

가스분석 결과를 기준으로 동작감지기 액티칼, 액티그래프의 타당도

인제대학교 의과대학 일산백병원 가정의학교실

김현민 · 양윤준[†] · 윤영숙 · 이연숙 · 이동은 · 전효진

연구배경: 신체 활동이 적음은 비만, 심혈관계 질환 등 많은 질병의 위험인자로 대두되고 있고, 규칙적인 신체활동은 모든 원인의 사망률을 감소시킨다는 연구결과가 있다. 따라서 질병예방과 건강증진을 위하여 신체활동을 권고할 필요가 있고, 이를 위해서는 신체활동량을 정확하게 측정하고 평가할 수 있는 방법이 필요하다. 서구의 연구에서 액티칼[®] (Mini Mitter company, USA)과 액티그래프[®] (LLC, USA)는 정확한 신체활동량 측정이 가능한 기구로 평가되고 있지만, 동양인을 대상으로 두 기구의 타당도를 살펴 본 연구는 없다. 따라서 우리나라 성인에서 두 동작감지기의 정확도를 확인하고, 두 기구간의 차이를 평가할 필요가 있다.

방법: 건강한 20세 이상의 성인 자원자를 대상으로 하였다. 참가자들은 허리에 두 개의 동작감지기(액티칼, 액티그래프)를 착용한 상태에서, 2단계의 보행속도의 신체활동(4 km/hr, 6 km/hr)과, 조깅속도의 신체활동(8 km/hr)을 수행하였다. 일련의 신체활동을 하는 동안 가스분석기를 통해 산소소모량을 측정하여 소모된 칼로리를 계산하였다. 가스분석기와 두 개의 동작감지기로 측정된 칼로리의 상관계수를 구하여, 각각의 타당도를 평가하였고, 두 동작감지기간 측정값의 차이를 살펴보았다.

결과: 본 연구에서 사용된 두 가지 동작감지기에서 측정된 칼로리와 가스분석기를 통해 측정된 칼로리 사이의 피어슨 상관계수를 구하였다. 그 결과 4 km/hr, 6 km/hr, 8 km/hr의 신체활동 단계별 r값은 각각 액티칼에서 0.747, 0.785, 0.677로, 액티그래프에서 0.617, 0.737, 0.530으로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였으며, 두 기구간의 측정값 사이에도 그 값이 0.881, 0.927, 0.824로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다.

결론: 본 연구에서 사용된 3차원 동작감지기(액티칼, 액티그래프)는 우리나라 성인에서 신체활동량을 평가하기 위한 도구로서 유용하다.

중심 단어: 신체활동, 3차원 동작감지기, 타당도, 액티칼, 액티그래프

서 론

규칙적이고 적절한 신체활동이 건강에 좋다는 것은 이미 알려져 있다.¹⁾ 즉 사망률을 감소시키고, 체중조절과 더불어 인슐린 저항성과 이상지혈증을 개선시켜 관상동맥 질환을 감소시키고 고혈압, 제 2형 당뇨병, 골다공증의 예방 등 건강에 대해 이점이 있다.²⁻⁹⁾ 또 건강한 사람이 운동을 하면 신체 작업 능력, 심폐기능, 대사 과정이 향상된다. 반면 신체적 비활동성은 비만, 인슐린 저항성과 함께 심혈관사고의 위험인자로 대두되고 있다.¹⁰⁾

따라서 질병 예방과 건강 증진의 목적을 달성하기 위해 신체활동량을 정확히 측정, 평가해서 중재해 주는 것이 중요하다.¹¹⁾ 즉 신체활동 평가가 만성질환의 치료 전후에 필요하며 고혈압, 당뇨병, 고지혈증 등 만성질환에서는 유산소 운동량, 골다공증에서는 골 부하정도, 비만에서는 전체 에너지 소모량 파악이 중요하다.^{12,13)}

신체활동량을 측정하기 위해 다양한 방법이 시도 사용되고 있고 각 방법마다 개개의 장단점이 있어 여러 방법 중 조사 목적에 맞게 선택하거나 고안해서 사용해야 한다. 지금까지 시행되고 있는 대표적 신체활동의 파악 방법에는 대상자 직접관찰, 신체활동 일기, 신체활동 설문지 등의 주관적인 방법들과, 심박수 관찰, 방사성 동위원소를 이용한 Doubly labeled water ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$) 측정법(DLW), 1차원, 2차원 혹은 3차원 동작감지기, 트레드밀을 통한 단계적 운동부하 검사, 그리고 이외에도 Global Positioning System과 Geographic Information System (GPS/GIS)을 이용하여 대상자의 이동과 활동을 파악하는 방법 등의 객관적인 측정 방법들이 있다.¹⁴⁻¹⁶⁾

