

## 드롭랜딩 시 Hamstring/Quadriceps ratio 불균형에 따른 하지의 동적 안정성 차이 분석

홍완기<sup>1</sup>·김민<sup>2</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 체육대학 체육학과 · <sup>2</sup>조선대학교 대학원 체육학과

### Analysis on Differences in Dynamic Stability of Lower Extremity Caused by Unbalance of Hamstring/Quadriceps Ratio During Drop-landing

Wan-Ki Hong<sup>1</sup>·Min Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, College of Physical Education, Chosun University, Gwangju, Korea

<sup>2</sup>Department of Physical Education, Graduate School of Chosun University, Gwangju, Korea

Received 30 January 2015; Received in revised form 9 March 2015; Accepted 16 March 2015

#### ABSTRACT

**Objectives:** The purpose of this study was to present quantitative data and basic references to decrease the accident risk of soccer instructors.

**Methods:** To obtain data, we conducted an investigation on how H/Q ratio affects the dynamic stability of the lower extremity at the time of drop landing. The study targeted 13 soccer players from C University who have not had any injuries or wounds in the lower extremity joints and in any other parts of their bodies over the last 6 months. By using CMIS (USA), the players were divided into two groups according to H/Q ratios higher and lower than 69%, respectively. The subjects in each group were instructed to perform a drop landing.

**Results:** The H/Q ratio did not affect the maximal flexion angle of the knee joints at the time of drop landing. In addition the dominant group with a relatively high H/Q ratio was observed to have increased time to reduce shock and to efficiently absorb the ground reaction force during drop landing. Also, the dominant group with a relatively high H/Q ratio utilized the strong performances of the antagonistic muscles around the hamstrings and the controlled rotatory powers of the thighs that were applied to the tibias supported by the ground. Finally, H/Q ratio, load factors, and mean and maximum EMG were significantly negatively related, whereas GRFx showed a positive relationship. In fact, these factors all affected the impact of the load from the H/Q ratio to the knee joints.

**Conclusion:** From these findings it can be concluded that unbalanced H/Q ratio can be considered as a predictor of knee joint injury at the time of drop landing.

**Keywords:** Drop Landing, H/Q Ratio, Kinetic, EMG, Injury

## I. 서 론

스포츠와 상해는 불가항력의 관계를 가지며 본질적으로는

이 논문은 김민(2012)의 석사학위논문 일부를 발췌하였음.

Corresponding Author : Min Kim

Department of Physical Education, Chosun University, 357 Susuk-dong,  
Dong-gu, Gwangju, Korea

Tel : +82-62-230-7429 / Fax : +82-62-232-7269

E-mail : rogersia@hanmail.net

이 논문은 2012년 한국운동역학회 국제학술대회에서 발표된 논문임

스포츠 자체가 상해의 위험성을 내포하고 있다(Heil, 1993). 특히 대부분의 스포츠 활동에서는 달리기, 정지, 점프, 착지, 급격한 방향전환, 회전, 등 하지의 상해를 유발할 수 있는 동작들이 포함되어 있으며, 이 중 착지 동작은 하지 상해 발생 비율을 가장 높이는 동작으로 분류되고 있고 있다.

착지 동작은 발과 지면에 발생하는 충격을 인체가 올바르게 흡수하도록 하는 일련의 충격흡수 기전이다. 하지만 부하 전이를 효과적으로 제어하지 못하면 하지관절에 전달되는 충격력이 증가하게 되며 근골격계 상해를 유발하게 된다. 실제

로 운동 시 잘못된 점프와 착지 동작은 많은 부상을 유발시키고(Lim & Yu, 2008; Ford, Myer, & Hewett, 2003), 착지 높이(Kim, 2011; Barrier et al., 1997; Kovacs et al., 1999), 피로도(Kim & Youm, 2013; McNitt-Gray, Hart, & Goldin, 1996), 성별(Kim, Kim, & Kim, 2010), 질환(Lim et al., 2008), 하지의 동측 및 이측 불균형(Kim, Kim, & Lee, 2008; Kim, Lee, & Hong, 2011) 등을 통해 더욱 증가된다고 보고되고 있다.

이러한 착지 시 상해 유발 요인 중 하지 근 불균형은 위의 다양한 요인들에 비해 상대적으로 예방이 쉬운 요인으로 볼 수 있으며, 상해 예측요인으로도 제안되고 있다(Kim & Cho, 2009).

