

좌·우 기울기각도를 이용한 남자 성인의 보행안정성 평가

장재관¹ · 윤석훈²

¹경희대학교 체육대학 골프경영학과 · ²한국체육대학교 사회체육학부

Evaluation of Gait Stability using Medio-Lateral Inclination Angle in Male Adults

Jae-Kwan Chang¹ · Suk-Hoon Yoon²

¹Department of Golf Management, College of Physical Education, Kyunghee University, YoungIn, Korea

²Department of Community Sport, School of Community Sport, Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 03 June 2010; Received in revised from 13 August 2010; Accepted 25 August 2010

ABSTRACT

Human body is hard to be in perfect balance during walking. Most of time the trunk is supported by one leg and the center of mass(COM) falls to the contralateral side. Thus, dynamic variables such as the velocity of the COM should be considered when gait stability is evaluated. The purpose of this study was to investigate whether the extrapolated center of mass(XCom) which utilized the COM position and its velocity, is appropriate to evaluate gait stability. Ten healthy adults participated in this study and performed 3 different types of gaits(normal(NG), hands on waists(HWG), and hands on shoulders(HSG)) onto 4 different types of obstacle(obstacle height: 0%, 30%, 40% and 50% of leg length). Medio-lateral Com-CoP and XCom-CoP inclination angle were calculated during support phase. For all condition, greater M-L XCoM-CoP inclination angles were found($p<.05$) compared with those of matched obstacle height CoM-CoP. Especially, M-L XCoM-CoP inclination angle at 50% height revealed the best condition for monitoring dynamic stability. Significantly increased in M-L XCoM-CoP inclination angle was found($p<.05$) as obstacle height increased on NG and HWG.

Keywords : Inclination angles, Extrapolated center of mass, Gait stability, Elderly falling

I. 서 론

보행은 일상생활에서 인간이 행하는 움직임 중에서 가장 많은 빈도를 차지하고 있으며, 안정적인 보행은 인간이 건강하고 즐거운 생활을 영위하기위한 기본적인 요소이다.

특히 노인 사고 사망의 제일 요인인 낙상은 대부분의 경우 보행안정성이 약화될 때 일어난다고 보고되고 있다(Gross,

Stevenson, Charette, Pyka, & Marcus, 1998). 이러한 현상은 노령화에 의한 하지근육의 약화가 주원인으로 생각되어지고 있으며(NCIPC, 2005), 다양한 트레이닝을 통한 하지근육의 강화가 노인들의 보행안정성을 증대시키고 또한 그들의 낙상을 감소시킬 수 있다고 보고되고 있다(Judge, Lindsey, Underwood & Winsemius, 1993; Schlicht, Camaione, & Owen, 2001; Rogers, Fernandez, & Bohlken, 2001; Liu_Ambrose et al., 2004; Hess & Wollacott, 2005; 윤석훈, 2007a). 그러나 대부분의 선행연구들이 훈련의 효과로서 보행의 안정성을 측정함에 있어서 정적인 상태에서 취득된 안정성의 결과(i.e., 외발서기 시간, Sit-to-Stand time, Berg score, CoP의 흔들림 정도)를 토대로 보행안정성을 측정하고 있었기 때문에 동적움직임인 보행의 안정성을 측정하

이 논문은 2008 한국운동역학회 추계학술대회에서 발표된 논문임.
Corresponding Author : Suk-Hoon Yoon
Department of Community Sport, School of Community Sport, Korea National Sport University, 88-15 Oryun-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-410-6850 Fax : +82-2-418-1877
E-mail : sxy134@knsu.ac.kr

였다고 보기에는 다소 문제점이 있고 생각된다.

