

하키페널티 스트로크 동작 시 숙련자와 미숙련자의 족저압력 분석

이재열¹ · 이중숙²

¹신라대학교 대학원 체육학부²신라대학교 의생명과학대학 체육학부

Comparative Analysis of Plantar Pressure between Skilled and Unskilled Players during Hockey Penalty Stroke

Jae-Youl Lee¹ · Joong-Sook Lee²

¹Division of Physical Education, Graduate School of Silla University, Busan, Korea

²Division of Physical Education, College of Medical and Life Sciences, Silla University, Busan, Korea

Received 30 April 2012; Received in revised form 11 June 2012; Accepted 18 June 2012

ABSTRACT

This study aims to provide the basic biomechanical data on the average, maximum and distribution of plantar pressure during hockey penalty stroke by comparing five skilled and five unskilled players. Following are the conclusions. First in the case of average and maximum plantar pressure during penalty stroke, the skilled players showed higher pressures at the moment of left foot landing in rear plantar of left foot and fore, rear plantar of right foot compared to the unskilled players. Also at the moment of impact, the skilled players showed higher pressures in fore, rear plantar of left foot and fore plantar of right foot compared to the unskilled. The analysis drew the conclusion that the skilled players move their center of body from fore, rear plantar of right foot to fore, rear plantar of left foot at the moment of left foot landing and impact in order to perform a quick and strong shooting. Second in the case of plantar distribution, as the skilled players put over 70% of their weights on left foot, they showed overall higher plantar pressure distributed on the outer fore, mid and rear parts of left foot plantar, in contrast with the unskilled players who showed about 50/50 distribution of weights on their right and left foot. The analysis concluded that such distribution was shown because the skilled players transferred their weights from the right to left foot effectively while the unskilled players could not do so.

Keywords : Biomechanical Data, Plantar Pressure, Hockey Penalty Stroke, Average Planter Pressure, Maximum Plantar Pressure

I. 서 론

하키 경기는 다른 구기 종목과 마찬가지로 득점과 실점을 토대로 결과를 가리는 경기이다. 여러 방법의 득점 기술이 있겠지만 페널티 스트로크는 하키 경기에서 득점 성공률이 가장 높은 기술로 23 m 서클 내에서 공격자가 득점상황에서 수비자가 고의적으로 반칙을 하거나 득점이 가능하다고 인정되었을 때 주어진다. 또한 하키경기가 무승부일 경우 승패를 결정하는

방법으로 사용되기 때문에 하키경기의 승패 결정에 있어서 매우 중요한 역할을 한다(Lee et al, 2002). 페널티 스트로크의 경우 골문으로부터 6.40 m 떨어진 정중앙 위치에서 공격수 1명과 골키퍼만이 스트로크에 참여할 수 있으며 공격측은 득점을 할 수 있는 가장 좋은 기회가 되고 수비측은 실점할 수 있는 불리한 상황에 처하게 된다. 또한 일반적으로 페널티 스트로크 동작에서 선수들이 가장 선호하고 성공률이 높은 곳은 골키퍼가 서 있는 자세에서 우측상단 코너라고 보고하고 있다(Kim, 1997). 그리고 Woo, Choe와 Kim(2007)은 페널티 스트로크를 하는 선수의 고관절, 어깨 회전, 디딤발 위치의 움직임에 관찰하면 골의 방향을 골키퍼가 예측하는 단서가 된다고 하였다.

페널티 스트로크 시 볼의 이동 속도 등 차이가 없었지만 볼을 띄우는 동작에서 우수한 그룹과 비우수 그룹 간에 차이가

본 논문은 이재열(2012)의 석사 학위 중 일부를 발췌하였다.

Corresponding Author : Joong-Sook Lee
Division of Physical Education, College of Medical & Life Sciences
Silla University, Street 100 Gwaebup-dong, Sasang-gu, Busan, Korea
Tel : +82-51-999-5064 / Fax : +82-51-999-5576
E-mail : jslee@silla.ac.kr

있었으며 이러한 원인은 볼을 띄우는 기술의 차이에 따른 것으로 나타났다(Lim, 2009). 한 예로 2010 광저우아시안게임 한국 여자하키가 이쉽게 은메달에 머물렀다. 한국은 중국과 결승에서 승부처기에 나선 한국은 득점 실패를 만회하지 못해 패했다. 또한 남자하키는 준결승경기에서 파키스탄과 페널티 스트로크로 들어갔지만 아시안게임 3회 연속우승을 노렸던 한국은 동메달에 그치고 말았다. 이와 같이 페널티 스트로크는 무승부일 경우 승패를 결정짓는데 매우 중요한 역할을 하며 여러 가지 요소들이 있겠지만 그중에서도 적절히 신체중심의 균형을 유지하는 것이 가장 중요한 요소일 것이다. 하키와 스윙이 비슷한 골프에서는 스윙 동작 시 체중이동의 적절한 밸런스(balance)를 유지한다는 것은 성공적인 골프 스윙을 하기 위해서는 필수적인 요소라고 할 수 있다. 균형을 잃으면 결코 좋은 스윙을 할 수 없다(Lee, Yang & Kim 1998). Lim과 Seo(2004)는 야구 투구 동작의 비교 연구에서는 숙련자가 왼발을 착지한 후 안정된 지지면을 바탕으로 상체를 전방으로 회전시켜 투구한다고 하였다. 이는 모든 운동에서 적절한 밸런스와 중심이동이 어떤 발에 중심을 두었느냐에 따라서 결과가 달라지는 것이다.

