

추락을 극복하기 위한 인체 상해예방 메카니즘 분석 The body mechanism to prevent falling injury

김영진*	임용훈*	박성진**	이상식*	문정환*
비회원	비회원	비회원	정회원	정회원
Y. J. Kim	Y. H. Rim	S. J. Park	S. S. Lee	J. H. Mun

1. 서론

추락은 일상생활을 수행하는 동안 균형이나 안정성을 잃으면서 신체 일부분이 바닥에 닿는 것을 의미한다(Lord등, 1991). 이것은 골절이나 탈구 등을 일으키는 원인이며, 2003년 통계청의 발표 자료에 따르면 추락으로 인한 사망자 수가 인구 10만명당 약 508명에 이른다. 특히 노인의 경우는 경미한 추락에도 곧바로 부상으로 연결되며(Francois등, 1997) 고관절 부근의 골절 및 탈골은 90%이상 추락에 의하여 발생하여 사망에 이르게 할 수도 있는 원인이 된다(Francois등, 1997). 이러한 골절 및 탈골의 원인이 되는 추락의 원인 규명 및 메카니즘 분석을 위한 연구들은 상해 생체역학(Injury Biomechanics)분야에서 상해예방을 위해 이루어져 오고 있다.

2002년 Patric등은 추락의 경험이 없는 실험자와 추락의 경험이 있는 실험자의 보행분석을 통해 추락이 보행에 미치는 영향을 평가하였으며, 결과를 통해 추락의 경향이 높은 실험자의 보행패턴 평가를 시도하였다. 또한, 2004년 Louis등은 노인의 추락 경향이 높다는 통계학적 근거를 이용하여 노인과 젊은이의 추락의 발생 정도를 평가하려는 시도를 하였다. 2005년 Mirjam Pijnappels는 추락의 위험을 방지하기 위한 안전장치(support rope)와 실험자의 전방에 설치된 장애물을 이용하여 실험자의 추락을 유도 하였으며 이러한 결과를 이용하여 시계열 기반으로 추락의 메카니즘을 분석하였다.

인체의 움직임은 동적이며, 발생하는 움직임을 정량적으로 평가하기 위해서는 움직임에서 나타나는 메카니즘을 위상별로 분류해야한다.(Mirjam등, 2005) 이러한 분류를 통해 각 위상에서 발생하는 특징을 분석하는 것은 인체 움직임을 분석 및 이해하는데 필수적인 일이다. (Perry등, 1992) 그러나, 추락 분석을 위한 선행연구들은 이러한 위상분류보다는 그룹간의 차이를 시계열 기반으로 분석하는 방법으로 이루어져 왔다.(Mirjam등, 2005; Ge Wu등, 2000)

본 연구의 목적은 지면반력과 관절 모멘트에 기초하여 추락 시 인체 상해예방 메카니즘을 위상별로 분류하는데 있으며, 또한 장애물에 의하여 하지 움직임이 제한될 경우 추락하는 그룹과 비 추락 그룹을 위상 기준으로 분류하여 두 그룹의 정량적인 차이점을 제시하는데 있다. 이러한 두 그룹의 정량적인 차이점은 추락 시 상해예방을 위한 방안을 제시하는데 기초연구 자료로 활용될 것이다.

* 성균관대학교 생명공학부 바이오테크트로닉스학과

** 카톨릭대학교 성바오로병원

2. 실험 방법

피험자는 근골격계 질환이 없는 정상 보행을 하는 20대 성인 남성 3명으로 구성하였다. 전체 키 평균은 170.5cm이고, 몸무게의 평균은 67.8kg이었다. 좌,우 상전장골극(Anterior superior iliac crest)부터 외측복사뼈(lateral malleoli)까지의 길이를 기준으로 좌,우 하지 길이의 차가 2cm 이상인 실험자는 하지 부동증으로 판단되므로(Rebecca등, 1995) 실험에서 제외하였으며, 실험에 참가한 모든 실험자는 좌,우 하지 길이의 차이가 1cm이내였다. 피부 마커를 이용한 운동학적 데이터를 측정하기 위해 실험은 16개의 광학마커를 부착하고 지면 반력기가 부착되어 있는 10m 직선구간을 보행하였다. 하지 관절의 움직임을 제한하고 추락을 유도하기 위해 발목 끈을 사용하였으며, 각 실험에서 다른 길이의 끈을 사용하여 피험자는 보행 중 발목이 제한되는 시점을 인지하지 못하도록 실험을 수행하였다. 또한, 끈에 의해 하지의 움직임이 제한되어 추락이 발생하므로, 상해 예방을 위해 준비운동을 실시하였으며 매트를 이용하여 피험자의 안전성을 확보하였다.

