아동의 복합운동이 착지 시 하지 손상요인에 미치는 영향

하성희 1 · 류시현 1 · 김주년 1 · 길호종 1 · 류지선 2 · 윤석훈 3 · 박상균 4

 1 한국체육대학교 대학원 체육학과 \cdot 2 한국체육대학교 생활체육대학 운동건강관리학과 3 한국체육대학교 생활체육대학 사회체육학과 \cdot 4 한국체육대학교 스포츠과학대학 체육학과

Effects of Combined Exercise on Injury Risk Factors of Lower Extremity during Landing

Sung-He Ha¹ · Si-Hyun Yoo¹ · Joo-Nyeon Kim¹ · Ho-Jong Gil¹ · Ji-Seon Ryu² · Suk-Hoon Yoon³ · Sang-Kyoon Park⁴

¹Department of Physical Education, Graduate School of Korea National Sport University, Seoul, Korea

²Department of Health and Exercise Science, College of Lifetime Sport of Korea National Sport University, Seoul, Korea

³Department of Community Sport, College of Lifetime Sport of Korea National Sport University, Seoul, Korea

⁴Department of Physical Education, College of Sport Science of Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 27 May 2014; Received in revised form 16 June 2014; Accepted 25 June 2014

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of combined exercise on injury risk factors of lower extremity during landing. Ten sports talented athletes participated in this study. Sports talented athletes participated in a combined exercise (sports talented exercise, coordination) for 16 weeks. A three-dimensional motion analysis was performed using eight infrared cameras (sampling rate of 100 Hz), one force plate, and electromyography system (sampling rate of 1000 Hz) during landing. Kinetic, and kinematics analysis including average impulsive force, angle of lower extremity, vertical stiffness, onset of muscle activation were calculated by Matlab2009a software. Paired t-test was performed at alpha=.05. The average impulsive force in landing phase was not statistically significant (t=-.748, p=.474). The hip joint angle was more decreased in post test compared to pre test (E1: t=2.682, p=.025, E2: t=5.609, p=.000, E3: t=2.538, p=.032). The knee joint (E1: t=-.343, p=.739, E2: t=1.319, p=.220, E3: t=.589, p=.570) and ankle joint (E1: t=.081, p=.937, E2: t=.784, p=.453, E3: t=.392, p=.704) angle were tended to decrease after combined exercise. The vertical stiffness was tended to decrease after combined exercise (t=1.972, t=0.80). Onset of quadriceps femoris (t=0.698, t=0.503) and medial gastocnemius (t=1.858, t=0.096) were tended to be faster than biceps femoris (t=0.333, t=0.747) after combined exercise. Although these findings were not statistically significant except on a hip joint angle, risk factors of lower extremity such as joint angle, vertical stiffness and onset of quadriceps femoris, medial gastrocnemius were positively changed after the combined exercise but an additional training for improved onset of biceps femoris would be required in the future.

Keywords: Risk Factor of Lower Extremity, Combined Exercise, Landing

이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2011-332-G00095).

Corresponding Author: Sang-Kyoon, Park

Department of Physical Education, College of Sport Science of Korea National Sport University, 138-763, 1239, Yangjae, Songpa-gu,

Seoul, Korea

Tel: +82-2-410-6952 / Fax: +82-2-410-1877

E-mail: spark@knsu.ac.kr

I. 서 론

체육영재란 현재 운동능력의 탁월함을 보이며 미래에 성장가능성을 가진 자 또는 현재 능력이 탁월함을 보이지 못하더라도 운동에 유리한 체형이나 생리적 특성 등을 가진자로 정의된다(Yang, 2011). 우리나라는 스포츠과학 사업의 일환으로 체육인재 육성사업을 도입하여 매년 2-6학년

초등학생을 대상으로 시행된 검사(신체구성, 인체계측, 운 동능력, 생리적 요인과 심리적 요인 검사, 스포츠 적성 검 사, 골 연령 검사) 결과를 바탕으로 우수 선수를 발굴 육 성하고 있다(Ryew, Yang, Kim, Roh, & Hyun, 2012).; Lee, Eo, & Park, 2012). 이렇게 선발된 체육영재를 대상 으로 연구된 내용으로는 심리(Kim & Lee, 2012), 체형 (Rye, Baek, & Shin, 2012), 체격과 체력 및 운동능력 (Ryew et al., 2012), 체력요인과 창의력(Yi et al., 2013), 형태발육(Lee, 2012), 제자리멀리뛰기 운동능력의 운동역 학적 분석(Lee & Kim, 2013), 수직점프수행력의 분석 (Jeong, Oh, & Lee, 2012)등이 있다. 앞서 소개된 연구들 은 체육영재육성 프로그램 검증 및 영재들의 능력향상에 대한 설명이 충분할 것으로 생각된다. 그러나 신체적으로 미성숙한 아동기의 체육영재와 손상의 연관성 연구는 매 우 미비한 실정이다.