하키 선수들의 페널티 스트로크 시 슈팅코스, 스텝, 무릎의 각도, 어깨 회전, 팔꿈치 각도 동작분석관련 운동학적 연구나 하키 동작분석 관련 논문은 다수 있으나 페널티 스트로크 동작 시 족저압력 분석을 통한 운동역학적 연구는 전혀 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 하키 페널티 스트로크 동작시 발에 가해지는 압력을 객관적이고 정확하게 측정하고 코스에 따라 신체중심의 이동과 디딤발의 위치에 따라 숙련자와 미숙련자에 어떤 차이가 있는지에 대한 이해를 돕고 슛의 성공률을 높일 수 있도록 족저압력분석을 통하여 평균족저압력, 최대족저압력, 족저압력의 형태 분석 등에 대한 새로운 운동역학적인 연구방법을 모색하고 연구함으로써 하키지도자와 선수들에게 하키의 운동역학적인 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 여자 엘리트 하키선수 총 10명(숙련자 : 5명, 미숙련자 : 5명)을 연구대상자로 선정하

Table 1. General characteristics of the subjects

Subjects	Age	Height(cm)	Weight(kg)	Career
Skilled (M±SD)	21±2.83	165.2±2.95	61.4±3.93	7.6±1.52
Unskilled (M±SD)	17±2.24	160.8±1.64	60.2±4.45	5.4±0.89

였으며, 피험자 선정과정은 자발적으로 동의서를 작성한 후 실험에 임하였으며, 하키전문가 5명(감독 : 2명, 지도자 : 3명)이 슈팅동작을 확인한 후 숙련자와 미숙련자로 구분하였다. 이들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

2. 실험도구

본 연구에 사용된 실험장비는 운동학적 분석을 위한 촬영 장비, 영상분석 장비를 이용하여 측정하고 족저압은 족저압력 측정기기를 이용하였다. 족저압력 시스템과 실험도구는 <Figure 1>과 <Table 2>와 같다.



Figure 1. Plantar pressure measuring equipment

Table 2. Experimental measurement equipments

Equipment	Model	Company
Foot pressure measuring device	Pedar-x	Novel
Motion Analyzer	Advance video Analysis	Dart fish
Digital Cameras	SMX-F400	Sam sung
	HMX-S15	Sam sung

3. 실험방법 및 절차

신발 깔창과 동일하게 만들어진 족저압 측정기를 신발속에 넣고 실험 전 양발의 체중에 따라 캘리브레이션(calibration)을 실시하고 인솔(inside)과 족저압력 측정기와 연결된 케이블(cable)과 조정기를 허리 뒷부분에 착용하고 신호음과 함께 페널티 스트로크를 실시하게 하였다. 스텝 방법은 발을 모아서 하는 1스텝을 하였으며 타구의 목표방향은 공의 진행 방향을 기준으로 골대의 코너 즉, 좌측 상단으로 구분하여 목표지점에 가로 50 cm × 세로 50 cm의 타켓을 설치하였다.

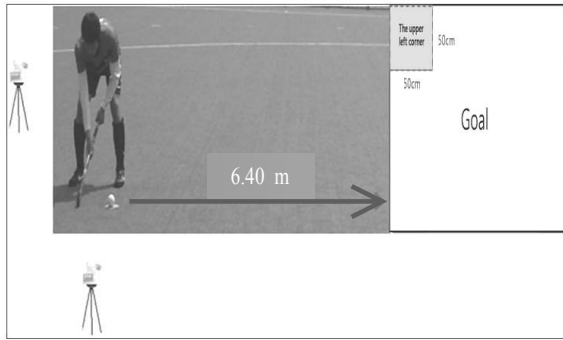


Figure 2. Position measuring equipment

본 연구에 사용된 족저압력 측정장비인 Pedar-x를 활용하여 초당 500개의 자료를 수집하였으며, SMX-F400, HMX-S15 2대의 디지털 카메라를 활용하여 초당 60프레임(frames)으로 촬영하였다. 하키의 특성상 인조잔디를 이용하여 실외 하키경기장에서 실험하였으며, 측정장비의 배치는 <Figure 2>와 같다.

본 실험에 앞서 연구 대상자들에게 실험의 유의사항에 대하여 설명하고 스텝 방법과 목표방향에 대하여 페널티 스트로크 연습을 실시한 후 충분한 휴식을 취한 후 본 실험에 착수하였다. 골대의 목표방향 위치는 아래 <Figure 3>과 같다.

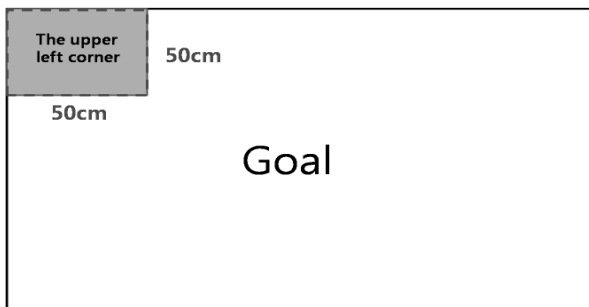


Figure 3. Shooting the direction of the goal

본 실험의 절차는 우선 선수들에게 스텝 방법을 1스텝을 제시한 후 목표방향에 대하여 3번씩 스트로크를 할 것이고, 3번의 스트로크 중에서 골대의 목표지점에 정확히 맞은 1개를 선택하였으며, 목표 지점에 맞지 않았을 경우에는 맞을 때까지 실시하였다.

4. 족저압 분석변인

발바닥의 부위별 힘을 실험대상의 체중으로 나눈 비율은 양발이 압력분포측정기에 지지하는 순간의 성분들을 산출하고 측정부위는 발바닥 전체 부위를 측정하였다. 그리고 이 때 부위별 힘 값을 산출하며 페널티 스트로크 동작을 4개의 이벤트(제 1, 2, 3, 4이벤트)로 구분하였고, 구체적인 족저압력 측정영역은 <Figure 4>와 같고 이벤트 설정은 다음과 같다.

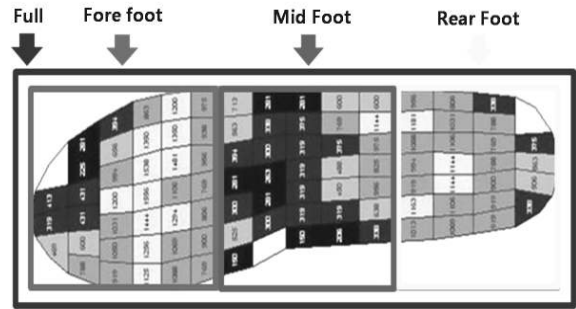


Figure 4. Plantar pressure distribution measuring range

5. 자료처리

본 연구의 통계처리는 SPSS 20.0 통계 프로그램을 이용하여 각 변인 간에 평균치(M)와 표준편차(SD)를 산출하였다. 또한 1스텝 방법에 따른 페널티 스트로크 동작 시 족저압력의 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하기 위하여 독립표본 t-test를 실시하였으며 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다.

