

# 다양한 보행 속도와 경사각에 대한 보행 분석 Analysis of Gait under Various Gait Speeds and Walkway Slopes

\*권유리<sup>1</sup>, #엄광문, 김지원, 이재호

\*Y. R. Kwon<sup>1</sup>, G. M. Eom(gmeom@kku.ac.kr), J. W. Kim, J. H. Lee

<sup>1</sup> 건국대학교 의공학부

Key words : walkway slope, accelerometer, gait cycle

## 1. 서론

신체 활동량을 평가하기 위해 보수계나 가속도계를 이용한 다양한 연구가 시행되어왔다. 다양한 보행속도, 착용부위, 연령에 따른 보행수의 정확도 측정 및 비교가 이루어졌다. 하지만, 적절한 문턱치와 차단주파수를 사용한 이러한 연구들은 경사로나 계단 등의 일상생활의 환경적인 요소는 고려하지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 실험을 통해 최적의 차단주파수를 구하고 그 최적의 차단주파수를 거친 데이터를 가지고 착용부위, 보행속도 그리고 기울기에 따른 보행을 분석하고자 한다.

## 2. 방법

### 2.1 피험자

본 연구를 위해 신경계 질환과 사고 이력이 없는 건강한 20대 남자 5명과 여자 5명이 참가하였다 (Table 1).

Table 1 Physical characteristics of the subjects

Table legend	males(n=5)	females(n=5)
age [year]	25.8±1.64	23.2±1.10
height [cm]	174.2±2.6	160.6±5.9
weight [kg]	77.2±7.8	57.8±8.5

### 2.2 측정시스템

Fig. 1 (a)는 본 연구를 위해 3축 가속도센서 (MMA 7269Q, Freescale, USA)를 이용하여 개발한 보행 신호 계측 시스템을 나타낸다. 센서신호를 마이크로프로세서 (ATmega8535L, Atmel, USA)에서 AD 변환하고 RF 통신 (nFR2401, Nordic, Norway)을 통해 메인 컴퓨터에 모니터링 및 저장하도록 하였다. 계측시스템을 Fig. 1 (b), (c)와 같이 시스템을 무릎으로부터 약 30~40cm 위로 떨어진 넓적다리 외측과 발목으로부터 약 2cm 위로 떨어진 종아리 외측에 착용하였다. 센서의 x 축이 상하방향 (superior-inferior: SI), y 축이 앞뒤방향 (anterior-posterior: AP), z 축이 좌우방향 (medio-lateral)이 되도록 하였고, 이 중 SI, AP 방향만을 사용하였다.

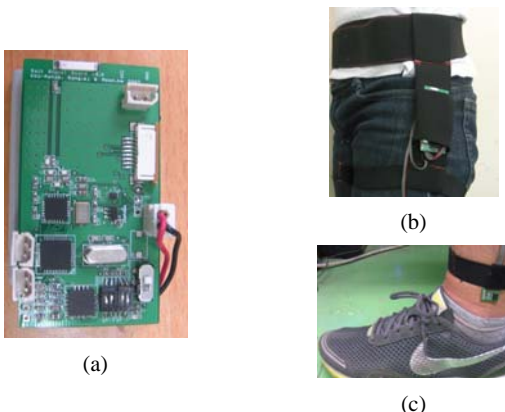


Fig. 1 Gait-signal measurement system

### 2.3 실험방법

트레드밀 (RX9200S, 두비원, 한국)의 경사각은 0, 5, 10도의 오르막경사를 사용하였다. 보행속도는 한국인의 청장년의 평균보행속도 (1.10~1.25m/s), 남녀의 평균보행속도의 차이, 경사로에 따른 부하를 종합적으로 고려하여, Table 2와 같이 남자는 4km/h, 여자는 3.7km/h를 중앙값으로 하고, 각각 ±1km/h의 변동폭을 두었다. 따라서 모든 피험자는 트레드밀 위에서 9가지 (3가지 속도×3가지 각도)의 조건에서 대해 5분씩 걷도록 하였다.