성장이 진행되고 있는 아동들의 가장 흔한 외상의 원인 으로 36.3%가 잘못된 착지라고 보고된다(Bulut, Koksal, Korkmaz, Turan, & Ozguc, 2006; Kim, Jung, S. Y., & Jung, K. Y., 2010). 착지의 실패는 골절, 골격근손상과 같 은 외상으로 이어져 아동의 성장과정에 문제를 발생시킬 수 있다. 이러한 과거력은 또 다른 손상의 위험요인으로 반복된 손상 또는 새로운 손상을 유발 시킬 수 있다 (Emery, Meeuwisse, & Hartmann, 2005; Ha, Kim, & Park, 2013). 따라서 체육영재의 능력향상에 대한 연구와 더 불어 손상예방 차원에서의 접근이 필요할 것으로 생각된다. 점프 후 착지는 중력에 의해 반드시 일어나는 동작으로 스포츠에서 빈번히 발생하며 특히 하지관절 부상의 발생 으로 이어질 수 있는 중요한 동작이다. 착지동작의 오류로 인한 불충분한 충격흡수로 인해 손상이 발생한다고 보고 되었다(Hewett, Myer, & Ford, 2004; Yeow, Lee, & Goh, 2011). 또한 충격량 크기의 증가는 근골격계 손상의 위험성을 증가시킨다고 보고되었다(Yeow, Lee, & Goh, 2010). 따라서 손상예방을 위해서는 착지동안 올바른 자세 와 충분한 충격흡수가 이루어져한다(Yeow et al., 2010, 2011). 이때 엉덩관절과 무릎관절에서 충격흡수가 이루어 지고(Schmitz, Kulas, Perrin, Riemann, & Shultz, 2007; Sigward, Pollard, & Powers, 2012), 시상면에서의 넓은 관절가동범위가 충격흡수에 영향을 미친다고 하였다(Yeow et al., 2011).

착지동작 시 충격흡수는 신체중심의 변위와 충격력과의 관계인 수직강성(vertical stiffness)과 관련이 있다. 수직강 성은 신체변형과 주어진 힘 사이의 관계이다(Butler, Crowell. & Davis. 2003). 강성은 최상의 수행을 위해 필 요하지만 너무 과하거나 적으면 손상으로 이어진다(Butler et al., 2003). 선행연구에 의하면 너무 과한 강성은 뼈와 관련된 손상을 유발하고, 너무 적은 강성은 연조직 손상에

관여할 것이라고 주장했다(Granata, Padua, & Wilson, 2002; Williams, McClay, Scholz, Buchanan, & Hamill, 2003; Williams, McClay, & Hamill, 2001). 착지 시 일 반적인 관절의 유연성과 전방 무릎 유연성이 좋으면 관절 강성과 충격흡수가 증가하였고, 과신전 무릎은 관절강성과 충격흡수를 감소시켰다고 보고되었다(Shultz, Schmitz, Nguyen, & Levine, 2010).

그 외에 착지동작 시 손상요인과 관련이 있는 근활성 발 현시점(onset time of muscle activation)은 관절경직과 과 도한 관절변형 및 인대변형을 방지하는 것과 관련이 있다 고 보고된다(Shultz et al., 2000). 또한, 대퇴사두근 근활 성 시점이 대퇴이두근에 비해 빠르게 발현되면 경골의 전 방전위를 증가시켜 전방십자인대 손상요인이 증가된다고 보고되었다(Colby et al., 2000). 반대로 대퇴이두근의 적절 한 근활성은 무릎의 동적 안정성을 확보함으로써 경골의 전방전위에 저항한다고 보고되었다(Kernozek & Ragan, 2008; Withrow, Huston, Wojtys, & Ashton-Miller, 2008). 체육영재들에게 이러한 손상관련 변인의 위험을 감소시키 는 것은 매우 의미있을 것으로 생각된다. 따라서 근신경 반응 조절은 관절의 움직임에 따른 안정화에 필수적이며 착지 시 무릎 주변근육의 적절한 근활성은 최대 기능적 운 동수행과 손상예방에 중요한 역할을 할 것이다.