접수일: 2007년 8월 23일, 승인일: 2008년 8월 11일

[†]교신저자: 양윤준

Tel: 031-910-7116, Fax: 031-910-7024

E-mail: johnnyang@ilsanpaik.ac.kr

본 논문은 2005년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

주관적인 방법 중 가장 정확한 신체활동량 측정 방법은 대상자를 직접 관찰하거나 매 시점의 활동을 일기로 작성하는 것이지만 시간과 효율에 있어 임상에서 사용하기에는 제약이 있다. 반면, 신체활동 설문지를 이용하는 방법은 짧은 시간에 쉽고 간단하게 신체활동량을 평가할 수 있지만, 타당도면에 있어서 객관적인 측정 방법에 미치지 못하는 것이 사실이다.

객관적인 측정 방법들은 에너지 소모량으로 변환될 수 있는 생리적 변수들을 제공하고 높은 타당도를 제공하지만, 대부분의 방법들은 비용과 시간이 많이 들고 정확한 검사 수행을 위해서는 검사실이 따로 필요한 경우가 많아 임상이나 대규모로 진행되는 일선 연구에 사용하기에는 제한이 있다.

액티칼은 압전 현상을 이용한 동작감지기로, 그 크기와 무게가 각각 $2.8 \times 2.7 \times 1.0 \text{ cm}^3$ 와 17 g으로 작고, 가벼운 기구이다. 개발자에 따르면, 액티칼은 모든 방향의 움직임 감지하는 전방향성의(omnidirectional) 동작감지기로 인간 대부분의 신체활동이 수행되는 영역과 상응하는 0.5~3.2 Hz의 낮은 주파수와 0.05~2.0 G의 범위에서의 움직임을 감지한다. 전방향성의(omnidirectional) 동작감지기는 하지만, 한 면내에서의 움직임에 특히 민감한데, 이는 기구의 앞쪽에 표시되어있는 파란색 화살표가 가리키는 면의 움직임에서 그렇다. 사용자가 지정한 시간 간격(epoch)에서의 움직임을 디지털화하여 움직임의 크기와 기간에 비례하는 신체활동 에너지 소비량을 산출한다. 산출된 자료는 컴퓨터를 통해 저장, 출력할 수 있다.

액티그래프는 작고 가벼운 기구로 0.25~2.5 Hz의 주파수와 0.05~2.0 G범위의 움직임을 측정하는 동작 감지기로 기본적으로 액티칼과 유사하다. 가장 큰 차이로는 액티그래프는 한 면에서의 움직임만을 감지하는 단방향성(uniaxial) 동작감지기라는 점이다.

동작감지기 액티칼과 액티그래프는 여러 연구에서 신체활동량 측정에 있어 그 타당도가 입증되었을 뿐 아니라, 휴대가 가능하고 결과 산출이 편리하기 때문에 임상에서는 물론이고, 역학연구, 임상연구, 보건 정책 개발에도 유용하게 사용될 수 있다.¹⁷⁻²¹⁾ 그러나 이 두 동작감지기에 대한 타당도 연구는 서양인을 대상으로 이루어졌기 때문에 여러 다른 특성을 갖는 동양인에게 그 결과를 그대로 사용하기에는 문제가 있다. 따라서 동양인에서 동작감지기의 타당도 평가가 별도로 필요하고, 두 기구 간의 차이 또한 평가가 필요하다.

본 연구는 한국 성인에서 신체활동량을 측정하는 데에 액티칼, 액티그래프의 정확성을 알아보고자 하였고, 액티칼과 액티그래프의 측정값을 비교함으로써, 신체활

동량 측정에 있어 두 기구의 차이를 평가하였다.

방 법

1. 연구대상자 수

대상자 수는 2006년 Heil¹⁸⁾에 의한 연구를 보면 그 상관관계가 0.7 이상으로 나오는 것을 근거로 하여, 동작감지기와 가스분석기 간 상관관계를 0.7로 가정하였다. 아래와 같은 계산식에 의해 17명이 최소한의 대상으로 계산되었고, 30명을 최종 대상으로 삼았다.

$$N = \{(Z\alpha + Z\beta) \div C\}^2 + 3$$

$$N = \text{필요로 하는 연구대상자의 총수}, C = 0.5 \times \ln \{(1 + \gamma) / (1 - \gamma)\}$$

$$\gamma = \text{기대되는 상관계수}, \alpha \text{ (two-tailed)} = 0.05, \beta = 0.10$$

2. 연구의 대상

본 연구 대상자는 고혈압, 당뇨병, 심장 질환, 폐질환의 과거 병력이 없는 20~60세의 경기도 고양시 지역의 자발적 지원자를 대상으로 하였다.

