. 본론

2.1 실험 대상

피험자는 고혈압, 당뇨병, 심장 질환, 폐 질환의 현재와 과거 병력이 없는 신체 건강한 20대, 40대 성인 남성 15명과 여성 18명을 대상으로 실험을 실행하였다. 20대의 신체 특성은 평균 연령 24.33세(범위: 20~28 세), 평균 신장 168.22±7.86 cm, 평균 체중 62.07±8.89 kg, 평균 체질량지수 21.88±2.41 kg/m² 이고, 40대의 신체 특성은 평균 연령 43.47세(범위: 40~48세), 평균 신장 165.16±8.52, 평균 체중 67.60±13.26 kg, 평균 체질량지수 24.57±2.97 kg/m² 이다. 피험자들의 신체적 특징은 표 1, 2와 같다.

표 1. 20대 피험자 신체적 특징

Variable	Male(n=7)	Female(n=11)	All(n=18)
Age, yr	23.80±2.77	24.65±1.99	24.33±2.34
Height, cm	176.19±2.40	163.39±5.79	168.23±7.86
Mass, kg	70.03±6.68	57.23±6.17	62.07±8.89
BMI, kg/m ²	22.57±2.42	21.47±2.42	21.88±2.41

표 2. 40대 피험자 신체적 특징

Variable	Male(n=8)	Female(n=7)	All(n=15)
Age, yr	43.93±2.41	42.86±2.76	43.47±2.61
Height, cm	170.59±6.95	158.00±3.79	165.16±8.52
Mass, kg	75.57±11.06	57.10±7.23	67.60±13.26
BMI, kg/m ²	25.86±2.50	22.86±2.59	24.57±2.94

2.2 실험 방법

실험 참가자들은 가스호흡분석기(Model UltimaPF, MediGraphics, USA)를 착용하고 피트미터(Model Fitmeter, Fit.Life, Korea) 가속도 동작 감지기는 오른쪽 허리와 왼쪽 손목에 착용 후 트레드밀에서 신체활동을 수행 하였다. 신체활동을 수행 전 피험자들은 5 분간의 안정된 상태에서 가스호흡 분석기를 이용해서 운동 전 기초대사 에너지를 측정하였다. 신체활동은 2 km/h ~ 11 km/h 까지 1 km/h 단위로 단계적으로 속도를 상승하면서 실험을 진행하였다. 각 단계별 신체활동 수행 시간은 2분씩 진행하였다. 총 실험 시간은 각 피험자 마다 25분간 진행 하였다.

표 3. 실험 프로토콜

Stage	Treadmill(km/h)	Time(Minute)
1	0	5
2	2	2
3	3	2
4	4	2
5	5	2
6	6	2
7	7	2
8	8	2
9	9	2
10	10	2
11	11	2

2.3 신체활동 측정 장치

피트미터(Model Fitmeter, Fit.Life Inc., Korea)는 국내에서 개발한 3축 가속도 동작 감지기이다. 국내에서 가정의학과, 신경정신과, 재활의학과 등의 연구 분야에 이용되고 있다. 신체활동 측정값에 대해서 중력 가속도 값이 정제된 값과 정제되지 않은 값을 선택적으로 데이터를 얻을 수 있다. 즉, 신체활동에 따른 x, y, z 축의 활동량 변화를 cm/s^2 값으로 얻을 수 있기 때문에 신체활동과 관련된 연구 분야에서 광범위하게 응용하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 피트미터는 무게 13.7g, 크기 3.5x3.5x1.3cm, 가속도 측정 범위 -8G~8G, 샘플링 32~1/30Hz 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 포맷(엑셀, txt*)을 사용자에게 따라서 설정할 수 있다. 측정된 데이터는 활동 상태에 따른 가속도 값(cm/s^2), 활동량, 조도 값 등을 측정한다[11].



