

보행 지면 상태에 따른 노인의 운동학적 보행 메카니즘

하종규* · 기재석** · 장영관*** · 이은영****

*강원대학교 산학협력단 · **상명대학교 전기전자제어공학과 · ***강원대학교 산업경영공학과
****부산외국어대학교 사회체육학부

Kinematic Mechanism of Gait on Different Road Conditions in Older Women

Chong Ku Hah* · Jae Sug Ki** · Young Kwan Jang*** · Eun Young Lee****

*Industry-University Cooperation Foundation of Kangwon National University

**Electrical, Electroincs, and Control Engineering of Sangmyung University

***Industrial & Management Engineering Department of Kangwon National University

****Division of Sport & Leisure Studies of Busan University of Foreign Studies

Abstract

The aim of this study was to investigate kinematic mechanism of gait different road conditions(dry vs. oil) in order women. For this study, twenty older women and ten young women participated in this research. twelve infrared cameras were used to collect data. It appeared that the gait strategies of older women were slower velocity and higher CoM than young women. Depending on road conditions, gait velocities of dominant muscle older women on dry surface were faster than dominant sense older women, but those of them were inverse on oil surface. The slip displacement of dominant muscle older women was less than young women, but the slip displacement of dominant sense older women was greater than young women. In case of blind during stance phase on oil surface, the rotational motion of the ankle and knee joints were increased. In conclusion, older women were subjected to self-organization theory and phase shift in dynamic theory.

Key Words : Kinematic mechanism, Road condition, Older women, Gait

1. 서론

“2011년 노인실태조사”에 따르면, 노인의 가장 큰 고민과 걱정이 무엇인지는 질문에 전체 응답자의 51.3%가 건강 및 기능약화라고 답하였으며, 노인의 넘어짐 발생률이 2008년, 14.8%에서 2011년, 20.7%로 5.9% 증가하였다[1].

넘어짐이란 무게중심이 한쪽으로 기울어져서 힘의 평형상태가 무너져 쓰러지는 것을 말하며, 보행 시 발이 장애물에 걸려(trip) 넘어지는 경우, 높은 곳에서

낮은 곳으로 추락하여(fall) 넘어지는 경우, 그리고 미끄러운 지면에서 미끄러져(slip) 넘어지는 경우를 가리킨다. 노인들의 넘어짐 사고는 대부분 겨울철 빙판길, 빗길, 거품이 있는 욕실바닥, 물기가 있는 계단 등 일상생활 속에서 오염된 미끄러운 지면을 보행 할 때 자주 발생한다. 이러한 넘어짐 재해자의 75%가 시각차단, 주의분산, 지면의 오염 정도를 감지하지 못하는 등의 감각(sensation)과 지각(perception) 저하로 인한 위험요소를 탐지하지 못하여 사고를 당하는 것이다[2].

† 이 논문은 2011년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음 (NRF-2013 R1A1A4A01008039)

† Corresponding Author: Jae Sug Ki, Electrical, Electroincs, and Control Engineering of Sangmyung University, E-mail: skyblueki@smu.ac.kr

Received May 12, 2015; Revision Received September 04, 2015; Accepted September 07, 2015.

지금까지 미끄러짐에 관한 국외연구는 다양한 분야에서 활발하게 이루어지고 있으며 주로 독립변인을 1) 지면의 환경(dry, oil, water, sand) 2) 대상자(younger, older adults) 3) 트레이닝 전후(aerobic, muscular, flexibility exercise) 4) 신발바닥의 종류(outsole material) 등으로 정하고 미끄러진 거리(slip distance), 미끄러진 속도(slip velocity), 마찰계수(coefficient of friction), 걸음 길이(step length), 관절각도(joint angle), 근활성(muscle activation) 등의 생체역학적 종속변인이 어떻게 변화하는지를 규명하는 것이 주류를 이루어 왔다 [9,10,11,4,8]. 그런데 국내의 미끄러짐에 대한 연구는 주로 '미끄러짐 측정 장치를 이용하여 마찰계수를 산정하는 수준 이었고 마찰계수가 0.41 또는 0.40보다 낮을 때 미끄러짐을 주의해야 하며[6]. 그리고 마찰계수가 0.3~0.35 사이 일 때, 미끄러짐을 방지하기 위한 적절한 마찰계수이다[7]. 이러한 연구가 진행되어 왔지만, 생체역학적인 접근 보다는 물성에 초점을 맞춘 기계적 접근이 주를 이루어 왔다.