3. 연구 방법

본 연구에서 참가자들은 2 종류의 동작감지기를 착용하고 미리 계획된 3 단계의 신체활동을 수행하면서 동시에 가스분석기를 이용하여 산소 소비량(VO_2)을 측정하였다. 신체활동 수행 전 참가자의 나이, 성별, 과거 병력을 조사하였고 키, 체중, 안정 시 혈압, 심박동수, 심전도를 검사하였다.

1) **동작감지기:** 본 연구에서는 액티칼[®] (Mini Mitter company, USA), 액티그래프[®] (model GT1M, LLC, USA) 두 종류의 동작감지기를 사용하였다(그림 1). 본 연구에서 사용한 액티그래프(model GT1M)는 예전 단점으로 여겨졌던 방수가 되지 않는 점, 그리고 자주 영점 조정(calibration)을 해야 한다는 점이 개선된 기구였다.

팔반 장골능(iliac crest)에 동작 감지기를 착용하였을 때 가스 분석기와 상관관계(r)가 0.75로 발목, 팔목에 하는 것($r=0.74, 0.61$)보다 정확하다는 제조사의 보고에 따라, 각 기구는 탄력이 있는 밴드로 양쪽 팔반 장골능에 각각 고정하였다.

액티칼의 경우, 착용방법에 따라 기구에 표시된 화살표가 위쪽을 향하게 하였다(그림 2).

소비한 에너지의 양은 각각의 신체활동에서, 사용자가 지정한 시간간격(epoch)에서의 측정된 값의 합으로 하였고, 지정 시간간격은 1-min epochs으로 하였다.

2) **가스분석기:** 가스분석기는 Model Quark β_2 [®] (Cosmed,



그림 1. 두 3차원 동작감지기의 착용전 모습(좌: 액티칼, 우: 액티그라프).



그림 2. 액티칼의 바른 착용방법. 액티칼은 탄력밴드로 고정하여 골반의 장골능에 위치하도록 하고, 착용 시 반드시 액티칼에 표시된 화살표가 위쪽을 향하도록 한다.

Italy)를 사용하였고, 두 동작감지기의 정확성을 알아보기 위한 기준으로 사용하였다.

참가자는 입과 코를 모두 감싸는 마스크를 착용하고 각각의 신체 활동을 수행하였다. 신체 활동 중 내뿜어지는 공기 모두가 가스 분석기로 보내어지고 컴퓨터가 이를 분석하여 내뿜어진 공기 중의 산소(O₂)와 이산화탄소(CO₂)의 양과 비율을 측정한다. 이후 산소 소비량(VO₂)이 계산되어지고, 이를 다시 칼로리로 환산하였다. 소비되는 1 리터의 산소는 약 5 킬로칼로리의 에너지를 내기 때문에, 얻어진 산소 소비량에 5를 곱하여 에너지 소비량, 즉 칼로리 값을 구하였다.

3) **신체활동의 수행:** 참가자들은 총 3 단계의 신체활동을 수행하였다.

2 단계의 보행속도의 신체활동과 조깅속도의 신체활동으로 나누어 시행하였고, 각 단계의 신체활동은 5분 동안 이루어졌다.

보행속도와 조깅속도의 신체활동에서 속도의 결정은 미국 스포츠의학회에서 정의한 기준을 바탕으로 하였다. 이에 따르면, 걷기에 해당하는 속도는 50~100 m/min (3~6 km/hr)으로, 달리기에 해당하는 속도는 134 m/min (8.04 km/hr) 이상으로 정의하였다.¹²⁾ 따라서 이번 연구에서는, 보행속도의 신체활동을 보통걷기와 속보의 2 단계로 나누어 각각의 속도를 4 km/hr, 6 km/hr로 결정하였고, 조깅속도의 신체활동은 8 km/hr의 속도로 결정하였다.

또 각 신체활동 사이에는 1분간의 안정 시기를 갖도록 하였는데, 이는 기존 연구에서 각 단계별 신체활동 사이의 1분간 휴식이 호흡을 고르고, 정상 산소 섭취상태로의 전환에 적절하다는 연구 결과를 바탕으로 하였다.¹⁸⁾ 휴식 기간 동안에는 참가자들에게 편안한 자세로 앉도록 하였으며, 간단한 책 읽기와 글쓰기를 허용하였다.