이것을 보완하여 실제 보행안정성을 동적인 상황에서 측정하려는 다양한 노력이 여러 학자들에 의해 시도되고 있다. 윤석훈 (2007b)과 Lee 와 Chou(2006)는 신체질량중심(CoM) 과 지지발의 지면반력점(CoP)을 이은 선이 수직축과 이루는 기울기각(Inclination Angle)을 이용하여 보행안정성을 평가하였으며, 이방법이 노인들의 보행안정성을 평가하는데 매우 정확하며 유용하다고 보고하였다. 특히 보행중 안정성을 평가하기 위해서는 시상면의 전,후방 기울기각도 보다는 관상면의 좌,우 기울기각도(Medial-Lateral(M-L) Inclination Angle)가 보다 효과적이라고 보고하였다.

선행연구의 결과는 매우 타당하다고 보인다. 즉, 보행안정성은 여러 가지 요인에 의하여 결정될 수 있고 그 중 기저면에 대한 인체중심의 위치가 가장 큰 결정요인이다. 즉, 인체중심이 기저면의 중심에 위치할 때 가장 안정적이며 중심에서 멀어질수록 보행안정성은 약화되는 것이다. 보행은 전후 움직임이기 때문에 전후 보다는 좌우의 기저면이 항상 짧은 것이 사실이다. 그러므로 정확한 보행안정성의 측정을 위해서는 관상면에서의 움직임을 살펴보는 것이 보다 정확하게 보행안정성을 측정할 수 있다고 생각된다.

그러나 이들이 사용한 기울기 각은 보행중 획득되는 CoM 과 CoP를 이용하여 산출하였기 때문에 이전의 보행안정성 평가 방법(외발서기시간, Sit-to-Stand time etc.)보다는 보행의 동적 상황을 잘 규명하고 있긴 하지만 완전한 동적보행을 규명하기 보다는 준 동적상태 (quasi-static)를 평가하는 제한점이 있다.

그러므로 보다 명확한 보행안정성을 측정하기 위해서는 선행연구들의 제한점을 보완하여 준동적상태가 아닌 보다 동적인 보행의 평형성을 측정하여야 하며 이를 위해서는 CoM의 순간 속도 등과 같은 보행중 인체의 동적인 요소들이 포함되어야 한다고 사료된다. Hof, Bockel, Schoppenet 과 Postema(2007)은 보 외법으로 구해진 CoM(Extrapolated centre of mass position, XCom) 제안하였다. 그들은 XCom은 움직임중의 CoM의 위치와 속도를 이용하여 지지구간에서의 적당한 안정지역을 결정할 수 있다고 보고하였고 이 방법은 이전의 방법에 비하여 보다 현실적으로 보행의 안정성을 측정할 수 있을 것으로 생각된다.

또한 현재 고령화 사회에서 노인들의 사회적 역할이 과거에 비하여 매우 다른 양상을 보이고 있다. 즉, 은퇴 후에도 지속적으로 사회활동을 하는 노인의 수가 증가 하고 있으며 이러한 노인들에게 지속적인 운동의 참여는 때로는 쉽지 않을 수도 있다. 물론 노인들에게 지속적인 운동의 참여는 사회적으로나 본인 자신에게도 매우 바람직하지만 운동의 참여에 앞서서 현재 자신의 낙상 위험도를 알 수 있다면 이것은 지속적인 사회활동을 하는 노인들에게 보다 효율적인 운동의 참여시기를 결정하는데 중요한 정보를 제공할 수 있다고 생각된다.

그러므로 본 연구의 목적은 운동역학적으로 노인들의 낙상 위험도 평가기준을 만들기 위한 기초단계로서 20대 성인을 대상으로 보행 안정성을 준 동적상황(CoM-CoP 기울기각)과 동적 상황(XCoM-CoP 기울기각)에서 측정하여 어느 것이 보행안전성을 평가하는데 보다 효과적인지를 규명하는 것이다. 또한 본 연구의 성공적인 결과는 추후 진행될 후속연구인 노인들의 낙상 위험도 평가도구를 개발할 때 근거를 제공할 수 있는 유용한 기초자료로 쓰일 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 실험에 참여한 연구대상자들은 근신경학적, 정형외과적 병력이 없는 10명의 건강한 성인남자(하지길이: 87.1 ± 5.0 cm ; 신체질량: 76.1 ± 6.8 kg ; 연령: 26.7 ± 3.6 yrs)였다. 각 연구대상자는 실험의 목적 및 중요성과 실험절차에 대한 충분한 이해를 바탕으로 자발적인 실험참여 동의서를 제출한 뒤 참여하였다.