미끄러짐 발생 시 노인들은 노인성 근육 감소증(senile sarcopenia), type I 과 type II의 근섬유 수 감소, type I 과 type II의 근섬유 비율 불균형 등의 이유로 근력이 약화되고, 체성감각(somatosensory), 시각(visual), 안뜰(vestibular) 기관에서 감각 정보들을 중추신경계에 전달하는 능력이 감소하여 감각 시스템의 저하로 미끄러짐 사고에 잘 대처 하지 못한다[16]. 과연 근력 약화와 감각 저하, 두 가지 요인 중 미끄러짐에 더 영향을 미치는 변인은 무엇일까? 근력과 감각 중 미끄러짐을 제어하는데 더 주요한 역할을 하는 변인을 찾아서 미끄러짐을 조절하는 전략을 세분화하여 밝힐 필요가 있다. 이는 노인들의 넘어짐 예방 프로그램 설계 시 근력트레이닝과 감각트레이닝의 합리적인 분배를 가능케 하며, 개개인의 근력 수준과 감각 수준에 따라 체계적이고 개인적인 트레이닝을 제시 할 수 있을 것이다. 그러나 지금까지 노인을 근력 우세그룹과 감각 우세그룹으로 나누어, 미끄러운 지면에서 미끄러짐을 제어 할 때 근력과 감각 중 어느 요인이 더 보행에 영향을 미치는지, 또한 보행자가 어떤 신체 조절 전략을 수행하는가에 대한 연구가 시도된 바 없다.

일상생활에서 장애물을 탐지하면 예측적 자세조절(anticipatory postural control)로 장애물을 피할 수 있게 된다. 하지만 미끄러짐 사고는 대부분 미끄러운 지면임을 인식하지 못한 상태에서 일어나기 때문에 잠재적, 무의식적으로 반응적 자세조절(reactive postural control)을 하게 된다. 노인들이 미끄러운 지면(slip surface)을 인지한 상태에서 나타나는 예측적 자세조절과 비인지한 상태에서 나타나는 반응적 자세

조절의 차이를 조사하여 노인들이 미끄러짐을 방어하는 기전을 밝힐 필요가 있다.

그러므로 본 연구의 목적은 노인을 근력 또는 감각 우세 그룹으로 분류하여 시각각 여부에 따른 노인 미끄러짐 보행의 운동학적 메카니즘을 구명하는데 있다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상자

연구 대상자는 경기도에 거주하고 지난 3년간 신경정형외과적 질환이 없는 65세 이상의 여성노인(OW) 20명 중 대퇴직근의 적분근력(iEMG)가 큰 상위 10명을 근력우세 여성노인그룹(DMOW), 시반응 시간이 빠른 상위 10명을 감각우세 여성노인그룹(DSOW)으로, 그리고 젊은 여성그룹(YW) 10명, 총 30명을 선정하였으며 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Characteristic of the subjects

Women	Age (yrs.)	Height (cm)	Body mass (kg)
DMOW (dominant muscle old women)	72.3±2.8	157.4±4.3	55.3±6.3
DSOW (dominant sense old women)	73.2±4.2	156.1±5.1	58.4±8.8
YW (young women)	23.3±2.5	167.3±7.9	60.4±13.9

2.2 연구의 제한점

이 연구의 제한점은 다음과 같다.

- 1) 실험 시 발생할 수 있는 생리적·심리적 요인 등의 조건들은 고려하지 않았다.
- 2) 인체는 각 관절이 핀 관절(pin joint)로 연결된 강체(rigid body)로 간주하였다.
- 3) 근육우세 그룹은 근력의 활성도를 등속성 장비와 EMG를 이용하여 측정, 분류하였다.
- 4) 감각 우세 그룹은 시각각 반응시간을 동조된 영상과 지면반력기를 이용하여 측정, 분류하였다.
- 5) 관절각 자료는 보행동작의 특성을 가장 잘 나타내는 시상면 자료로 한정하였다.

2.3 이벤트 및 국면 정의

보행의 시공간적 변인을 계산하기 위하여 우측발 기준 1화보장(stride)을 4이벤트 3국면으로 다음과 같이 분류하였다.