4) **통계분석:** 자료의 분석은 SPSS (Statistical Package for Social Science)/PC version 11.0 for windows를 사용하였으며, 유의성 검정은 P<0.05를 기준으로 하였다.

연구대상자의 기본적 특성에 대한 비율, 평균값(mean), 표준 편차(standard deviation)를 산출하였고, 각 동작 감지기와 가스분석기간 측정값차이를 보기 위하여 대응표본 t검정(paired-t test)을 시행하였으며, 두 동작감지기와 가스분석기 간, 그리고 동작감지기 간의 상관관계를 보기 위하여 피어슨 적률 상관 분석을 시행하였다.

결 과

1. 대상자 기본 특성

연구 대상자 30명 모두 탈락자 없이 연구를 끝까지 수행하였다. 연구 대상자들은 남자 11명, 여자 19명으로 총 30명이었고, 평균 연령은 33.2±8.8세(범위: 24~56세)이었다. 평균 신장은 163.96±8.6 cm, 평균 체중은 61.79±13.7 kg, 평균 체질량지수는 22.8±3.8 kg/m²이었다(표 1).

Table 1. Characteristics of study subject.

Subjects [n=30, mean±SD or N (%)]	
Age (years)	33.2±8.8
Sex	
Men	11 (36.7)
Women	19 (63.3)
Height (cm)	163.96±8.6
Weight (kg)	61.79±13.7
BMI (kg/m ²)	22.8±3.8

Table 2. Measured calories by gas analyzer and two accelerometers according to each physical activity level.

Physical activity	Measured calories (Kcal/min)(mean±s.d.)		
	Gas analyzer	Actical	Actigraph
4 km/hr	3.1±1.0	2.8±0.8*	2.3±1.2
6 km/hr	4.3±1.3	4.2±1.0*	4.7±1.7
8 km/hr	6.9±1.6	8.4±1.6	8.8±1.9

*P>0.05 by paired t test between measured calories by Gas analyzer and Actical at speed 4 and 6 km/hr. The others showed P<0.05.

2. 측정 방법에 따른 각 단계별 신체활동에서의 에너지 소비량

가스분석기를 통해 측정된 분당 평균 에너지 소모량은 4 km/hr와 6 km/hr의 신체활동에서는 3.1±1.0 kcal와 4.3±1.3 kcal, 그리고 8 km/hr의 신체활동에서는 6.9±1.6 kcal이었다. 액티칼로 측정된 분당 평균 에너지 소모량은 4 km/hr에서 2.8±0.8 kcal, 6 km/hr에서 4.2±1.0 kcal, 8 km/hr에서 8.4±1.6 kcal이었다. 또, 액티그래프로 측정된 분당 평균 에너지 소비량은 4 km/hr에서 2.3±1.2 kcal, 6 km/hr에서 4.7±1.7 kcal, 8 km/hr에서 8.8±1.9 kcal이었다.

액티칼은 보행속도의 신체활동(4 km/hr, 6 km/hr)에서 가스분석기와 유의한 차이를 보이지 않았으나, 조깅 속도의 신체활동에서는 유의한 차이를 보였다. 이에 비해, 액티그래프는 모든 단계의 신체활동에서 가스분석기와 유의한 차이를 보였다(표 2).

또 두 동작감지기간에는 세 단계의 신체활동 모두에서 유의한 차이가 있었다.

3. 측정 방법 간의 상관관계

두 동작감지기와 가스분석기의 측정값 사이의 상관관

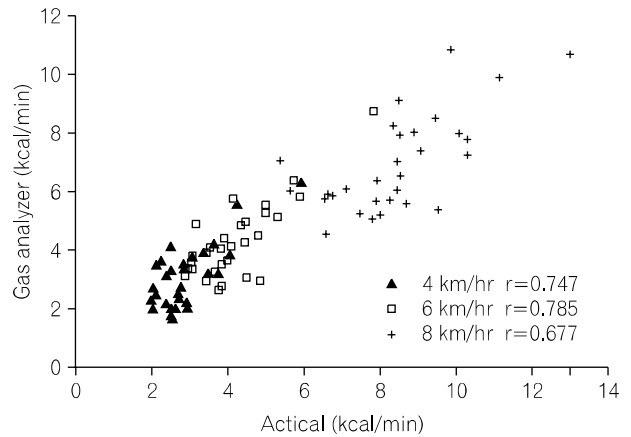


Figure 3. Correlation coefficients between calories between gas analyzer and actual according to each physical activity (P<0.05).

