

20대 남성의 낮은 조도의 평지 보행 시 보행 패턴 변화

최진승¹ · 강동원¹ · 방윤환¹ · 탁계래^{2,3}

¹ 건국대학교 대학원 의학공학과 · ² 건국대학교 의료생명대학 의학공학부 · ³ 건국대학교 의공학실용기술연구소

Changes of Walking Pattern for Young Adults during Level Walking under Low Illumination

Jin-Seung Choi¹ · Dong-Won Kang¹ · Yun-Hwan Bang¹ · Gye-Rae Tack^{2,3}

¹Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Konkuk University, Chungju, Korea

²Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical & Health Science, Konkuk University, Chungju, Korea

³Research Institute of Biomedical Engineering, Konkuk University, Chungju, Korea

Received 29 October 2010; Received in revised form 28 November 2010; Accepted 16 December 2010

ABSTRACT

This study examined the changes in the walking pattern during level walking under low illumination conditions. Fourteen male subjects (22.1±2.21 years, 174±3.74 cm, 68.86±10.81 kg) with normal vision and no disabilities were enrolled in this study. All experiments were performed on a level walkway with three conditions: normal walking (preferred & low speed) and walking with low illumination. 3D motion capturing system was used for acquisition and analysis of the walking motion data with a sampling frequency of 120Hz. The walking speed, normalized jerk(NJ) at the center of mass(COM), wrist and heel, knee and elbow joint angle, ratio of the knee joint angle to elbow joint angle and the toe clearance on stance phase were used to compare the differences in walking pattern between the two illumination conditions. The results showed that the walking speed and joint angles decreased in low illumination, whereas the NJ and toe minimum clearance increased. In low illumination, most variables were similar to effects of low speed walking, but toe clearance was different from the effects of low speed. These results can be used as primary data for examining the changes in the level walking pattern of young adults under low illumination. Further study will be needed to compare these results in young adults with those in the elderly.

Keywords : Low Illumination, Walking, Normalized Jerk, Joint Angle, Toe Clearance

I. 서론

신체 균형 조절은 신경 명령과 전달을 위한 중추신경계, 체형 유지와 움직임에 관여하는 근골격계에 의해 이루어지며, 발생한 움직임에 대한 피드백을 반복적으로 수행하는 감각기관이 관여한다(Hausdorff, 2007; Menz, Lord, & Fitzpatrick, 2007).

이 중 감각기관은 크게 시각(vision), 전정감각(vestibular sense), 체성감각(proprioception) 등이며, 특히 신체균형유지를 위해 외부 정보를 획득하는 시각은 신체균형과 이동에 중요한 역할을 하며 불충분한 시각정보는 낙상의 위험을 증가시키는 것으로 보고된 바 있다(Moe-Nilssen, Helbostad, Akra, Birdedal, & Nygaard, 2006; Stumieks, St George, & Lord, 2008). 이러한 시각은 시력(vision acuity), 대비(contrast sensitivity), 눈부심(glare sensitivity), 암적응(dark adaptation), 원근(accommodation), 깊이감(depth perception) 등에 의해 구성되며, 이는 망막조도에 영향을 주는 주변 조도(intensity of illumination)와 밀접한 관련이 있다(이동욱, 나영수, 이경민, 이종복, 2003; Stumieks, et al., 2008).

Corresponding Author : Gye-Rae Tack
Department of Biomedical Engineering, College of Konkuk University,
322 Danwol-dong, Chungju-si, Korea
Tel : +82-43-840-3762 / Fax : +82-43-851-0620
E-mail : grtack@kku.ac.kr

본 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0075413).