2. 실험절차

본 실험의 목적이 동적인 변인을 포함한 새로운 보행안정성 평가방법의 효과적이지를 알아보는 데 있었으므로 보행안정성을 감소시킬 수 있는 실험 상황(3가지의 다른종류 보행: 일반보행, 반대의 손을 어깨에 고정하는 보행, 같은 방향의 손을 허리에 고정하는 보행, 4가지의 다른 높이의 장애물극복 보행)을 설정하여 실험을 진행하였다. 모든 보행은 하지길이에 비례하는 (하지길이의 0%,30%, 40%, 50%) 높이장애물을 약 15 m의 보행 주로 중간에 설치하고 연구대상자들이 이를 극복하는 보행을 수행하도록 요구하였다 (Figure1).

또한 본 연구의 종속변인인 기울기 각을 계산하기위하여 3차원동작분석이 실시되었다. 본 연구에서 인체는 14개의 분절

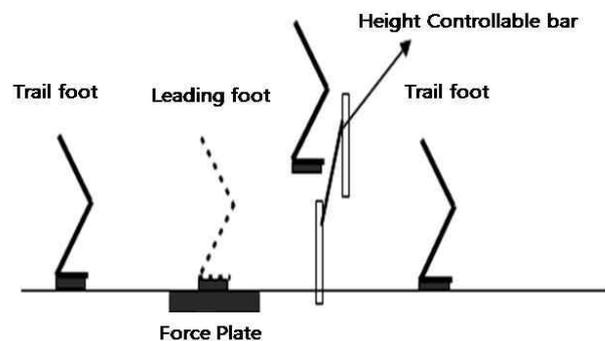


Figure 1. Experimental Set-up

(좌·우 발, 하퇴, 대퇴, 손, 전완, 상완 그리고 머리와 몸통)로 구성된 강체로 가정하였으며 각 분절의 질량중심을 구하기 위하여 총 44개의 반사마커를 인체에 부착하였다 (Figure 2). 각 대상자의 보행동작은 NLT(NonLinear Transformation)방법을 통해 보행구간의 공간좌표 설정후, 총 7대의 적외선 카메라 (Proreflex MCU 240, Qualisys사)를 이용하여 촬영되었다(SF:100 Hz). 또한 보행지지기의 지면반력점의 위치를 계산하기 위하여 Kistler사의 지면반력기 1대가 본 실험에 사용되었다(sampling Frequency :1000 Hz).

본 실험에 앞서 각 연구 대상자들은 충분한 워밍업(warm up)을 실시하였으며, 그 후에 4개의 다른 높이(하지장의 0%, 30% 40% & 50%)의 장애물극복 보행을 실시하였다. 각 보행 수행시 대상자들은 자신들의 주동발로 장애물 전에 설치되어있는 지면반력기를 밟고 장애물을 극복하는 보행을 수행하도록 요구되었고 이를 성공적인 보행으로 간주하였다. 또한 대상자들의 보행속도는 사전에 고정된 속도에서 야기될 수 있는 신체의 잠재적인 불편을 최소화하기 위해(Buzzi, Stergiou, Kurz, Hageman & Heidel, 2003, 류지선 2007) 각 연구대상자의 선호 보행 속도를 이용하였다.

