

폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 각도에 따른 하지 관절의 움직임과 마찰력에 관한 연구

문근성¹ · 최지영²

¹연세대학교 교육과학대학 체육교육학과 · ²연세대학교 원주캠퍼스 교양교육학부

The Study of Joint Motion and Friction on the Floor of Poly Urethane for the Cutting Movement of Various Angles

Gon-Sung Moon¹ · Ji-Young Choi²

¹Department of Physical Education, College of Sciences in Education, Yonsei University, Seoul, Korea

²Department of Humanities & Arts, Yonsei University, Wonju, Korea

Received 31 July 2015; Received in revised form 21 September 2015; Accepted 30 September 2015

ABSTRACT

Objective : The purpose of this study was to give the basic data for the cutting movement with the various angles on the poly urethane.

Method : Ten healthy men voluntarily participated in this study. A three-dimensional motion analysis system (VICON) and force plates were used to analyze the movements of the joints for the lower extremities. For the statistical analysis the IBM SPSS 21.0 was used to perform repeated measured ANOVA and post-hoc comparison result was used to perform the Scheffe and the level of significance was set up at $\alpha=0.05$.

Results : There were significant differences for the time required for the increasing angles of the cutting movement($p<0.05$). In addition, there were significant differences for the maximum dorsiflexion, plantarflexion of ankle joint, maximum flexion of knee joint and hip joint with the increasing the angles of cutting movement($p<0.05$). Also, there were significant differences for the maximum adduction and abduction angle of the hip joint with the increasing of the angles of cutting movement. There was significant difference for the resultant utilized coefficient of friction(RuCOF) for the increasing angles of cutting movement($p<0.05$).

Conclusion : There was a pattern to increase the coefficient friction with the angle of cutting direction. Also, it would be possible to use the poly urethane for the outdoor floor with the results of this study.

Keywords: Cutting movement, Poly urethane, Coefficient of friction, Slip

1. 서 론

최근 스포츠 활동의 증가와 더불어 학교 체육 시설과 체육 공원 등 다양한 야외 경기장이 신설되어 유지되고 있다. 이러한 야외 경기장의 바닥은 주로 아스팔트, 우레탄, 에폭시 등의 바닥재로 설비되고 있다. 특히, 농구장, 테니스장, 족구장

등 대부분의 야외 체육 시설 경기장에서 탄성, 내구성, 미끄러움 정도, 비용 등에 따라 액상 우레탄, 우레탄 칩, 우레탄 칩 위에 액상 우레탄, 에폭시 등을 시공한다. 우레탄 칩은 미끄러움에 강한 특성이 있으나 내구성이 약한 것이 약점으로 볼의 바운드가 필요 없는 배드민턴과 같은 종목에서 사용될 수 있다. 액상 우레탄은 볼의 바운드가 우레탄 칩보다 좋으며 내구성이 강한 장점이 있으나 미끄러움이 발생하는 것이 단점으로 지적되고 있는 실정이다. 체육 시설 공사 시 한국 운동장 체육시설 공업협회가 제시하는 우레탄 바닥 공사의 표준 시공 권고 두께는 우레탄 칩 T=1.2 cm 위에 T=7 cm의 액상 우레탄을 시공하도록 하고 권고하고 있다. 에폭시는 주로 건물 주차장 등의 바닥을 도막 하는 경우 사용되나 간혹 야외 체육 경기장에

Corresponding Author : Ji-Young Choi
Department of Humanities & Arts, Yonsei University, Wonju Campus,
1 Yonseidaegil, Wonju, Gangwon-do, Korea
Tel : +82-33-760-2779 / Fax :
E-mail : uncle@yonsei.ac.kr
이 논문은 2012년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012S1A5B5A07038034).

시공되며 부분적 보수에 많이 사용되고 있는 것을 볼 수 있다.

Choi, Ko 와 Song(1997)은 일액형 폴리우레탄의 미끄럼, 탄력성 성능 연구에서 경사 인장형 바닥 미끄럼 시험 방법을 적용하여 체육관 바닥에 대한 미끄럼 저항계수(coefficient slip resistance : C.S.R)를 제시하였다. 신발 종류에 따른 CSR 계수는 경질신사화, 배구화, 농구화 순으로 증가하였음을 제시하였고, 미끄럼과 안정성의 관점에서 땀 등으로 바닥이 미끄러지기 쉬워 부상의 위험이 큰 체육관에서 일액형 폴리우레탄 바닥이 유효하다는 점을 제시하였다.

스포츠 경기장의 바닥재 요소는 선수의 경기력과 상해에 밀접한 관련이 있다. 이러한 것은 바닥과 발 사이에 존재하는 마찰력(friction)과 관계가 있으며 급정지나 급출발 그리고 방향 전환 시 미끄럼 방지는 효과적으로 이루어져야 하는 중요한 요소로서 테니스, 농구, 배구, 핸드볼 등 코트 스포츠에 있어서 최적의 마찰력은 필수적이다. 주로 실내 경기장에 많이 사용되는 목재 바닥의 경우 표면 도막에 차이가 있을 수 있으나 일반적으로 다른 도막 재료와 비교하여 최대의 마찰력을 가지고 있는 것으로 알 수 있다.

