

일반 트레드밀과 보행자 속도를 반영한 트레드밀에서의 보행 시공간변인의 비대칭성 비교

Comparison of asymmetry in spatio-temporal gait parameters while walking on a conventional and feedback-controlled treadmill

*최진승^{1,2}, #탁계래^{1,2}

*J. S. Choi¹, #G. R. Tack(grtack@kku.ac.kr)¹

¹건국대학교 의료생명대학 의학공학과, ²건국대학교 의공학실용기술연구소

Key words : Gait, Treadmill, Treadmill on demand, Spatio-temporal variable, Asymmetry

1. 서론

좌우 하지의 교차 운동으로 구성되는 보행은 전통적으로 대칭성(symmetry)을 정상보행으로, 비대칭성(asymmetry)은 이상 혹은 병적 보행을 나타내는 것으로 간주되어 왔다[1]. 실제로 보행에 있어서 양발의 기능적 차이가 존재하며, 보행 시 신체의 전진(propulsion)과 신체의 지지(support)의 역할을 하는 것에서 추론할 수 있다. 이런 관점에서 왼쪽 하지가 좌우방향(medio-lateral)의 균형과 관련이 있다는 보고가 있으며[1], 이러한 양발의 기능적 차이가 보행의 비대칭성을 반영하는 것으로 여겨지고 있다. 또 대뇌 반구의 양측 구분에 의한 우세한 하지(limb dominance)의 존재와도 함께 논의될 수 있으며[2], 정상 보행자라고 할지라도 보행 기능적(propulsion & support), 신체 구조적 특징(i.e.: dominance)에 의해 비대칭성이 나타날 수 있다. 특히 Echeverria et al.(2010)은 평지 보행 데이터(PhysioNet.org)를 바탕으로 한 연구에서 보행 동특성을 이용해 양쪽 하지의 비대칭성을 확인하여, 정상인의 경우에 비대칭의 정도가 10%내외로 보고하였다[3].

트레드밀에서의 보행은 일반적으로 벨트 회전 속도에 의해 보행자의 속도가 제한된다. 실제로 보행 시 stride velocity는 stride time과 stride length의 조합에 의해 결정된다[4]. 따라서 트레드밀의 속도 조절 방식(속도 고정방식 및 보행자 속도에 따른 조절방식)에 따라 보행 시공간 변인의 변화를 예상할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 실내에서의 보행 연구에 적용되는 두 가지 속도 조절방식의 트레드밀에서 보행 시 시공간 변인의 비대칭성을 비교하였다.

2. 방법

피험자는 보행자의 속도에 따라 속도가 자동 조절되는 트레드밀(Feedback-controlled treadmill, FTM)과 속도가 고정되는 기존의 트레드밀(Conventional treadmill, CTM) 모드에서 각 10분간 1회씩 보행하였다. FTM에서의 보행 속도는 자신이 선호하는 속도를 유지하도록 요구되었으며[5], 시선은 눈높이정도의 전방을 주시하도록 지시되었다. FTM에서의 평균 속도를 이용하여 CTM의 속도로 정하였다. FTM은 트레드밀 벨트 아래에 설치된 로드셀을 이용하여 피험자 하중의 전후위치를 검출하고, 이에 따라 트레드밀 벨트의 속도가 제어된다(RX9200S, TOBEONE, Korea). 즉, 트레드밀의 중심을 기준으로 피험자의 체중이 전방에 위치할 경우에 속도가 증가되고, 후방에 위치할 경우에 속도는 감소되는 방식이다. 이 변화되는 트레드밀의 속도는 RS232케이블을 이용해 샘플링 주파수 10Hz로 PC에 저장하였다.

피험자는 트레드밀 적응을 위해 충분한 연습보행을 실시했으며, 각 실험 사이에 10분 이상의 휴식 시간을 가졌다.

아래의 식을 이용해, 두 트레드밀에서 양쪽의 stride time, stride length, stride velocity, stance phase ratio의 평균과 변동성(CV, coefficient of variation)의 비대칭성(SI=0일 경우 완전한 대칭이고, SI가 증가할수록 큰 비대칭 %를 의미함)을 비교하였다[2].

$$SI(\%) = \left| \frac{(X_R - X_L)}{(X_R + X_L)} \right| \times 100$$

X_R은 오른쪽, X_L은 왼쪽에서의 데이터이다.

3. 결과 및 논의

본 실험의 결과는 <Table 1>에 나타난 바와 같다.