제1국면(p1): 우측 후족접지(right heel contact) - 우측발 전접지(right foot flat)

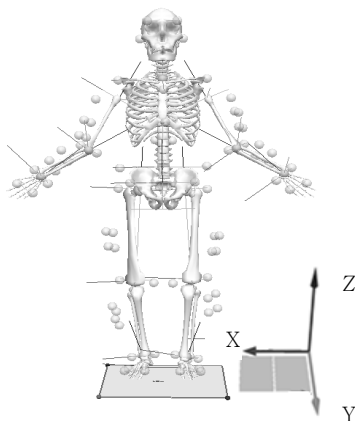
제2국면(p2): 우측발 전접지(right foot flat) - 우측발 전족이지(right toe off)

제3국면(p3): 우측발 전족이지(right toe off) - 우측발 후족 재접지(2nd right heel contact)

2.4 하지 관절각 및 미끄러진 변위 정의

2.4.1 하지 관절각 변위 정의

직교좌표계는 오른손 나사법칙에 준하여 전방향 +Y, 상방향 +Z와 우방향 +X로 하고, 해부학적 자세를 기준(0°)으로 각변위 방향은 족관절의 배측굴곡, 슬관절과 고관절의 굴곡을 양방향(+)으로 반대를 음의 방향으로 정의하였다[Figure 1].



[Figure 1. Directions of axes & standing calibration]

2.4.2 미끄러진 변위 정의

실험 대상자의 후족 착지(heel contact) 후 0.205초 이내에 미끄러진 변위(heel displacements)는 10mm 보다 작을 때 'micro slip', 10mm-100mm 일 때 'macro slip', 100mm 보다 클 때를 'fall' 이라고 정의하였다[15, 3].

2.5 실험 방법

연구원은 실험 전 모든 대상자들에게 실험의 목적과 절차 및 주의사항을 고지한 후, 실험에 지원한 대상자에 한하여 동의서에 서명을 득한 후 실험을 실시하였다. 그리고 모든 대상자에게 동일한 상·하의 타이즈를 착용 시킨 후 Visual 3D 마커 시스템에 준한 반사마커를 부착하고 실험 시 낙상으로 인한 상해예방을 위하여 [Figure 2]와 같은 안전장치에 하니스(harness)를 착용케 한 후 캘리브레이션을 실시하였다.

동일한 신발을 착용한 실험 대상자는 실험에 앞서 자연스러운 동작이 나오도록 충분한 연습을 한 후 시각 인지여부(바닥이 보이지 안경 착용 VS 안경 미착용)에 따라 마른지면(dry surface)과 미끄러운 지면(oil surface)에서 개인의 선호속도(self-selected speed)로 각 3회 보행을 실시하였다.



[Figure 2. Safety system & marker set]

2.5.1 자료 획득 및 후 처리

보행동작의 3차원 좌표는 Oqus 적외선카메라 12대로 촬영하고 획득된 2차원 자료는 NLT(Non-Linear Transformation)방법으로 QTM (Qualisys com, Sweden)을 이용하여 3차원 자료화하였다. 그리고 3차원 자료는 응용프로그램 Visual3D(C-motion Inc., USA)를 이용하여 인체를 강체연결시스템(rigid body link system)으로 모델링한 후 차단 주파수 6Hz로 버터워스 4차 저역 통과 방법으로 스무딩한 후 연구변인을 도출하였다.

2.5.2 통계 처리

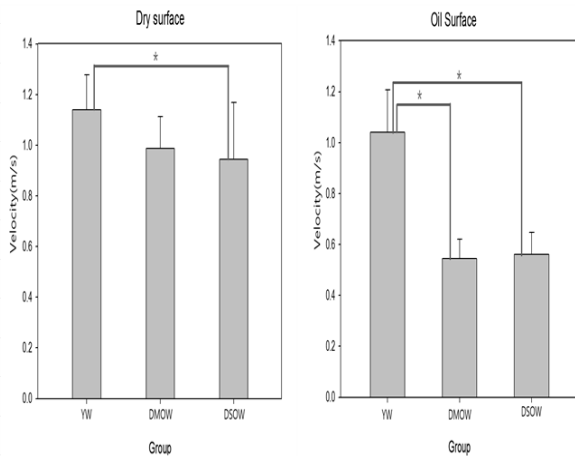
모든 대상자가 각 3회 실행한 자료 중 중앙값을 선택하여 IBM SPSS Statistics 19.0을 이용하여 젊은 여성그룹(YW), 여성노인그룹(OW)을 근력우세 여성노인그룹(DMOW)과 감각우세 여성노인그룹(DSOW)으로

분류한 연구변인의 차이를 검정하기 위하여 One-way between subject design ANOVA 그리고 미끄러운 지면에서 시감각 인지여부(NB VS B)와 우세여부(DM VS DS)에 따른 차이를 검정하기 위하여 Two-way mixed subject design ANOVA를 사용하였다.