Table 2 Velocities of treadmill for each gender

Gender	Velocity [km/h]		
Males	2.9	4	5
Females	2.7	3.7	4.7

### 2.4 분석방법

측정된 모든 신호의 DC 성분을 제거하기 위해 0.15Hz의 4차 Butterworth 고역통과필터를 사용하였고, 고주파 잡음에 의해 한 보행주기에 보행수가 여러 번 검출되는 것을 막기 위해 4차 Butterworth 저역통과필터를 사용하였다. 보행패턴이 사용된 저역통과필터의 차단주파수에 의존하므로 이를 0.5~8Hz의 범위에서 0.1Hz씩 변화시키며 보행수 검출의 성능을 평가하여 각 센서의 부착위치와 방향에 따른 최적의 저역통과필터의 차단주파수를 구하였다.

센서 별로 최적의 차단주파수를 적용하여 얻은 가속도 데이터를 부착위치, 기울기, 보행 속도 별로 가속도의 RMS를 구하였고 Repeated ANOVA를 이용하여 통계적 결과를 얻었다.

## 3. 결과 및 고찰

Table 3은 RMS 가속도를 Repeated ANOVA를 이용하여 얻은 통계적 결과이다.

부착위치, 기울기 그리고 보행속도의 변화에 따른 RMS 가속도가 각각 유의한 차이가 있음을 의미하며 부착위치와 기울기, 부착위치와 보행속도, 기울기와 보행속도간의 상호작용도 있음을 의미한다. 또한, 3가지를 모두 고려한 상호작용도 있음을 의미한다.

Table 3 Repeated ANOVA result for the RMS acceleration

Source	F	Sig.
부착위치	159.430	0.000
기울기	3.985	0.049
속도	511.962	0.000
부착위치*기울기	46.401	0.000
부착위치*속도	105.706	0.000
기울기*속도	6.415	0.003
부착위치*기울기*속도	5.245	0.002