Ⅲ 결 과

본 연구는 하키 페널티 스트로크 동작 시 숙련자와 미숙련자의 제1스텝에 대한 각 이벤트 간의 족저압력 차이를 분석하기 위하여 왼발과 오른발의 전·중·후족부의 평균족저압력과 최대족저압력 그리고 족저압력의 형태를 측정하였으며, 족저압력을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 1스텝 평균족저압력

1) 페널티 스트로크 제 1스텝의 준비동작 시 왼발과 오른발의 전·중·후족부의 평균족저압력은 <Table 3>과 같이 나타났다.

Table 3. Average plantar pressure in readiness movement (unit: kPa)

Item	Skilled	Unskilled	t	p	
Left	Fore Foot	14.26±17.30	11.30±7.40	0.342	0.745
	Mid Foot	3.15±1.18	6.34±1.97	-3.101	0.019*
	Rear Foot	10.03±5.34	14.77±11.42	-0.840	0.435
Right	Fore Foot	11.48±8.39	14.35±6.13	-0.617	0.554
	Mid Foot	7.25±10.30	16.60±8.91	-1.535	0.163
	Rear Foot	58.25±14.62	37.11±23.93	1.685	0.130

*p<.05

준비동작 시 전족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 14.26±17.30 kPa, 미숙련자 왼발 11.30±7.40 kPa, 숙련자 오른발 11.48±8.39 kPa, 미숙련자 오른발 14.35±6.13 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 전족부 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($p>.05$). 준비동작 시 중족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 3.15±1.18 kPa, 미숙련자 왼발 6.34±1.97 kPa, 숙련자 오른발 7.25±10.30 kPa, 미숙련자 오른발 16.60±8.91 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 중족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며 ($p<.05$), 오른발은 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 준비동작 시 후족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 10.03±5.34 kPa, 미숙련자 왼발 14.77±11.42 kPa, 숙련자 오른발 58.25±14.62 kPa, 미숙련자 오른발 37.11±23.93 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 후족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

2) 페널티 스로로크 제 1스텝의 왼발착지 시 왼발과 오른발의 전·중·후족부의 평균족저압력은 <Table 4>와 같이 나타났다.

Table 4. Average plantar pressure in left foot landing (unit: kPa)

Item	Skilled	Unskilled	<i>t</i>	<i>p</i>	
Left	Fore Foot	2.68±2.09	2.55±1.74	0.105	0.919
	Mid Foot	2.53±3.50	2.15±4.38	0.149	0.885
	Rear Foot	76.04±15.29	50.53±11.95	2.940	0.019*
Right	Fore Foot	45.48±8.53	25.98±12.50	2.881	0.020*
	Mid Foot	13.84±11.44	24.53±15.68	-1.231	0.253
	Rear Foot	53.60±12.85	26.83±15.96	2.921	0.019*

* $p<.05$

왼발착지 시 전족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 2.68±2.09 kPa, 미숙련자 왼발 2.55±1.74 kPa, 숙련자 오른발 45.48±8.53 kPa, 미숙련자 오른발 25.98±12.50 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 전족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 ($p>.05$), 오른발은 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 중족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 2.53±3.50 kPa, 미숙련자 왼발 2.15±4.38 kPa, 숙련자 오른발 13.84±11.44 kPa, 미숙련자 오른발 24.53±15.68 kPa 로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 중족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 후족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 76.04±15.29 kPa, 미숙련자 왼발 50.53±11.9 5 kPa, 숙련자 오른발 53.60±12.85 kPa, 미숙련자 오른발 26.83±15.96 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 후족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.05$).

3) 페널티 스로로크 제 1스텝의 임팩트 시 왼발과 오른발의 전·중·후족부의 평균족저압력은 <Table 5>와 같이 나타났다.

Table 5. Average plantar pressure in impact (unit: kPa)

Item	Skilled	Unskilled	<i>t</i>	<i>p</i>	
Left	Fore Foot	13.41±7.97	8.31±6.96	1.079	0.312
	Mid Foot	7.41±8.80	6.24±9.88	0.198	0.848
	Rear Foot	99.05±21.40	66.15±15.96	2.755	0.025*
Right	Fore Foot	49.81±5.28	31.42±13.95	2.756	0.025*
	Mid Foot	11.68±12.95	18.18±12.82	-0.797	0.449
	Rear Foot	22.60±14.08	24.61±13.75	-0.229	0.825

* $p<.05$

임팩트 시 전족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 13.41±7.97 kPa, 미숙련자 왼발 8.31±6.96 kPa, 숙련자 오른발 49.81±5.28 kPa, 미숙련자 오른발 31.42±13.95 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 전족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 ($p>.05$), 오른발은 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 임팩트 시 중족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 7.41±8.80 kPa, 미숙련자 왼발 6.24±9.88 kPa, 숙련자 오른발 11.68±12.95 kPa, 미숙련자 오른발 18.18±12.82 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 중족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 ($p>.05$), 오른발은 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 임팩트 시 후족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 99.05±21.40 kPa, 미숙련자 왼발 66.15±15.96 kPa, 숙련자 오른발 22.60±14.08 kPa, 미숙련자 오른발 24.61±13.75 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 후족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며 ($p<.05$), 오른발은 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

4) 페널티 스로로크 제 1스텝의 팔로스루 시 왼발과 오른발의 전·중·후족부의 평균족저압력은 <Table 6>, <Figure 8>과 같이 나타났다.

Table 6. Average plantar pressure in follow through (unit: kPa)

Item	Skilled	Unskilled	<i>t</i>	<i>p</i>	
Left	Fore Foot	52.23±6.18	37.60±4.17	4.389	0.002**
	Mid Foot	17.08±6.36	26.86±10.55	-1.776	0.114
	Rear Foot	68.33±8.56	47.30±17.39	2.425	0.042*
Right	Fore Foot	36.08±18.01	14.80±12.60	2.165	0.062
	Mid Foot	3.87±4.22	4.50±2.46	-0.287	0.782
	Rear Foot	5.89±6.79	11.09±9.15	-1.021	0.337

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

팔로스루 시 전족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 52.23±6.18 kPa, 미숙련자 왼발 37.60±4.17 kPa, 숙련자 오른발 36.08±18.01 kPa, 미숙련자 오른발 14.80±12.60 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 전족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 ($p>.05$), 오른발은 유의한 차이가 나타났다 ($p<.05$). 팔로스루 시

중족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 17.08±6.36 kPa, 미숙련자 왼발 26.86±10.55 kPa, 숙련자 오른발 3.87±4.22 kPa, 미숙련자 오른발 4.50±2.46 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 중족부에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 팔로스루 시 후족부의 평균족저압력은 숙련자 왼발 68.33±8.56 kPa, 미숙련자 왼발 47.30±17.39 kPa, 숙련자 오른발 5.89±6.79 kPa, 미숙련자 오른발 11.09±9.15 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 후족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며 ($p<.05$), 오른발은 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

2. 1스텝 최대족저압력

1) 페널티 스트로크 제 1스텝의 준비동작 시 왼발과 오른발의 전·중·후족부의 최대족저압력은 <Table 7>과 같이 나타났다.