그림 1. 피트미터의 신체활동 측정 장치

2.4 분석 방법

2.4.1 데이터 정리

각 수행 단계별로 측정된 데이터는 안정화된 데이터를 추출하기 위해 각 단계별 신체활동 수행 시간(2분) 전후로 30초간의 데이터는 버리고 1분간의 데이터만 추출 하였다. 그리고 신체활동에 따른 에너지 소비량과 신체활동 강도의 분류는 1분 단위로 계산하기 때문에 데이터를 1분 단위로 정리 하였다. 신체활동에 따른 순수 신체활동 에너지 소모량만을 구하기 위해, 안정된 상태에서 측정된 기초대사 에너지를 신체활동 수행 시 측정된 에너지 소비량 값에서 차이를 계산하여 순수 신체활동에서의 데이터만 추출 하였다.

2.4.2 통계분석

자료 분석은 SPSS(Statistical Package for Social Science)/ PC version 18.0 for windows를 사용하였다. 피험자들의 신체활동에 대한 평균값, 표준편차를 산출하였고, 가속도 동작 감지기과 가스호흡분석기에서 측정된 데이터의 회귀분석을 위해 피트미터에서 나온 x, y, z의 3축 벡터 합의 크기(SVM, Signal Vector Magnitude)를 이용하였고, 가스호흡 분석기에서는 $1 MET = 3.5 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ 과 $O_2 1 L = 5 Kcal$ 계산식을 이용하여 분석하였다[12-13].

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

3. 실험 결과

신체활동 수행 전에 5 분간의 안정된 상태에서 기초대사 에너지를 측정하고, 2 ~ 11 km/h에서 신체활동을 수행 하였다. 실제 실험 결과 남성은 11 km/h까지 수행하는데 문제가 없었지만, 대부분의 여성들은 10 km/h에서 더 이상의 신체활동을 수행할 수 없었다. 따라서 남성은 2 ~ 11 km/h, 여성은 2 ~ 10 km/h의 속도에서 신체활동을 수행하였다.

남성과 여성의 각 신체활동에 따른 산소 소모량과 속도에 따른 SVM 차이를 알아보기 위해 독립표본 T 검정(Independent-Sample T test)을 수행하였다.

4 재활복지공학회 논문지 제6권 제1호 (2012.06)

표 4. 남성과 여성의 산소 소모량 평균 비교

SPEED	VO ₂ (ml·min ⁻¹)		p-value
	Male(n=15)	Female(n=18)	
2	4.131±0.75	4.37±0.96	0.445
3	5.46±0.67	6.03±1.23	0.132
4	6.82±0.76	7.43±1.08	0.090
5	9.07±0.93	10.00±1.34	0.038
6	13.66±2.49	13.85±2.06	0.815
7	19.32±2.02	19.62±2.28	0.707
8	23.76±1.89	24.77±1.95	0.157
9	26.87±2.10	27.40±2.72	0.561
10	30.15±2.65	29.96±2.80	0.853

표 4는 독립표본 T 검정결과 남성과 여성간의 신체활동 수행에 따른 산소소모량 차이를 나타내고 있다. p-value가 <0.05에서 남성과 여성의 차이가 유의하다는 의미이며, 두 평균치 비교 결과 5km/h 구간에서만 남성과 여성 간 유의한 차이를 보이고, 다른 구간은 평균치의 차이가 보이지 않았다.

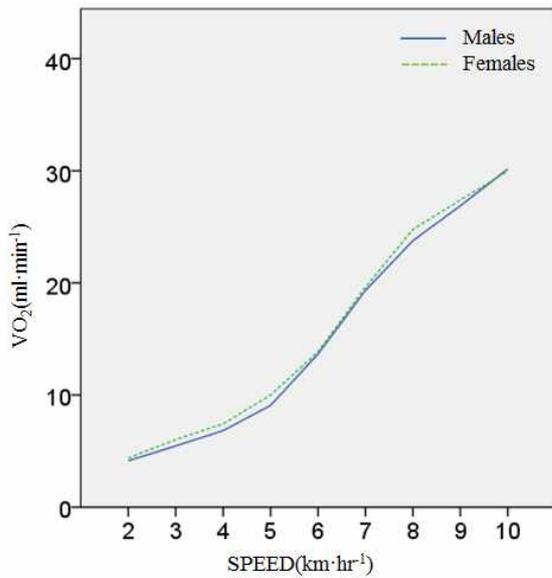


그림 2. 남성과 여성의 산소소모량 평균 비교

허리에 착용한 가속도 동작 감지로부터 측정된 신체활동에 따른 남성과 여성의 독립표본 T 검정 결과는 다음과 같다.