하지 근육의 불균형은 크게 이측(contralateral)근력과 동측(ipsilateral)근력으로 나뉠 수 있는데 이측 근력은 하지의 좌우의 근력 비율을 의미하며, 동측 근력은 슬관절 굴곡근과 신전근의 근력 비율을 의미한다. 이와 관련해 엘리트 선수들에게 상해를 유발할 수 있는 이측 근력 불균형의 판단 기준치로  $\pm 10\%$  이상을 제시하고 있으며(Kwak, Yoon, & Park, 2003), 엘리트운동 선수의 근력 불균형은 경기력에 영향을 미칠 뿐만 아니라 부상의 가능성을 높이게 된다고 보고되고 있다(Askling et al., 2003). Kim 등(2011)은 착지 시 이측 근력 불균형에 따른 하지 상해에 관한 연구에서 이측 불균형이 착지 시 하지 상해 요인이며, Knapik, Baumann, Jones, Harri & Vaughan (1991)은 15% 이상의 이측 근불균형을 가진 선수들은 약한 쪽 하지에서 2.6배 이상의 부상위험을 가진다고 보고하였으며, Fowler & Reilly(1993)는 프로축구선수들의 20% 이상의 이측 근력이 부상의 기여요인일 수 있다고 지적하였다. 또한 동측 근력 차를 전통적으로 해석하는 H/Q ratio (Hamstring/ Quadriceps ratio) 근력 비율은 특정 스포츠에 필요한 요소와 전방십자인대(Anterior Cruciate Ligament: ACL) 또는 슬굴곡근(hamstring)과 같은 특정 부상과 깊은 관련이 있고(Calmels & Minaire, 1995), 다양한 형태의 스포츠 활동에서 내재적 상해유발 요인이며(Yamamoto, 1993), 69% 이하의 H/Q ratio (Hamstring/Quadriceps ratio)에서 부상 가능성을 높이는 것으로 보고하였다(Aagaard, Simonsen, Magnusson, Larsson & Dyhre -Poulsen, 1998).

이상에서 살펴본 바와 같이 하지의 근 불균형은 상해를 유발할 수 있는 요인이며, 특히 착지 시 부하 전이를 담당하는 근력의 불균형은 상해 위험성을 더욱 증가시킬 것으로 판단된다. 그러나 이측근력 비율에 따른 드롭랜딩 시 상해관련 연구는 간헐적으로 이루어지고 있지만 H/Q ratio(Hamstring/Quadriceps ratio), 즉 동측 근력 비율에 따른 드롭랜딩 시 하지의 동적 안정성에 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구는 아직 많이 부족한 실정이다. 동적안정성은 보행 시 낙상과 같은 잠재적인

원인을 예측하는 변인으로 신체 균형능력의 평가도구로 활용되고 있는데(Ryu, 2009), 드롭랜딩 시 동적 안정성은 하지의 상해 예측요인으로 제시할 수 있다.

따라서 본 연구는 슬관절 굴곡근과 신근력, 그리고 햄스트링 부상과 관련하여 하지근력의 차이를 등속성 근력장비를 이용해 (Orchard J, Marsden J, Load S, & Garlick D, 1997), 평가하는 것이 접합하다는 선행연구를 바탕으로 드롭랜딩 시 H/Q ratio의 불균형에 따른 하지관절의 운동역학적 변인을 산출하여 불균형 비율과 역학적 변인과의 상호관련성을 알아보고자 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상자

본 연구에 참가한 연구 대상자는 최근 6개월 동안 하지관절 및 전신에 어떠한 부상경험이 없는 20세~23세의 G광역시 C대학교 축구선수 13명이다.

#### 1) 그룹선정

본 연구 목적을 달성하기 위한 그룹 선정은 69% 이하의 H/Q ratio(Hamstring / Quadriceps ratio)에서 부상 가능성 높다는 선행연구(Aagaard et al, 1998)를 토대로 등속성 근기능 측정장비(CSMI, U.S.A)를 사용해  $30^\circ/\text{sec}$ 로 3회 반복에서의 최대값(peak torque)이 H/Q ratio 69% 이상인 그룹은 우성그룹(Dominant group), 이하인 그룹을 열성그룹(Non-Dominant group)으로 구분하여 구성하였으며, 13명의 연구대상자 중 양쪽에서 각각의 우성비율과 열성비율이 나온 7명을 중복 실험하여 총 20 trial을 2개 그룹으로 설정하였다(Table 1).

Table 1. Characteristics of subjects

Sub	Dominant group(n=11)	Non- Dominant group(n=9)
ratio(%)	75.67 $\pm$ 5.35	54.57 $\pm$ 6.85
age(yer)	20.00 $\pm$ 0	21.50 $\pm$ 1.29
height(cm)	180.33 $\pm$ 7.37	179.25 $\pm$ 6.8
wight(kg)	79.60 $\pm$ 7.30	75.33 $\pm$ 6.06