모든 보행 시공간 변인의 평균은 CTM과 FTM 조건 모두에서 1% 미만의 비대칭성을 나타냈다. 이에 반해, 보행 변동성을 나타내는 CV값의 차이가 두 트레드밀 간에 확인되었다. CTM 조건에서 stride length와 stride velocity의 CV의 비대칭성은 각각 평균 22.42%와 49.72%로 FTM의 6.58과 6.70에 비해 상당히 크게 나타났다(Table 1). 즉, 보행 변동성의 평균은 FTM에서 더 크게 나타났으나, 좌우 비대칭성은 CTM에서 더 크게 나타났다.

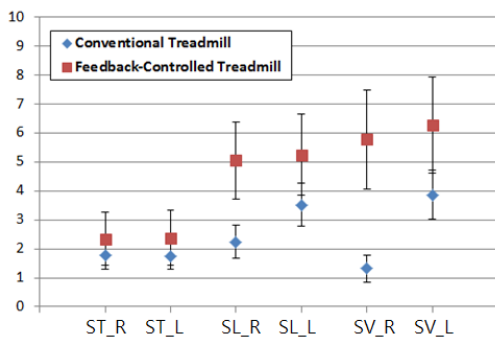


Fig. 1 Asymmetry of stride time, stride length and stride velocity variability on a conventional treadmill and feedback-controlled treadmill

4. 결론

본 실험을 통해 트레드밀 속도 조절방식에 따라 보행 시공간 변인 변동성의 좌우 대칭성이 다르게

나타남을 확인하였다. 추후 연구를 통해 동시인지 과제 수행, 보행 속도 등에 따라 트레드밀 보행 시 보행 시공간 변인의 비대칭성을 확인할 필요가 있다.

후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012R1A6A3A01041001).

참고문헌

1. Sadeghi, H., Allard, P., Prince, F., and Labelle, H., "Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review," *Gait & Posture*, 12, 34-45, 2000.
2. Echeverria, J.C., Rodriguez, E., Velasco, A., and Alvarez-Ramirez, J., "Limb dominance changes in walking evolution explored by asymmetric correlations in gait dynamics," *Physica A*, 389, 1625-1634, 2010.
3. 최진승, "보행자 속도를 반영한 트레드밀 이용 시 보행동특성에 관한 연구," 박사학위논문, 2012.
4. Danion, F., Varraine, E., Bonnard, M., and Pailhou, J., "Stride variability in human gait: the effect of stride frequency and stride length," *Gait & Posture*, 18(1), 69-77, 2003.
5. 최진승, 강동원, 최진승, "개인의 선호보행속도에 대한 기초연구," *한국사회체육학회지*, 45, 721-728, 2011.

Table 1 Results of spatio-temporal variables during walking on a conventional treadmill (CTM) and feedback-controlled treadmill (FTM)

		ST_R	ST_L	SL_R	SL_L	SV_R	SV_L	StRatio_R	StRatio_L
CTM	mean	1.13 (0.06)	1.13 (0.06)	0.99 (0.12)	0.99 (0.12)	0.88 (0.13)	0.88 (0.14)	67.4% (1.7%)	67.1% (1.5%)
	SI(%)	0.00 (0.00)		0.57 (0.52)		0.58 (0.53)		0.54 (0.38)	
FTM	mean	1.16 (0.12)	1.16 (0.12)	1.02 (0.13)	1.03 (0.14)	0.89 (0.16)	0.90 (0.16)	67.1% (2.1%)	66.8% (1.7%)
	SI(%)	0.01 (0.01)		0.80 (0.30)		0.81 (0.30)		0.36 (0.29)	
CTM	CV	1.76 (0.49)	1.74 (0.45)	2.24 (0.58)	3.52 (0.75)	1.32 (0.47)	3.87 (0.86)	-	-
	SI(%)	1.14 (0.90)		22.42 (4.34)		49.72 (6.34)		-	
FMD	CV	2.34 (0.91)	2.38 (0.95)	5.05 (1.32)	5.25 (1.40)	5.77 (1.70)	6.29 (1.66)	-	-
	SI(%)	1.23 (1.11)		6.58 (5.25)		6.70 (6.06)		-	

SI:symmetric index, mean(standard deviation); ST_R: right stride time, ST_L: left stride time, SL_R: right stride length, SL_L: left stride length, SV_R: right stride velocity, SV_L: left stride velocity, StRatio_R: right stance phase ratio, StRatio_L: left stance phase ratio