이에 본 연구에서는 아동의 16주간 복합운동 참여자를 중심으로 수직 점프 후 착지 시 하지 손상요인에 대처하 는 변화를 제시하고 하지 손상요인인 평균 충격력, 수직강 성, 하지관절각과 근활성 시점의 변화를 통해 착지 시 손 상예방을 위한 전략을 제시하는데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

2013년 K대학 체육영재에 선발된 초등학생 10명(신장: 138.2±11.5 cm, 체중: 32.4±6.8 kg, 나이: 10.0±1.3 yrs)을 대상으로 실시하였다. 대상자는 수영 2명, 육상 5명, 체조 3명으로 구성되었으며, 모두 오른발을 주동발로 사용하였다.

2. 실험 절차

본 연구의 착지동작 수행은 체육영재 선발 시 아동의 부 모에게 충분히 설명한 후 동의를 받아 실시하였다. 착지동 작 수행 전 준비과정으로는 좌·우 분절의 관절점 16곳 (acromion, lateral epicondlye of humerus, styloid process of radius, greater trochanter, lateral epicondlye of femur, lateral malleolus, calcaneus, 2nd phalange)에 마커를 부 착하였고, 주동측 하지의 대퇴직근(rectus femoris), 대퇴이



Figure 1. Reflexive markers and electromyograph setting, 1st: upper extremity, 2nd: anterior view of lower extremity, 3rd: posterior view of lower extremity

두근(biceps femoris), 내측비복근(medial gastrocnemius)에 표면전극(EMG electrode, FIAB, Italy)과 무선근전도 (Zero-wire EMG, Aurion, Italy)를 부착하였다(Figure 1).

착지 동작을 수행 하기위해 연구 대상자에게 동작에 대한 충분한 설명과 연습 후 실시하였다. 연구 대상자는 1대의 지면반력기 위에 양발을 위치시키고, 양팔에 반동을 주어 최대한 수직으로 높이 뛰고, 지면반력기 위에 착지하였다. 총 2회 실시하였고, 평균값을 사용하였다.

착지동작 분석을 위해 8대의 적외선 카메라(Oqus300, Qualisys, Sweden)와 1대의 지면반력기(9286AA, Kistler, Switzerland)를 사용하여 촬영하였다. 이때 샘플링율은 적외선카메라 100 Hz, 지면반력기와 근전도는 1000 Hz로 설정하였다. 자료수집과 동조를 위해 Qualisys track manager software (Qualisys, Sweden)를 사용하였다(Figure 2).

3. 복합운동 프로그램

아동의 복합운동 참여는 2013년 5월 26일부터 2013년 10월 20일까지 총 16주간 실시되었다. 프로그램 구성은 종



Figure 2. Experimental setup

목별(수영, 육상, 체조)로 구성된 전문실기(sports talented exercise)프로그램에 2시간을 참여하였고(Table 1), 코디네이션프로그램(유도, 태권도, 볼링, 배드민턴, 골프, 영어체육, 킥복싱, 필라테스)에 2시간을 참여하여 주 1회, 총 4시간의 운동을 실시하였다.

4. 자료 분석

아동의 수직점프 후 착지 시 충격력, 수직강성, 하지관 절각과 근활성 시점의 변화를 분석하기 위하여 QTM과 Matlab R2009a software (The Mathworks, USA)를 사용 하였다. 인체 관절에 부착한 반사마커는 NLT (non linear transformation) 방법을 통해 3차원 좌표값으로 변환되었고 Butterworth 4th order low-pass filter(차단주파수: 6 Hz) 로 smoothing하였다. 지면반력자료는 차단주파수 100 Hz 로 low-pass filter 처리하였다. 또한 하지근의 근활성 자료 는 Band-pass filtering(차단주파수: 20-400 Hz)을 실시한 후, 정류(rectify)하여 분석하였다.

이벤트는 착지 시 발이 지면에 닿는 시점(Event1 [E1]), 최대지면반력시점(Event2 [E2]), 오른쪽 무릎의 최대굴곡시

Table 1. Combined exercise program for sports talented athletes

	Session	Contents		
	Warming up (20min)	Stretching		
Swimming	Main exercise (90min)	Swimming forms (freestyle, butterfly stroke, breaststroke, backstroke)		
	Cool down (10min)	Stretching		
Athletics	Warming up (20min)	Jogging, Stretching		
	Main exercise (90min)	Circuit, Interval, Speed, Jump training		
	Cool down (10min)	Stretching		
Gymnastics	Warming up (20min)	Jogging, Stretching		
	Main exercise (90min)	Basic technical, Basic stretching training Equipment exercise Man: pommel horse, ring, parallel bars, bar, floor exercise, vault, trampolin Woman: uneven parallel bars, balance beam, floor exercise, vault, trampolin		
	Cool down (10min)	Stretching		