불충분한 조명에 따른 신체 균형 조절에 관한 연구는 주로 정적 기립 상태(quiet standing)에서 눈을 떴을 경우(eyes-open)와 감았을 경우(eyes-closed)에 따라 자세의 일정함(postural steadiness) 분석(Prieto, Myklebust, Hoffmann, Lovett, & Myklebust, 1996)과 신체 중심 궤적의 이동을 연령에 따라 비교한 연구(Kinsella-Shaw, Harrison, Colon-Semenza, & Turvey, 2006) 등이 수행되었다. 그 결과, 일반적으로 불안정한 신체 균형 조절은 신체의 요동(body sway)과 관련이 있었고, 눈을 떴을 경우보다 감은 경우에 더 큰 신체적 요동이 발생한 것으로 보고되었다.

하지만 이러한 결과는 정적 기립 상태에서의 결과에 국한되며 일상에서의 신체 균형은 주로 동적인 상황에서 발생한다. 또, 낙상 등의 위험상황의 발생 비율도 신체의 이동 시 주변 환경 등에 대한 적절치 못한 적응에 의해 발생하고 있다(Menz, et al., 2007; Sturmeiks, et al., 2008). 따라서 동적 실험을 통한 신체 균형 조절에 대한 고찰이 필요하다.

보행은 인간의 가장 기본적인 동작이자 이동수단으로 일반적인 신체 균형 조절 메커니즘을 잘 반영하며, 신경, 근골격, 감각기관의 조화로운 활동에 의해 수행되는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 보행에 영향을 끼칠 수 있는 다양한 외부조건에서의 보행 조절 변화에 대해 연구되고 있다. 불규칙한 지면과 경사 조건에 따른 보행형태의 변화(최진승, 강동원, 문경률, 방윤환, 탁계래, 2010; Thies, Richardson, & Ashton-Miller, 2005)와 보행과 동시에 인지과제 수행을 통한 주의력 분산이 보행에 미치는 영향에 관한 연구(Dubost, Kressig, Gonthier, Herrmann, Aminian, Najafi, & Beauchet, 2006; Woollacott & Shumway-Cook, 2002), 신발의 형태와 재질이 보행 시 신체균형에 미치는 영향(안송이, 김상범, 이기광, 2007; Nigg, Hintzen, & Ferber, 2006), 연령에 따른 보행의 운동학적, 운동역학적 비교 연구(Ostrosky, VanSwearngen, Burdett, & Gee, 1994) 등으로 다양하게 연구되었다. 하지만 보행 시 조도에 따른 신체 균형 조절에 대한 연구는 비교적 드물다(Moe-Nilssen, et al., 2006). Hamel, Okita, Higginson, 과 Canvanagh(2005) 은 연령과 조도에 따라 계단을 내려가는 동안의 발끝 높이(toe clearance)를 비교하였으며, Moe-Nilssen et al., (2006)이 고령자의 압적응을 통한 보행 시 시간에 따른 상체의 가속도 변화가 보고하였다. 하지만 이러한 연구는 건강한 젊은 성인이 낮은 조도 보행 시 발생할 수 있는 보행 패턴의 변화가 고려되지 못했고, 고령자 혹은 계단 등의 특정 상황에서 수행되었다는 한계를 가지며, 다른 외부환경에 대한 연구에 비해 다양한 접근과 이해가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 20대 성인을 대상으로 낮은 조도에서의 평지보행 시 보행 패턴의 변화를 보행속도, 동작의 부드러움과 상하지 조화, 발끝 들림 높이의 관점에서 살펴보았다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

피험자는 하지 근골격계 병력이 없는 14명의 남성(연령: 22.1 ± 2.21 years, 신장: 174 ± 3.74 cm, 체중: 68.86 ± 10.81 kg)으로 하였다. 안경을 착용하는 피험자의 경우에 렌즈를 착용하도록 하였고, 교정시력이 0.8 이상이고 색약과 색맹이 아닌 경우에만 실험에 참여하였다. 실험 수행 전, 모든 피험자에게 실험내용을 설명하였고 이에 대한 동의서에 서명을 받았다.