Table 7. Maximum plantar pressure in readiness movement (unit: kPa)

	Item	Skilled	Unskilled	<i>t</i>	<i>p</i>
Left	Fore Foot	111.00±55.27	76.00±44.88	1.099	0.304
	Mid Foot	46.50±9.62	39.00±9.62	1.233	0.253
	Rear Foot	55.44±25.10	47.00±21.68	0.569	0.585
Right	Fore Foot	54.50±13.04	67.50±13.35	-1.558	0.158
	Mid Foot	36.00±6.52	90.00±33.96	-3.492	0.022*
	Rear Foot	123.50±13.99	72.00±13.51	5.922	0.000***

* $p<.05$, *** $p<.001$

준비동작 시 전족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 111.00±55.27 kPa, 미숙련자 왼발 76.00±44.88 kPa, 숙련자 오른발 54.50±13.04 kPa, 미숙련자 오른발 67.50±13.35 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 전족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p>.05$). 중족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 46.50±9.62 kPa, 미숙련자 왼발 39.00±9.62 kPa, 숙련자 오른발 36.00±6.52 kPa, 미숙련자 오른발 90.00±33.96 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 중족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 ($p>.05$), 오른발은 유의한 차이가 나타났으며($p<.05$). 후족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 55.44±25.10 kPa, 미숙련자 왼발 47.00±21.68 kPa, 숙련자 오른발 123.50±13.99 kPa, 미숙련자 오른발 72.00±13.51 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 후족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 ($p>.05$), 오른발은 유의한 차이가 나타났으며($p<.05$).

2) 페널티 스트로크 제 1스텝의 왼발착지 시 왼발과 오른발의 전·중·후족부의 최대족저압력은 <Table 8>과 같이 나타났다. 왼발착지 시 전족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 79.00±29.45

kPa, 미숙련자 왼발 24.50±16.62 kPa, 숙련자 오른발 252.00±23.14 kPa, 미숙련자 오른발 131.50±47.52 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 전족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.05$).

Table 8. Maximum plantar pressure in left foot landing (unit: kPa)

	Item	Skilled	Unskilled	<i>t</i>	<i>p</i>
Left	Fore Foot	79.00±29.45	24.50±16.62	3.603	0.007**
	Mid Foot	39.00±36.43	5.00±11.18	1.995	0.106
	Rear Foot	244.50±37.77	129.00±17.01	6.235	0.000***
Right	Fore Foot	252.00±23.14	131.50±47.52	5.098	0.001**
	Mid Foot	103.50±23.89	112.00±32.62	-0.470	0.651
	Rear Foot	101.00±26.49	80.00±21.58	1.374	0.207

** $p<.01$, *** $p<.001$

왼발착지 시 중족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 39.00±36.43 kPa, 미숙련자 왼발 5.00±11.18 kPa, 숙련자 오른발 103.50±23.89 kPa, 미숙련자 오른발 112.00±32.62 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 중족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 후족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 244.50±37.77 kPa, 미숙련자 왼발 129.00±17.01 kPa, 숙련자 오른발 101.00±26.49 kPa, 미숙련자 오른발 80.00±21.58 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 후족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며 ($p<.05$), 오른발은 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

3) 페널티 스트로크 제 1스텝의 임팩트 시 왼발과 오른발의 전·중·후족부의 최대 족저압력은 <Table 9>와 같이 나타났다.

임팩트 시 전족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 117.00±48.46 kPa, 미숙련자 왼발 67.00±17.62 kPa, 숙련자 오른발 257.50±10.46 kPa, 미숙련자 오른발 163.00±53.10 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 전족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 ($p>.05$), 오른발은 유의한 차이가 나타났으며($p<.05$). 중족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 61.00±46.86 kPa, 미숙련자 왼발 17.50±18.71 kPa, 숙련자 오른발 96.00±18.92 kPa, 미숙련자 오른발 107.00±17.08 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 중족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 후족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 229.50±44.60 kPa, 미숙련자 왼발 141.00±29.35 kPa, 숙련자 오른발 68.00±19.64 kPa, 미숙련자 오른발 74.50±22.60 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발 후족부에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며 ($p<.05$), 오른발은 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

Table 9. Maximum plantar pressure in impact (unit: kPa)

Item	Skilled	Unskilled	t	p	
Left	Fore Foot	117.00±48.46	67.00±17.62	2.168	0.062
	Mid Foot	61.00±46.86	17.50±18.71	1.928	0.090
	Rear Foot	229.50±44.60	141.00±29.35	3.707	0.006**
Right	Fore Foot	257.50±10.46	163.00±53.10	3.904	0.005**
	Mid Foot	96.00±18.92	107.00±17.08	-0.965	0.363
	Rear Foot	68.00±19.64	74.50±22.60	-0.485	0.640

**p<.01

4) 페널티 스트로크 제 1스텝의 팔로스루 시 왼발과 오른발의 전·중·후족부의 최대족저압력은 <Table 10>과 같이 나타났다.

Table 10. Maximum plantar pressure in follow through (unit: kPa)

Item	Skilled	Unskilled	t	p	
Left	Fore Foot	117.00±48.46	67.00±17.62	2.168	0.062
	Mid Foot	61.00±46.86	17.50±18.71	1.928	0.090
	Rear Foot	229.50±44.60	141.00±29.35	3.707	0.006**
Right	Fore Foot	257.50±10.46	163.00±53.10	3.904	0.005**
	Mid Foot	96.00±18.92	107.00±17.08	-0.965	0.363
	Rear Foot	68.00±19.64	74.50±22.60	-0.485	0.640

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

팔로스루 시 전족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 199.50±23.94 kPa, 미숙련자 왼발 131.00±17.91 kPa, 숙련자 오른발 301.50±77.69 kPa, 미숙련자 오른발 182.00±79.28 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 전족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 팔로스루 시 중족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 125.50±50.14 kPa, 미숙련자 왼발 104.50±14.30 kPa, 숙련자 오른발 84.50±20.19 kPa, 미숙련자 오른발 85.00±12.12 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 중족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 팔로스루 시 후족부의 최대족저압력은 숙련자 왼발 188.50±32.53 kPa, 미숙련자 왼발 139.00±31.15 kPa, 숙련자 오른발 41.00±7.83 kPa, 미숙련자 오른발 63.50±19.49 kPa로 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발 후족부에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05).