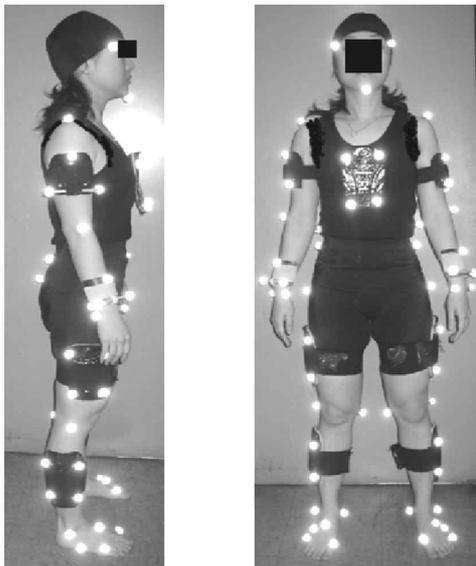


Figure 2. Marker-Set

3. 자료분석

본 연구의 분석구간은 장애물을 통과할 때 지지발의 지지구간 이었다. 각기 다른 보행으로부터 획득된 원자료(raw data)는 실험 오차를 제거하기 위하여 2계수 Butterworth 저역통과 필터를 사용하여(차단주파수 6 Hz)필터링 하였으며, 이를 전, 후 2번 반복해 Phase lag을 제거함과 동시에 필터의 성능을 4차계수 수준으로 향상 시켰다.

4. 좌·우 기울기각도 및 XCom 산출

본 연구에서 사용된 관상면의 좌·우 기울기 각도(CoM θ & XCoM θ)는 기울기 각도는 각 프레임에서 CoM과 CoP를 연결한 벡터가 CoP의 수직축과 이루는 각도로 정의 되었으며 윤석훈 등(2007)이 사용한 공식을 변형하여 구하여 졌다 <Figure 2>. 또한 XCoM의 계산은 Hof et al. (2007)이 제안한 공식을 사용하였다.

$$Com \theta(i) = \tan^{-1}((x(i)-x1(i)),(z(i)-z1(i)))$$

$$XCoM \theta(i) = \tan^{-1}((X(i)-x1(i)),(Z(i)-z1(i)))$$

단, CoM $\theta(i)$: i 프레임의 CoM-CoP 기울기각

XCoM $\theta(i)$: i 프레임의 XCoM-CoP 기울기각

x(i), z(i) : i 프레임의 CoM 좌우, 수직위치 좌표

X(i), Z(i) : i 프레임의 XCoM 좌우, 수직위치 좌표

x1, y1 : i 프레임의 CoP의 좌우, 수직위치 좌표

$$XCom(i) = x(i) + (1/\omega 0) * (dx/dt)$$

단, x(i) : i 프레임의 CoM 좌우 위치좌표

$\omega 0$: 진자의 고유 회전 진동수

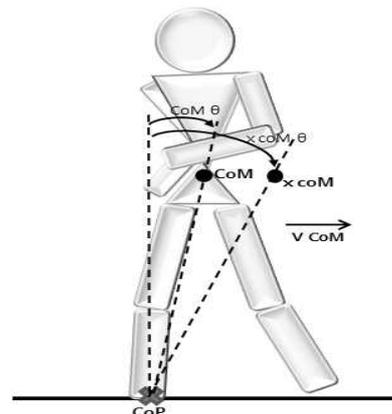


Figure 3. M-L Inclination Angle

5. 통계처리

본 연구에서 보행 안정성의 차이 (장애물의 높이와 보행자 세)에 따른 두 가지 다른 방법 (M-L CoM-CoP inclination angle & XCoM-CoP inclination angle) 의 보행안정성 평가의 차이를 알아보기 위하여 반복 이원변량분석 (repeated Two-way ANOVA) 을 실시하였다. 먼저 일반보행에서 반복이원 변량분석을 통하여 두 평가방법의 차이를 확인하였으며, 이를 토대로 불안정보행에서의 차이도 평가되었다. 또한 각 독립변인들의 사후검증은 Sidac을 사용하였으며 본 연구의 의미를 가지지 위한 통계적 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 일반보행에서의 좌·우 기울기각도

모든 높이에서 XCoM-CoP 좌우 기울기 각도는 CoM-CoP 각도에 비하여 통계적으로 유의하게 증가하였다<Table 1>. 또한 XCoM-CoP 좌우 기울기 각도는 높이가 증가함에 따라 통계적으로 유의하게 증가 하였다(Table 1).