2. 실험 장비

적외선카메라 6대로 구성된 3차원 동작분석기(Motion analysis Corps., USA)를 이용하여 피험자의 신체에 부착한 반사마커로부터 샘플링주파수 120 Hz로 위치좌표를 수집하여 분석에 이용하였다. 조도의 측정은 한국 산업규격(KS A 3011)의 조도기준에 따라 보행로 중앙에서 측정하였으며, 측정범위 0~50000Lux, 분해능 1Lux의 디지털 조도계(LX801, NICETY, China)를 이용하였다.

3. 실험 절차

모든 실험은 동작분석 실험실내의 7 m × 3 m의 보행로에서 수행되었다. 먼저 피험자가 편하게 걷는 선호 보행 속도(preferred walking speed, PWS)로 수차례 보행하여 선호보행속도를 산출하였고, 이 속도에서 1인당 최소 5회 이상의 반복 보행을 실시하였다. 또 낮은 조도에서 같은 실험을 반복하여 수행하였다(Table 1). 또 속도에 따른 영향을 비교하기 위해 낮은 조도에서 선정된 보행속도로 일반 조도에서 보행도 수행하였다. 모든 피험자는 17개의 반사마커를 좌우측 상지의 어깨(acromio-clavicular joint), 팔꿈치(lateral epicondyle approximating elbow joint), 손목(wrist bar pinkie side), 몸통의 오른쪽 전상장골극(right anterior superior iliac spine), 왼쪽 전상장골극(left anterior superior iliac spine), 5번 요추(5th lumbar spine), 좌우측 하지의 외측무릎(lateral epicondyle of knee), 외측발목(lateral malleolus), 발뒤꿈치(heel), 중족골 2번(2nd metatarsal head)에 부착하였다(Figure 1).

Table 1. Test procedure & intensity of illumination

| Condition | PWS |
|---------------|----------|
| NW (>300 lux) | 5 trials |
| WL (<10 lux) | 5 trials |
| LS (>300 lux) | 5 trials |

Note. NW : normal walking, WL : walking under low illumination, LS : low speed walking, Intensity of illumination in parentheses.

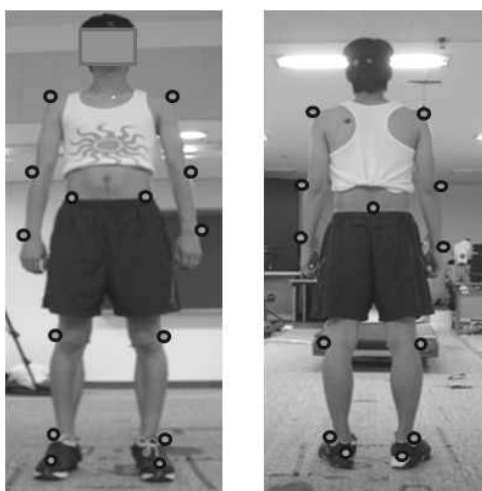


Figure 1. Marker set (anterior & posterior)

4. 자료 분석

피험자의 보행구간은 대략 5 m이며, 이 중 분석구간은 보행 구간 중간지점에서 오른발의 지면접지시점(heel strike, HS)부터 다음 오른발 지면 접지시점까지의 보행 한 주기(1 stride)만을 사용하였다. 조건간 비교는 일반조도에서의 보행(normal walking, NW)과 낮은 조도에서의 보행(walking with low illumination, WL)과 보행 속도에 따른 영향을 살펴보기 위한 일반조도에서의 느린속도 보행(low speed normal walking, LS)을 함께 수행하였다.