3. 1스텝의 족저압력 분포

<Figure 5>, <Figure 6>과 같이 페널티 스트로크 동작시 족저압력 분포는 왼발과 오른발의 경우 숙련자와 미숙련자 모두 족저압력 분포가 왼발의 전·후족부, 오른발의 전족부에 높은 족저압력 분포가 나타나 있는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 숙

련자에 비해 미숙련자의 경우 족저압력 분포가 전족부에 높게 분포되어 있어서 신체중심을 유지하기가 불안정하게 분포되어 있으며, 숙련자의 경우 신체중심을 안정적으로 유지할 수 있는 형태의 족저압력 분포를 나타낸 것으로 판단된다.

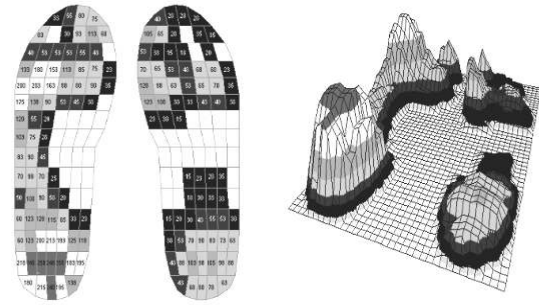


Figure 5. Expert plantar pressure distribution

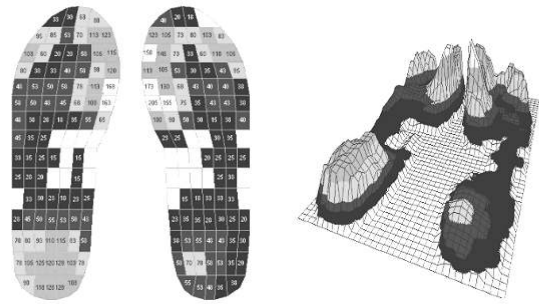


Figure 6. Non-expert plantar pressure distribution

IV. 논 의

본 연구에서는 페널티 스트로크 동작 시 1스텝의 이벤트 구간을 전·중·후에 대한 평균족저압력, 최대족저압력 그리고 족저압력 분포 등을 숙련자와 미숙련자 간의 차이를 분석하여 운동 역학적인 기초자료를 제공하고자 한다.

1. 제1스텝 평균족저압력

1) 준비동작 시 평균족저압력

페널티 스트로크 준비동작 시 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발의 전족부 평균족저압력은 숙련자가 미숙련자에 비하여 대체로 왼발의 평균족저압력이 높게 나타났으며, 특히 오른발 후족부의 경우 숙련자가 미숙련자보다 평균족저압력이 높게 나타난 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 숙련자가 미숙련자에 비하여 왼발을 자신감 있게 강한 스텝동작을 수행한 것으로 판단된다. 족저압력분석은 운동역학적 분석 방법 중의 하나로 족저압력 자료는 근골격계, 외피계 신경계와 관련된 질환들을 관

리하는데 치료사들에게 유용한 정보를 제공한다(Orlin & Mcpoil, 2000). 하지만 페널티 스트로크 준비동작 시 평균족저압력 측정에 관련된 선행연구 결과가 없었으므로 본 연구에서는 페널티 스트로크 준비동작의 평균족저압력에 대한 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 하키와 스윙이 비슷한 골프에서는 골프 스윙 동작 시 체중이동의 적절한 밸런스(balance)를 유지한다는 것은 성공적인 골프 스윙을 하기 위해서는 필수적인 요소라고 할 수 있다. 균형을 잃으면 결코 좋은 스윙을 할 수 없다(Lee, Yang & Kim 1998). 이와 유사한 선행연구에서는 Choi, Kim과 Lee(2005)은 테니스 포핸드 스트로크 동작의 발바닥의 전족부 영역에서 초기 추진력이 발생한다고 보고하였다.

이러한 결과를 종합적으로 분석해보면 숙련자가 미숙련자보다 오른발 전·후족부의 평균족저압력이 높게 나타났는데, 이러한 결과는 숙련자의 경우 오른발의 전·후족부에서 추진력을 전달받아 왼발로의 체중 이동을 효과적으로 수행하기 위한 동작으로 분석되었다.

2) 왼발착지 시 평균족저압력

페널티 스트로크 왼발착지 시 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발의 평균족저압력의 경우 왼발 전족부의 평균족저압력은 숙련자와 미숙련자 모두 낮게 나타났으며, 후족부의 평균족저압력은 숙련자가 미숙련자에 비하여 왼발과 오른발 평균족저압력이 높게 나타난 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 숙련자가 미숙련자에 비하여 왼발착지 시 오른발의 강한 추진력이 왼발에 전달되어 빠르고 강한 스텝동작을 수행한 것으로 분석되었다.

페널티 스트로크 왼발착지 시 평균족저압력 측정에 관한 선행연구 결과가 없었으므로 본 연구의 페널티 스트로크 왼발착지 시 평균족저압력에 대한 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 이와 유사한 선행연구로서 Lee와 Lee(1999)는 페널티 스트로크 소요시간의 경우 스트로크 준비자세에서 왼발이 착지하는 순간까지 소요시간이 가장 길게 나타났다고 보고하였으며, 인체중심의 위치이동 변위는 왼발이 이리하여 착지하는 구간에서 좌우, 수평, 수직 이동변위가 가장 큰 것으로 보고하였다. 또한 착지순간 전체 지지시간의 약 1/3정도까지 큰 변화가 나타나지 않았고, 그 이후 지속적인 변화를 나타냈다(Cho, 2002).

이러한 결과를 종합적으로 분석해보면 숙련자가 미숙련자보다 오른발의 전·후족부에서 평균족저압력이 높게 나타났으며, 미숙련자의 경우 왼발착지 전까지 오른발의 전·후족부의 내측으로부터 추진력을 받아 왼발로 전달되는 과정이 미약하여, 숙련자에 비하여 빠르고 강한 스텝 동작을 수행할 수 없었던 것으로 분석되었다.