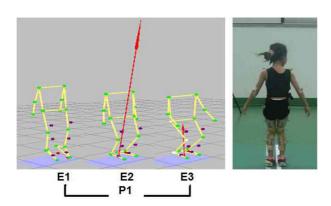


Figure 3. Events and phase

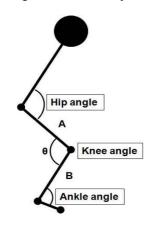


Figure 4. Definition of lower extremity angle

점(Event3 [E3])으로 설정하였고 E1과 E3사이를 구간 1(Phase1 [P1])로 설정하였다(Figure 3).

5. 분석 변인

1) 평균 충격력: 시간당 인체가 받은 충격력의 평균값으로써, 착지시작(E1)부터 최대무릎굴곡(E3)까지인 착지구간 (P1)의 평균 충격력을 계산하였다.

Impulse =
$$\sum_{n=initial}^{final-1} \left(f_n + \frac{1}{2} (f_{n+1} - f_n) \right) (t_{n+1} - t_n)$$

 $Average\ Impulsive\ Force\ =\ \frac{Impulse}{t_{final-1}-t_{initisl}}$

f: 수직지면적반력, t: 시간

- 2) 하지관절각: 착지 시 발생하는 굴곡각의 변화를 관찰하기 위해 관절의 상대각을 cosine 법칙을 이용하여 산출하였다(Figure 4).
 - 3) 수직 강성: 수직강성은 홉(hop)과 점프(jump)와 같은

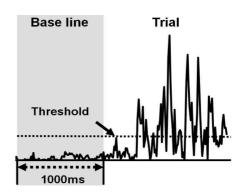


Figure 5. Calculation of muscle onset

수직 방향의 선형적 움직임을 묘사할 때 사용된다(Butler et al., 2003). 착지동안의 최대지면반력값과 착지시작부터 최대지면반력시점의 신체중심 변위를 통해 수직강성을 계산하였다(McMahon & Cheng, 1990).

$$\textit{Vertical Stiffness} = \frac{F_{maximum}}{COM_{Fmaximum} - COM_{initial}}$$

4) 근활성 시점: 지면반력기위에 양발로 지지하고 있는 동안 근육별 근활성을 측정하였다. 이때 지면반력에 변화 가 없고 신체에 움직임이 없는 1000 ms동안의 근활성 평 균을 계산하였다. 이때 계산된 평균과 두 배의 표준편차의 합 이상을 역치(threshod)로 설정하여 이 값의 이상이 되었 을때를 근활성이 발현한 시점으로 정의하였다. 착지시작시 점을 0초로 설정하고 발현된 시간을 계산하였다(Figure 5).

Threshold = mean(baseline) + 2standard deviation(baseline)

5. 통계처리

통계처리는 아동의 복합운동 참여 전·후 수직점프 후 착지 시 하지손상요인의 차이를 비교하기 위하여 대응표 본 t 검정(paired t-test)을 실시하였다. 유의수준은 α =.05로 설정하였고, SPSS 18.0 (IBM, USA)을 사용하였다.

Ⅲ. 결 과

아동의 복합운동 참여가 하지손상요인에 미치는 효과를 알아보기 위하여 평균 충격력, 하지관절각, 수직강성과 근 활성 시점을 산출하여 참여 전·후로 비교하였다.

1. 평균 충격력

아동의 복합운동 참여 전 후 평균충격력을 산출한 결과

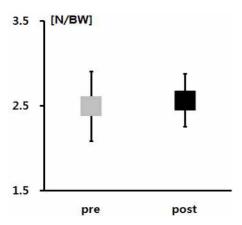


Figure 6. Comparison of averaged impulsive force between before and after combined exercise

착지구간(P1)의 발이 지면에 닿는 시점에서 최대무릎굴곡 시점까지 복합운동 전 2.50±0.41 N/BW에서 후에 2.57± 0.31 N/BW으로 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 상대적 으로 감소하는 경향을 나타냈다(*t=-.748*, *p=.474*; Figure 6).

2. 하지관절각

아동의 복합운동 참여 전·후 하지관절각을 살펴보면 (Table 2), 엉덩관절각은 전 시점에서 굴곡각이 증가하였다 (E1: t=2.682, p=.025, E2: t=5.609, p=.000, E3: t=2.538, p=.032). 또한, 무릎관절각은 발이 지면에 닿는 시점(E1)을 제외한 무릎관절각(E1: t=-.343, p=.739, E2: t=1.319, p=.220, E3: t=.589, p=.570)과 발목관절각(E1: t=.081, p=.937, E2: t=.784, p=.453, E3: t=.392, p=.704)은 통계적으로 유의하지는 않지만 상대적으로 굴곡각이 증가하는 경향을 나타냈다.