Table1. ML inclination angles of normal gait for different obstacle height (unit: deg)

	0%	30%	40%	50%	
CoM -CoP	6.60 ±1.19	7.21 ±1.02	6.97 ±0.95	7.37 ±1.02	F=1.09 p=.36
XCoM -CoP	8.59ab ±1.05	9.28a ±0.68	9.32a ±1.02	9.93a ±1.02	F=3.24 p=.02
F-value p	19.67 .000	23.41 .000	38.85 .000	32.69 .000	

^a significant difference between CoM-CoP & XCoM-CoP at matched height ($p<.05$). ^b significant difference between 0% & 50% height ($p<.05$).

2. 보행 안정성이 감소된 보행에서의 좌·우 기울기각도

상체의 사용을 제한하여 보행 안정성을 감소시킨 두 가지 종류의 보행에 대한 결과는(Table2, 3)에 제시되어있다. 양손을 허리와 어깨에 고정시킨 보행에서 XCOM-COP 좌·우 기울기 각도는 모든 대응높이에서 COM-COP 각도에 비하여 통계적으로 유의하게 증가하였다(Table 2, 3). 그리고 높이의 변화에 따른 각 방법의 유의성은 양손을 허리에 고정시킨 보행에서만 통계적으로 유의한 차이를 보였다.<Table 2>.

그리고 모든 높이 보행에서 XCOM-COP 좌·우 기울기 각도는 움직임을 제한하지 않는 보행에 비하여 그렇지 않은 보행이 큰 각도를 보이고 일정한 패턴을 보인 반면, COM-COP 각도는 일정한 패턴을 보이지 않았다(Figure 3).

Table2. M-L inclination angles of gait with two hands on waist for different obstacle height (unit: deg)

	30%	40%	50%	
CoM -CoP	7.46 ±2.08	6.94 ±1.11	7.46 ±1.08	F=.71 p=.49
XCoM -CoP	9.38ab ±0.59	9.28ab ±0.64	10.01a ±0.38	F=5.24 p=.012
F-value p	14.45 .000	21.43 .000	25.47 .000	

^a significant difference between CoM-CoP & XCoM-CoP at matched height ($p<.05$). ^b significant difference with 50% height ($p<.05$).

Table3. M-L inclination angles of gait with two hands on shoulder for different obstacle height (unit: deg)

	30%	40%	50%	
CoM -CoP	7.23 ±0.94	7.13 ±0.76	7.56 ±1.10	F=.59 p=.56
XCoM -CoP	9.43a ±0.45	9.30a ±0.83	10.06a ±1.00	F=1.96 p=.151
F-value p	28.42 .000	27.68 .000	36.86 .000	

^a significant difference between CoM-CoP & XCoM-CoP at matched height ($p<.05$).