3) 임팩트 시 평균족저압력

페널티 스트로크 임팩트 시 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발의 평균족저압력의 경우 왼발 전족부의 평균족저압력은 숙

련자가 미숙련자보다 높게 나타났으며, 오른발의 전족부의 평균족저압력은 숙련자가 미숙련자에 비하여 평균족저압력이 높게 나타난 것으로 분석되었다. 페널티 스트로크 임팩트 시 평균족저압력 측정에 관한 선행연구 결과가 없었으므로 본 연구의 페널티 스트로크 임팩트 동작시 평균족저압력에 대한 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 이와 유사한 선행연구에서는 골프, 테니스 등 체중 이동이 수반되는 타격에서는 임팩트 직전에 앞발에 대한 지면반력이 크게 작용하게 되며, 임팩트 직전에 수직력이 클수록 정확성과 안정성이 높고 오른발보다 왼발의 수직력 비율이 클수록 긍정적인 영향을 준다(Park, 1991). Park(2005)은 골프 임팩트 동작에서 숙련자는 폴스윙 시 두발을 뒤꿈치 방향 특히 왼발 힘이 오른발 보다 2~3배가 큰 것으로 나타났다. 골프 피칭웨이 임팩트 동작 수행 시 체중을 왼발에 두고 임팩트 함으로써 파워를 증가시키기 위한 동작이라고(Son, Yang과 Lee, 2009) 보고하였다.

이러한 결과를 종합적으로 분석해보면 숙련자가 미숙련자보다 임팩트 시 오른발 전·후족부의 평균족저압력이 높게 나타났으며, 미숙련자의 경우 왼발착지 이 후 오른발에서 왼발로 체중전달이 부족한 것으로 나타났으며, 숙련자의 경우 임팩트 시 신체중심을 오른발 전·후족부에 강하게 밀어 왼발로 시키면서 균형을 유지하여 빠르고 강한 슈팅동작을 수행하기 위한 준비동작으로 분석되었다.

4) 팔로스루 시 평균족저압력

페널티 스트로크 팔로스루 시 숙련자와 미숙련자의 왼발과 오른발의 평균족저압력의 경우 왼발 전·중족부의 평균족저압력은 숙련자가 미숙련자보다 높게 나타났으며, 오른발의 전족부의 평균족저압력은 숙련자가 미숙련자에 비하여 높게 나타난 것으로 분석되었다. 페널티 스트로크 팔로스루 시 평균족저압력에 관한 선행연구 결과가 없었으므로 본 연구에서는 페널티 스트로크 팔로스루 동작 시 평균족저압력에 대한 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 유사한 관련 선행연구로 Lim(2009)는 남자 우수하키 선수들의 스쿱 동작에 관한 연구에서 우수그룹이 비우수 그룹보다 릴리즈 시 상체의 강한 내측회전을 이용하여 볼을 투사시키는 것이라고 보고하였다. 골프에서는 안정된 체중이동으로 팔로스루 시 샤프트를 빠르게 들어 올리는 것이 바람직하다(Ahn, 2006)고 보고하였다.

이러한 결과를 종합적으로 분석해보면 숙련자가 미숙련자보다 왼발 전·후족부의 평균압력이 높게 나타났으며, 숙련자는 체중이동을 올바르게 수행하고 있는 반면 미숙련자는 왼발 전·후족의 평균족저압력이 다소 낮은 것으로 판단해 볼 때 체중이동이 불안정하게 이루어진 것으로 판단된다.

2. 제1스텝 최대족저압력

1) 준비동작 시 최대족저압력

페널티 스트로크 준비동작 시 숙련자와 미숙련자의 오른발의 최대족저압력의 경우 숙련자가 미숙련자보다 오른발의 후족부에서 최대족저압력이 높게 나타났으며, 미숙련자의 경우 대체로 최대족저압력이 낮게 나타난 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 왼발을 앞으로 내밀기 전 준비동작에서 숙련자보다 미숙련자의 출발동작이 느린 것으로 분석되었다. 페널티 스트로크 준비동작 시 최대족저압력 측정에 관한 선행연구 결과가 없었으므로 본 연구의 페널티 스트로크 준비동작시의 최대족저압력에 대한 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 이와 유사한 선행연구에서는 Ku(2009)는 농구 자유투 지면반력 분석결과에서 시작점 지면반력값은 최대 굴곡시점에서 숙련자의 전·후 방향에서 지면반력 값이 크게 나타났고, 단거리 출발동작 반발력 분석에서는 출발 반응시간이 우수선수의 경우 좌우측 모두 0.02 sec 빠르게 나타났으며, 우수선수들은 추진력을 더 크게 얻는다고 보고하였다(Oh & Choe, 2011).

이러한 결과를 종합적으로 분석해보면 준비동작 시 숙련자가 미숙련자보다 준비동작 시 오른발의 전·후족부의 최대족저압력을 높게 나타낸 것은 오른발 전·후 족부의 동작을 빠르고 강한 스텝을 수행하기 위한 것으로 분석되었다.

2) 왼발착지 시 최대족저압력

왼발착지 시 숙련자가 미숙련자보다 왼발의 후족부와 오른발의 전족부의 최대족저압력이 높게 나타났으며, 왼발과 오른발의 최대족저압력의 경우 미숙련자보다 숙련자가 높게 나타난 것으로 분석되었다. 미숙련자의 경우 왼발과 오른발이 숙련자보다 낮게 나타난 것은 준비동작에서 스텝을 강하고 빠르게 수행하지 못했기 때문에 왼발착지 시 숙련자와 차이가 나타난 것으로 분석되었다. 페널티 스트로크 왼발착지시 최대족저압력에 관한 선행연구 결과가 없었으므로 본 연구의 페널티 스트로크 왼발착지 시 최대족저압력에 대한 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 유사한 선행연구로 Kim(2005)는 남자 고교 축구선수들의 킥 동작 목적별 지지발의 지면반력 차이를 분석한 결과 가능한 강하게 킥을 할 때 접지시간은 짧았으며 최대 제동력과 최대 추진력이 작게 나타났다. 또한 Kim, Lee와 Jang(2012)의 축구 인스텝 슈팅 시 숙련자와 미숙련자의 족저압력 분석에서는 최대족저압력이 숙련자 집단이 미숙련자 집단보다 높게 나타났으며, 미숙련자 집단보다 숙련자 집단이 빠르고 강하게 지지발의 스텝 동작을 수행한 결과라고 보고하였다. 따라서 페널티 스트로크 왼발착지 시 숙련자와 미숙련자의 최대족저압력을 분석해보면 왼발의 후족부에서 숙련자가 미숙련자보다 높게 나타났는데 이러한 결과는 숙련자의 경우 오른발 전·후족부의 내측에서 족저압력을 왼발 후족부로 전달하였으나, 숙련자에 비해서 미숙련자는 오른발의 전·후족부를 약하게 사용함으로써 신체중심이동이 미약하게 이루어진 것으로 분석되었다.