분석변인은 조도에 따른 선호보행속도, 신체 중심(center of mass; COM)과 손목마커(wrist), 발뒤꿈치 마커(heel)에서의 jerk 값을 이용한 정규저크(normalized jerk; NJ)와 상지와 하지의 각도, 발끝 들림 높이(toe clearance)를 이용해 살펴보았다. 신체 중심은 양쪽 전상장골극과 5번 요추 마커의 중심 위치를 계산하여 사용하였다. Jerk는 가속도를 한번 미분하여 획득한 값이며, 정규저크는 jerk를 시간과 거리에 대해 평준화한 값이며, 동작의 숙련도 혹은 부드러움을 정량화하는데 사용된다(Viviani & Flash, 1995; Teulingsa, Contreras-Vidal, Stelmach, & Adlrb, 1997). 일반적으로 정규저크의 값이 작을수록 동작이 부드러운 것으로 판단할 수 있다(탁계래, 한영민, 최진승, 이정환, 임영태, 전재훈, 박상균, Stefanyshyn, 2006; Hreljac & Martin, 1993; Teulings et al., 1997). 또 상지와 하지의 끝부분인 손목과 발뒤꿈치의 정규저크는 Viviani와 Flash(1995)의 최소저크이론(minimum jerk theory)에 따라 각각 상지와 하지의 동작의 부드러움을 대표하여 나타낸다. 또 상지와 하지의 각도는 왼쪽 팔꿈치각과 이와 교차하여 동시에 동작하는 오른쪽 다리의 무릎각을 이용하였다. 팔꿈치각은 팔꿈치 마커를 중심으로 어깨와 손목마커가 이루는 각으로, 무릎각은 무릎마커를 중심으로 전상장골극

마커와 발목마커가 이루는 각을 사용하였으며, 각 관절의 각도와 상하지 관절각의 변화비율(무릎각 변화량 / 팔꿈치각 변화량)을 이용하여 상하지의 조화로운 움직임도 함께 비교하였다. 또, 중족골 2번 마커의 수직 높이를 이용하여 유각기(swing phase) 시 발끝 들림의 높이를 비교하였다. 이를 이용해 분석에 변인은 발끝 들림 최대 높이(maximal value of toe clearance, Max_ToeClr), 최소 높이(minimal value of toe clearance, Min_ToeClr), 발끝의 움직임 범위, 즉 최대 높이와 최소 높이의 차(range of toe clearance, Diff_ToeClr)이다. 모든 변인의 계산은 MATLAB v7.0 (Mathworks Inc., USA)을 이용하였다.

5. 통계 처리

통계적인 검증을 위해 SPSS v17.0k (PASW, SPSS Inc., USA)을 사용하여 각 변인별로 조도에 따른 비교를 수행하였다. 변인이 정규분포를 구성하지 않아 비모수 통계방법인 Wilcoxon Sign Rank test를 이용하여 유의 수준 $p=.05$ 로 조건 간 비교를 수행하였다.

III. 결과

1. 보행속도

일반 조도에서의 보행(NW)조건에 비해 낮은 조도에서의 보행(WL)조건에서의 보행속도는 <Table 2>와 같이 통계적으로 유의하게 감소하였다($p<.05$).

Table 2. Walking speed (unit: m/s)

| | NW | WL |
|---------------|--------------|---------------|
| Walking speed | 1.41 (0.199) | 1.30 (0.183)* |

Note. *significant difference between NW and WL at $p<.05$, Standard deviation in parentheses.

2. 동작의 부드러움

동작의 부드러움을 정량화한 정규저크 결과는 <Table 3>과 같다. 정규저크는 손목의 내외(medio-lateral, ML)방향을 제외한 신체중심, 발뒤꿈치, 손목의 모든 방향(전후(anterior-posterior, AP)방향, 내외방향(medio-lateral, ML), 수직상하(vertical, VER)방향과 전체(ALL)방향)에서 WL과 LS조건에서 NW조건보다 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<.05$). WL과 LS조건간에 차이가 나타난 변인은 없었다.