축구에서 상대방의 태클을 피하거나 농구에서 수비수를 피하는 동작 혹은 급정지 후 방향 전환을 하는 경우 등 많은 스포츠 상황에서 방향 전환 동작은 빈번하게 일어난다. 이에 따라 빠른 방향 전환 시 급격한 감속, 방향 조절 실패와 내, 외측 동작으로 인한 하지의 상해는 동작의 정상적 범위를 벗어나는 엉덩 관절, 슬관절, 발목 관절에서 과도한 내, 외측 움직임에 의하여 발생할 수 있다(Lee, 1998). 특히, 70%의 ACL 상해는 피벗, 컷팅, 점프 랜딩 동작을 실행하는 비접촉 상황을 통해 발생하며(Agel, Arendt & Bershadsky, 2005), 급하게 감속하는 동안이나 강력한 의도에 관련된 방향전환, 혹은 점프에 따른 착지와 같은 비접촉 상황에서 자주 초래된다(Sigward & Powers, 2006).

스포츠 상황에서 달리기 또는 방향 전환 시에 신발과 바닥면 사이에 마찰력이 충분해야 원활하게 방향을 전환할 수 있으나 마찰력이 충분하지 않을 경우 미끄러지게 되고 상해로 연결될 가능성이 커지게 된다. Leamon, malone과 Son(1991)은 미끄러지지 않은 마른 바닥에서도 정상적으로 1 cm이하의 약간의 미끄러짐이 일어난다고 하였으며, 이것을 ‘미세 미끄러짐(micro-slip)’으로 정의하였다. 다양한 스포츠 상황에서 이러한 미세 미끄러짐을 포함하여 미끄러지는 상황이 수없이 발생하게 되는데 선수들의 최대 경기력 유지와 상해 예방을 위해 바닥재의 마찰력은 매우 중요하며, 몇몇 연구에서 요구 마찰계수의 측정과 미끄러짐의 관계를 보고하고 있다(Leamon & Li, 1990; Lanshammar & Strandberg 1981; Strandberg, 1983).

스포츠 활동의 증가로 폴리우레탄 바닥재로 시공되는 많은

야외 경기장이 확대되고 있으며 많은 사람들이 여기서 다양한 스포츠를 즐기고 있다. 그러나 폴리우레탄 바닥재, 특히 액상우레탄과 에폭시 등의 바닥재는 미끄럼 시험기로 측정한 결과 목재 바닥과 같은 마찰력을 갖지 못하는 것으로 알려져 있다. 이로 인해 이러한 바닥재에서 운동 중 크고 작은 상해를 입는 경우를 자주 목격하게 되는데 현재 이러한 문제점에 대한 통계자료 또한 전무한 실정이다. 또한, 이러한 마찰력에 관련된 연구는 신발의 아웃솔(out sole) 연구에 초점이 맞춰져 있어 스포츠 분야에서 바닥재의 중요성에 대한 인식이 부족한 실정이다. 야외 경기장에 목재 바닥을 시공할 수 없다는 점을 고려할 때 야외 경기장의 도막 바닥재에 대한 기준안 평가 등은 매우 중요하다고 할 수 있다. 한국 운동장 체육시설공업협회가 이러한 바닥재에 대하여 제시하는 KS 인증 기준이 마련되어 있으나 이것은 단순히 바닥재 미끄럼 시험기에 의한 값을 제시한 것 일 뿐 실제 신발의 종류와 표면 상태 등에 대한 생체 역학적 변인 분석을 통한 마찰계수는 포함되지 않았다.

본 연구의 목적은 폴리우레탄 바닥재에서 빈번하게 일어나는 방향 전환 동작의 수행 시 방향 전환 각도에 따른 하지 관절에 대한 운동학적 변인의 특성과 미끄럼 마찰 계수(required utilized coefficient of friction; RuCOF)를 고찰하며, 추후 다양한 스포츠 바닥재에서의 움직임에 대한 기초 자료를 제시하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구에서는 최근 1년간 하지에 외과적 수술을 하지 않았으며, 달리기를 하는데 있어서 전혀 불편이 없는 20대 10명을 대상으로 대상으로 선정하였다. 대상자 연령은 23.24 ± 2.34 세, 키는 175.46 ± 5.51 cm, 체중은 77.24 ± 5.38 kg 이었으며 실험 전 본 연구의 목적과 방법을 충분히 설명하고, 참가 동의서를 작성한 후 실험에 참여하도록 하였다.

2. 연구 절차 및 방법

연구의 목적을 달성하기 위하여 H대학교 운동 분석실에 설치된 적외선 카메라 6대(VICON MX-F20, Oxford Metrics, Oxford, UK)로 구성된 3차원 동작 분석 시스템(VICON Motion Systems, Oxford Metrics, Oxford, UK)을 사용하여 200 Hz로 영상자료를 획득하며, 운동역학적 특성을 고찰하기 위하여 지면반력 측정기(AMTI, OR6, Watertown, MA)를 이용하여 지면반력(GRF: Ground Reaction Force) 자료를 1000 Hz로 수집하였다. 적외선 카메라와 지면반력 신호의 동조는 VICON

Motion Systems의 Data Station과 연결된 아날로그 신호 제어 상자(analogue signal control box)를 통해 이루어지도록 하였다. 하지의 발목, 무릎, 엉덩 관절에 대한 3차원 데이터를 수집하기 위하여 Plugin Gait 마커세트를 이용하며, 1.4 cm 구형 반사 마커를 양면 테이프를 이용하여 피험자의 하지에 부착하였다.