### 2. 실험 절차

드롭랜딩 시 H/Q ratio 불균형에 따른 하지의 운동역학적 요인을 분석하기 위하여 C대학교 운동역학 실험실에서 실시

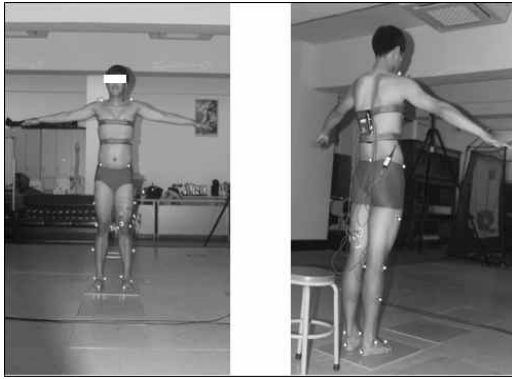


Figure 1. Markers Position

하였으며, 캘리브레이션(calibration)을 1 m x 1 m x 2 m로 설치하여 촬영하고 제거한 후 드롭 랜딩 동작을 실시하였다. 반사마커는 <Figure 1>과 같이 인체관절의 중심점과 하지 분절에 각각 지름 2 cm인 마커 총 21개를 부착하였다. 각 대상자의 관절점과 하지 분절 좌표를 얻기 위하여 6대의 적외선 카메라(Motion Master 200, Visol)를 사용하여 정적자세(static)를 1초간 촬영하였으며, 랜딩 동작은 200 Hz/s로 영상을 수집하였고, 근전도는 Noraxon Myoresearch(USA)를 사용하였다. 실험 수행 순서는 무작위로 배정한 후 한 사람씩 돌아가며 5번을 수행하였다. 드롭 랜딩 동작은 지면반력기로부터 후방으로 20 cm 거리에 40cm 높이의 의자 위에서 착지할 발을 들고 점프동작 없이 교차하면서 지면 반력기 위에 한 발로 뛰어 내리도록 하였다. 드롭랜딩 시 넘어지거나 균형을 잃거나 손이 지면에 닿지 않는 성공적인 2회 시기를 기록하였다

### 3. 자료 처리 및 분석

#### 1) 영상분석

영상 분석에서는 통제점 및 인체관절의 중심점의 좌표화와 동조를 거쳐 Abdel-Aziz Karara(1971)의 일차선형변환방법(DLT : Direct Linear Transformation method)을 이용해 3차원 좌표를 계산하였다. 노이즈(noise)를 제거하기 위하여 저역 통과 필터(lowpass filter) 방법으로 스무딩을 하였으며, 차단 주파수는 6Hz로 설정하였다(Ford et al, 2003). 자료에 대한 평활화(smoothing)는 Kwon3D XP 프로그램을 사용하였다.

인체 관절은 대상자에게 부착된 해부학적 마커정보를 이용하여 발목관절(ankle joint), 무릎관절(knee joint)의 관절과 발(foot), 하퇴(shank), 대퇴(thigh), 골반(pelvis)의 4개 분절을 강체로 모델링하였으며, 인체분절 지수(Body Segment Parameters)는 Plagenhoef, Evans & Abdelnour(1983)의 자료를 사용하였다. 이때 각 관절의 중심점을 위치를 찾기 위하여 촬영된 영상을 통해 고관절 중심점은 Tylkowsky 방식(Tylkowski, Simon &

Mansour, 1982)을 사용하였고, 무릎관절과 발목관절은 mid-point (secondary point)방식으로 관절중심을 설정하였다.

#### 2) 근전도 분석

근전도 자료 수집을 위해 대퇴사두근(quadriceps) 중 표면에 위치한 대퇴직근(rectus femoris), 내측광근(vastus medialis), 외측광근(vastus lateralis)와 슬관절 굴곡근인 대퇴이두근(biceps femoris)와 반건양근(semi-tendinosus)에 5개의 표면전극(surface electrode)을 부착하였으며(Cram, Kasman & Holtz, 1988) <Figure 2>,

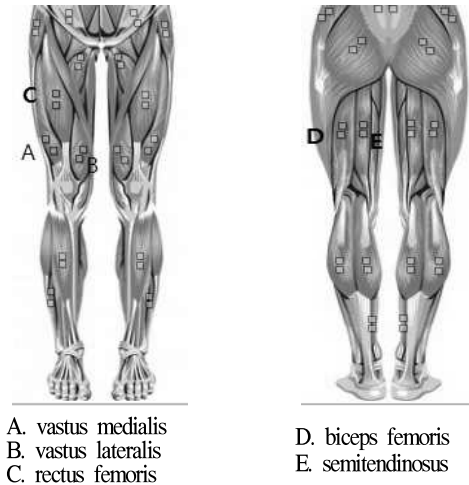


Figure 2. Experimental settings for electrode attachment site

부착하기 전 측정오류를 최소화하기 위하여 알코올로 깨끗이 소독하였다. 자료수집은 지면반력기 위에 착지 후 무릎 굴곡 각이 최대가 되는 시점(knee maximum flexion)까지의 구간에서 발생하는 최대 근활성도를 측정하였고 근전도 자료처리는 Myoresearch(U.S.A) 프로그램을 이용하였다. 근전도 분석은 실험을 통해 얻은 원 자료의 데이터 신호는 전파정류(full wave rectification)를 실시하고 100 ms평균(RMS)을 이용하여 평활화(smoothing)한 후 10 Hz의 고역 필터와 250 Hz의 저역필터를 사용하여 필터링(low-pass filtering)하였다. H/Q ratio 활동비율은 각 근육의 평균 EMG값과 최대 EMG값을 아래 공식과 같이 계산하였다.

$$H/Q \text{ ratio} = \frac{\text{Quadriceps}(VM + VL + RF)IEMG}{\text{Hamstring}(ST + BF)IEMG}$$

#### 3) 부하율

부하율의 계산은 공식은 다음과 같다(Lim et al, 2008).

$$\text{부하율(loading rate \%)} (N/sec) = (P1 - F20+) / (T1 - T20+)$$

· P1 : 착지 시 발생하는 최대수직지면반력값(N)

- F20+ : P1 발생 전 수직지면반력이 20 N 값을 넘어선 최초의 수직지면반력 값(N)
- T1 : P1 발생한 시간(sec)
- T20+ : F20+ 이 발생한 시간(sec)

4. 분석 국면

본 연구의 분석 국면은 랜딩 동작 시 초기지면반력 접촉(contact)과 최대무릎굴곡각의 기준으로 <Figure 3>과 같이 설정하였다.