Table 3. Normalized jerk

| | | NW | WL | LS |
|-------|-----|------------------|--------------------|-------------------------------|
| COM | ML | 22.5 (5.6) | 36.8 * (9.2) | 42.5 [∂] (27.5) |
| | AP | 141.7 (41.4) | 180.9 * (46.3) | 237.9 (212.1) |
| | VER | 197.1 (28.6) | 310.5 * (180.6) | 432.5 [∂] (362.1) |
| | ALL | 34.6 (6.7) | 51.6 * (16.4) | 70.1 [∂] (58.9) |
| Heel | ML | 140.5 (27.2) | 207.7 * (34.7) | 205.7 (78.2) |
| | AP | 489.0 (221.0) | 880.1 * (161.5) | 843.0 (430.3) |
| | VER | 260.6 (66.8) | 405.6 * (97.9) | 377.7 [∂] (198.7) |
| | ALL | 150.1 (30.5) | 230.7 * (40.0) | 226.4 (97.1) |
| Wrist | ML | 35.9 (14.5) | 45.6 (18.1) | 42.2 [∂] (14.9) |
| | AP | 119.5 (40.3) | 144.8 * (57.2) | 130.0 [∂] (51.6) |
| | VER | 156.8 (45.7) | 224.2 * (72.8) | 219.3 [∂] (124.0) |
| | ALL | 44.0 (15.3) | 57.5 (22.1) | 54.9 [∂] (22.8) |

Note. *significant difference between NW and WL at $p < .05$, [∂] significant difference between NW and LS at $p < .05$, Standard deviation in parentheses. ML: medio-lateral direction, AP: anterior-posterior direction, VER: vertical direction, ALL: all direction

Table 4. Joint angles & Angle rate

| | NW | WL | LS |
|-------------|--------------|---------------|---------------------------|
| Knee angle | 13.81 (2.04) | 11.75 (1.68)* | 11.56 (1.33) [∂] |
| Elbow angle | 12.63 (3.56) | 10.59 (3.10)* | 10.19 (2.84) [∂] |
| KA/EA | 1.19 (0.44) | 1.20 (0.41) | 1.27 (0.58) |

Note. *significant difference between NW and WL at $p < .05$, [∂] significant difference between NW and LS at $p < .05$, Standard deviation in parentheses. Knee angle : knee joint angle of right leg, Elbow angle : elbow angle of left arm, KA/EA: rate of knee and elbow joint angle

3. 관절각도

보행 한 주기의 무릎각과 팔꿈치각의 변화에서 각각 NW와 WL조건사이, NW와 LS조건사이에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으나($p < .05$) 무릎각과 팔꿈치각의 변화비율(KA/EA)은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 4). WL과 LS조건간에 차이가 나타난 변인은 없었다.

4. 발끝 들림 높이

유각기의 발끝 높이(toe clearance)는 Table 5와 같다. NW와 WL조건간에 발끝 최소 높이(Min-ToeClr)에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), NW와 LS조건에서는 최대(Max-ToeClr), 움직임범위(Diff-ToeClr)에서 통계적인 차이를 확인하였다($p < .05$). 또, WL과 LS간의 모든 변인에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$).

Table 5. Toe clearance

| | NW | WL | LS |
|-------------|--------------|--------------|------------------------------|
| Max-ToeClr | 13.93 (3.33) | 14.58 (2.28) | 12.56 (2.57) ^{∂, †} |
| Min-ToeClr | 6.85 (1.08) | 7.39 (0.59)* | 6.87 (0.99) [‡] |
| Diff-ToeClr | 7.08 (2.61) | 7.20 (2.20) | 5.69 (1.95) ^{∂, †} |

Note. *significant difference between NW and WL at $p < .05$, [∂] significant difference between NW and LS at $p < .05$, [‡] significant difference between WL and LS at $p < .05$, Standard deviation in parentheses. Max-ToeClr: maximal value of toe clearance, Min-ToeClr: minimal value of toe clearance, Diff-ToeClr: range of toe clearance (Max-ToeClr)-(Min-ToeClr).

IV. 논의

보행 속도는 WL조건에서 NW조건에 비해 통계적으로 유의하게 감소하였다(Table 2). 이는 낮은 조도에 의한 보행의 변화로 볼 수 있으며, 인체에서 외부환경에의 적응 혹은 신체안정성을 높이기 위한 일반적인 변화와 일치하며(Thies et al., 2005), 외부 환경에 따른 보행 속도의 감소폭은 젊은 성인에 비해 고령자에게서 더 큰 것으로 알려져 있다(Moe-Nilssen et al., 2006).