3. 연구 결과 및 논의

3.1 보행의 시공간적 변인

고령 노인의 보행속도는 기대수명과 유의한 상관이 있고 보행 속도 0.1m/s.가 유의한 증분 속도이다[17]. 지면의 상태에 따른 노인 보행 속도 역시 노인이 자신의 안전을 확보하기 위한 주요한 요인으로 작용할 것이다. 마른지면에서 보행속도는 YW>DMOW>DSOW으로 나타났으며 YW와 DSOW가 통계적으로 유의한(p=.048<.05) 차이를 보였다[Figure 3]. 그런데 오일지면에서 노인 보행속도는 YW> DSOW>DMOW으로 나타나 근력우세와 감각우세 그룹의 보행속도의 크기가 역전되었으나 두 그룹간은 통계적으로 유의하지 않았다. 또한 YW와 DMOW(p=.001<.05) 및 DSOW(p=.001<.05)은 통계적으로 유의한 차이를 보였다[Figure. 3].



[Figure 3] Gait velocity(left: dry surface; right : oil surface)

마른지면에서 여성 노인의 보행속도는 하지근력이 아닌 감각에 유의한 차이가 있으며 DM OW가 심리적 부담 없이 자신의 하지 근력을 보행동작으로 전이시키기 반면 DSOW는 지면 상황만을 파악하여 정상시의 보행을 행한 것으로 스키마이론에 부합된 것이라고 생각된다. 그러나 오일지면에서 DSOW의 보행속도가 DMOW보다 빠른 것은 지면 상황에 대한 빠른 대응

을 반영한 것이고 YW와 모두 차이가 있는 것은 상변화 과정을 거친 자기조직화의 결과라고 할 수 있다. 또한 YW와 마른지면의 보행속도 차이는 DMOW와 DSOW에 대하여 각 0.15와 0.19이며, 오일지면의 보행속도의 차이는 0.544와 0.562로 모두 [17]에서 제시한 유의한 증분속도 0.1m/s.를 초과하였다. 오일지면에서 OW의 급간(DMOW VS DSOW)과 급내(NB VS B)에 따른 보행속도의 차이는 급간에서 통계적으로 유의한 차이가 없었고(p=.990), 급내(p=.001)와 급간*급내의 상호작용(p=.0441) 에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나 노인의 근육 또는 감각의 우세보다는 지면의 시감각 인지 상태에 따른 보행속도가 다르게 나타나고 시감각 인지와 근력 또는 감각 우세와 서로 영향을 미친다고 생각된다. 그 외의 보행 파라미터의 패턴을 살펴보면 YW, DMOW와 DSOW의 활보장 길이는 Dry>Oil(NB)이고 반면, 활보폭은 Oil(NB)> Dry이다. 이는 오일지면에서 모든 그룹은 작은 활보장과 큰 활보폭을 유지함으로써 안전성 확보 전략을 수행하기 때문이다. 그리고 스탠스/스윙타임에서 YW가 그리고 스탠스와 스윙타임 모두 YW가 Dry>Oil(NB)이고 OW는 Dry<Oil(NB)로 역전되는 현상을 나타냈다. 이는 OW의 경우, 오일지면에서 발의 스윙과 지지를 마른지면에 비해 오래 유지함으로써 균형을 유지하는 것으로 생각된다. 그리고 모든 그룹의 이중지지기는 Dry< Oil(NB)이고, YW의 초기이중지지기만이 Dry> Oil(NB)으로 나타났으나 유사한 것으로 생각된다. 그러므로 나이가 증가할수록 마른지면보다 오일지면에서 양발을 더 오래 접지하고 있음을 반영한 것이다. 이러한 매커니즘은 실험대상자들이 다이내믹이론의 제한요소(자신의 신체능력, 환경, 과업)에 적응하는 과정에서 생성된 것으로 생각된다.