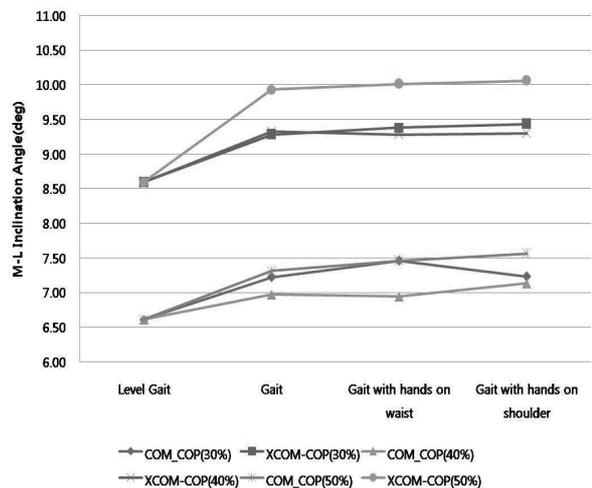


Figure 4. M-L inclination angles among gait and obstacle height

IV. 논의

보행은 인체를 효율적으로 사용하는 동적 움직임이다. 이러한 보행의 안정성은 노인들에게 있어서 낙상과 같은 노인상해를 예방할 수 있는 매우 중요한 요소이며 정확하고 현실적인 보행안정성의 측정이 요구되고 있다. 본 연구는 지금까지 선행연구들이 수행해온 준 동적상황(Com-CoP 기울기각)에서의 보행안정성 측정보다 인체중심의 속도를 포함한 동적상황(XCoM-CoP 기울기각)에서의 측정이 보다 정확하고 현실적으로 보행안정성을 표현할 수 있다고 생각하고 이것을 규명하는데 그 목적이 있었다. 또한 본 연구는 노인들의 낙상위험도 평가기준을 만들기 위한 기초단계의 연구로서 두 방법의 명확한 차이를 파악하기 위하여 수행 편차가 큰 노인보다는 그렇지 않은 젊은이들을 대상으로 하였다. 또한 전후 움직임인 보행의 특성을 고려하여 보행안정성에 영향을 미치는 기저면의 길이가 짧은 관상면의 움직임을 관찰하였으며 이러한 사실에 근거하여 본 연구에서는 관상면의 기울기각을 산출하여 연구의 목적을 수행하였다.

본 연구에서 가장 먼저 수행한 일은 실제로 동적인 변인을 포함한 보행안정성 측정(XCom-CoP 기울기각)이 준동적 상태에서의 측정(Com-COP 기울기각)보다 효과적으로 보행안정성을 구현하고 있는지를 알아보는 것이었다. 본 연구를 수행한 결과 XCoM-CoP 각도는 장애물의 높이가 증가함에 따라 유의하게 보행안정성이 감소된 결과를 보였으나($p=.02$), CoM-CoP 각도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p=.36$) <Table 1>. Lee 와 Chou (2006)의 “좌우 기울기 각도는 보행평형성을 평가하는데 매우 효과적이며 그 각도가 클수록 보행안정성이 감소해 낙상의 위험성이 높아진다.” 라는 보고에 미루어 볼 때, XCoM-CoP를 이용한 보행안정성 측정이 CoM-CoP를 이용한 방법보다 보행안정성을 효과적으로 표현하고 있다고 생각된다. 이러한 결과는 동적인 움직임의 특성을 가지고 있는 보행의 안정성을 평가하기 위해서는 동적인 변인(i.e. 신체중심의 속도)을 포함한 XCom-CoP의 각도를 사용해야하는 것이 효과적이라는 것을 시사하고 있으며, 추후연구인 노인의 낙상예방을 위한 보행안정성 측정 시에 이 변인을 사용하는 것이 타당함을 의미한다.

또한 본 연구를 수행한 결과 밝혀진 특이한 현상은 대부분의 보행에서(팔의 움직임을 제한하지 않은 보행의 XCoM-CoP 각도를 제외) 30% 높이에서의 보행이 40%의 높이에서보다 더 큰 기울기 각도를 보이고 있다는 사실이다(Table 1, 2, 3). 물론 50%의 높이가 가장 큰 각도를 보이고 있지만 이 결과는 추후 수행될 노인들의 보행안정성 측정 도구를 만드는데 고려해야 할 사항이라고 생각되어진다. 즉, Chou, Kaufman, Hahn 과 Brey(2003)는 그들의 연구 결과에서 보행안정성을 추적하는데 최적의 높이가 존재한다고 제안하였는데 하지장의 30%가 그러한 최적의 높이라면 노인들에게 무리가 될 수 있는 50%높이의 보행을 수행시키기 보다는 30%의 높이로 하는 것이 훨씬 효율적인 것으로 생각된다. 그러나 실제로 그러한지는 추후 노인들을 대상으로 연구를 수행하여 규명해 볼 문제라고 생각된다.