보행 시 신체 동작의 부드러움 혹은 숙련도를 정량화하는 정규저크의 결과는 손목의 내외방향을 제외한 신체중심, 발뒤꿈치, 손목의 모든 방향에서 WL조건이 NW조건에 비해 통계적으로 유의하게 증가하였다(Table 3).

보행 시 신체의 균형 혹은 안정성은 궁극적으로 머리 혹은 몸통에서의 작은 가속도와 안정적 움직임을 목적으로 한다(Menz et al., 2007). 또, 신체 중심과 신체 압력 중심(center of pressure)의 전, 후방 기울기각을 이용한 윤석훈, 김태삼, 이재훈, 및 류지선(2007)의 연구에 따르면, 신체 압력 중심에 대한 신체 중심 궤적의 움직임 범위가 더 넓을 경우에 보행 안정성이 떨어지는 것으로 보고하였고, 보행 시 몸통의 가속도 성분을 통해 안정성을 살펴본 Moe-Nilssen, et al.(2006)의 연구로 비추어, 신체 중심에서의 보다 부드러운 동작은 안정적 신체 균형 조절을 나타낸다고 볼 수 있다.

본 연구에 사용한 정규저크는 일반적으로 값이 작을수록 부드럽고 숙련된 것을 의미함으로 NW조건에서의 보행이 WL조건에서보다 부드럽게 진행되었음을 의미한다(Teulingsa, et al., 1997). 하지만 LS조건에서 신체중심과 손목의 전후방향을 제외하고 WL조건과 유사하게 NW조건과 차이를 보였으며, 모든 NJ 값에서 WL조건과 차이를 보이지 않았다. 이는 조도의 변화에 대한 보행 속도의 변화에 따른 결과로 해석할 수 있으며, 젊은 성인의 경우, 조도의 변화에 대한 보상으로 보행 속도의 조절을 이용하며 이는 일반적으로 선호보행속도보다 낮은 속도에서 동작의 부드러움의 크기가 커지는 것과 동일한 효과로 해석할 수 있다(탁계래 등, 2006). 하지만 낮은 조도조건에서의 보행 시 신체중심에서의 전후, 내외, 수직상하의 모든 방향에서 신체 동작의 부자연스러움이 더 커지는 불안정은 근력과 조절능력이 쇠퇴한 고령자에게는 위험요소로 작용할 수 있으며(Sturmieks et al., 2008), 이에 대한 추가적인 비교가 필요하겠다.

발뒤꿈치와 손목의 동작을 통해 하지와 상지 동작의 부드러움을 살펴본 결과로부터(Table 4) 신체 중심에서의 결과에서와 같이 낮은 조도에서 부자연스러운 상하지 동작패턴을 나타내고 있음을 알 수 있다(Hreljac & Martin, 1993; Viviani & Flash, 1995). 또, 무릎각과 팔꿈치각의 변화범위가 WL에서 통계적으로 유의하게 더 작았다(Table 4).

이는 NW보다 느린 보행 속도에 따른 결과로 볼 수 있으나, 하지와 상지의 정규저크 결과와 함께 살펴보면 관절의 실제 각도 변화가 WL에서 더 작았음에도 불구하고 동작이 부드럽지 못하다는 것을 확인할 수 있다. 이는 젊은 성인임에도 보행 속도 변화를 통해 불안정한 보행이 나타났다. 또 무릎각과 팔꿈치각의 변화비율은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나(Table 4), 이는 연령의 증가에 따라 조도에 의한 차이를 예상할 수 있는 변인으로 사료된다. 즉, 상지 움직임의 역할은 일반적으로 교차한 하지의 움직임과 유사한 궤적을 나타내고 이는 보행 시 전방으로 진행되는 하지로 인해 발생하는 상체의 회전 변위(rotatory displacement)를 최소로 유지하게끔 대항력(counterforce)으로 작용하게 되는데(Perry, 1992), 본 실험결과와 젊은 피험자는 신체 중심의 부자연스러움에도 불구하고 상하지의 움직임 각도가 공통적으로 감소했으나 상하지 각도 변화 비율은 일정하게 유지하고 있다는 것을 반영한다. 반면, 근골격 및 감각기능에 노화가 발생한 고령자의 경우에 낮은 조도에 의한 부족한 시각정보는 균형조절의 실패 확률을 높일 것으로 예상되기 때문이다.