표 5. 남성과 여성의 허리 부위 SVM 평균 비교

SPEED	SVM (cm·min ⁻²)		p-value
	Male(n=15)	Female(n=18)	
2	12,123±2,009	12,413±3,072	0.764
3	19,461±3,646	21,385±4,234	0.191
4	28,385±6,344	30,240±5,473	0.389
5	39,448±8,283	41,457±8,128	0.503
6	60,475±17,228	58,800±15,178	0.776
7	86,141±15,178	88,113±27,023	0.822
8	115,633±10,824	122,739±27,183	0.366
9	124,191±11,592	135,235±25,293	0.122
10	128,880±12,719	142,862±23,412	0.045

표 5의 결과에 따르면 허리 부위에서 남성과 여성의 두 평균치 비교 결과 10 km/h 구간에서만 남성과 여성의 SVM의 활동량 차이가 있고 다른 구간에서는 차이가 없다는 결과를 얻을 수 있었다.

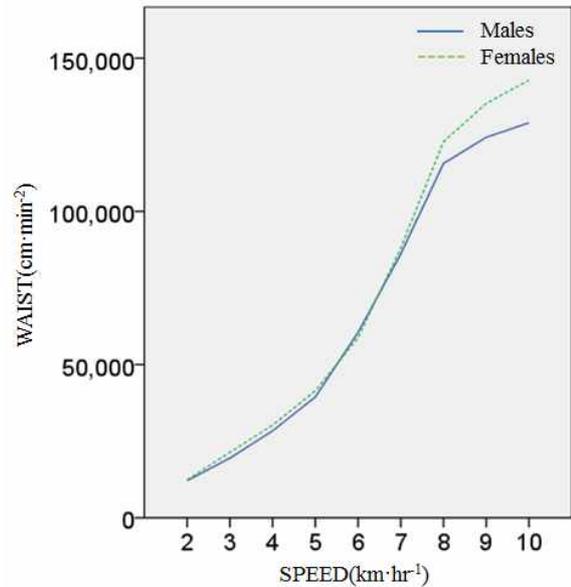


그림 3. 남성과 여성의 허리 부위 SVM 평균 비교

손목에 착용한 가속도 동작 감지로부터 측정된 신체활동에 따른 남성과 여성의 독립표본 T 검정 결과는 다음과 같다.

표 6. 남성과 여성의 손목 부위 SVM 평균 비교

SPEED	SVM (cm·min ⁻²)		p-value
	Male(n=15)	Female(n=18)	
2	12,170±4,052	13,529±3,738	0.340
3	15,989±3,622	20,355±8,861	0.095
4	24,377±8,454	25,966±10,107	0.643
5	33,123±8,413	36,909±12,988	0.356
6	60,456±40,344	56,842±30,285	0.778
7	101,600±45,543	98,373±52,782	0.858
8	168,415±26,341	163,869±39,992	0.718
9	182,511±28,607	191,166±24,173	0.369
10	193,082±28,352	207,960±36,436	0.222

표 6의 결과에 따르면 손목 부위에서 남성과 여성의 두 평균치 비교 결과 남성과 여성의 SVM의 활동량 차이가 없다는 결과를 얻을 수 있었다.