3) 임팩트 시 최대족저압력

임팩트 시 숙련자가 미숙련자보다 왼발과 오른발의 전족부 최대족저압력이 높게 나타났으며, 오른발의 후족부 최대족저압력이 숙련자가 미숙련자보다 높게 나타난 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 왼발착지 시와 마찬가지로 최대족저압력이 숙련자가 미숙련자보다 오른발의 전·후족부의 내측으로부터 왼발 쪽으로 족저압력이 효과적으로 전달된 것으로 분석되었다. 페널티 스트로크 임팩트 시 최대족저압력 측정에 관한 선행연구 결과가 없었으므로 본 연구의 페널티 스트로크 왼발착지시의 최대족저압력에 대한 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 이와 유사한 선행연구에서는 임팩트 시 프로와 아마추어 모두 왼발 뒤쪽부분에서 높은 족저압력을 나타냈고, 오른발 앞쪽과 안쪽 부분에서 높은 값을 나타냈다(Lee & Lee, 2005). 또한 임팩트 시 타켓 방향으로 위치 변위는 오른 무릎 > 왼 힘 > 왼 무릎 > 왼 손 > 신체중심 > 머리의 순으로 적절한 수평이동이 이루어진 것으로 사료된다(Son, 2008). 페널티 스트로크 임팩트 시 숙련자와 미숙련자 의 왼발과 오른발의 최대족저압력을 분석해보면 왼발의 후족부에서 숙련자가 미숙련자보다 높게 나타났으며, 오른발은 전족부에서 숙련자가 미숙련자 보다 높게 나타났다. 숙련자에 비하여 미숙련자가 오른발에서 왼발로 신체중심 이동 동작이 효과적으로 이루어지지 못한 것으로 나타났으며, 임팩트 이후 동작도 느리고 미약한 것으로 분석되었다.

4) 팔로스루 시 최대족저압력

팔로스루 시 최대족저압력은 숙련자가 미숙련자보다 왼발의 전족부에서 높게 나타났으며 오른발의 중족부에서 숙련자가 미숙련자보다 높게 나타났고, 오른발 후족부의 최대족저압력이 숙련자에 비하여 미숙련자가 높게 나타났다. 페널티 스트로크 왼발착지 시 최대족저압력 측정에 관한 선행연구 결과가 없었으므로 본 연구의 페널티 스트로크 왼발착지의 최대족저압력에 대한 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 이와 유사한 골프의 족저압력 분석 연구에서는 백스윙이 시작되면서 발의 체중이 오른발로 전이되고 다운스윙 때 다시 왼발에 체중이 전이되면서 피니쉬 후에는 왼발에 모든 체중이 이동하는 패턴을 나타냈다(Lee, Lee, Lee, Lee, Kim, Park & Joo, 2005). 또한 지면반력에서는 어드레스 구간에서 탑 스윙 구간까지 오른발의 힘을 사용한 것으로 사료되는데 임팩트 시 좌우의 힘의 이용에서 왼발이 빠지고 오른발이 나오는 힘이 강한 것으로 나타났으며, 피니쉬 국면에서는 반대의 현상으로 나타났다(Ahn, Park & Kwak, 2005). 따라서 숙련자가 미숙련자보다 왼발 전·후족부의 최대족저압력이 높게 나타났으며, 숙련자에 비하여 미숙련자가 최대족저압력이 낮게 나타난 것은 오른발의 중·후족부로 신체중심이 이동한 것으로 분석되며, 볼을 빠르고 강한 슈팅을 하기 위해서는 오른발의 전족부에서 왼발의 전·후족부의 외측으로 신체중심을 이동시키는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

3. 1스텝의 족저압력 분포

페널티 스트로크 동작 시 족저압력 분포는 숙련자의 경우 왼발의 전중후족부의 외측 족저압력 분포가 높게 나타났고, 숙련자의 경우 왼발에 체중의 70% 이상 집중시켰으나 미숙련자의 경우 왼발과 오른발에 각각 약 50%씩 분산시켰으므로 스트로크 동작 시 체중 전달이 원활하게 이루어지지 못한 것으로 분석되었다. 또한 숙련자가 미숙련자에 비해 왼발 후족의 족저압력이 특히 높게 나타난 것은 체중을 왼발에 안정적으로 고정시키고 페널티 스트로크 동작을 수행하기 위한 동작으로 분석되었다. 이에 비해 미숙련자는 체중을 오히려 왼발과 오른발의 전족부에 집중시켰으므로 체중전달이 효과적으로 이루어지지 못한 것으로 분석되었다. 페널티 스트로크 동작 시 족저압력 분포에 관한 선행연구 결과가 없었으므로 본 연구의 페널티 스트로크 동작 시 족저압력 분포에 대한 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 이와 유사한 선행연구로 Lee, Kim과 Park(2004)은 테니스 스트로크 동작과 발리 동작을 수행할 때는 후족착지형으로, 서비스 동작을 수행할 때는 중족착지형으로 그리고 스매시 동작을 수행할 때는 전족착지형으로 동작을 수행하는 것이 효과적이라고 했으며, Lee(2005)의 골프 스윙시 족저압력 분포 연구결과에서는 프로의 경우 왼발의 앞쪽과 오른발의 뒤쪽에 힘 값이 분포하는 것으로 보고하였다. 따라서 페널티 스트로크 동작 시 족저압력 분포는 왼발의 전중후족부의 족저압력 분포를 높게 하고, 왼발에 체중의 70% 이상으로 배분하며, 오른발의 전족부에 신체중심을 고정시켜서 안정된 페널티 스트로크 동작을 수행하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 하키 페널티 스트로크 동작 시 숙련자와 미숙련자 간 전중후족부의 평균족저압력, 최대족저압력, 그리고 족저압력 분포 형태에 대한 운동역학적인 기초자료를 제공하기 위함이 목적이다. 이를 위해 숙련자 5명과 미숙련자 5명을 선정하여 페널티 스트로크 동작 시 족저압력을 측정·분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 평균족저압력과 최대족저압력을 분석한 결과 페널티 스트로크 동작에서 왼발착지 시 숙련자가 미숙련자보다 왼발의 후족부와 오른발의 전·후족부에서 압력이 높게 나타났으며, 임팩트 시에도 숙련자가 미숙련자보다 두 압력 모두 왼발의 전·후족부와 오른발 전족부에서 높게 나타났다. 이는 숙련자들이 빠르고 강한 슈팅동작을 위해 왼발착지 및 임팩트 시 신체중심을 오른발 전·후족부에서 왼발 전·후족부로 이동시키기 때문인 것으로 판단된다.