3.2 신체 질량중심의 합성변위 추이

지면상태와 관계없이 발이 지면반력기를 밟는 구간(지지기)의 50%지점까지 질량중심은 DSOW (B) <YW이고 후반부는 DSOW(B) ≃YW로 나타났다. 이는 비인지 감각우세 여성그룹은 젊은여성 그룹보다 질량중심을 낮거나 거의 유사하게 보행하고 있음을 시사한다. 나머지 경우에 지면 상태와 관계없이 OW의 질량중심이 YW보다 높게 나타나 OW가 YW비해 신장이 평균적으로 작음에도 불구하고 무게중심이 높은 것은 하체 질량이 작음을 반영한 것이다. 또한 지면상태와 관계없이 시감각 인지여부에 따른 질량중심은DMOW(B) ≃DMOW(NB)와 DSOW (NB)>DSOW(B)로 나타났고 인지상황에서 질량중심은 DSOW>DMOW>YW이었다[Figure 4].

<Table 3> Gate parameters of young & old women

M±SD

Gait parameter	YW (Young women)		OW (Old women)					
			DMOW			DSOW		
	Dry	Oil NB	Dry	Oil		Dry	Oil	
			NB	B		NB	B	
Speed(m/s)	1.140 ±0.138	1.041 ±0.167	0.987 ±0.126	0.544 ±0.077	0.395 ±0.100	0.943 ±0.225	0.562 ±0.086	0.376 ±0.129
Stride length(m)	1.270 ±0.122	1.151 ±0.136	1.090 ±0.130	0.739 ±0.100	0.703 ±0.167	1.070 ±0.168	0.764 ±0.114	0.704 ±0.195
Stride width(m)	0.113 ±0.040	0.136 ±0.052	0.105 ±0.031	0.135 ±0.042	0.149 ±0.047	0.110 ±0.033	0.113 ±0.041	0.179 ±0.037
Stance time(sec.)	0.701 ±0.038	0.697 ±0.145	0.698 ±0.077	0.930 ±0.164	1.266 ±0.523	0.712 ±0.095	0.912 ±0.177	1.358 ±0.480
Swing time(sec.)	0.413 ±0.021	0.409 ±0.032	0.406 ±0.039	0.428 ±0.082	0.515 ±0.099	0.423 ±0.038	0.448 ±0.082	0.512 ±0.074
Double limb support time(sec.)	0.289 ±0.047	0.291 ±0.135	0.314 ±0.073	0.472 ±0.159	0.847 ±0.726	0.329 ±0.082	0.485 ±0.184	0.998 ±0.712
Initial double limb support time(sec.)	0.144 ±0.033	0.130 ±0.052	0.177 ±0.036	0.277 ±0.080	0.542 ±0.457	0.176 ±0.036	0.292 ±0.102	0.653 ±0.444
Terminal double limb support time(sec.)	0.145 ±0.014	0.161 ±0.082	0.137 ±0.036	0.194 ±0.079	0.306 ±0.268	0.153 ±0.047	0.194 ±0.082	0.345 ±0.268

Note. NB: No blind, B: Blind
 DMOW: Dominant muscle old women,
 DSOW: Dominant sense old women

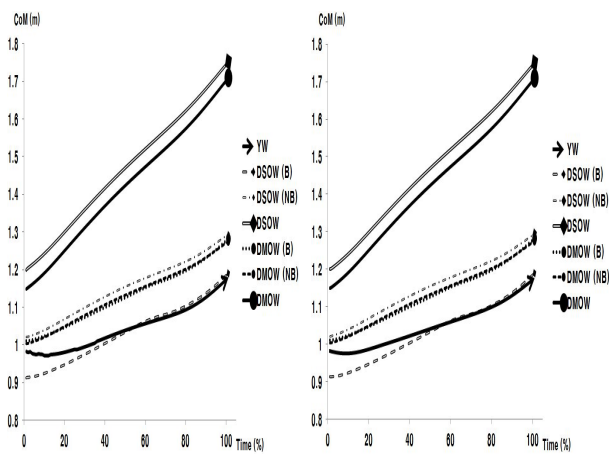
근력우세 여성그룹에서 시각각 인지 여부는 질량중심에 영향을 미치지 않으며 감각우세 여성그룹에서 질량중심은 시야가 확보된 경우가 시야가 가려진 경우보다 높게 나타났다.

감각우세와 하체 질량에 영향을 받는 것으로 생각된다.