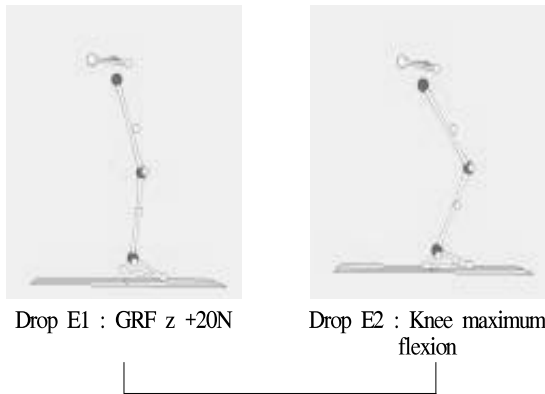


Figure 3. Definition of each events in drop landing

Drop E1(GRF z +20 N)은 드롭랜딩 후 한발이 지면반력기에 닿는 시점(수직지면반력이 20 N 이상 되는 시점)이며 Drop E2(Knee maximum flexion)은 지면반력기에 착지 후 무릎관절이 최대로 굴곡되는 시점이다.

5. 통계처리

H/Q ratio 불균형에 따른 운동역학적 변인들에 대한 차이를 검정하기 위하여 SPSS 18.0 통계 프로그램을 사용하여 평균과 표준편차를 계산하고 하지 중심이동변위와 지면반력값을 표준화하기 위해 좌측발을 사용한 경우 측정된 값을 역환산하였다. 통계방법은 우성과 열성 그룹간의 비교를 위해 Mann-whitney 검정과 Spearman 비모수 상관분석을 실시하였다. 모든 유의수준  $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

1. 하지의 운동역학적 변인 차이

<Table 2>은 H/Q ratio에 따른 하지의 운동역학적 변인의

Table 2. Comparison of Kinetic variable

Variable	dominant group	non-dominant group	Mann-whitney U
VGRFmax (N/BW)	4.85±0.81	4.58±1.45	40.00
Max knee flexion(deg)	112.28±7.14	111.47±6.96	42.00
Displacement of X-COM(m)	.019±.010	.02±.011	31.50
Displacement of Y-COM(m)	.032±.012	.035±.021	45.00
X-GRFmax (N/BW)	.024±.021	-.009±.007	16.00*
Y-GRFmax (N/BW)	-.093±.077	-.064±.023	45.00
Loading rate (N/sec)	85.1±6.47	101.5±4.85	19.00*

Note. \*significant difference between dominant group and non-dominant group

차이를 나타낸 것이다.

최대수직지면반력은 우성그룹이 4.85±0.81 N/BW, 열성그룹이 4.58±1.45 N/BW로 우성그룹이 상대적으로 높은 것으로 나타났으나, 통계적 유의차는 나타나지 않았다( $U=40.00, p>.05$ ). 슬관절 최대굴곡각에서도 우성그룹 112.28±7.14 deg, 열성그룹 111.47±6.96 deg로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $U=42.00, p>.05$ ). 하지중심 이동변위에서는 전후(Y)와 좌우(X)에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

좌우(X)지면반력에서는 우성그룹 .024±.021 N/BW, 열성그룹이 -.009±.037 N/BW로 통계적으로 유의한 차이를 보였으며( $U=16.00, p<.05$ ), 우성그룹은 우측(+)방향의 지면반력이 나타난 반면, 열성그룹은 좌측(-)방향의 지면반력이 나타났다.

전후(X)지면반력에서는 우성그룹 -.093±.077 N/BW, 열성그룹이 -.064±.023 N/BW로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $U=45.00, p>.05$ ).

부하율에서는 우성그룹이 85.1±6.47 N/sec, 열성그룹이 101.5±4.85 N/sec로 열성그룹이 유의하게 높은 것으로 나타났다( $U=19.00, p<.05$ ).

2. 하지의 근활성도 차이

<Table 3>은 H/Q ratio에 따른 하지의 H/Q 근활성 비율 차이를 나타낸 것이다.

드롭랜딩 시 H/Q ratio 평균 비율은 우성그룹이 27.13±5.43%, 열성그룹이 40.74±18.15%로 열성그룹이 유의하게 높은

Table 3. Comparison of EMG

Variable	dominant group	non-dominant group	Mann-whitney U
Mean EMG(%)	27.13±5.43	40.74±18.15	18.00*
MaxEMG(%)	30.12±7.40	41.04±21.38	16.00*

Note. \*significant difference between dominant group and non-dominant group

것으로 나타났고( $U=18.00$ ,  $p<.05$ ), 최대 비율에서도 우성그룹 30.12±7.40 %, 열성그룹 41.04±21.38 %로 열성그룹이 유의하게 높은 것으로 나타났다( $U=16.00$ ,  $p<.05$ ).