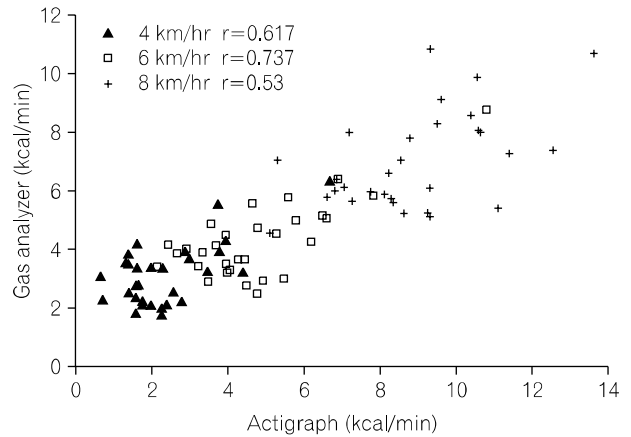


Figure 4. Correlation coefficients between calories between gas analyzer and actigraph according to each physical activity (P<0.05).

계를 알아보기 위해 피어슨 적률 상관 분석을 시행하였다.

액티칼의 경우, 가스분석기와 비교하여 각 단계별 신체활동에서의 상관관계수(r)는 4 km/hr에서 0.747, 6 km/hr에서 0.785, 8 km/hr에서 0.677로 높은 상관관계를 보였고(그림 3), 액티그래프의 경우 역시 4 km/hr에서 0.617, 6 km/hr에서 0.737, 8 km/hr에서 0.53으로 모두 통계학적으로 유의한 연관성을 보였다(그림 4).

4. 액티칼, 액티그래프 간의 상관관계(그림 5)

두 동작감지기간의 측정값 사이의 상관관계 역시 높게 나타났는데, 각 단계별 신체활동(4, 6, 8 km/hr)에서의 상관관계수(r)는 0.881, 0.927, 0.824로 나타났다.

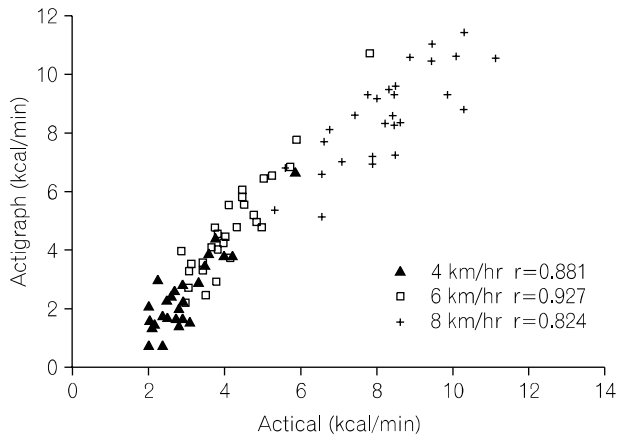


Figure 5. Association between two accelerometers according to each physical activity (P<0.05).

고찰

이번 연구는 신체활동에 의한 에너지 소비량을 측정하는 방법으로 동작감지기의(엑티칼, 엑티그래프)의 정확성을 본 연구 중 동양인을 대상으로 한 연구라는 점에서 그 의의가 있다.

이번 연구에서는, 가스분석기를 통해 얻은 에너지 소비량(kcal)과 각 동작감지기에서 얻은 에너지 소비량 사이에 유의한 상관관계가 있었고, 이러한 결과는 과거 서양인을 대상으로 한 연구와 유사하였다. Freedson 등²¹⁾에 의한 연구는 총 50명의 성인을 대상으로 엑티그래프(model 7164)로 감지된 움직임의 수와 가스분석기로 측정된 METs값 사이의 상관관계를 살펴보았다. 그 결과 매우 유의한 양의 상관관계를 보였는데($r=0.88$), 3~6 METs 사이의 신체활동에서는 상관관계가 매우 높았고, 7 METs 이상의 신체활동에서는 다소 다양성을 보이는 결과를 나타내었다. 이는 이번 연구에서 두 동작감지기 모두에서 가스분석기와 높은 상관관계를 보였지만, 보행 속도의 신체활동에 비해 조깅속도의 신체활동에서 그 상관관계가 다소 떨어지는 결과와 유사하다. 이 외 Heil¹⁸⁾에 의한 연구에서도 상관계수 0.75로 유사한 결과를 나타냈다.