3.3. 발의 미끄러진 변위

미끄러짐은 지면과 신발사이(혹은 맨발)에 마찰력이 낮을 때, 발이 지면에 접지하는 순간 발생하며[14.], 미끄러짐 정의에 의하면 마른지면에서 YW의 미끄러짐 변위는 Micro slip이며 OW의 미끄러진 변위는 Macro Slip을 보였다. 그리고 오일지면에서 DSOW(B)는 Micro slip을 나머지 그룹은 Micro slip을 나타냈으며 YW는 Dry<Oil(NB)이고 OW는 Dry>Oil(NB)로 나타나 반대 현상을 보였다. 이는 OW가 낮은 속도로 조심스럽게 보행하고 반면 YW는 신체의 균형을 효율적으로 제어하면서 보행함을 반영한 것이다. 그리고 DSOW(B)의 미끄러진 변위가 DMOW(B)보다 약 7배 크게 나타난 것은 감각 우세한 그룹이 시각각 비인지 보행에서 근육우세 그룹보다 신체 제어력이 크다고 생각된다.

한편 마른지면의 미끄러진 변위에서 YW와 DMOW, 그리고 YW와 DSOW는 통계적으로 유의한 차이(p=.001<.05)를 나타냈으나 반면 오일지면에서 그룹간의 미끄러진 변위는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.



[Figure 4] Center of massLeft: dry surface;
 Right: oil surface

그리고 여성 노인그룹의 질량중심은 젊은 여성그룹보다 높게 나타났다. 이는 질량중심이 근력우세보다는

<Table 4> Ranges of joints on lower limbs

Joint	Significant probability					
	Phase 1			Phase 2		
	within	between	within*between	within	between	within*between
Range of ankle	.010*	.230	.042*	.006*	.550	.801
Range of knee	.023*	.273	.522	.532	.275	.682
Range of hip	.175	.751	.923	.271	.743	.443

Significant level: $p < .05$

3.4 하지의 관절각범위

오일지면에서 OW의 1국면 족관절 각범위는 급내(NB VS B)와 급내*급간의 상호작용에서 통계적으로 유의하였으나 급간(DMOW VS DSOW)에서 유의하지 않았다. 또한 2국면 족관절각범위는 급내에서 유의하나 상호작용과 급간에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 OW의 1국면 슬관절각범위는 급내에서 유의하나 상호작용과 급간에서 유의한 차이를 보이지 않았으며 2국면 슬관절각범위는 통계적으로 모두 유의하지 않았다. 또한 OW의 국면 1, 2의 고관절 각범위는 모두 유의하지 않았다<Table 4>.

이는 족관절 운동범위가 모든 국면1, 2에서 시야 여부와 시야 여부와 근력 또는 시감각 우세 여부의 상호작용에 영향을 받지만 슬관절 운동범위는 국면1에서 시야여부만이 영향을 미친다고 할 수 있다. 그러므로 오일지면 보행에서 시야확보가 족관절이 운동범위에 영향을 미친다고 할 수 있다.

오일지면에서 통계적으로 유의한 족관절각범위(P1과 P2)와 슬관절각범위(P1)는 DMOW와 DSOW 모두 시각이 확보되지 않은 경우(B)에 더 크게 나타나 지지기에서 족관절과 슬관절의 동작범위는 미끄러진의 영향으로 근위관절로

갈수록 영향력이 작아진다고 판단된다<Table 4, 5>.

4. 결론 및 제언

지면의 상태에 따른 여성노인의 운동학적 메카니즘의 결과 요약 및 결론은 다음과 같다. 첫째, 마른지면에서 보행속도는 $YW > DMOW > DSOW$ 이고 YW와 DSOW가 통계적으로 유의한($p = .048 < .05$) 차이를 보였고, 오일지면에서 $YW > DSOW > DMOW$ 으로 근력우세(DMOW)와 감각우세그룹(DSOW)의 보행속도의 크기가 마른지면에 비해 역전되었으나 두 그룹간은 통계적으로 유의하지 않았다. 그러나 YW와 DMOW($p = .001 < .05$) 및 DSOW ($p = .001 < .05$)은 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 둘째, 여성 노인그룹의 질량중심은 젊은 여성그룹보다 높게 나타났다. 셋째, 마른지면의 미끄러진 변위에서 YW와 DMOW 및 DSOW는 통계적으로 유의한 차이($p = .001 < .05$)를 나타냈으나 반면 오일지면에서 그룹간 미끄러진 변위는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