추락이 발생하는 경우 움직임이 제한되는 발은 RL(Restricted Limb) 그리고, 지지하는 발은 SL(Support Limb)으로 규정하였으며, 특히 추락의 안전성이 SL에 의해 유지된다는 선행 연구를 기반으로 지지발(SL)의 지면반력 및 발목의 관절모멘트를 분석 하였다.

위상 분류를 위해 Peak value analysis를 실시하였으며, 지면반력의 패턴이 변화하는 시점을 기준으로 4단계의 위상으로 분류하였다. 또한, SL의 입각기 초기부터 추락에 의해 입각기를 벗어나는 시점까지를 한 사이클(100%)로 구성하였으며, 운동학적 데이터는 각 실험자의 몸무게(kg)을 이용하여 정량화(Normalization)하였다. 각 단계별로 두 그룹의 차이를 분석하기 위해서 SAS를 이용하였으며 Paired-ttest를 실시하여 5%유의수준으로 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림. 1은 발목의 관절 모멘트 및 지면반력을 나타내고 있다. (a)와(b)는 추락이 발생하였으나 이후 지지가 이루어진 그룹이며 (c)와(d)는 추락이 발생한 그룹이다. 네 개의 구간은 Early stance(초기 입각기), Obstacle clearance(장애물 접촉기), Push off(진출기), Landing(착지기) 구간으로 분류되었다. 이러한 네 구간의 기점은 Heel contact(0%)(발뒤축접지기), Initial trip(초기 접촉)(27%), Terminal trip(후기 접촉)(53%), Pre-landing(착지 준비)(80%)이다. 극대치 분석을 통해 변화량이 큰 구간을 기점으로 분류된 추락의 위상은 표. 1과 같다.

Table. 1 The phases of falling mechanism in this study

	Tasks	Phases	Function
	Heel contact(0%)		발을 초기에 지지하는 시점
구성		Early stance	발을 지지하는 구간
	Initial trip(27%)		장애물에의 움직임 제한되는 시점
		Obstacle clearance	장애물에 접촉되어있는 구간
	Terminal trip(53%)		장애물을 극복하거나 못하는 시점
		Push off	지지발을 이용해 평형유지 구간
	Pre-landing(80%)		지지발이 지면에서 떨어지는 시점
		Landing	지면에 몸이 접촉되기까지 구간

그림. 1 에서 장애물 극복 시 추락이 발생한 그룹과 비 추락 그룹은 관절 모멘트에서는 Obstacle clearance(N=10, t=3.33, P=0.0291), Push off(N=10, t=3.56, P=0.0235) 구간에서 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으며, 지면 반력에서는 Push off(N=10, t=2.98, P<0.0487) 구간에서 유의한 차이를 나타냈다.