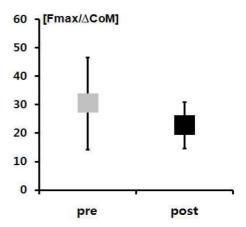


Figure 7. Comparison of vertical stiffness between before and after exercise

3. 수직 강성

아동의 복합운동 참여 전·후 수직강성은 발이 지면에 닿는 시점(E1)에서 최대지면반력시점(E2)까지 <Figure 7>과 같이 산출되었다. 복합운동 참여 전 30.50±16.27에서 참여 후 22.87±8.14로 통계적으로 유의하지 않지만 상대적으로 감소하는 경향이 나타났다(*t=1.972*, *p=.080*).

4. 근활성 시점

아동의 복합운동 참여 전·후 근활성 시점은 발이 지면에 닿는 시점(E1)을 기준으로 <Figure 8>과 같이 산출되었다. 복합운동 참여 전보다 후에 통계적으로 유의하지 않지만 대퇴사두근의 근활성 발현시점(전: -0.64±0.08초,후: -0.66±0.07 초; *t=.698*, *p=.503*)과 비복근의 발현시점(전: -0.59±.08 초,후: -0.65±0.07 초; *t=1.858*, *p=.096*)이 상

Table 2. Comparison of lower extremity joint angle between before and after combined exercise

(unit: deg)

		Pre (M±SD)	Post (M±SD)	t	p
Hip angle	E1	163.39±7.40	156.66±6.82	2.682	.025*
	E2	153.52±6.60	139.68±6.62	5.609	.000*
	E3	129.55 ± 18.58	112.38 ± 15.57	2.538	.032*
	E1	154.32±8.93	155.35±8.07	343	.739
Knee angle	E2	133.53 ± 10.94	129.40±10.79	1.319	.220
	E3	107.03 ± 17.86	104.18 ± 17.95	.589	.570
	E1	111.35±11.45	111.05±12.13	.081	.937
Ankle angle	E2	85.42 ± 9.61	82.76 ± 9.05	.784	.453
	E3	72.26 ± 8.93	71.64±7.11	.392	.704

^{*}n<.05

pre: before combined exercise, post: after combined exercise

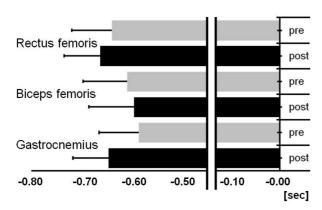


Figure 8. Comparison of muscle onset between before and after combined exercise

대적으로 빨리지는 경향을 나타냈고, 대퇴이두근은 발현시점(전: -0.61 ± 0.09 초, 후: -0.60 ± 0.09 초; t=-.333, p=.747)은 통계적으로 유의하지 않지만 이 또한 늦어지는 경향을 나타냈다(Figure 8).

IV. 논 의

본 연구는 아동의 복합운동 참여가 착지동작에서 발생하는 손상위험요인에 미치는 영향을 분석하여 예방을 위한 전략을 제시하기 위해 평균충격력, 하지관절각, 수직강성과 근활성 시점을 살펴보았다.