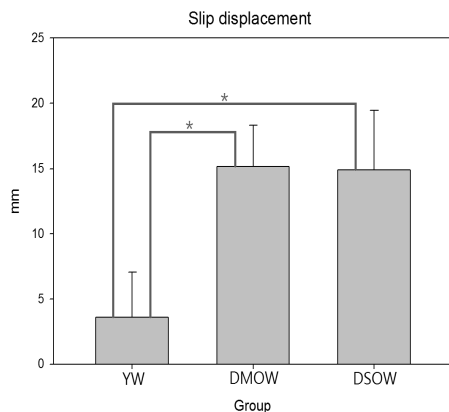
넷째, 오일지면에서 관절각범위(P1과 P2)와 슬관절 각범위(P1)는 DMOW(B)와 DSOW(B)에서 통계적으로 유의하였다.

<Table 5> Slip displacements of YW & OW

Slip displacement (mm)	M±SD							
	YW		OW					
			DMOW		DSOW			
	Dry	Oil NB	Dry	Oil		Dry	Oil	
			NB	B		NB	B	
0.205 s 시점 (Sean T. Osis etc., Human factor, 2012)	3.61 ±3.46	8.37 ±8.09	15.18 ±3.14	2.09 ±2.04	1.67 ±2.07	14.92 ±4.54	5.68 ±11.31	11.81 ±14.81

<Table 6> ROM of joint angles on the lower extremities M±SD

ROM of joint angle (deg.)	YW		OW						
	Dry	Oil NB	Dry	DMOW		Dry	DSOW		
				NB	B		NB	B	
Hip	p1	10.22 ±4.47	14.70 ±5.38	9.33 ±3.25	10.40 ±5.48	10.55 ±1.15	9.28 ±4.56	9.94 ±5.10	9.74 ±2.13
	p2	24.16 ±4.69	18.89 ±3.06	29.23 ±5.98	19.79 ±2.53	20.79 ±1.74	29.16 ±8.19	19.05 ±2.74	21.40 ±7.56
Knee	p1	8.00 ±4.40	7.58 ±4.01	9.64 ±2.89	5.84 ±2.39	9.32 ±6.43	11.87 ±5.16	7.19 ±3.24	12.62 ±6.10
	p2	41.27 ±4.65	28.78 ±4.02	26.61 ±4.66	20.89 ±3.34	20.03 ±5.01	30.47 ±3.58	20.31 ±4.38	23.53 ±8.68
Ankle	p1	12.59 ±2.01	11.55 ±3.43	8.82 ±2.04	10.83 ±2.85	12.02 ±7.33	10.16 ±2.59	11.56 ±3.68	18.72 ±5.49
	p2	20.59 ±3.72	20.48 ±6.57	17.06 ±3.10	11.53 ±2.97	16.59 ±6.24	15.88 ±5.97	11.82 ±3.15	18.26 ±6.82



[Figure 5. Slip displacement]

요약하면 여성노인의 보행 전략은 젊은 여성그룹보다 보행속도가 낮고 무게중심을 높이는 매커니즘이며, 지면상태에 따라 보행속도는 마른지면에서 근육우세 노인 그룹이 빠르고 오일지면에서 감각우세 노인그룹이 빠른 반대되는 차이를 보였다. 그리고 근육우세그룹(DMOW)의 미끄러진 변위는 젊은 여성그룹보다 작은 반면, 감각우세그룹(DSOW)은 컸다. 한편, 오일지면의 지지기에서 시각이 확보되지 않은 경우(B)에 족관절과 슬관절의 동작을 크게 하는 전략을 구사하였다. 결론적으로 노인 여성 그룹의 보행은 지면상태에 따라 다이내믹이론의 상변화과정과 자기조직화의 결과라고 판단된다.