두 동작감지기의 측정값 사이의 관계를 살펴본 결과 역시 과거의 연구와 유사하게 높은 상관관계를 보였다. Paul 등²²⁾에 의한 연구는 30~60세의 성인 56명을 대상으로 15일간 동안 엑티칼과 엑티그래프(model 7164)의 상관관계를 살펴보았는데, 상관계수(r) 0.9로 매우 높은 상관관계를 보여주고 있다. 하지만 이 연구는 가스 분석기와의 비교 없이 단순히 동작감지기 사이의 비교 연

구라는 점이 이번 연구와 다르다.

이번 연구에서 황금 기준으로 삼은 가스분석기와 동작 감지기간, 그리고 두 동작감지기의 측정값 사이의 차이를 살펴본 결과는 다음과 같다. 엑티칼의 경우, 보행속도의 신체활동에서(4 km/hr, 6 km/hr) 가스분석기와 비교하여 측정값에 있어 유의한 차이를 보이지 않았으나, 조깅속도에서의(8 km/hr) 측정값과는 유의한 차이를 보이고 있었다. 엑티그래프의 경우, 모든 단계의 측정값에서 가스분석기와 유의한 차이를 보이고 있었다. 또, 두 동작감지기의 측정값 사이에서도 유의한 차이를 보이는 결과를 나타내었다.

이는 엑티칼의 경우 Heil¹⁸⁾이 시행한 연구결과에서 운동의 강도가 증가하고, 운동 기간이 1, 3, 5분으로 증가할수록 그 측정치가 착용부위에 관계 없이 과장되어 나타나는 결과와 유사하다 할 수 있겠다. 즉 저강도 또는 중등도의 운동에서는 엑티칼을 이용한 측정치가 가스분석기를 통한 측정치와 거의 유사하지만, 고강도의 운동의 경우에는 특히 운동 기간이 길수록 과장되어 측정되어 고강도 운동에서의 동작감지기를 통한 에너지 소비량 측정이 다소 부정확하다고 할 수 있겠다. 하지만 Freedson 등²²⁾에 의한 연구에 따르면, 저강도의 활동을 3 METs 미만으로, 중등도의 활동을 3~6 METs로, 그 이상의 활동을 고강도의 운동으로 정의할 때, 일상생활의 83~97%가 저강도의 신체활동이 그리고 중등도 이상의 신체활동이 9~17%를 차지한다고 하였으므로, 일상생활에서의 에너지 소비량 측정에는 비교적 정확한 결과가 산출될 것이라 생각된다.

엑티그래프의 경우, 가스분석기와 엑티칼에서의 측정치와 비교해서 그 값이 차이를 보이는 이유를 다음과 같이 생각해볼 수 있다.

우선, 엑티칼과 엑티그래프 두 기구간의 차이를 이유로 들 수 있다. 앞서 설명했듯이, 엑티칼은 전방향성(omnidirectional) 동작감지기인 반면, 엑티그래프는 한 면에서의 움직임만을 감지하는 단방향성(uniaxial) 동작감지기이다. 또 민감도도 서로 다른데, Swartz²⁰⁾의 발표에 따르면 골반에 착용했을 경우 엑티그래프의 경우 움직임의 횟수를 분당 0~7,000회를 산출할 수 있어, 같은 위치에 착용하였을 때 엑티칼의 경우 움직임의 횟수를 분당 0~12,000회를 산출할 수 있다는 Heil¹⁸⁾의 발표 결과, 엑티그래프의 민감도가 엑티칼에 비해 낮음을 알 수 있다.

둘째로, 동작감지기는 압전현상을 이용하여 감지된 움직임을 횟수로 표현하고, 이를 에너지 소비량으로 계산하기 위해 계산식이 사용된다. 좀 더 정확한 계산식의 개발을 위해 여러 연구들이 이루어지고 있지만, 아직 계산 방법이 표준화되어 있지는 않다. 따라서 움직임 횟수

는 정확히 감지되지만 에너지 소비량으로 계산되어지는 과정에서 움직임마다 다른 에너지 소모량이 정확히 감지되지 못한다는 점, 그리고 동양인에서의 계산식이 서양인과 다를 수 있음을 이유로 들 수 있다. 하지만 두 동작감지기의 계산식 역시 서양인을 대상으로 하여 만들어진 것이기에 액티그래프의 측정값 차이를 설명하기에는 다소 무리가 있다. 하지만, 액티그래프의 경우 황금기준과 비교하여 정확성은 떨어지지만 높은 상관관계를 보이는 점 등을 고려할 때 이러한 가능성을 완전히 배제할 수 없어, 한국인을 대상으로 한 상수식의 개발 역시 필요하겠다.