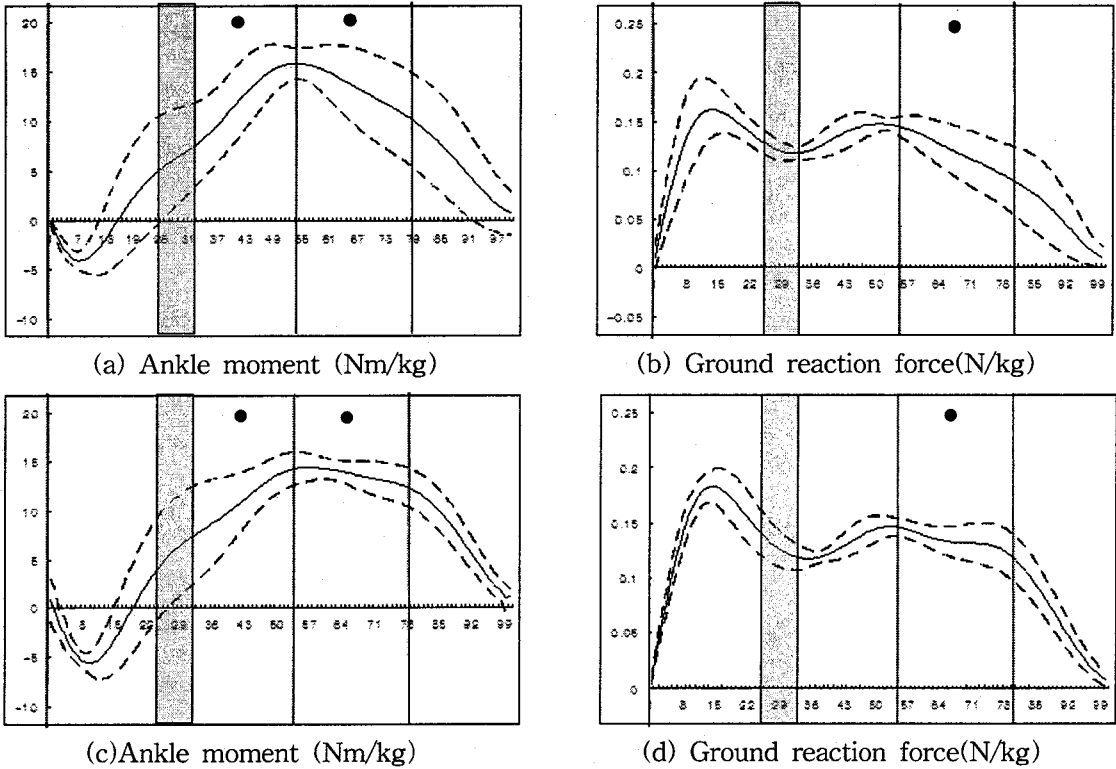


Fig. 1 Ankle moment(Nm/kg) and Ground reaction force(N/kg) during gait with obstacles, (a) and (b) : Tripping over an obstacle (without falling), (c) and (d) : Tripping an obstacle (with falling), ● Statistically Significant (P<0.05)

4. 요약 및 결론

장애물에 의해 인체 무게 중심이 무너질 경우, 인체는 쓰러지거나 지지하는 두 가지의 메카니즘을 발생시킨다. 본 연구에서 이러한 두 그룹을 대상으로 발목에서 발생하는 모멘트와 지면반력을 이용하여 추락의 메카니즘을 4개의 기점 및 4개의 구간으로 분류하고 어느 구간의 메카니즘이 추락에 영향을 미치는지 분석하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 추락 예방 메카니즘은 Early stance, Obstacle clearance, Push off, Landing구간으로 분류되며 이러한 결과는 시계열 기반으로 분석한 선행연구에서 나타나지 않는 추락 메카니즘을 확인하는 방법으로 이용될 수 있다.
2. 관절 모멘트는 Obstacle clearance, Push-off구간에서 그리고 지면반력은 Push off구간에서

두 그룹간의 차이가 나타났으며, RL이 장애물을 접지하는 지점에서 SL을 이용하여 평형을 유지하는 구간이 인체 상해 예방 메카니즘에 주요 위상으로 작용 할 수 있음을 나타낸다.

3. 본 연구에서 제안된 추락의 위상 및 주요 분석 구간(Obstacle clearance, Push off)은 인체 추락 메카니즘 분석을 좀 더 용이하게 분석 할 수 있는 새로운 분석 기법이며, 향후에는 추락시 발생하는 무릎과 고관절의 움직임 그리고 근육의 활동 패턴을 분석하여 추락 예방을 위한 방안을 명백하게 제시하고자 한다.

5. 참고 문헌

1. A.h.myers,y.young, and J.a.langlois, Prevention of Falls in the Elderly, Bone vol.18, no.1,Supplement January 1996; 87S-101S
2. Francois Prince, Helene Corriveau, Rejean Hebert, David A. Winter, Gait in the elderly, Gait and Posture : 1997, 5, 128-135
3. Ge Wu, Distinguishing fall activities from normal activities by velocity characteristics, Journal of Biomechanics : 2000; 33, 1497-1500
4. Jscquelin Perry, Gait Analsis Normal and Pathological Function, SLACK Inc. 1992
5. Lord SR, Clark RD. Webster IW., Physiological factors associated with falls in an elderly population., J Am Geriatr Soc.1991;39(12):1194-1200.
6. Louis F.Draganich ,Christina E.kuo, The effect of walking speed on obstacles crossing in healthy young and healthy older adults, Journal of Biomechanics : 2004; 37, 889-896
7. Mirjam Pijnappels ,Maarten F. Bobbert ,Japp H. van Dieen,Changes in walking pattern caused by the possibility of a tripping reaction, Gait and Posture : 2001; 14, 11-18
8. Mirjam Pijnappels ,Maarten F. Bobbert ,Japp H. van Dieen, How early reactions in the support limb contribute to balance recovery after tripping,Journal of Biomechanics : 2005; 38, 627-634
9. Mirjam Pijnappels , Maarten F. Bobbert ,Japp H. van Dieen, Contribution of the support limb in control of angular momentum after tripping, Journal of Biomechanics : 2004; 37, 1811-1818
10. Nicole C. McKenzie, Lesley A.Brown, Obstacle negotiation Kinematics: age-dependent effects of postural threat, Gait and Posture : 2004; 19, 226-234
11. Patric H. Honeycutt, BSN,and Priscilla Ramsey, PhD,RN, Factors Contributing to Falls in Elderly Men Living in the Community, Geriatric Nursing : 2002, volume 23,Number 5 250-257
- 12.Patrick O.Riley,Ugo Dellacroce, D.Casey Kerrigan, Effect of age on lower extremity joint moment contributions to gait speed, Gait and Posture : 2001; 14, 264-270
13. Rebecca L.Craik, Carol A. Oatis, Gait Analsis Theory and Application, Mosby-Year Book,Inc 1995
14. 의학교육연수원 편., 노인 의학: 서울대학교 출판부 1997, 217-229