### 3. H/Q ratio와 생체역학적 변인과의 상관관계

<Table 4>와 <Figure 4>는 H/Q ratio와 운동역학적 변인과의 상관관계를 나타낸 것이다.

Table 4. Correlation between H/Q ratio and biomechanics variable

Variable	VGRF	Loading Rate	KMF	COM-X	COM-Y	Mean EMG	Max EMG	GRFx	GRFy
H/Q ratio	-.037	-.542*	-.142	.134	-.107	-.727**	-.566**	.516*	-.007

Note. \*significant difference between H/Q ratio and biomechanics variable

H/Q ratio와 부하율( $r=-.542$ )과 평균 EMG( $r=-.727$ ), 최대 EMG( $r=-.566$ )에서 유의한 부적(-)상관관계가 나타났으며, GRFx ( $r=.516$ )와는 정적(+)상관관계가 나타났다. 하지만 최대수직지면반력( $r=-.037$ ), 최대굴곡각( $r=.412$ ), 하지 중심이동변위( $r=.134$ ), ( $r=.107$ ), GRFy( $r=-.007$ )에서는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다( $p>.05$ ). 이러한 결과는 H/Q ratio이 증가할수록 부하율과 근활성도 비율이 낮아지며, 좌우 지면반력값이 작아지는 것을 의미한다.

## IV. 논 의

등속성 근력측정은 근력불균형을 확인하기 위해 실시되며 부상의 가능성을 확인하기 위한 전형적이고 유의한 방법이다 (Croisier et al., 2002). 이에 대해 Russell 등(1995)과 Aagaard 등(1998)은 등속성 근력 측정을 통한 슬관절 굴곡근과 신전근, 즉 Hamstring/Quadriceps의 비정상적 비율은 전방십자인대 (ACL) 부상과 관련이 있는 것으로 보고하였다. 또 하나의 상해예측 요인으로 많은 선행연구에서 스포츠 활동 중 점프 후 착지 동작을 제시하였으며, 부상발생과 많은 관련이

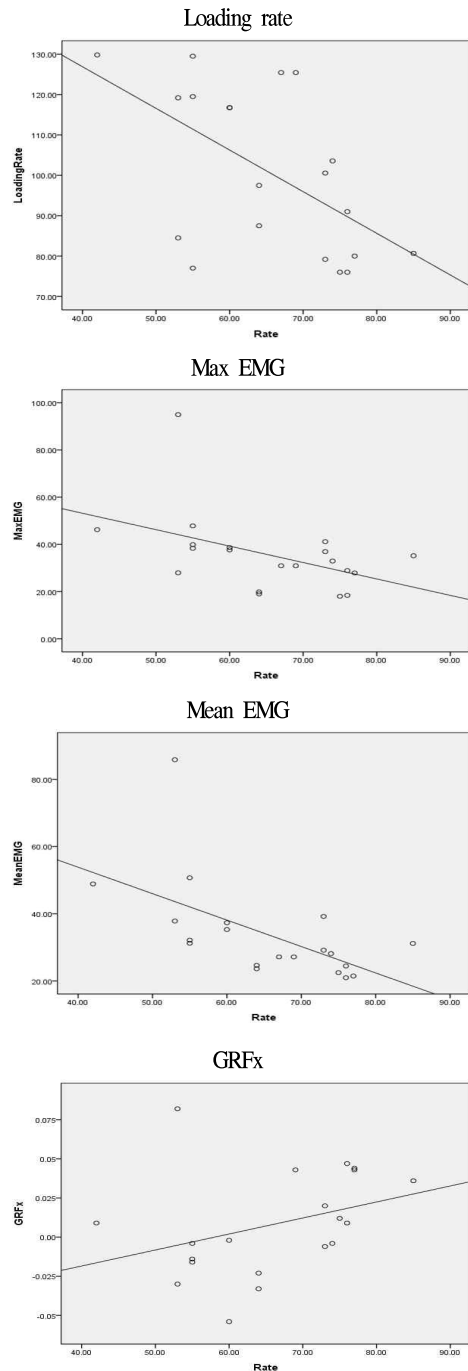


Figure 4. Correlation between H/Q ratio and Kinetic variable

있는 것으로 보고되고 있다(Cho, 2004; Self & Paine, 2001). 이상을 종합해 보면 등속성 근력 측정을 통해 나타난 근 불균형과 드롭랜딩 시 부상 기전과의 상관을 추론할 수 있으며 이에 대한 연구가 이루어져야 할 필요성이 있다. 따라서 본 연구는 드롭랜딩 동작 시 H/Q ratio 불균형에 따른 하지 관절의 변화를 운동역학적으로 분석하여 상해예방과 근 균형의 관련

성을 도출하고자 실시하였다.