이번 연구의 결과를 보면, 액티칼의 경우 신체 활동량의 측정에 있어 어느 정도의 정확성이 인정되지만, 액티그래프의 경우 모든 단계에서 그 정확도가 차이를 보여 액티칼에 비해 액티그래프가 한국인의 신체활동량을 측정하는데 부적절하다고 결론지을 수도 있을 것이다. 그러나 가속도계는 중등도와 격렬한 신체활동 측정에 있어서 80% 이상의 신뢰도를 얻기 위해서는 주말 1일을 포함해서 적어도 3~4일은 측정해야 정확도가 높아지며, 비 활동까지 정확히 측정하기 위해서는 1주일 측정법이 가장 좋고 또, 단시간동안의 측정에서 어느 정도의 측정값의 차이가 임상에서 실제 의미 있는 차이인지 알 수 없기에 어떤 것이 더 좋다고 쉽게 결론지을 수는 없다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

우선, 연구의 대상이 20~60세의 건강한 성인 남녀로 구성되었다는 점이다. 따라서 소아 및 청소년과 60세 이상의 노인 인구에서의 신체활동량 측정과 질병이 있는 사람에서 신체활동량 측정에 동작감지기의 사용을 일반화하기 위해서는 연구 대상의 폭을 넓혀야 하겠다. 그러나 이번 연구가 20세 이상의 건강한 성인에서는 신체활동량 측정에 동작감지기 사용의 유용성을 입증하는 데 기여했을 것으로 생각된다.

둘째, 이번 연구의 결과가 실제 일상생활에서 신체활동량을 측정하는 것이 아니고, 실험실에서 트레드밀 위에서의 신체활동량을 측정했다는 점을 들 수 있다. 이는 일상생활에서 중등도의 신체활동량 측정에 동작감지기의 유용성을 살펴본 Hendelman 등¹⁹⁾의 연구 결과를 볼 때 더욱이 그러하다. 이 연구는 25명의 대상자들이 걷기, 2홀의 골프, 집안일등(창 닦기, 청소, 잔디 깎기, 화초 가꾸기)을 시행하면서 동작감지기로 에너지 소비량을 측정하여 비교하였는데, 그 결과, 걷기에서는 가스분석기와의 상관관계가 높게 측정되었으나($r=0.77$), 모든 활동을 종합하였을 때는 그 상관관계가 다소 떨어져 나타났다($r=0.59$). 따라서 실험실에서 측정된 결과를 일상생활

에 그대로 적용하기에는 다소 문제가 있다.

30명의 성인을 대상으로 3 단계의 신체활동을 수행하면서 동작감지기(액티칼, 액티그래프)의 신체활동량 측정의 정확성을 평가하였다. 그 결과 액티칼에서는 가스분석기로 측정된 에너지 소비량과 비교하여 4 km/hr, 6 km/hr의 신체활동에는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 8 km/hr의 신체활동에서는 측정값 사이의 유의한 차이를 보이고 있었다. 액티그래프의 경우, 모든 단계의 측정값에서 가스분석기와 유의한 차이를 보이고 있었다. 하지만, 두 기구 모두에서 가스분석기로 측정된 에너지 소비량과 유의한 상관관계를 보였고($r=0.53\sim 0.785$), 특히, 4 km/hr, 6 km/hr의 신체활동에서 더욱 높은 상관관계를 보였다.

이번 연구는 한국인을 대상으로 신체활동량 측정에 동작감지기의 유용성을 살펴본 연구로, 동작감지기가 한국인에서 신체활동을 통한 에너지 소비를 간접적으로 측정하는 도구로 어느 정도의 유용함을 입증하였다는 점에 의의가 있다.

ABSTRACTS

The Accuracy of the Accelerometers (Actical and Actigraph) among Korean People

Hyun-min Kim, M.D., Yun-jun Yang, M.D., Ph.D., Young-suk Yun, M.D., Ph.D., En-suk Lee, M.D., Ph.D., Dong-en Lee, M.D., Hyo-jin Jeon, M.D.

Department of Family Medicine, Ilsan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Goyang, Korea

Background: Nowadays, decreased physical activity is considered to be a contributor to increase the prevalence of many diseases such as obesity, coronary heart disease and so on. Many researches demonstrated that regular physical activity reduce all cause mortality. To increase the physical activities of the population, accurate estimation of the activities is needed. Actical and actigraph are confirmed as accurate tools to measure physical activities. But the target populations of the validity studies were not Asian people. Therefore, the accuracy of the accelerometers should be confirmed in Asian people. The accuracy of the tools could be different. Therefore head to head comparison study between the tools would be needed.