또한 본 연구에서는 인위적으로 보행시 불안정한 자세를 유도하기 위하여 다른 두 가지 자세의 보행을 실시하여 안정성을 평가하였고(Table 2, 3), 두 경우 모두 준동적 상태의 평가에 비하여 동적 상태의 평가가 통계적으로 유의하게 큰 기울기 각도를 나타냈다($p=.00$). 그리고 연구 수행결과 양손을 허리에 두는 것은 보행에서만 장애물 높이에 따른 유의성이 발견되었을 뿐($p=.12$) 양손을 어깨에 고정하고 걷는 보행에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 연구전 저자의 예상과는 다른 결과였는데 연구를 시작 하기전 저자는 두 자세 모두 팔의 움직임을 고정시켜 보행시 불안정한 자세를 유발시키기 때문에 높이가 증가할수록 불안정성은 증가할 것 이라고 생각하였다. 양손을 어깨에 고정하고 수행한 보행에서 높이에 따른 안정성의 차이를 보이지 않은 이유는 팔은 사용하고 있지 않지만 이러한 동작이 몸의 가장 큰 분절인 몸통을 고정시키는 역

할을 수행하여 신체의 좌우 흔들림을 제어했기 때문이라고 생각된다. 이러한 사실은 추후 연구에서 사용될 프로토콜의 선택에 대한 중요한 정보를 제공하고 있다고 생각되는데, 보다 명확하게 노인의 보행을 대변할 수 있는 움직임을 찾아내어 선정할 필요성을 시사한다.

일반 평지보행에 비하여 XCom-CoP 각도는 모든 보행조건에서 큰 값을 나타내었다<Figure 3>. 특히 50% 높이에서의 XCom-CoP 각도는 모든 보행조건에서 30%와 40% 장애물 높이에 비하여 명확한 차이를 보였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 50% 장애물 높이의 XCom-COP각도가 노인들의 보행안정성을 가장 명확하게 표현하고 있다고 생각되며 앞서 말한바와 같이 30% 장애물 높이가 최적의 높이가 될 수도 있겠지만, 가능하다면 노인들의 보행안정성을 평가할때는 50% 장애물 높이의 XCom-CoP 각도를 사용하는 것이 타당하다고 생각된다.

본 연구를 수행한 결과 보행시 동적인 변인을 포함하여 계산된 XCom-CoP 각도가 준동적인 변인을 이용하여 계산된 Com-CoP 각도에 비하여 타당하게 보행의 안정성을 평가할 수 있다고 생각되어진다. 특히 낙상의 위험이 높은 노인들의 보행안정성을 평가하여 그들의 낙상을 예방하는 프로그램구축을 계획하고 있는 연구자에게 보다 정확한 진단을 위한 도움을 줄 수 있을 것이라고 사료된다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 운동역학적으로 노인들의 낙상위험도 평가기준을 만들기 위한 기초단계로서 보행 안정성을 준 동적상황(CoM-CoP 기울기각)과 동적상황(XCoM-CoP 기울기각)에서 측정하여 어느 것이 보행안정성을 평가하는데 보다 효과적인지를 규명하데 목적이 있었다.

본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 손의 사용에 제한을 두지 않은 일반보행에서 XCoM-CoP를 이용한 측정방법이 CoM-CoP를 이용한 방법에 비하여 보다 명확하게 보행안정성을 측정하였다. 특히, XCoM-CoP를 이용한 방법은 장애물의 높이가 증가할수록 보행안정성이 감소되는 결과를 보인 반면, CoM-CoP를 이용한 방법은 장애물 높이에 따른 안정성 감소를 규명하지 못하였다.

둘째, 손의 사용에 제한을 둔 보행에서 두 보행 모두 XCoM-CoP를 이용한 평가가 CoM-CoP를 이용한 평가보다 통계적으로 유의하게 보행안정성을 측정하였다.

셋째, 본 연구에서 사용된 모든 보행에서 50% 장애물높이의 XCoM-CoP 각도가 가장 명확히 보행안정성을 진단하는 것으로 나타났다.