둘째, 족저압력 분포 형태를 비교한 분석한 결과 숙련자는 왼발이 체중의 70% 이상을 지지하는 형태로 족저압력이 전중후족부 외측에서 전반적으로 높게 나타난 반면, 미숙련자는 오른발과 왼발에 신체중심이 약 50%씩 배분된 형태로 나타났다. 이는 숙련자의 경우 오른발에서 왼발로 체중을 효과적으로 이동시킬 수 있었던 것과 달리 미숙련자의 경우 중심이동이 완전하게 이루어지지 않는 상태에서 페널티 스트로크 동작을 수행한 것으로 분석되었다.

본 연구는 하키 스트로크 동작시 숙련자와 미숙련자 사이에 족저압력 분포에는 어떤 차이가 있는지에 대한 이해를 돕고 족저압력 분석에 대한 새로운 운동역학적인 연구방법을 모색하고자 하였다. 차기에는 실험 여건이 허락한다면 3차원 동작분석, 족저압력분석, 지면반력, 근전도분석 등을 종합적으로 분석하여 하키지도자와 선수들에게 하키의 운동역학적인 자료를 제공하고자 한다.

참고문헌

- Ahn, W. S.(2006). Exercise for golf driver swing analysis. *Journal of Korea Sport Research*, 17(4), 35-46.
- Ahn, C. J., Park, J. H., & Kwak C. S.(2005). Pro golfers swing of the driver according to the analysis of ground reaction force characteristics. *Korean Journal of Sport Science*, 16(1), 130-139.
- Cho, B. J.(2002). Not in the running comparative analysis of segmental angle and ground reaction force, *The Korean Journal of Physical Education*, 41(2), 785-794.
- Choi, J. Y., Kim, S. J., & Lee, U. R.(2005). Open stance forehand stroke in tennis of changes in plantar pressure distribution. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(1), 143-153.
- Kim, D. S., Lee, J. S., & Jang, Y. M.(2012). Analysis of GRF & plantar foot pressure of stepping foot on skilled & unskilled player's in the soccer instep shoot. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(1), 17-24.
- Kim, G.(2005). Purpose of male high school soccer players kick the kick between the ground reaction forces at the foot support. *Korea Sports Research*, 16(6), 101-112.
- Kim, H. R.(1997). *Penalty Stroke for the analysis of a hockey player*, Unpublished Master's Thesis, Korea Graduate School of Physical Education.
- Ku, H. M., Choe, W. S., Kang, N. J., Youn, C. J., & Jang, J. I.(2009). Well skilled and unskilled basketball free

- throw line during operation of the EMG and ground reaction force analysis, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(2), 347-345.
- Lee, M. C., Youn, S. W., Ku, H. M., Sin, D. S., Kim, S. Y., & Jun, J. H.(2002). *Hockey game offensive and defensive tactics of the book*. National Sports and Physical Sciences Research Corporation.
- Lee, D. G., Yang, D. Y., & Kim, G. S.(1998). Three-dimensional image analysis of the golf swing, *The Korean Journal of Physical Education*, 8(2), 241-265.
- Lee, Y. J., & Lee, J. h.(1999). Shooting hockey kinematical analysis of a penalty stroke. *The Korean Journal of Physical Education*, 38(3), 704-714.
- Lee, D. G.(2005). *Plantar pressure distribution measurement system analysis using a plantar pressure during the golf swing*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Silla University.
- Lee, D. G., Lee, J. S., Lee, B. J., Lee H. S., Kim, Y. J., Park, S. B., & Joo, J. P.(2005). Plantar pressure distribution measurement system analysis using a plantar pressure during the golf swing. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(1), 75-89.
- Lee, J. S., & Lee, D. G.(2005). Professional and amateur golfers during the golf swing plantar pressure compared. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(2), 41-55.
- Lee, J. S., Kim, Y. J., & Park, S. B.(2004). Functional analysis of professional tennis shoe plantar pressure distribution. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 14(3), 99-118.
- Lee, J. Y.(2012). *Analysis of plantar foot pressure in skilled and unskilled player's during hockey penalty stroke*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Silla University.
- Lim, J. U.(2009). Men of good hockey players on the kinematic analysis of the behavior scoop. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 481-488.
- Lim, J. I., & Seo, J. S.(2004). Well skilled and unskilled comparative study of the baseball pitching motion. *The Korean Journal of Physical Education*, 43(5), 415-422.
- Oh, J. H., & Choe, S. N.(2011). Athletics women's sprinter crouching start of the ground reaction force analysis. *Korean Journal of Sport Science*, 22(1), 1657-1665.
- Orlin, M. N., & Mcpoil, T. G.(2000). Plantar pressure assessment. *Physical Therapy*, 80(4), 339-409.
- Park, S. S.(1991). *The optimum timing for your golf swing Study*. National University Sport and Society, 10, 51-69.
- Park, J.(2005). According to the golf swing weight shift pattern study on skilled and unskilled case studies(I). *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(3), 31-49.
- Son, W. I.(2008). Golf driver swing kinematics of motion and impact at the address comparison. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 34, 1393-1404.
- Son, D. J., Yang, J. O., & Lee, J. S.(2009). When the slope in the golf swing motion analysis of plantar pressure. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(2), 297-309.
- Woo, S. Y., Choe, G. S., & Kim, H. M.(2007). According to the direction of the ball and step behavior analysis field hockey penalty strokes, *Journal of Korea Sport Research*, 18(4), 537-546.