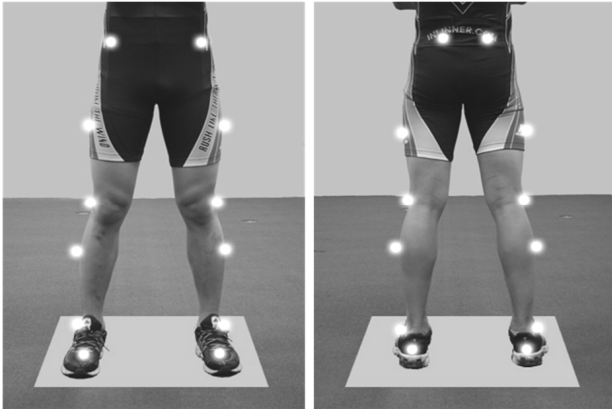


Figure 1. Maker set

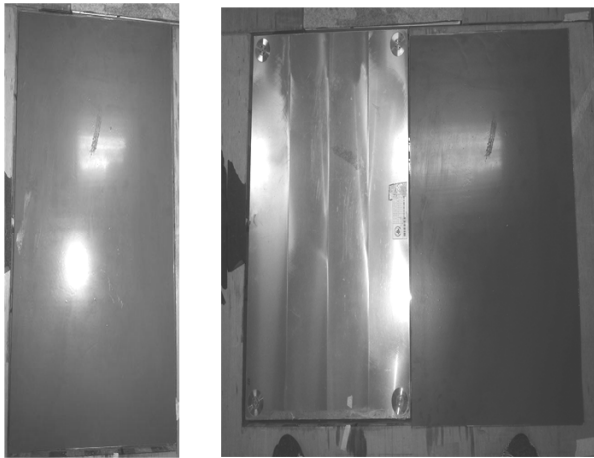


Figure 2. Poly urethane & forceplate

오른쪽과 왼쪽의 각 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine), 천추(sacrum), 가쪽 넓적다리 중앙(lateral mid thigh), 가쪽 위관절융기(lateral epicondyle), 가쪽 종아리 중앙(lateral mid shank), 가쪽 망치뼈(lateral malleolus), 발뒤꿈치(heel), 발가락(toe) 등 16개의 발광 마커(emitted marker)를 해부학적 경계점에 <Figure 1>과 같이 부착하였다. 대상자들은 실험을 위한 복장을 착용하며, 관절 회전 중심의 좌표 값을 얻기 위해 동작 분석 시스템에 입력되는 기본 인체계측 자료를 측정하였다.

폴리우레탄 바닥에서의 운동을 즐기는 사람들이 일반적으로 많이 신는 일반 농구화에 대하여 실험을 실시하였으며 미

끄림 평가를 위해 대상자들은 4 m/sec의 속도로 달리도록 하였으며, 구간 속도 측정 장치를 이용하여 속도를 제어하였다. 출발점으로부터 진행방향을 0도로 설정하여 진행방향에 대하여 좌측으로 45도, 90도, 135도 방향으로 방향 전환 동작을 수행하도록 하였으며, 오른발로 지면반력기 위를 밟고 지나가도록 하였다. 실험실 상황에서 폴리우레탄 바닥에 대한 마찰계수값을 구하기 위해 액상 우레탄 바닥재의 일반적 시공 원리와 표면 처리 방법 중 바탕, 프라이머, 페이스트를 생략하고 상도 재질만을 약 .3 cm로 <Figure 2>와 같이 제작하였다.

대상자들은 간단한 준비 운동과 함께 방향전환이 익숙해질 때까지 충분한 연습 시간을 가졌으며, 5회의 자료를 획득하여 정확한 수행으로 판단되는 3회의 자료를 분석하였다. 발바닥의 지면 접촉 시점과 이지 시점까지의 구간에 대해서만 분석이 이루어 졌으며, 방향 전환 동작에 대한 정규화(normalization)는 동작 분석 시스템(VICON)에서 제공하는 Polygon 프로그램을 이용하였다. 발의 수평력이 발과 바닥 표면 사이의 마찰력을 넘어설 때를 미끄러짐(slip)이라 하며 발바닥과 지면의 마찰계수는 발의 수평력을 수직력으로 나눈 값으로 마찰계수(required utilized coefficient of friction; RuCOF)로 나타내었다(Asaka et al., 2002). 내, 외측 방향(medial-lateral direction)의 RuCOF는 F_x/F_z 으로, 전, 후방향(anterior-posterior direction)의 RuCOF는 F_y/F_z 으로 계산하였으며, Resultant RuCOF 값은 아래의 식과 같이 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{uCOF} &= \frac{\text{Resultant shear GRF}}{\text{Vertical GRF}} \\ &= \frac{\sqrt{(F_{\text{Anterior-Posterior}})^2 + (F_{\text{Medial-Lateral}})^2}}{F_{\text{vertical}}} \end{aligned}$$

3. 자료 처리

통계처리는 윈도우용 SPSS ver. 21.0 프로그램을 사용하였다. 방향 전환 각도에 따른 운동학, 운동역학적 자료간에 차이가 있는지를 분석하기 위하여 일원분산분석(one-way repeated measure of ANOVA)을 실시하였으며, 사후분석으로 scheffe를 사용하였고 통계학적 유의 수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

본 연구는 야외 경기장 시설 설비에 많이 사용되고 있는 폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 시 방향 전환 각도에 따른 소요 시간, 하지 관절의 각도, 마찰력지수를 분석하였다.

1. 소요시간

폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 시 방향전환 각도에 따른 소요시간은 <Table 1>과 같이 나타났으며, 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 사후검정 결과에서도 각각의 방향 전환 각도 사이에 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.05$).