보행안정성을 평가할 때 동적인 요소를 포함한 평가 방법이 그렇지 않은 방법에 비하여 보다 효과적이고 정확함을 나타내었다. 이 방법은 보행중 낙상의 위험이 높은 노인들의 보행안정성을 평가할 때 매우 효과적일 것이며 또한 이를 이용하여 사회적 참여가 많은 노인들이 효율적인 운동참여 시기를 결정하는데 도움이 되게 할 것이라고 생각된다.

그러나 본 연구에 있어서 낙상의 위험이 높은 노인들을 직접 대상자로 선정하지 못하고 인위적으로 보행안정성을 높이는 동작이나 장애물의 높이를 높여 보행의 안정성을 감소시키려는 노력을 실시하였다. 장애물의 높이가 증가할수록 보행의 안정성이 감소되는 것은 확실하나 실질적으로 노인들은 어떠한 현상을 보이는지 알기 위해서는 후속연구에서 노인을 대상으로 실험을 하여 해결할 문제이다. 또한 어떠한 동작이 가장 효율적으로 보행의 불안정성을 대표할 수 있는 프로토클인지 고려하여 찾아내는 것도 후속연구를 보다 의미 있게 할 수 있는 방법이라 하겠다.

참고문헌

- 류지선(2007). 달리기 시도 수 증가에 따른 VGRF신호성분의 Variability 분석. *한국운동역학회지*, 17(1), 129-134.
- 윤석훈(2007a). 24주간 보행운동이 여성노인의 장애물 극복보행의 운동학적 변인에 미치는 영향. *한국체육학회지*, 46(4), 485-493.
- 윤석훈(2007b). 전, 후방 기울기각을 이용한 노인의 보행안정성 평가. *한국운동역학회지*, 17(4), 99-106.
- Buzzi, U. H., Stergiou, N., Kurz, M., Hageman, P. A., & Heidel, J.(2003). Nonlinear dynamics indicates aging affects variability during gait. *Clinical Biomechanics*, 18, 435-443.
- Chou, L. S., Kaufman, K. R., Hahn, M. E., & Brey, R. H.(2003). Medio-lateral motion of the center of mass during obstacle crossing distinguishes elderly individuals with imbalance. *Gait & Posture*, 18, 125-133.
- Gross, M., Stevenson, P., Charette, S., Pyka, G., & Marcus, R. (1998). Effect of muscle strength and movement speed on the biomechanics of rising from a chair in healthy elderly and young women. *Gait & Posture*, 8, 175-85.
- Hess, J. A., & Woollacott, M.(2005). Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutic*, 28, 582-590.
- Hof A. L., van Bockel, R. M., Schoppen, T., & Postema, K.(2007). Control of lateral balance in walking. *Gait & posture*, 25, 250-258.
- Judge, J. O., Lindsey, C., Underwood, M., & Winsemius, D. (1993). Balance improvements in older women: Effects of exercise training. *Physical Therapy*, 73, 254-262.
- Lee, H. J., & Chou, L. S.(2006). Detection of gait instability using the center of mass and center of pressure inclination angles. *Archives of Physical medicine & rehabilitation*, 87, 569-575.
- Liu-Anbrise, T., Khan, K.M., Eng, J. J., Jassen, P. A., Lord, S. R., & Mckay, H. A.(2004). Resistance and agility training reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: A 6-month randomized, controlled trial. *Journal of the American Gerontology*, 49, M72-84.
- NCIPC(2005). Falls Among Older Adults: An Overview. Retrieved Dec 1, 2008, from <http://www.cdc.gov/ncipc/factsheets/adultfalls.htm>
- Rogers, M. E., Fernandez, J. E., & Bohlken, R. M.(2001). Training to reduce postural sway and increase functional reach in the elderly. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 11, 291-298.
- Schlicht, J., Camaione, D. N., & Owen, S. V.(2001). Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *Journals of Gerontology*, 56A, M281.