5. References

- Seoul : Ministry of Health & Welfare
- [1] The Korea Institute for Health and Social Affairs(2012). “2011 Survey Results on the Korean Elderly.” 11-1352000-000672-12).
 - [2] Bentley, T., Moore, D., Tappin, D., Parker, R., Ashby, L., & Hide, S. (2003). Slips, Trips and Falls in the New Zealand Dairy Farming Sector.
 - [3] Cham, R., & Redfern, M.S. (2002). Changes in gait when anticipating slippery floors. *Gait & posture*, 15(2), 159-171.
 - [4] Chambers, & Cham, Raki. (2007). Slip-related muscle activation patterns in the stance leg during walking. *Gait & posture*, 25(4), 565.
 - [5] Decker, L., Houser, J.J., Noble, J.M., Karst, G.M., & Stergiou, N. (2009). The effects of shoe traction and obstacle height on lower extremity coordination dynamics during walking. *Applied ergonomics*, 40(5), 895-903.
 - [6] Fong, D.T.P., Hong, Y., & Li, J.X. (2009). Human walks carefully when the ground dynamic coefficient of friction drops below 0.41. *Safety Science*, 47(10), 1429-1433.
 - [7] Gronqvist, R., Hirvonen, M., Rajamaki, E., & Matz, S. (2003). The validity and reliability of a portable slip meter for determining floor slipperiness during simulated heel strike. *Accident Analysis & Prevention*, 35(2), 211-225.
 - [8] Heiden, Tamika L, Sanderson, David J, Inglis, J Timothy, & Siegmund, Gunter P. (2006). Adaptations to normal human gait on

- potentially slippery surfaces: the effects of awareness and prior slip experience. *Gait & posture*, 24(2), 237–246.
- [9] Lockhart, Thurmon E, & Kim, Sukwon. (2006). Relationship between hamstring activation rate and heel contact velocity: Factors influencing age-related slip-induced falls. *Gait & posture*, 24(1), 23–34.
- [10] Lockhart, Thurmon E, Woldstad, Jeffrey C, & Smith, James L. (2003). Effects of age-related gait changes on the biomechanics of slips and falls. *Ergonomics*, 46(12), 1136–1160.
- [11] Lockhart, Thurmon E, Woldstad, Jeffrey C, Smith, James L, & Ramsey, Jerry D. (2002). Effects of age related sensory degradation on perception of floor slipperiness and associated slip parameters. *Safety science*, 40(7), 689–703.
- [12] Moyer, BE, Chambers, AJ, Redfern, MS, & Cham, R. (2006). Gait parameters as predictors of slip severity in younger and older adults. *Ergonomics*, 49(4), 329–343.
- [13] Nagata, H., Watanabe, H., Inoue, Y., & Kim, I.J. (2009). Fall Risks and Validities of Various Methods to Measure Frictional Properties of Slippery Floors Covered with Soapsuds. Paper presented at the Proceedings of 17th World Congress on Ergonomics.
- [14] Osis, S.T., Worobets, J.T., & Stefanyshyn, D.J. (2012). Early Heelstrike Kinetics Are Indicative of Slip Potential During Walking Over a Contaminated Surface. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(1), 5–13.
- [15] Perkins, PJ. (1978). Measurement of slip between the shoe and ground during walking. *American Society of Testing and Materials: Special Technical Publication*, 649, 71–87.
- [16] Rubenstein, L.Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and ageing*, 35(suppl 2), ii37–ii41.
- [17] Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M. et al, Gait speed and survival in older adults. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*. 2011;305:50–58 (10.1001/jama.2010.1923).
- [18] Tang, Pei-Fang, & Woollacott, Marjorie H. (1998). Inefficient postural responses to unexpected slips during walking in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 53(6), M471.

저자 소개

하 중 규



한양대학교 산업공학과 산업공학석사 취득. 한국체육대학교 일반대학원 체육학과(이학박사) 박사 취득. 현재 강원대학교 산학협력단 연구교수 재직 중.
관심분야 : 스포츠공학, 스포츠크리닉, 인간공학, 생체역학

장 영 관



한양대학교 산업공학과 산업공학석사 취득. 한국체육대학교 일반대학원 체육학과(이학박사) 박사 취득. 현재 강원대학교 산업경영공학과 교수
관심분야 : 물류정보시스템, MIS, ERP, SCM, 인간공학

기 재 석



한양대학교 산업공학과 산업공학석사 취득. 한양대학교 일반 대학원 산업공학과 산업공학 박사 취득. 현재 상명대학교 전기전자제어학과 교수 재직중.
관심분야 : 인간공학, VR, 스포츠산업

이 은 영



국민대학교 일반대학원 체육학과 운동역학 석사 취득. 부산외국어대학교 일반대학원 운동역학 박사과정중
관심분야 : 스포츠과학, 생체역학, 스포츠공학, 스포츠재활