Table 1. Elapsed time (unit: sec)

0°	45°	90°	135°	p
.19±.10	.34±.05	.40±.14	.59±.14	.00**
a**, b**, c**, e**, f**				

* $p<.05$, ** $p<.01$
 a : 0°- 45°, b : 0°- 90°, c : 0°- 135°,
 e : 45°- 135°, f : 90°- 135°

2. 하지 관절의 각도

1) 발목 관절의 각도 변화

폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 시 방향전환 각도에 따른 발목 관절의 각도 변화는 <Table 2, Figure 3> 과 같다. 시

Table 2. Ankle joint angles (unit: °)

	0°	45°	90°	135°	p
Sagittal plane					
HS	19.89±5.52	12.12±9.46	7.28±6.86	1.61±9.92	.00**
TO	-13.52±6.63	-18.40±5.27	-23.31±6.30	-23.73±5.54	b**, c**, e*
MDF (+)	33.84±2.72	33.77±5.87	26.20±8.82	19.40±8.63	.00**
MPF (-)	-14.72±6.75	-18.40±5.27	-23.31±6.06	-23.73±5.54	b**, d**
ROM	48.56±7.25	52.17±7.73	49.50±6.11	43.13±4.72	.02* e*
Frontal plane					
HS	.35±1.66	.07±1.31	-.32±1.84	-.48±1.78	.54
TO	-2.26±1.32	-.25±2.07	-1.61±1.56	-1.39±1.85	.47
MIV (+)	2.18±1.08	2.08±1.36	2.46±.97	3.18±1.15	.07
MEV (-)	-3.02±1.84	-3.07±2.99	-1.88±1.44	-1.69±2.14	.20
ROM	5.20±1.92	5.14±2.21	4.33±1.22	4.87±2.67	.65

HS : heel strike, TO : toe off, MDF : maximum dorsiflexion, MPF : maximum plantarflexion, MIV : Maximum inversion, MEV : maximum eversion, ROM : range of motion, * $p<.05$, ** $p<.01$

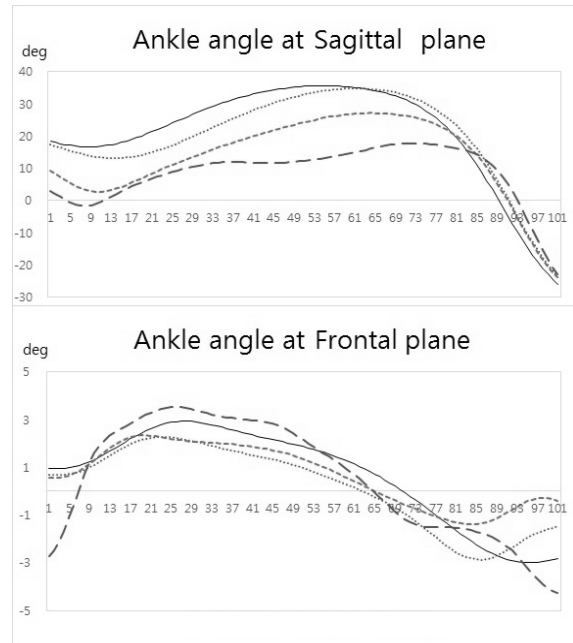


Figure 3. Ankle joint angle

상면(sagittal plane)에서 방향 전환 각도에 따라 초기 접지 시점(heel strike : HS), 이지 시점(toe off : TO), 최대 배측굴곡(maximum dorsiflexion : MDF), 최대저측굴곡(maximum plantarflexion : MPF), ROM에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 관상면(frontal plane)에서는 모든 시점에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p<.05$).

2) 무릎 관절의 각도 변화

폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 시 방향전환 각도에 따른 무릎 관절의 각도 변화는 <Table 3, Figure 4>와 같다. 시상면에서 방향 전환 각도에 따라 HS 시점, TO 시점, 최대 굴곡(maximum flexion : MAF), 최소 굴곡(minimum flexion : MIF), ROM에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 관상면에서는 모든 시점에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p<.05$).

3) 엉덩 관절의 각도 변화

폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 시 방향전환 각도에 따른 엉덩 관절의 각도 변화는 <Table 4, Figure 3> 과 같다. 시상면에서 방향 전환 각도에 따라 HS 시점, MAF, 최대 신전(maximum extension : MAE), ROM에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 관상면에서는 HS 시점, TO 시점, 최대 내전(maximum adduction : MAD), 최대 외전(maximum abduction)에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났 다($p<.05$).

Table 3. Knee joint angles

	0°	45°	90°	135°	<i>p</i>
Sagittal plane					
HS	31.47±12.64	23.00±7.63	19.58±6.01	17.47±4.98	.00** b**, c**
TO	13.05±5.08	4.95±8.17	6.48±7.36	2.96±5.13	.00** a**, c**
MAF (+)	46.49±5.18	56.22±8.35	63.17±8.83	64.54±5.12	.00** a**, b**, c**, e*
MIF (+)	11.17±5.23	4.85±8.19	5.33±8.03	2.96±5.13	.02* c*
ROM	35.32±5.45	51.37±5.11	57.84±10.05	61.58±4.70	.00** a**, b**, c**, e**
Frontal plane					
HS	3.76±9.79	6.46±8.55	3.64±5.30	3.32±6.99	.70
TO	-2.79±4.87	-.69±5.26	-.54±6.37	1.30±3.38	.27
MVR (+)	9.10±10.99	10.90±12.22	12.13±10.20	17.13±11.08	.30
MVL (-)	-6.99±4.59	-10.25±8.18	-9.32±7.64	-6.49±9.48	.41
ROM	16.09±9.19	21.84±9.62	21.45±7.30	23.62±9.01	.20

MAF : maximum flexion, MIF : minimum flexion, MVR : maximum varus, MVL : maximum valgus
p*<.05, *p*<.01