잘못된 착지로 발생되는 손상을 예방하기 위해서는 자 세의 중요성이 대두된다. 올바른 자세의 착지는 충격을 분 산 시킬 뿐만 아니라 관절에 미치는 영향을 감소시킨다고 보고된다(Schmitz et al., 2007; Sigward et al., 2012; Yeow et al., 2010, 2011). 본 연구에서는 하지손상요인 중 그 크기의 증가가 근골격 손상의 위험성을 높일 수 있 는 평균충격력(Yeow et al., 2010)이 복합운동 참여 후 통 계적으로 유의하지 않지만 참여 전보다 상대적으로 감소 하는 경향을 나타냈다. 이는 불충분한 충격흡수에서 오는 손상의 위험성 감소시킬 수 있을 것이다(Hewett et al., 2004; Yeow et al., 2010, 2011). 충격흡수과 관련이 높은 수직강성에서도 복합운동 참여 전 · 후 통계적으로 유의하 지 않지만 상대적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 그 크 기가 과하면 손상과 연결되어 위험한 변인으로 작용하지 만 적정 수준의 강성은 최상의 수행능력에 영향을 미친다 고 보고되었다(Butler et al., 2003). 하지의 민첩성 감소와 강성의 증가로 인한 보상 전략의 감쇠는 무릎손상의 높은 위험 요인이라고 하였고(Lyle, Valero-Cuevas, Gregor, & Powers, 2014), 수직강성을 산출하는 요소인 최대수직지면 반력 값이 클수록 하지손상 발생과 관련이 깊다고 보고되 었다(Seegmiller & McCaw, 2003). 이와 같이 하지와 지 면사이의 상호작용을 조절하는 것은 걷기, 조깃, 런닝, 방향전환, 착지와 같은 동작을 성공적으로 수행하기 위해 강성의 조절은 필수라고 보고된다(Lyle et al., 2014). 따라서통계적으로 유의하지 않았지만 평균충격력과 수직강성의상대적 감소 경향은 아동의 복합운동 참여가 하지손상 예방에 대한 긍정적인 변화가 발생한 것으로 판단된다. 더불어 본 연구결과 하지관절각을 살펴보면, 엉덩관절의 각도가 감소하였고, 무릎관절의 발이 지면에 닿는 시점(E1)을 제외한 나머지 시점에서는 복합운동 참여 전보다 후에 상대적으로 감소하는 경향을 나타낸 것으로 보아 충격흡수를 위해 변화한 것으로 판단된다(Lephart, Ferris, Riemann, Myers, & Fu, 2002; Yeow et al., 2010).

올바른 착지를 하기 위해서는 적절한 근동원이 필수적 이다. 특히 스포츠 활동에서의 근동원은 최고의 수행과 손 상예방과 직결되어 있다(Colby et al., 2000; Kernozek & Ragan, 2008; Shultz et al., 2000; withrow et al., 2008). 본 연구에서는 복합운동 참여 후 대퇴사두근과 비복근의 근 활성 발현시점이 참여 전보다 통계적으로 유의하지 않지 만 상대적으로 빠르게 나타나는 경향이 관찰되었다. 이것 은 착지 시 감속을 위해 근발현이 빠르게 나타남으로써 하 지손상 예방에 긍정적인 변화로 판단된다(Lephart et al., 2002). 반면, 본 연구에서 대퇴이두근의 근활성 발현시점은 통계적으로 유의하지 않지만 복합운동 참여 후 상대적으 로 늦어지는 경향을 나타냈다. 착지 전 무릎굴곡각의 감소 와 대퇴이두근의 발현이 늦어지는 것이 전방십자인대손상 의 위험요인을 증가시킨다고 보고된다(Dai, Sorensen, Derrick, & Gillette, 2012). 또한 이러한 위험요인의 감소 를 위해 근신경 훈련을 적용시킴으로써 대퇴이두근의 근 활성이 훈련 전에 비해 빨라졌다는 보고되었다(Zebis et al., 2008). 대퇴이두근은 좌골결절과 대결절능 조선에서 시 작해서 경골과 비골 후면에 위치하고 있어 초기 착지 시 대퇴이두근의 발현이 느려짐에 따라 무릎굴곡각에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 이동의 복합운동에 대퇴이두근의 근 동원을 증가 시킬 수 있는 직접적인 운동을 포함시킨다면 그에 따른 하지손상을 예방할 수 있을 것으로 생각된다.

종합해보면 비록 엉덩관절각을 제외하고 모든 변인에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았지만, 하지손상 요인인 평균 충격력, 하지관절각, 수직강성과 대퇴사두근과 비복근의 근활성 시점은 아동의 복합운동 참여 후 비교적 긍정적으로 변화하는 경향이 나타났다. 그러나 이러한 변화가 복합운동의 전문실기와 코디네이션프로그램 중직접적으로 착지동작 시 하지손상요인에 어떠한 영향을 미쳤다고 설명하기 어려운 부분이 있다. 아동들의 운동참여는 그 형태와 상관없이 참여만으로 운동능력에 향상을 가져왔다고 보고된다(Lee, Um, & Cho, 2004; Park & Shim, 2004; Um, 2004). 또한 성장기의 자연스러운 발달

도 간과할 수 없는 부분이다. 따라서 하지손상요인의 변화가 어떤 것에 의한 것인지 명확히 하기 위해서는 체육영재가 참여하는 복합운동에 평가방법과 연관된 운동 또는평가형태와 동일한 운동을 적용되어야할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 16주간 아동의 복합운동 참여가 착지동작 수행 시 하지손상요인인 평균 충격력, 수직강성, 하지관절각과 근활성 시점에 나타난 변화를 비교하여, 손상예방을 위한 전략을 제시하고자 하였다. 결론은 아래와 같다.