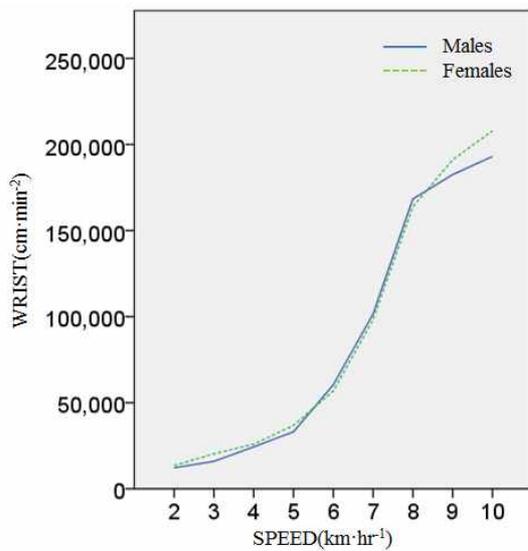


그림 3. 남성과 여성의 손목 부위 SVM 평균 비교

따라서 남성과 여성의 신체활동에 따른 산소소모량, 허리, 손목 부위에서의 SVM 평균차를 비교한 결과 산소소모량 5 km/h 구간과 허리 10 km/h 구간에서 남성과 여성의 차이가 있지만, 전체 실험 구간에 비교하여 남성과 여성의 신체활동에 따른 차이가 거의 없다는 결론을 얻을 수 있었다. 이러한 결과를 토대로 선행 연구와 일치하는 결과를 얻었으며 선행 분석 방법을 참고하여 남성과 여성을 구분하지 않고 통합하여 에너지 소모량을 구현 하였다 [9-13].

3.1 신체활동 에너지 소비량 : 허리

허리 부위에 착용하고 신체활동 수행 후 SVM과 호흡가스분석기의 VO₂ 소모량과의 상관관계를 분석하기 위해 각 속도별 회귀분석을 하였다.

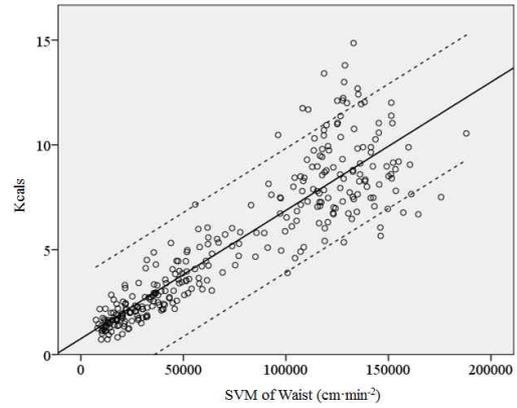


그림 4. 허리 부위 SVM에 따른 Kcal 소비량

실선은 전체 적합 선을 나타내며 점선은 유의확률 0.05 이내의 값을 표현한다 [9-13]. 통계 결과 상관계수(R) 0.896, 결정계수(R²) 0.803, 회귀모형 유의성 값은 0.000으로 유의하다는 결과를 얻었다. 또한 허리 부위의 SVM과 Kcal 간 t=4.864, 유의수준(P) 0.000으로 회귀계수(β) 6.118×10⁻⁵의 값은 통계적으로 유의성을 확인 할 수 있었다.

표 7. 허리 부위의 분산 분석

	선형회귀분석	잔차	합계
제곱합	2782.453	681.180	3463.633
자유도	1	303	304
평균제곱	2782.453	2.28	
F	1237.680		
유의확률(p)	<0.000		

따라서 회귀분석을 이용하여 손목 부위의 SVM과 Kcal 소모량 간의 회귀방정식은 다음과 같다.

$$Kcals = (6.118 \times 10^{-5}) \times SVM_{waist} + 0.758$$

3.2 신체활동 에너지 소비량 : 손목

손목 부위에 착용하고 신체활동 수행 후 SVM과 호흡가스분석기의 VO₂ 소모량과의 상관관계를 분석하기 위해 각 속도별 회귀분석을 하였다.