Table 4. Hip joint angles

	0°	45°	90°	135°	<i>p</i>
Sagittal plane					
HS	35.68±10.78	44.80±7.44	37.08±7.48	33.95±8.35	.01** a*, e*
TO	-17.78±6.68	-22.48±7.06	-21.44±5.78	-21.90±8.20	.30
MAF (+)	40.20±9.36	44.59±6.42	45.07±8.29	50.16±4.46	.01* c*
MAE (-)	-19.13±6.75	-22.48±7.06	-22.30±6.33	-21.90±8.20	.52
ROM	59.33±13.20	69.08±7.76	66.71±12.38	72.06±9.69	.02 c**
Frontal plane					
HS	3.89±5.90	-10.93±10.03	-17.18±6.13	-20.43±5.35	.00** a**, b**, c**, e*
TO	-4.76±4.58	-18.90±9.73	-21.27±8.85	-24.88±6.34	.00** a**, b**, c**, e**
MAD (+)	8.63±3.46	-3.63±10.91	-8.23±7.50	-6.63±5.61	.00** a**, b**, c**, e**
MAB (-)	-6.41±3.97	-21.20±9.53	-27.81±7.11	-35.14±7.92	.00** a**, b**, c**
ROM	15.04±2.87	17.57±8.38	19.58±8.23	28.51±6.98	.00** c**, e**, f*

MAE : maximum extension, MAD : maximum adduction, MAB : maximum abduction
p*<.05, *p*<.01

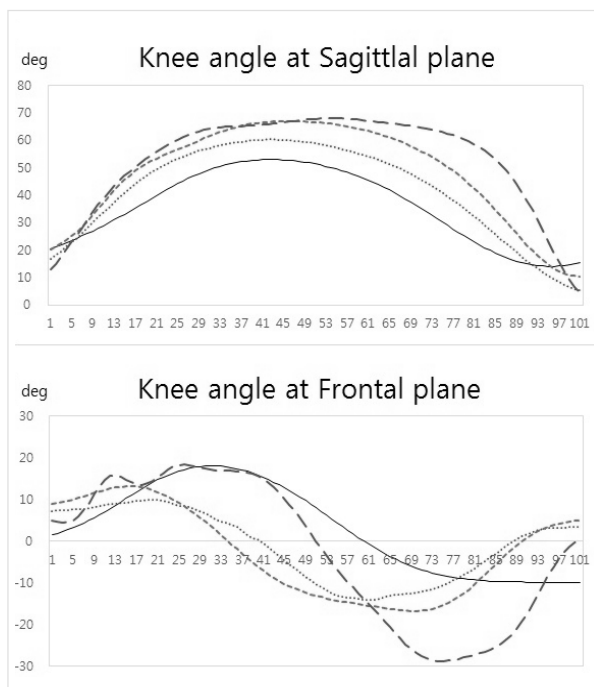


Figure 4. Knee joint angle

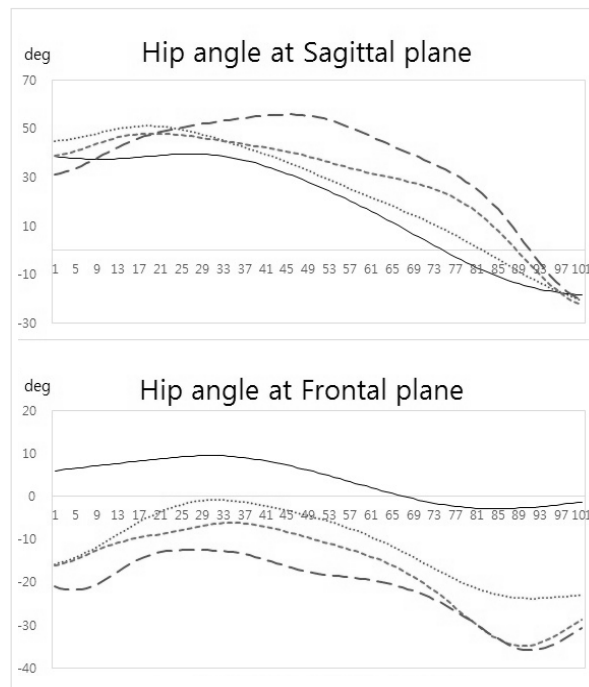


Figure 5. Hip joint angle

3. 마찰력 계수

폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 시 방향전환 각도에 따른 마찰력(friction) 계수의 변화는 <Table 5, Figure 6>과 같다. 내, 외측 마찰계수(Fx/Fz)와 RuCOF 에서는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나 전(+), 후(-)측 마찰계수(Fy/Fz) 에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p < .05$).

Table 5. Maximum coefficient friction

	0°	45°	90°	135°	p
Sagittal plane					
Fx/Fz	-.16±.12	-.37±.05	-.52±.10	-.46±.04	.03* c*
Fy/Fz (-)	-.49±.21	-.49±.26	-.57±.12	-.71±.66	.09
Fy/Fz (+)	.43±.51	.40±.44	.34±1.12	.22±.41	.13
RuCOF	.19±.26	.32±.29	.49±.44	.69±.28	.00** b**, c**, e**, f**

* $p < .05$, ** $p < .01$

IV. 논 의

다양한 종목의 스포츠에서 방향전환의 동작은 의도하거나 의도하지 않거나 자주 일어나게 되는 동작으로 성공적인 방향 전환에 필수적 요소는 바닥면과 착용한 신발 바닥 사이의 마찰력에 달려 있다. 이러한 신발 바닥의 재질과 바닥재의 종류 및 상태 그리고 방향 전환 각도에 따라서 작용하는 마찰력 계수는 다를 수 밖에 없으며, 방향 전환 시 충분한 마찰력 계수를 확보하지 않는다면 미끄럼으로 이어져 넘어지게 되고 상해의 가능성을 갖게 될 것이다. 그러므로 방향 전환 동작 수행 시 방향 전환 각도에 따른 마찰력 계수의 연구가 필요하다고 사료된다. 본 연구에서는 똑바로 진행되는 방향을 기준으로 좌측 45도, 90도, 135도 방향으로 방향 전환 시 소요시간, 하지 관절의 각도, 마찰계수를 비교 분석하였다.