첫째, 평균 충격력은 복합운동 후 통계적 차이는 없었으나 상대적으로 감소하는 경향이 나타났다. 둘째, 엉덩관절 각은 복합운동 전보다 후에 모든 시점에서 굴곡각이 감소하였고, 무릎관절각에서 발이 지면에 닿는 시점(E1)을 제외하고 무릎관절과 발목관절의 각은 통계적 차이는 없으나 상대적으로 감소하는 경향이 나타났다. 셋째, 수직 강성은 통계적 차이는 없었지만 상대적으로 감소하는 경향이 나타났다. 넷째, 근활성 시점은 복합운동 전보다 후에 대퇴사두근과 비복근의 근활성 발현시점이 통계적으로 유의하지 않지만 상대적으로 유의하지 않지만 상대적으로 유의하지 않지만 상대적으로 유의하지 않지만 상대적으로 늘어지는 경향이 나타났다.

아동의 복합운동 참여는 착지동작 시 발생하는 하지손 상요인에 비교적 긍정적으로 변화하는 경향이 나타났지만 복합운동의 전문실기와 코디네이션프로그램이 직접적으로 영향을 미쳤다고 설명하기 어려운 부분이 있다. 따라서 복합운동 구성에 다양한 체력요소를 증진 시킬 수 있고 하지손상요인에 직접적인 변화를 가져올 수 있는 새로운 프로그램이 필요할 것으로 생각된다. 또한 이를 측정·평가할 수 있는 방법의 개발이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 아동의 복합운동 적용이 16주간 실시되었지만 주 1회 적용이 비교적 짧다는 제한점이 있었다.

참고문헌

- Butler, R. J., Crowell, H. P., & Davis, I. M. (2003). Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clinical Biomechanics*, 18(6), 511-517.
- Bulut, M., Koksal, O., Korkmaz, A., Turan, M., & Ozguc, H. (2006). Childhood falls: characteristics, outcome, and comparison of the injury severity score and new injury severity score. *Emergency Medicine Journal*, 23(7), 540-545.
- Colby, S., Francisco, A., Yu, B., Kirkendall, D., Finch, M., & Garrett, W. (2000). Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers implications for anterior cruciate ligament injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(2), 234-240.

- Dai, B., Sorensen, C. J., Derrick, T. R., & Gillette, J. C. (2012). The effects of postseason break on knee biomechanics and lower extremity EMG in a stop-jump task: implications for ACL injury. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(6), 708-717.
- Emery, C. A., Meeuwisse, W. H., & Hartmann, S. E. (2005). Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer: implementation and validation of an injury surveillance system. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(12), 1882-1891.
- Granata, K. P., Padua, D. A., & Wilson, S. E. (2002). Gender differences in active musculoskeletal stiffness. Part II. Quantification of leg stiffness during functional hopping tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(2), 127-135.
- Ha, S. H., Kim, J. K., & Park, S. K. (2013). Awareness of injury prevention and characteristics of injuries in different age female soccer players. *Kinesiology*, 15(3), 131-142.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2004). Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 86(8), 1601-1608
- Jeong, I. S., Oh, C. H., & Lee, D. J. (2012). A kinetic analysis on the results of athletically children' vertical jumping performance. *Journal of Korean Society for the Study of Physical Education*, 17(2), 111-120.
- Kernozek, T. W., & Ragan, R. J. (2008). Estimation of anterior cruciate ligament tension from inverse dynamics data and electromyography in females during drop landing. *Clinical Biomechanics*, 23(10), 1279-1286.
- Kim, S. D., Jung, S. Y., & Jung, K. Y. (2010). Fall-down injuries in children in treated at the emergency department: preventable aspects. *The Korean Society of Traumatology*, 23(2), 96-101
- Kim, Y. S., & Lee, M. S. (2012). Psychosocial and family environmental characteristics of sport talented children comparison with non sport talented children. *Journal of Korean Physi*cal Education Association for Girls and Women, 26(1), 53-65
- Lee, B. K. (2012). Physical growth: Variable of physique and physical fitness correlation according to bone age and chronological age in athletically gifted children. *The Korean Societyof Growth & Development*, 20(3), 133-139.
- Lee, H. T., Um, S. H., & Cho, D. Y. (2004). Effects of regular exercise on health-related physical fitness and physical self-concept. *Korean Journal of Sport Psychology*, 15(2), 115-128.
- Lee, M. S., Eo, S. J., & Park, C. Y. (2012). Comparison of physique and physical fitness in sports talent children with TES program. *Journal of the Korean Data and Information Science Society*, 23(2), 309-315.
- Lee, M. S., & Kim, T. S. (2013). The evaluation of exercise capacity through mechanical analysis of standing long jump in sports talent. *Journal of Korean Physical Education Association* for Girls and Women, 27(2), 183-197.
- Lephart, S. M., Ferris, C. M., Riemann, B. L., Myers, J. B., & Fu, F. H. (2002). Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 401, 162-169.
- Lyle, M. A., Valero-Cuevas, F. J., Gregor, R. J., & Powers, C. M. (2014). Control of dynamic foot-ground interactions in male