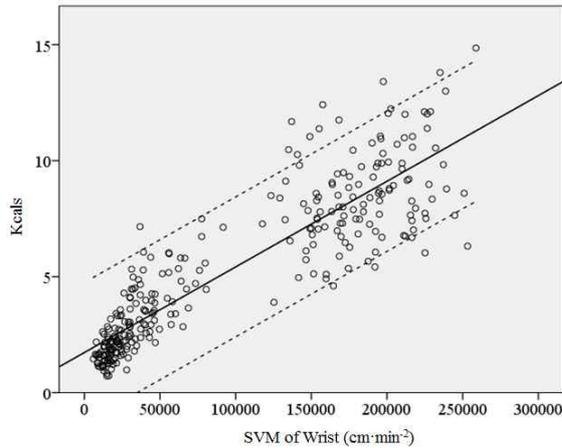


그림 5. 손목 부위 SVM에 따른 Kcal 소비량

실선은 전체 적합 선을 나타내며 점선은 유의확률 0.05 이내의 값을 표현한다. 통계 결과 상관계수 (R) 0.890, 결정계수(R²) 0.791, 회귀모형 유의성 값은 0.000으로 유의하다는 결과를 얻었다. 또한 손목 부위의 SVM과 Kcal 간 t=12.402, 유의수준(P) 0.000으로 회귀계수(β) 3.692×10⁻⁵의 값은 통계적으로 유의성을 확인 할 수 있었다.

표 8. 손목 부위의 분산 분석

	선형회귀분석	잔차	합계
제곱합	2599.519	685.488	3285.007
자유도	1	293	294
평균제곱	2599.519	2.340	
F	1111.119		
유의확률(p)	<0.000		

따라서 회귀분석을 이용하여 허리 부위의 SVM과 Kcal 소모량 간의 회귀방정식은 다음과 같다.

$$Kcals = (3.692 \times 10^{-5}) \times SVM_{wrist} + 1.728$$

3.3 신체활동 에너지 소비량 : 허리와 손목

허리와 손목 부위에서 동시에 측정된 결과의 SVM과 호흡가스분석기의 VO₂ 소모량과 상관관계를 분석하기 위해 각 속도별 다중회귀분석을 하였다. 분석 결과는 다음과 같다.

표 9. 허리와 손목 부위의 분산 분석

	선형회귀분석	잔차	합계
제곱합	2131.704	201.701	2333.404
자유도	2	292	294
평균제곱	1065.852	0.691	
F	1543.024		
유의확률(p)	<0.000		

통계 결과 상관계수(R) 0.956, 결정계수(R²) 0.914, 회귀모형 유의성 값은 0.000으로 유의하다는 결과를 얻었다. 또한 허리와 손목 부위의 SVM과 Kcal 간 t=9.640, 유의수준(P) 0.000으로 허리 부위 회귀계수(허리,β) 3.627×10⁻⁵, 손목 부위 회귀계수(손목,β) 1.155×10⁻⁵ 값은 통계적으로 유의성을 확인 할 수 있었다. 따라서 다중회귀분석을 이용하여 손목과 허리 부위의 SVM과 Kcal 소모량 간의 회귀방정식은 다음과 같다.

$$Kcals = (3.627 \times 10^{-5}) \times SVM_{waist} + (1.155 \times 10^{-5}) \times SMV_{wrist} + 0.909$$

3.4 신체활동 에너지 소비량 알고리즘

가속도 동작감지기를 허리, 손목, 허리와 손목을 이용하여 측정된 SVM 값을 이용하여 신체활동에 따른 에너지 소비량 계산 알고리즘 비교하면 다음과 표 10과 같다.

표 10. 허리, 손목, 허리와 손목의 알고리즘 비교

예측 모델	알고리즘	결정 계수	표준 오차
허리	$Kcals = (6.118 \times 10^{-5}) \times SVM_{waist} + 0.758$	0.803	1.49
손목	$Kcals = (3.692 \times 10^{-5}) \times SVM_{wrist} + 1.728$	0.791	1.52
허리와 손목	$Kcals = (3.627 \times 10^{-5}) \times SVM_{waist} + (1.155 \times 10^{-5}) \times SMV_{wrist} + 0.909$	0.914	0.83

알고리즘 비교 결과 허리, 손목, 허리와 손목을 이용하여 계산 알고리즘 비교 결과 허리와 손목의 두 부분을 이용하여 계산한 알고리즘이 결정계수와 표준오차의 결과 정확도가 다른 알고리즘에 비해서 높다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구는 가속도 동작 감지기를 이용하여 신체활동 에너지 소비량에 대한 알고리즘을 구현하였다. 알고리즘 구현을 위해 남성과 여성 피험자 33명을 대상으로 트레드밀에서 가속도 동작 감지기를 손목과 허리에 착용하고 동시에 호흡가스분석기에서 산소 소비량을 측정 하였다. 산소소비량과 SVM 값간의 회귀분석을 통하여 가속도 동작 감지기만을 이용해서 신체활동 에너지 소비량을 구할 수 있도록 알고리즘을 구현 하였다.