드롭랜딩 시 최대 무릎 굴곡 각이 증가한다는 것은 착지 시 무릎관절의 굴곡이 많이 이루어지는 것을 의미하며, 하지의 굴곡 움직임 범위를 증가시킴으로써 착지 시 가해지는 충격량을 분산시키는 부드러운 착지를 수행하는 것이다. 이에 대해 Thomas, Michael & Mark(2008)는 착지 동작 시 상해를 줄일 수 있는 전략 중 하나로 착지 시 슬관절의 굴곡 각을 크게 하는 것이라고 보고하였다. 본 연구에서는 열성그룹과 우성그룹 간의 최대무릎굴곡각도에서 유의차가 나타나지 않았다. Kim 등(2011)은 등속성 근력측정을 통해 나타난 하지의 이측 근불균형이 착지 시 최대 무릎굴곡각의 차이를 나타내며 근불균형이 상해의 잠재적 요인이 된다고 보고하였다. 이 결과와 비교할 때 본 연구에서 H/Q ratio 차이가 착지 시 최대 무릎굴곡각도에 영향을 미치지 않은 것은 선행연구와 다른 기준의 차이(이측 근력비와 동측 근력비)로 보여 지며 우성그룹과 열성그룹의 기준이 착지 시 슬관절 각도 조절을 위해 신장성 수축(eccentric contraction)을 담당하는 대퇴사두근의 차이가 아닌 햄스트링의 차이로 인해 나타난 것으로 사료된다.

드롭랜딩 시 지면반력의 크기와 근골격계의 부상과는 상관성이 있는 것으로 보고되었다(Lim et al., 2008). Hewett 등(2004)은 스포츠 부상의 위험이 높은 205명의 여자 운동선수들을 대상으로 한 점프-착지 과제에서 무릎부상을 입은 9명은 무릎부상을 입지 않은 196명과 비교해서 슬관절에 가해지는 부하가 다르며, 슬관절 부상을 입은 9명의 최대수직지면반력이 20% 더 크게 나타났다고 보고하였으며, Kim 등(2011)은 하지의 이측 근불균형이 최대수직지면반력에 유의한 영향을 미친다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 근 불균형이 상대적으로 큰 열성그룹의 최대 수직지면반력값이  $0.27 \times BW$  낮게 나타나 선행연구와 상반된 결과를 나타냈다. 이는 연구방법에 의한 차이로 판단되며 좌우 하지 중심점 이동변위와 전후 하지 중심점 이동변위와 연계하여 해석 될 수 있다. 즉, 본 연구에서 나타난 열성하지의 큰 좌우 하지 중심점 이동 변위와 전후 이동변위는 선행연구의 양발 착지보다 외발 착지 시 기저면 감소로 인한 안정성이 감소되어진 결과이며 지면반력의 분산이 이루어져 최대수직지면반력이 우성하지에 비해 낮게 나타난 것으로 사료된다. 또한 착지 동작에서 고려되어야 할 중요한 변인으로 하지 중심점의 전후 이동변위를 제안 할 수 있다. 선행연구에서 스쿼트 동작 시 슬관절 기준점이 발보다 앞쪽으로 나가는 경우 슬관절 부하를 증가시킬 수 있음을 보고 하였다(Fry et al., 2003). 본 연구에서 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 열성그룹이 착지 시점부터 최대 무릎굴곡각까지의 전방 움직임이 증가한 것은 슬관절 위치가 앞쪽에 위치함으로

해석 될 수 있다. 따라서 열성그룹의 슬관절 부하가 증가를 예상할 수 있다. 이러한 논의를 종합해 보면 착지 시 균형능력의 상실, 즉 동적안정성의 감소가 나타난 것으로 재해석 될 수 있으며, 햄스트링 근육의 특성인 다관절 근육(two joint muscle)이 슬관절 굴곡 뿐만 아니라 고관절 신전근으로서의 역할을 수행하지 못한 결과로 인해 나타난 것으로 사료된다.

부하율은 최대수직지면반력과 착지시간의 의해 결정되며, 부하율의 증가는 드롭랜딩 착지 시 작용된 수직지면반력 값이 상대적으로 짧은 시간동안 급격하게 상승했다는 것을 의미한다. 본 연구에서 최대 수직지면반력은 그룹간 유의차가 나타나지 않았지만, 부하율에서 차이가 나타난 것은 근비율이 상대적으로 높은 우성그룹이 착지 시 충격력 감소를 위한 시간을 증가시켰기 때문이며, 이는 착지 중 발생하는 지면반력을 효과적으로 흡수한 것으로 사료된다. 또한 H/Q ratio와 착지 시 부하율과는 역상관관계를 나타내 근균형 증가할수록 부하율은 감소하는 것으로 앞선 논의를 뒷받침하고 있다. 이는 드롭랜딩 시 착지 동작은 대퇴사두근(Quadriceps)의 강한 신장성 수축에 의해 조절되지만 길항근인 햄스트링의 높은 근비율도 충격력을 감소시키기 위한 시간 조절에 관여한 것으로 판단되며 햄스트링이 하지 기능 부상 환자들의 관절안정성을 유지하는데 중요한 역할을 한다는 선행연구(sell et al., 2004)의 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 따라서 H/Q ratio의 불균형 상태에서 착지 시 부하율의 증가는 부상의 발생확률을 증가 시킬 것으로 사료된다.