유각기에서의 발끝 높이 결과는 WL조건에서 최소 높이에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 5). 이는 유각기의 발끝 최소 높이를 비교해 내려가는 계단 보행을 살펴본 Hamel et al.(2005)의 연구 결과와 일치하였다. Hamel et al.(2005)에 따르면, 낮은 조도에서 발끝 최소 높이의 증가는 부족한 시각 정

보에 따른 적응형태로 보고하였으며, 이러한 발끝 최소 높이의 증가는 보행로의 조건 등의 추가적인 변화에 빠른 대응이 가능한 안전역(margin of safety)의 증가로 설명하였다. 또, LS조건에 경우에 WL조건과는 달리 발끝 최대높이와 움직임 범위에서 NW와 차이를 보였으며, 다른 변인에서와는 달리 WL조건과 LS조건에서 최대, 최소, 움직임 범위의 모두 통계적인 차이가 확인되었다. 이는 조도에 의해 느려진 보행 속도의 영향뿐만 아니라, 낮은 조도자체에 의한 변화가 나타난 것으로 볼 수 있다. 이러한 점은 젊은 성인의 낮은 조도 보행에 대한 중요한 특징이라 사료된다.

이를 종합해보면, 젊은 성인의 경우임에도 불구하고 낮은 조도에 의해 낮은 보행 속도를 유지하였고 낮아진 속도로 인해 상하지각의 변화량이 줄었고 실질적으로 신체의 부드러움이 떨어졌으며, 상지와 하지의 움직임 역시 부자연스러웠다. 특히 이러한 느린 보행 속도는 안전역 증진을 위한 유각기의 발끝 들림 높이를 더 크게 유지하는 것이 확인되었으며, 이는 보행 속도에 의한 영향과는 차이를 보였다.

V. 결론

본 연구의 목적은 시각에 밀접한 관련성을 가지고 있는 조도의 변화에 따른 보행 동작의 부드러움과 상하지 조화의 변화를 살펴보고자 하였다. 그 결과, 낮은 조도에 의해 낮은 보행 속도를 유지하고, 이에 기인해 상하지각의 변화량이 줄고, 실질적으로 신체의 움직임이 부자연스러워졌으며 상지와 하지의 움직임 역시 부자연스러웠다. 특히 이러한 느린 보행 속도는 안전역 증진을 위한 유각기의 발끝 들림 높이를 더 크게 유지하는 것이 확인되었으며, 이는 보행 속도에 의한 영향과는 차이를 보였다. 이는 낮은 조도하에서의 일반 젊은 성인의 평지 보행 특성의 기초자료로 사용이 가능하며, 추후 고령자를 대상으로 본 실험과 동일한 조건의 실험을 통해 본 연구에 사용한 변인의 적용을 통한 비교가 가능하겠다. 또 조도변화와 함께 보행 시 낮은 장애물 통과 혹은 평평하지 않은 보행로를 이용한 추가 실험을 통해 연령과 보행 조건에 따른 상호연관성을 추론할 수 있겠다.

참고문헌

안송이, 김상범, 이기광(2007). 신발 아웃솔의 굴곡 형태에 따른 하지근육활동의 특성과 보행 패턴의 비교연구. **한국운동역학회지**, 17(1), 111-119.