일상생활에서 사람의 신체활동은 크게 상부 운동과 하부 운동으로 나누어진다. 상부 운동은 청소, 빨래, 설거지, 아이 돌봄 등의 일이 있고, 하부 운동은 걷기, 뛰기, 앉고 서기 등이 있다. 개인마다 신체활동 패턴 성향에 따라 하부운동 혹은 상부운동을 많이 한다. 즉 신체활동 상황에 따라 적합한 알고리즘 선택적으로 사용 할 수 있도록 허리, 손목 그리고 허리와 손목 둘 다를 이용하여 적용 할 수 있도록 알고리즘을 세분화 하였다.

본 연구에서 x, y, z 축의 가속도 값을 이용하여 신체활동 에너지 소비량 계산 알고리즘을 구현함으로써 신체활동에 따른 에너지 소비량을 정량화 할 수 있도록 하였다. 본 연구 결과가 건강관리와 관련된 다양한 분야에서 실용적으로 응용되어 사용되어 질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 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.

[2] R. H. Fagard, "Physical activity, physical fitness and the incidence of hypertension," *J. Hypertens.*, vol.23, pp.265-7, 2005.

[3] 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.

[4] P. S. Freedson, E. Melanson and J. Sirard, "Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer," *Med. Sci.*

Sports Exerc., vol.30, pp.777-81, 1998.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 김윤경, 노형석, 조위덕, 가속도 센서를 이용한 보행 횟수 검출 알고리즘과 활동량 모니터링 시스템, 대한전자공학회, 전자공학회논문지, 제 48권, CI편 제 2호, 267-277쪽, 2011년 3월

[10] 백중훈, 윤병주, 무구속적인 측정에 의한 사용자 활동 상태 추정 기법, 대한전자공학회, 전자공학회논문지, 제 46권, SP편 제 5호, 652-661, 2009년 9월

[11] 휘트닷라이프, <http://www.fitdotlife.com>

[12] Medicine, A.C.o.S., ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ed. 7th2006, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

[13] Bouchard, D.R. and F. Trudeau, Estimation of energy expenditure in a work environment: comparison of accelerometry and oxygen consumption/heart rate regression. *Ergonomics*, 2008. 51(5): p. 663-70.

8 재활복지공학회 논문지 제6권 제1호 (2012.06)



김도운
2009년 연세대학교 대학원 졸업
(이학석사)
2012년 연세대학교 대학원 졸업
(공학박사)

관심분야 : u-헬스케어, 인공지능, 신체활동 에너지



배운형
2012년 연세대학교 대학원 졸업
(공학석사)
2012년~현재 충남대학교
의학전문대학원

관심분야 : u-헬스케어, 신체활동 에너지



정유석
2001년 아주대학교 대학원 컴
퓨터공학과 졸업
(공학석사)
2004년 아주대학교 대학원 컴
퓨터공학과 (박사수료)
2010년~현재 휘트닷라이프
대표이사

관심분야 : 신체활동 에너지, 가속도 동작감지기



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

관심분야 : 의료정보, PHR, 의사결정지원시스템



전소혜
2008년 연세대학교 의용전자
공학과 졸업 (공학사)
2009년~현재 연세대학교
대학원 생체공학협동
과정 석박사통합과정

관심분야 : u-헬스케어, 인공지능, 신체활동 에너지



강승용
2011년 한국산업기술대학교 정
보통신공학과(공학석사)
2011년~현재 연세대학교
대학원 생체공학협동
과정 석박사통합과정

관심분야 : u-헬스케어, 원격진료, PHR, 인지신경과학