- and female soccer athletes: Females exhibit reduced dexterity and higher limb stiffness during landing. *Journal of Biomechanics*, 47(2), 512-517.
- McMahon, T. A., & Cheng, G. C. (1990). The mechanics of running: how does stiffness couple with speed?. *Journal of Biomechanics*, 23(suppl1), 65-78.
- Park, T. S. & Shim, J. H. (2004). A study on how ball sports program affects development of fundamental motor ability in preschool children. *Journal of Physical Growth and Motor Development*, 12(2), 107-119.
- Rye, Y. J., Baek, Y. H., & Shin, S. K. (2012). An analysis of the somatotype characteristic selected sports talent in elementary school boys and girls. *Teacher Education Research*, 51(3), 379-389.
- Ryew, C. C., Yang, M. H., Kim, D. J., Roh, D. J., & Hyun, S. H. (2012). The effects of exercise program on physical fitness and physique with performance in the sports talented. *Journal of Marine Sport Studies*, 2(1), 53-63.
- Seegmiller, J. G., & McCaw, S. T. (2003). Ground reaction forces among gymnasts and recreational athletes in drop landings. *Journal of Athletic Training*, 38(4), 311-314.
- Schmitz, R. J., Kulas, A. S., Perrin, D. H., Riemann, B. L., & Shultz, S. J. (2007). Sex differences in lower extremity biomechanics during single leg landings. *Clinical Biomechanics*, 22(6), 681-688.
- Shultz, S. J., Perrin, D. H., Adams, J. M., Arnold, B. L., Gansneder, B. M., & Granata, K. P. (2000). Assessment of neuromuscular response characteristics at the knee following a functional perturbation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(3), 159-170.
- Shultz, S. J., Schmitz, R. J., Nguyen, A. D., & Levine, B. J. (2010). Joint laxity is related to lower extremity energetics during a drop jump landing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(4), 771-780.
- Sigward, S. M., Pollard, C. D., & Powers, C. M. (2012). The influence of sex and maturation on landing biomechanics: impli-

- cations for anterior cruciate ligament injury. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 22(4), 502-509.
- Um, J. S. (2004). An influence of growth & development for preschooler's sports program. Korean Sport Research, 15(5), 2225-2230.
- Williams, D. S., McClay, I. S., Scholz, J. P., Buchanan, T. S., & Hamill, J. (2003). Lower extremity stiffness in runners with different foot types. *Gait and Posture*, In press.
- Williams, D. S., McClay, I. S., & Hamill, J. (2001). Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical Biomechanics*, 16(4), 341-347.
- Withrow, T. J., Huston, L. J., Wojtys, E. M., & Ashton-Miller, J. A. (2008). Effect of varying hamstring tension on anterior cruciate ligament strain during in vitro impulsive knee flexion and compression loading. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 90(4), 815-823.
- Yang, G. S. (2011). Sports field: physical education, nurturing of sports talented. Korea Institute of Sport Science, 115, 64-69.
- Yeow, C. H., Lee, P. V. S., & Goh, J. C. H. (2010). Sagittal knee joint kinematics and energetics in response to different landing heights and techniques. *The Knee*, 17(2), 127-131.
- Yeow, C. H., Lee, P. V. S., & Goh, J. C. H. (2011). An investigation of lower extremity energy dissipation strategies during single-leg and double-leg landing based on sagittal and frontal plane biomechanics. *Human Movement Science*, 30(3), 624-635.
- Yi, K. O., Kim, K. S., Won, H. J., Park, S. H., Kim, D. Y., & Kwon, B. Y. (2013). The correlation between physical fitness and creativity in gifted youth athletes. *Journal of Korean Physi*cal Education Association for Girls and Women, 27(2), 97-108
- Zebis, M. K., Bencke, J., Andersen, L. L., Døssing, S., Alkjær, T., Magnusson, S. P., Kjær, M., & Aagaard, P. (2008). The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidecutting in female elite soccer and handball players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(4), 329-337.