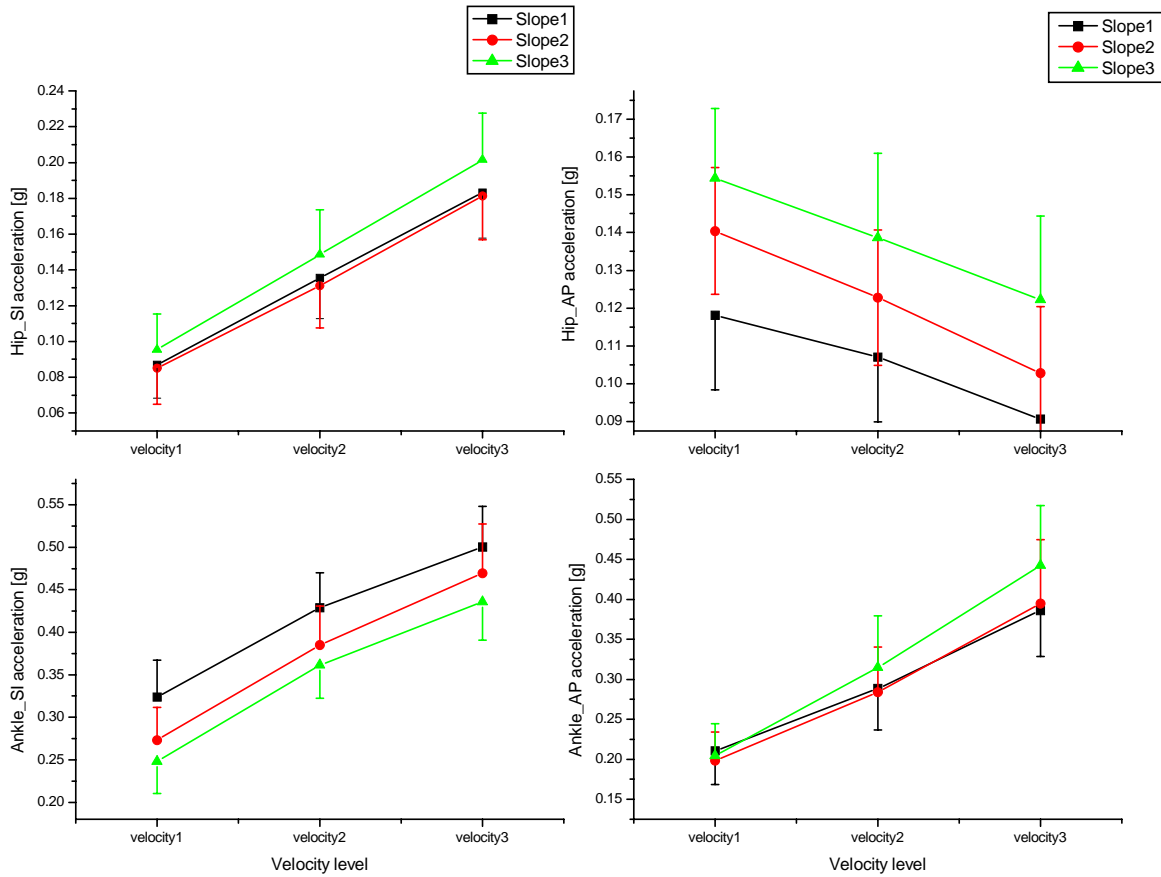


Fig. 2 RMS acceleration under various gait speeds and walkway slopes

Fig. 2 는 센서의 부착위치와 방향 별로 기울기와 보행 속도에 따른 RMS 가속도를 보여주고 있다. Velocity1 은 가장 느린 속도, velocity2 는 평균보행속도이고 velocity3 은 빠른 속도를 나타내며, slope1 은 평지, slope2 는 기울기 5 도, slope3 는 기울기 10 도를 나타낸다.

Hip\_Si, Hip\_AP, Ankle\_Si, Ankle\_AP (2 가지 부착위치와 2 가지 센서방향) 모두 보행속도가 2.9km/h 에서 5km/h 로 빨라질수록 RMS 가속도가 커지는 것을 볼 수 있다. 이는 속도가 빨라질수록 센서위치에 상관없이 가속도의 진폭이 커지기 때문이다.

Hip\_AP 는 기울기가 커질수록 RMS 가속도가 커지는 것을 볼 수 있고 Ankle\_Si 는 기울기가 커질수록 RMS 가속도가 작아지는 것을 볼 수 있다. Hip\_AP 가속도는 기울기가 증가함에 따라 진폭이 커지고 Ankle\_Si 는 기울기가 증가함에 따라 움직임이 적어 가속도진폭이 작아져서 이러한 결과가 나온 것으로 사료된다. 또한, 나머지 센서위치는 특정 속도에서만 기울기의 영향을 받는 것으로 보인다.

#### 4. 결론

부착위치, 기울기, 보행속도에 따라 RMS 가속도가 변화하므로 보행수 측정을 하는 보수계나 가속도계에서도 다양한 부착위치와 방향, 기울기, 보행속도를 고려하여 문턱치와 저역통과필터의 차단주파수를 결정하는 것이 필요할 것이다. 또한 앞으로의 연구에서는 다양한 연령과 내리막 경사를 포함한 다양한 환경의 실험이 필요할 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 과학기술부의 지원 (2007-A002-0058)으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. T. Mitsui, K. Shimaoka, S. Tsuzuku, T. Kajioka, and H. Sakakibara, "Pedometer-determined physical activity and indicators of health in Japanese adults," *Physiol. Anthropol.*, 27, 179-184, 2008.
2. C. Tudor-Locke, S.B. Sisson, S.M. Lee, C.L. Craig, R.C. Plotnikoff, A. Bauman, "Evaluation of quality of commercial pedometers," *Can. J. Public. Health.*, 97, 2006.
3. S. Horvath, D.G. Taylor, J.P. Marsh, and D.J. Kriellaars, "The effect of pedometer position and normal gait asymmetry on step count accuracy," *Physiol. Nutr. Metab.* 32, 409-415, 2007.
4. G.C. Le masurier, and C. Tudor-locke, "Comparison of pedometer and accelerometer accuracy under controlled conditions," *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 35, 867-871, 2003.
5. C.Y. Chung, M.S. Park, I.H. Choi, T.J. Cho, W.J. Yoo, and J. Y. Kim, "Three dimensional gait analysis in normal Korean," *Korean Orthop. Assoc.*, 40, 83-88, 2005
6. S.D. Han, *Human engineering*, Seoul, Korea, Hakmunsa, 1983
7. B. Auvinet, G. Berrut, C. Touzard, L. Moutel, N. Collet, D. Chaleil, E. Barrey, "Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device," *Gait and Posture*, 16, 124-134, 2002