본 연구의 결과 방향 전환 각도에 따른 소요 시간은 0도, 45도, 90도, 135도 방향으로 바뀔수록 더 오랜 시간이 소요되는 것으로 나타났다. 즉, 방향 전환의 각도가 클수록 방향을 전환하기 위한 신체의 준비 시간이 증가함을 알 수 있으며 이에 따른 하지 관절의 각도와 모멘트에 변화가 있을 수 있다는 점을 예상할 수 있겠다.

본 연구의 결과 방향 전환 각도에 따른 시상면의 HS 시점에서 발목 관절 각도의 변화는 방향 전환 각도가 증가할수록 발목 관절의 배측굴곡 각도는 작아지는 경향을 나타내었으며, TO 시점에서는 저측 굴곡의 각도가 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, 최대 배측굴곡 각도는 방향 전환 각도의 증가에 따라 감소하는 경향을 최대 저측굴곡 각도는 증가하는 경향을 나타내었다. Kwon et al.(2007)는 0도, 30도, 60도 방향전환 시 발목 관절의 배측굴곡 각도가 22.35도, 21.77도, 16.04도로 감소하는 경향을 보고하였으며, 최대 저측 굴곡 각도는 -19.48도, -20.05도, -21.15도로 미세하게 증가하는 경향을 제시하였는데, 이러한 결과는 방향 전환 각도의 크기가 다르지만 본 연구의 결과와 유사한 경향을 나타내어 본 연구의 결과를 간접적으로 뒷받침하고 있다고 생각된다. 방향 전환 각도의 증가에 따라 배측굴곡의 감소와 저측굴곡의 증가가 일어나게 되었는데, 방향 전환을 의식하여 신체의 무게 중심을 진행 방향의 반대 방향으로 움직이게 하기 위한 것으로 이해할 수 있겠다.

본 연구의 결과 방향 전환 각도에 따른 발목 관절의 관상면에서 주요 시점과 최대 내변각, 외변각에서 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 방향 전환 각도가 증가할수록 내변각은 미세하게 증가하며, 외변각은 감소하는 결과를 나타내었다. Kwon 과 Jung(2007)은 두 가지 속도에 따른 0도, 30도, 60도 방향 전환 시 미세하게 내변각은 증가하며, 외변각은 감소하는 결과를 보고하였는데, 본 연구 결과와 같은 경향을 나타내었다.