최대무릎굴곡 시점에서의 좌우 지면반력의 차이는 자세안정의 지표가 될 수 있다. 지면에 고정된 경골(tibia)에 대한 슬관절 굴곡은 대퇴(femur)의 외회전에 의해 일어나며 이러한 움직임은 외측지면반력을 나타낸다. 본 연구에서 우성그룹은 (+)값이 나타난 반면 열성그룹은 (-)값이 나타났다. 이는 우성그룹에서 햄스트링의 강한 길항근 작용이 지면에 지지된 경골에 대한 대퇴의 회전력을 조절하여 지지발의 좌측(-)에 위치한 신체중심을 외회전력을 통해 정상적으로 조절한 것으로 보여지며, 열성그룹의 좌측 지면반력의 증가는 신체중심을 잡기 위한 경골에 대한 대퇴의 조절이 정확히 이루어지지 못 함으로 인해 나타난 결과로 보여 진다.

본 연구에서 H/Q ratio와 좌우지면반력의 상관관계가 나타났다. 이는 드롭랜딩 시 최대무릎굴곡각도에서 외측으로의 지면반력이 증가하는 것을 의미하는 것으로 다른 관점에서 해석 될 수 있다. 착지 시 높은 외측 지면반력은 슬관절 외변 정도를 증가시켜 슬관절 전방십자인대(ACL)와 내측측부인대(Medial Collateral Ligament)의 손상을 유발할 수 있다. 따라서 두변인간의 상관관계는 착지 시 외측움직임의 증가가 아닌 외측지면반력이 나타남을 의미하는 것으로 사료된다.

대퇴사두근과 햄스트링의 공동작용(co-activation)은 슬관절의 과도한 전방 밀림과 외전(abduction) 동작을 막아줌으로써 슬관절을 보호한다. 그러나 햄스트링이 적게 동원되거나 약해지면, 대퇴사두근의 활성이 감소되어 움직임을 수행하는데 요구되는 굴곡모멘트를 감소시키고 인대를 보호하기 위한 근육의 공동 수축작용을 제한한다(Hewett, Myer & Ford, 2005; Solomonow et al., 1987). 따라서 슬관절 부하가 높은 드롭랜딩 착지 동작에서의 근활성도 분석은 상해예방의 메커니즘을 밝히는데 중요한 변인이 될 수 있다. 본 연구에서 나타난 H/Q ratio 차이는 평균 EMG와 최대 EMG에서 그룹간 차이를 나타냈다. 이는 하지에 직접적 부하를 미치는 전방전단력이 증가하는 것으로 해석될 수 있으며, 슬관절의 전방전단력을 억제하는 전방십자인대(ACL)의 부담을 가중시킬 것으로 사료된다. 또한 상관분석에서 H/Q ratio와 최대 EMG, 그리고 평균 EMG가 역상관관계를 보여 앞선 논의를 지지하는 것으로 나타났다. 따라서 H/Q ratio 불균형은 드롭랜딩 시 슬관절 부상 예측 요인으로 제시될 수 있다.

## V. 결 론

본 연구는 드롭랜딩 시 H/Q ratio가 하지의 동적 안정성에 미치는 영향을 규명하여 지도자들에게 상해위험을 줄일 수 있는 정량적 자료 산출과 기초자료를 제공 하고자 실시하였다. 이를 위해 대학 축구선수 13명을 대상으로 등속성 근기능과 운동역학적 변인, 근활성도 값을 이용하여 자료를 산출하였으며, 그 결과를 토대로 다음과 같은 결론에 도달하였다.

첫째, H/Q ratio가 드롭랜딩 시 슬관절 최대굴곡각에 영향을 미치지 않았다.

둘째, H/Q ratio 근비율이 상대적으로 높은 여성그룹이 착지 시 충격력 감소를 위한 시간을 증가시켰고, 착지 중 발생하는 지면반력을 효과적으로 흡수하였다.

셋째, H/Q ratio 근비율이 상대적으로 높은 여성그룹이 햄스트링의 강한 길항근 작용으로 지면에 지지된 경골에 대한 대퇴의 회전력을 조절하는 동작이 나타났다.

넷째, H/Q ratio와 부하율, 평균 EMG, 최대 EMG에서 유의한 부적(-)상관관계가, GRFx와는 정적(+)상관관계가 나타났으며, H/Q ratio가 슬관절 부하에 영향을 미치는 요인으로 작용하였다.

이상의 결과는 H/Q ratio 불균형이 드롭랜딩 시 슬관절 부상예측 요인으로 제시될 수 있음을 강하게 의미한다.