Methods: Thirty volunteers from the community, ages over 20 yrs, were recruited. The participants put on the

two accelerometers (Actical, Actigraph) on the waists, secured with elastic belts, and performed a session of rest and three structured activities (two walking speeds, 4 km/hr and 6 km/hr, and one jogging speed, 8 km/hr). During each activity, expired respiratory gases were collected, and oxygen consumption (VO₂) was measured by indirect calorimetry (Model Quark β₂[®]). The calories measured by gas analyzer and two accelerometers were compared by correlation analysis using SPSS program.

Results: Pearson correlation coefficient between gas analyzer and two accelerometers was calculated at three structured activities. The r in Actical was 0.747, 0.785, and 0.677, at speed of 4, 6, 8 km/hr, respectively (P<0.05), and the same measures in Actigraph was 0.617, 0.737, and 0.530 (P<0.05), respectively. Pearson correlation coefficient was also calculated between the two accelerometers, and the r was 0.881, 0.927, and 0.824, at each speed.

Conclusion: The Actical and Actigraph are valid tools for measuring physical activities in Korean people. (*J Korean Acad Fam Med* 2008;29:668-674)

Key words: physical activity, accelerometer, validity, actical, actigraph

참 고 문 헌

- Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 1985;100:126-31.
- National Institutes of Health, National Heart, Lung, and Blood Institute. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults--the evidence report. *Obes Res* 1998;6 Suppl 2:51-209.
- Pasternak RC. Report of the Adult Treatment Panel III: the 2001 National Cholesterol Education Program guidelines on the detection, evaluation and treatment of elevated cholesterol in adults. *Cardiol Clin* 2003;21(3):393-8.
- Reaven G. Insulin resistance, hypertension, and coronary heart disease. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2003;5(4):269-74.
- Rosenthal M, Haskell WL, Solomon R, Widstrom A, Reaven GM. Demonstration of a relationship between level of physical training and insulin stimulated utilization in normal humans. *Diabetes* 1983;32:408-11.
- Fagard RH. Physical activity, physical fitness and the incidence of hypertension. *J Hypertens* 2005;23(2):265-7.
- Berlin JA, Colditz GA. A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *Am J Epidemiol* 1990;132:612-28.
- Helmrich SP, Ragland DR, Leung RW, Paffenbarger RS Jr. Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *New Engl J Med* 1991;325:147-52.
- Drinkwater BL. Exercise and bones. Lessons learned from female athletes. *Am J Sports Med* 1996;24 Suppl 6:33-5.
- Lee CD, Blair SN, Jackson AS. Cardiorespiratory fitness, body composition and all-cause and cardiovascular disease mortality in men. *Am J Clin Nutr* 1999;69:373-80.
- 신호철. 신체활동을 측정해야 하는 이유. 가정의학회지 2004;25 부록 11:S376-9.
- American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. 4th ed. Philadelphia (PA):Lea & Febiger;1991. p. 95-6, 181-93.
- Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the center for Disease and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995;273:402-7.
- 양윤준. 신체활동 측정 방법에는 어떤 방법이 있는가? 가정의학회지 2004;25 부록 11:S380-2.
- 김윤희, 조우성, 김임여, 최환식, 신호철, 박은숙. 1차 진료 영역에서 신체 활동량 측정 방법 연구. 가정의학회지 1994;15(2):132-41.
- Dipietro L, Caspersen CJ, Ostfeld AM, Nadel ER. A survey for assessing physical activity among older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25(5):628-42.
- Crouber SE, Churilla JR, Bassett DR Jr. Estimating energy expenditure using accelerometers. *Eur J Appl Physiol* 2006; 98:601-12.
- Heil DP. Predicting activity energy expenditure using the Actical activity monitor. *Res Q Exerc Sport* 2006;77:64-80.
- Hendelman D, Miller K, Baggett C, Debold E, Freedson P. Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(9 Suppl):442-9.
- Swartz AM, Strath SJ, Bassett DR Jr, O'Brien WL, King GA, Ainsworth BE. Estimation of energy expenditure using CSA accelerometers at hip and wrist sites. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(9 Suppl):450-6.
- Freedson PS, Melanson E, Sirard J. Calibration of the computer science and application, Inc. accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:777-81.
- Paul DR, Kramer M, Moshfegh AJ, Baer DJ, Rumpler WV. Comparison of two different physical activity monitors. *BMC Med Res Methodol* 2007;7:26.