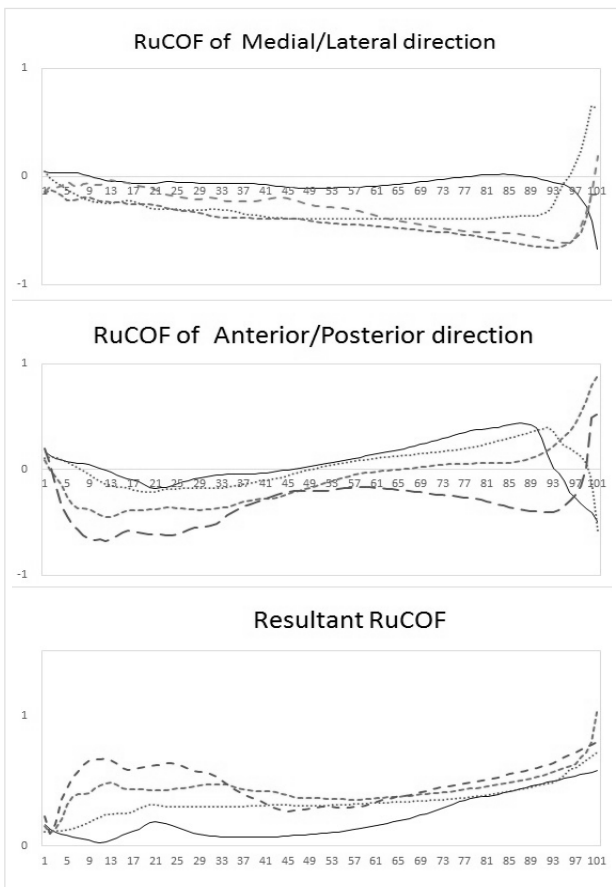


Figure 6. Coefficient friction

본 연구의 결과 방향 전환 각도에 따른 시상면의 HS 시점에서 방향 전환 각도가 증가할수록 무릎 굴곡 각도는 증가하였으며, TO시점에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 최대 무릎 굴곡각도는 방향 전환 각도가 증가함에 따라서 무릎 굴곡 각도가 증가하는 경향을 나타내었다. Kwon et al.(2007)은 0도, 30도, 60도 방향 전환 시 최대 무릎 굴곡각도가 42.4도, 45.26도, 46.41도로 나타났다고 보고하였는데, 본 연구의 결과와 유사한 것으로 나타났다. 방향 전환 각도의 증가에 따라 최대 무릎 굴곡각도는 증가하는 경향을 나타내고 있는데, 이러한 결과는 방향 전환의 각도가 클수록 방향 전환을 원활하게 하며, 미끄러움을 방지하기 위하여 자세를 낮춤으로서 무릎의 굴곡 각도를 크게 하기 때문인 것으로 사료된다. 즉, 무게 중심이 높은 자세를 유지한다면 방향 전환의 각도가 클수록 목표한 방향으로 몸을 틀 수 없게 되고 미끄러움이 발생하거나 혹은 방향 전환을 할 수 있는 추진력을 얻을 수 없기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구의 결과 방향 전환 각도에 따른 무릎 관절의 관상면에서 주요 시점과 최대 내번슬각, 외번슬각에서 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 방향 전환 각도가 증가할수록 내번슬각은 미세하게 증가하는 결과를 나타내었다. Kwon과 Jung(2007)은 2.5 m/sec 속도에서 0도, 30도, 60도 방향 전환 시 미세하게 내번슬각은 증가하고 있음을 밝히고 있으며, 60도에서는 60도 방향 진행 시에만 증가한 것으로 보고하였는데 본 연구 결과와 다소 차이를 보였다. 방향 전환 각도가 증가할수록 무릎 관절의 내번슬각이 증가하였는데, 이것은 방향 전환 각도의 증가에 따라 무릎 관절에서의 내번슬 모멘트의 증가를 의미하여 이러한 크기의 각도를 유지하지 못한다면 목표 방향으로의 원활한 방향전환이 불가능하거나 미끄러짐을 경험할 수 있는 여지가 있음을 예상하겠다.

본 연구의 결과 방향 전환 각도에 따른 시상면에서 엉덩관절의 HS 시점에서 0도와 비교할 때 45도와 90도에서 굴곡 각도는 증가하였으나 135도에서는 감소하는 결과를 나타내었다. 이것은 방향 전환의 각도 방향이 0도의 진행방향과 반대의 방향으로 향하기 때문에 발을 접촉하는 초기에 엉덩관절을 조금만 굴곡시켜 방향 전환을 준비하기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 최대 굴곡 각도는 방향 전환 각도가 증가할수록 증가하는 것으로 나타났는데 무릎 관절 각도의 굴곡 정도가 커지게 됨에 따라서 엉덩관절 각도의 굴곡을 크게 하여 중심을 낮추고 추진력을 위한 동작으로 이해할 수 있다. Kwon et. al(2007)은 0도, 30도, 60도 방향 전환 시 엉덩관절의 각도를 26.93, 27.51도, 28.65도로 제시하였는데 본 연구 결과와 다소 차이가 있었다.

본 연구의 결과 방향 전환 각도에 따른 관상면의 HS시점에

서 엉덩관절의 각도는 0도에서 내전 각도를 나타내었으나 방향 전환 각도가 증가할수록 외전 각도를 나타내며 외전 각도가 증가하는 것으로 나타났다. 0도 방향에서는 몸통과 하지의 움직임을 진행방향으로 일치하게 하여 달리기 하고 있으나 방향 전환 각도가 커짐에 따라서 상체가 먼저 방향 전환을 하여야 하기 때문에 상대적으로 하지의 엉덩관절이 외전되는 경향이 나타나고 있음을 알 수 있다. 0도 진행 방향에서 최대 내전각도는 8.63 ± 3.46 도로 내전을 이루고 있으나 45도, 90도, 135도에서는 최소 외전각도가 나타나고 있음을 알 수 있다. 따라서 최대 외전각도에서는 방향 전환의 각도가 증가할수록 최대 외전각도가 증가하고 있음을 알 수 있다. Kwon과 Jung(2007)의 0도, 30도, 60도 방향 전환 연구에서 방향 전환의 각도가 증가할수록 최대 내전각도는 감소하고 최대 외전각도가 증가하는 결과를 제시하여 방향 전환 각도의 차이에 따른 각도값의 차이는 있으나 본 연구 결과의 경향과 일치하는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과 방향 전환 각도에 따른 폴리우레탄 바닥재의 최대 내, 외측 마찰계수에서는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며($p < .05$), 방향 전환의 각도가 증가하면서 90도 방향까지 최대 내, 외측 마찰계수값은 증가하는 것으로 나타났다. 방향 전환 각도의 증가와 달리기 속도에 따라서 더 큰 마찰 계수값을 필요로 하고 있음을 의미하는 것이며, 135도 방향의 경우에는 내, 외측 마찰계수 값은 감소하는 것으로 나타났다. 전, 후 방향 마찰계수의 (-) 값은 제동력으로서의 마찰 계수를 의미하는데 본 결과에서 제시한 방향 전환 각도와 속도에 따라 이 정도의 마찰 계수값이 확보가 되지 않는다면 미끄러질 수 있음을 의미한다. 또한, (+) 값은 추진력으로서의 마찰 계수 값을 의미하는데 만약 본 연구 결과에서 제시한 정도의 마찰 계수 값이 확보가 되지 않는다면 마찬가지로 방향 전환 시 미끄러짐을 경험할 수 있다는 것을 의미한다. 제동력으로서 마찰 계수 값은 방향 전환 각도에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 추진력으로서의 마찰 계수값은 방향 전환 각도에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 방향 전환 시 방향 전환 각도가 클수록 추진력 보다는 제동력으로서의 마찰계수가 충분히 커야 함을 의미하는 것이다. RuCOF 값은 발의 수평력을 수직력으로 나눈 값으로 요구 마찰계수로 나타내어지는데, 본 연구 결과는 방향 전환 각도의 증가에 따라서 더 큰 마찰 계수 값이 요구되고 있음을 제시하고 있다.