- 윤석훈, 김태삼, 이재훈, 류지선(2007). 전,후방 기울기각을 이용한 노인의 보행안정성 평가. *한국운동역학회지*, 17(4), 99-106.
- 이동욱, 나영수, 이경민, 이종복(2003). 양안의 망막 조도가 입체시에 미치는 영향. *대한안과학회지*, 44(8), 1828-1832.
- 최진승, 강동원, 문경률, 방윤환, 탁계래(2010). 평지와 고르지 않은 지면 경사로 보행 시 고령자와 젊은 성인의 운동학적 요인 비교. *한국운동역학회지*, 20(1), 33-39.
- 탁계래, 한영민, 최진승, 이정환, 임영태, 전재훈, 박상균, Stefanyshyn, D.(2006). 보행속력과 동작의 부드러움과의 상관관계에 관한 연구. *한국운동역학회지*, 16(1), 11-17.
- Dubost, V., Kressig, R. W., Gonthier, R., Herrmann, F. R., Aminian, K., Najafi, B., & Beauchet, O.(2006). Relationships between dual-task related changes in stride velocity and stride time variability in healthy older adults. *Human Movement Science*, 25(3), 372-382.
- Hamel, K. A., Okita, N., Higginson, J. S., & Cavanagh, P. R.(2005). Foot clearance during stair descent: effects of age and illumination. *Gait & Posture*, 21(2), 135-140.
- Hausdorff, J. M.(2007). Gait dynamics, fractals and falls: Finding meaning in the stride-to-stride fluctuations of human walking. *Human Movement Science*, 26(4), 555-589.
- Hreljac, A., & Martin, P.(1993). The relationship between smoothness and economy during walking. *Biological Cybernetics*, 69(3), 213-218.
- Kinsella-Shaw, J. M., Harrison, S. J., Colon-Semenza, C., & Turvey, M. T.(2006). Effects of visual environment on quiet standing by young and old adults. *Journal of Motor Behavior*, 38(4), 251-264.
- Menz, H. B., Lord, S. R., & Fitzpatrick, R. C.(2007). A structural equation model relating impaired sensorimotor function, fear of falling and gait patterns in older people. *Gait & Posture*, 25(2), 243-249.
- Moe-Nilssen R., Helbostad J. L., Akra T., Birdedal L., & Nygaard H. A.(2006). Modulation of gait during visual adaptation to dark. *Journal of Motor Behavior*, 38(2), 118-25.
- Nigg, B., Hintzen, S., & Ferber, R.(2006). Effect of an unstable shoe construction on lower extremity gait characteristics. *Clinical Biomechanics*, 21(1), 82-88.
- Ostrosky, K. M., VanSwearingen, J. M., Burdett, R. G., & Gee, Z.(1994). A comparison of gait characteristics in young and old subjects. *Physical Therapy*, 74(4), 637-644.
- Perry, J.(1992). *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. Thorofare, NJ, SLACK, Inc.
- Prieto, T. E., Myklebust, J. B., Hoffmann, R. G., Lovett, E. G., & Myklebust, B. M.(1996). Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 43(9), 956-966.
- Sturnieks, D. L., St George, R., & Lord, S.(2008). Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 38(6), 467-478.
- Teulingsa, H., Contreras-Vidala, J. L., Stelmacha, G. E., & Adlerb, C. H.(1997). Parkinsonism Reduces Coordination of Fingers, Wrist, and Arm in Fine Motor Control. *Experimental Neurology*, 146(1), 159-170.
- Thies, S. B., Richardson, J. K., & Ashton-Miller, J. A.(2005). Effects of surface irregularity and lighting on step variability during gait: A study in healthy young and older women. *Gait & Posture*, 22(1), 26-31.
- Viviani, P., & Flash, T.(1995). Minimum-jerk, two-thirds power law, and isochrony: converging approaches to movement planning. *Journal of Experimental Psychology*, 21(1), 32-53.
- Woollacott, M., & Shumway-Cook, A.(2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16(1), 1-14.