## 참고문헌

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Magnusson, S. P., Larsson, B. & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring : quadriceps muscle strength ratio. *American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 231-237.
- Abdel-Aziz, Y. L., & Karara, H. M. (1971). *Direct Linear Transformation Form Comparator Coordinates in Object-Space Coordinates in Close-Range Photogrammetry*. Proceedings of the ASP Smpoium of Close-Range Photogrammetry, Urbana, IL.
- Asklung, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 13(4), 244-250.
- Barrier, J., Kovacs, I., Racz, L., Tkhan, J., Devita, P., & Hortobagyi, T. (1997). Differential effects of toe versus heel landing on lower extremity joint kinetics. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 29(5), 233.
- Calmels, P., & Minaire, P. (1995). A review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. *Disability and Rehabilitation*, 17(6), 265-276.
- Cho, S. C. (2004). The effect of blindfolded eyes of kinematics of drop landing. *Korean Journal of Sports Science*, 43(3), 851-860.
- Cram, J. R., Kasman, G. S., & Holtz, J. (1988). *Introduction the Surface Electromyography*, 2nd ed. An Aspen Publication.
- Croisier, J. L., Forthomme B., Namurois M, H., Vandertho-merri M., & Crielaard J, M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorder. *American Journal Sports Medicine*, 30, 199-203.
- Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine Science and Sports in Exercise*, 35(10), 1745-1750.
- Fowler, N. E., & Reilly, T. (2003). *Assesment of Muscle Streng Asymmetry in soccer Plyer*. in Contemporary Ergonomic EJ Lovesey(Ed), 327-332. London: Taylor & Francis.
- Fry, A. C., Smith, J. C., & Schilling, B. K. (2003). Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 629-633.
- Heil, J. (1993). *Psychology of Sport Injury*. Champaign, IL : Human Kinetics.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2004). Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 86, 1601-1608.
- Kim, C. J., Lee, K. I., & Hong, W, K. (2011). The effect of asymmetric muscle force in the lower extremity on dynamic balance on during drop landing. *Korean Journal of Sport Biomechanics*,

- 21, 173-179.
- Kim, E. K. (2011). *The Effects on the Lower Limbs Joint as the Landing Height and Floor Pattern*. Unpublished Master's Thesis dissertation, Graduate School of SungKyunKwan University.
- Kim, H. D., Kim, D. J., & Lee, S. E. (2008). The identification and pPrediction of hamstring muscle strain with ipsi/bilaterale strength ratio and muscle fatigability, *Korean Journal of Sport and Leisure Studies*, 32, 837-846.
- Kim, H. J., Kim, J. D., & Kim, M. Y. (2010). Effects of female maturation on the lower extremity injury risk factors during the box drop landing. *Korean Journal of Physical Education*, 47(1), 437-443.
- Kim, K. H., & Cho, J. H. (2009). The effects of ankle taping on ankle angular velocity, ground reaction force and postural stability during jump landing on athlete with functional ankle instability. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 519-528.
- Kim T. H., & Youm, C. H. (2013). Effects of knee joint muscle fatigue and overweight on the angular displacement and moment of the lower limb joints during landing. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(1), 063-076.
- Knapik, J., Bauman, C., Jones, B., Harris, J., & Vaughann, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic iniuries in female collegiate athletes. *American Journal Sports Medicine*, 19, 76-81.
- Kovacs, I., Tihanyi, J., Devita, P., Racz, L., Barrier, J., & Hortobagyi, T.(1999). Foot plancement modifies kinematics and kinetics during drop jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), 708-716.
- Kwak, K. J., Yoon, S. W., & Park, H. (2003). Isokinetic evaluation of the knee extensors and flexors in soccer players. *Korean Journal of KyungHee University Sports Science*, 31, 105-114.
- Lim, B. O., & Yu, Y. J. (2008). Characteristics of drop landing from different heights in children with down syndrome. *Korean Journal of Physical Education*, 47(3), 547-554.
- Lim, B. O., Yu, Y. J., Kim, S. B., Nam, K. J., Choi, B. K., & Kim, M. H. (2008). Ground reaction force and muscle activity in children with down syndrome during vertical jump. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(1), 107-115.
- McNitt-Gray, M. F., Hart, E. M., Goldin, J., & Yao. (1996) *Progress in Biomedical Optics and Imaging*, 27-10.
- Orchard, J., Marsden, J., Load, S., & Garlick, D. (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *American Journal of Sports Medicine*, 25, 81-85.
- Plagenhoef, S., Gaynor, E., & Abdelnour, T. (1983). Anatomical data for analysis human motion. *Research Quarterly for Exercise and sports*, 54(2), 169-178.
- Russell, K. W., Quinney, H. A., Hazlett, C. N., & Hillis, D. (1995). Knee muscle strength in elite male gymnasts. *Journal Orthopaedic Sports Physical Therapy*, 22(1), 10-17.
- Self, B. D., & Paine, F. (2001). Ankle biomechanics during four landing techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1388-1344.
- Sell, T., Ferris, C. M., & Abt, J. P. (2004). Predictors of anterior tibia shear force during a vertical stop-jump. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 25(12),1589-1597.
- Solomonow, M., Baratta, R., & Zhou, B. H. (1987). The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint atability. *American Journal of Sports Medicine*, 15, 207-213.
- Thomas, W. K., Michael, R. T., & Mark, I. (2008). Gender differences in lower extrimity landing mechanics caused by neuromuscular fatigue. *American Journal of Sports Medicine*, 36(3), 554-565.
- Tylkowski, C. M., Simon, S. R., & Mansour, J. M. (1982). *Internal Rotation Gait in Spastic Cerebral Palsy in the Hip*. In Nelson, J, P. (Ed), Proceedings of th 10th Open Scientific Meeting of the Hip Society, 89-125.
- Yamamoto, T. (1993). Relationship between hamstring strain and leg muscle strength. A follow-up study of colleriate track and field athletes. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, 33, 194-199.