Choi, Ko와 Song(1997)은 폴리우레탄 바닥재에서 경사 인장형 바닥 미끄러움 시험 방법을 적용하여 체육관 바닥에 대한 미끄러움 저항계수(C.S.R.)를 제시하였는데, 보행과 관련되어 C.S.R. 0.4 이상이면 충분한 마찰계수가 확보되는 것으로 제시하였

며, 이러한 결과를 바탕으로 폴레우레탄 바닥재를 체육관 등의 장소에 설치하는 것을 제시하였다. Kim, Han과 Choi(2015)는 미끄럼 저항과 보행 특성연구에서 보행 속도가 증가할수록 RCOF값은 유의하게 증가함을 제시하였다. 그러나 이 연구에서 인장형 바닥 미끄럼 측정 장치에 의한 미끄럼저항계수 C.S.R. 값과 RCOF의 상관 관계 분석에서 유의한 차이가 나타나지 않는다고 보고하여 차후 미끄럼 측정 장치에 의한 마찰 계수와 지면반력기를 통한 마찰 계수 값 사이의 관계를 밝힐 것을 제안하였다. Kim과 Yoon(2013)은 미끄럼 상황에서 안정성을 유지하기 위한 조건으로 바닥면의 재질, 신발면의 재질과 특성, 환경적인 요소, 행동적인 요소가 상호 적절하게 조화를 이루어야 함을 제시하였으며, 이러한 요소에 대한 연구로서 마찰 물리학, 생체역학, 자세 조절과정에 대한 접근 모형의 개발이 필요하다고 보고하였다.

V. 결 론

본 연구는 최근 체육시설에 많이 설치되고 있는 폴리우레탄 바닥재에 대하여 운동 중 미끄러져 상해를 입을 수 있다는 점에 착안하여 폴리우레탄 바닥재에서 방향전환 시 하지 관절의 운동 변화와 마찰계수에 대하여 분석하였다. 본 연구에서는 폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 시 미끄럼 특성을 살펴 보기 위하여 방향 전환 각도에 따른 하지 관절의 운동 변화와 지면반력기를 통한 마찰 계수 값을 제시하였다. 본 연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 각도의 증가에 따라 지면에 접지하는 소요시간이 증가함을 알 수 있었으며, 발목 관절의 운동범위는 작아지고, 무릎 관절과 엉덩 관절은 더욱 굴곡된다는 것을 알 수 있었다. 또한, 방향 전환 각도가 증가할수록 요구되는 마찰 계수가 증가함을 알 수 있었다. 본 연구의 결과를 바탕으로 폴리우레탄 바닥재에서 방향 전환 각도의 증가에 따라서 변화되는 하지 관절 각도의 변화와 이에 따라 요구되는 마찰계수값의 증가를 볼 때 폴리우레탄 바닥재는 바닥 표면에 수분, 먼지 등의 다른 이물질의 영향력이 없다면 스포츠 바닥재로 활용이 충분하다는 결론을 내릴 수 있을 것으로 사료된다. 다양한 스포츠 현장에서 사용되고 있는 스포츠 바닥재에 대한 연구로서 의미 있는 연구라고 하겠으나 다른 재질의 바닥재와 비교 연구를 통해 인체 운동을 연구하지 못한 아쉬움이 있다고 사료된다. 차후 연구에서는 다른 바닥재와의 비교 연구뿐만 아니라 바닥재의 종류에 따른 인체의 상해와 관련된 연구도 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Agel, J., Arendt, E. A., & Bershadsky, B. (2005). Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 524-531.
- Asaka, T., Saito, H., Yoshida, N., Urakami, D., Kamada, K., & Fukushima, J. Relationship between the required coefficient of friction and gait initiation in young adult on a low friction floor. *Journal of Physical Therapy Science*, 2002(14), 33-39.
- Choi, S. K., Ko, J. S., & Song, B. C. (1997). Habitabilities of floors to be Completed with One component Poly urethane. *Architectural Institute of Korea*, 13(10), 363-371.
- Kwon, O. B., & Jung, C. J. (2007). The analysis of joint motion of lower extremities to running velocities and cutting angles. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(1), 9-16.
- Kwon, O. B., Jung, C. J., Park, K. K., Kwon, M. S., & Shin, S. H. (2007). The analysis of joint motion and moment of lower extremities to cutting angles. *The Korean Journal of Physical Education*, 46(2), 451-459.
- Kim, T. H., Han, S. K., & Choi, S. K. (2015). The effect of floor slipperiness on gait characteristic. *Journal of Korea institute Building Construction*, 15(1), 133-141.
- Kim, T. H., & Yoon, D. S. (2003). Measurement and strategies for dynamic stability during locomotion on a slippery surface. *Korean Research Society of Physical Therapy*, 10(1), 97-108.
- Lee, K. K. (1998). The effect of turning direction on lower extremity joint moment. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 8(2), 21-42.
- Lanshammar, H., Strandberg, L. (1981). The dynamics of slipping accidents. *Journal of Occupational Accidents*, 3, 153-162.
- Leamon, T. B., & Li, K. W. (1990). Microslip length and the perception of slipping. *Paper presented at the 23rd International Congress on Occupational Health*. September, Montreal, Canada. 22-28.
- Leamon, T. S., Malone, C., & Son, D. H. (1991). Fall arresting system. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 10(1), 23-28.
- Sigward, S. M., & Powers, C. M. (2006). The influence of gender on knee kinematics, kinetics and muscle activation patterns during side-step cutting. *Clinical Biomechanics*, 21, 41-48.
- Strandberg, L. (1983). The effect of conditions underfoot on falling and overexertion accidents. *Ergonomics*, 28, 131-147.