

유소년의 수직점프 시 연령과 성별에 따른 운동역학적 분석 연구*

김미선¹ · 이승훈^{2**}

한국스포츠정책과학원 분석연구원¹ · 가톨릭관동대학교 교수²

Kinematic Analysis According to Age and Gender During Vertical Jump in Youth

Kim Mi-Sun¹ · Lee Seung-Hun^{2**}

Korea Institute of Sport Science¹ · Catholic Kwandong University²

Abstract

The purpose of this study was to investigate the ground reaction force characteristics according to age and gender of youth during vertical jumps. 65 youth participated in this study. Participants were asked to perform three vertical jumps. One force plate were used to measure kinematic data. Sampling was set to 1000Hz. Ground reaction force kinematic variables include time variables (duration of major negative impulse, duration of major positive impulse, duration from minimum to maximum force, duration from maximum force to takeoff, duration of takeoff phase, flying time), and force variables (peak negative force, peak positive force, landing force), and impulse variables (negative impulse, positive impulse) were calculated using the python program. Two-way ANOVA was performed to verify differences in kinematic variables. In the time variable, Duration of major negative impulse showed a significant effect for the age, and Duration from minimum to maximum force showed a significant effect on gender. In force variables, peak negative force, peak positive force, and landing force all showed significant effects for the age, but only peak negative force and peak positive force showed significant effects on gender. In the impulse variable, negative impulse showed significant effects for both age and gender. In older grades, it is believed that there is a need to strengthen lower limb muscles due to the significant energy loss that occurs in the process of converting elastic energy into kinetic energy. It is believed that lower grades will need exercises to increase lower extremity joint movement, joint stability, and proprioception.

Key words : Vertical jump, Exercise Performance Abilities, impulse, force plate

* 본 연구는 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다. (2022RIS-005)

** shlee8283@cku.ac.kr

I. 서론

유소년기부터 선진 국가에서는 스포츠 참여를 통해 각 종목에 필요한 근력과 기능을 발달시켜 엘리트로 양성하는데 많은 관심을 가지고 있다(이준희, 김옥자, 조영희, 2016). 또한, 신체적·정신적으로 급격하게 변화하는 시기로 각 스포츠 종목에 맞는 체력을 발달시키는 것이 장래 운동수행능력(Exercise Performance Abilities)과 관계가 있다(이경석, 2008). 특히, 발육 발달 속도와 패턴, 체력 등 개인차가 있어 청소년뿐만 아니라 적정 연령과 시기에 맞는 과학적 트레이닝이 필요하다는 의견이 많다(Cumming et al., 2008; Malina et al., 2004; Vidal-Linhares et al., 2010; Katzmarzyk, Malina, & Beunen, 1997; 윤균상 등, 2013).

점프는 신체의 근력에 의해 만들어진 힘이 지면에 작용하여 발생하는 반작용력을 활용해 신체를 공중에 띄우는 동작으로(권선옥 & 이기광, 2004), 크게 구르기(take off), 공중기(flight), 착지기(landing)로 나뉜다. 그중에서도 수직 점프는 순발력과 체력(skill-related physical fitness) 측정의 기본이 되는 동작이다(Davis, Briscoe, Markowski, Saville, & Taylor, 2003; Hertogh & Hue, 2002; 권선옥 & 이기광, 2004). 이뿐만 아니라, 하지의 최대 수행 능력을 객관적으로 관찰할 수 있으며(Aragon-Vargas & Gross, 1997), 하지 근 파워와 가장 높은 상관관계를 가지고 있다(Markovic, Dizdar, Jukie, & Cardinate, 2004; Sipila et al., 2004). 이러한 이유로 점프는 인간발달과정에서 중요한 기본동작으로 뽑히며(Adrian & Cooper, 1989), 여러 스포츠에서 체력테스트를 진행할 때 많이 활용되고 있다.

수직점프에 대한 기존 연구는 대부분 동작 시 어떠한 요인에 의해 높이가 결정되는지를 알아보기 위해 진행되었다. Genuario과 Dolgener(1980) 그리고 Tomika 등(2001)은 수직점프가 일반적으로 근력에 의해 영향을 많이 받을 것으로 생각했으나 연구에 의하면 점프

수행력과 중간 정도의 상관성이 있다고 보고하였다. Dowling & Vamos(1993)는 수직점프 동작 시 운동역학적 요소와 시간적 요소를 분석하였고, 수직점프 높이에 영향을 가장 많이 주는 요인은 충격량(impulse)과 파워라고 보고하였다. Aragon-Vargas 등(1997)은 최대 근력이 점프력과 상관성을 보였지만 크지 않는 반면 관절 모멘트와 파워가 높은 상관성을 보였다고 보고하였고, 협응에 대한 영향은 미치지 않았다고 하였다. Chung(2006)은 높고 안정적인 수직점프를 하기 위해서는 구르기 동작에서 충격량에 의해 결정된다고 보고하였다. Hudson(1986)은 단순히 수직점프 높이를 극대화하기 위해서는 지면으로 가하는 힘을 크게 하고, 준비동작에서 무릎 각도를 90°보다 더 굽히는 것이 좋다고 보고하였다. 이렇듯 순간적으로 신체를 이동하기 위해서는 동작 이전에 목표로 하는 운동 방향과 반대 방향으로 움직이는 반동(countermovement)이 나타난다(Bobbert, Karin, Gerritsen, Litjens & Van Soest, 1996; 김용운, 2005). 그리고 수직점프 후 착지는 중력의 영향을 많이 받는 동작으로(Kim, Koh & Cho, 2012), 착지 시 자신의 체중에 2배에서 7배 이상 충격력이 발생된다(Mizrahi & Susak, 1982; Gross & Nelson, 1988; Kellis & Kouvelioti, 2009). 위 내용을 토대로 볼 때, 수직점프의 수행력은 운동학·운동역학적 요인 등에 의해 좌우되며, 그중에서 운동역학적 변인으로 지면반력, 충격량 등을 통해 이를 확인할 수 있다. 이처럼 지면반력을 사용한 연구들이 이루어졌지만 유소년을 대상으로 한 연구는 미비한 실정이며, 일반적으로 측정하는 점프 높이(jump height)와 최대 파워(peak power)는 폭발적인 수행 상태를 구성하는 메커니즘을 통찰하는데 충분하지 않을 수 있다(Mizuguchi, 2012).

따라서 본 연구에서는 지면반력기를 이용하여 수직점프 시 유소년들의 연령과 성별에 따른 지면반력의 크기와 특성을 확인하고, 운동역학적인 변인을 통해 유소년들의 수직점프 시 기술의 발달 경향을 알아보

는 데 목적이 있다. 나아가 움직임에 대한 교육에 응용될 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 강원 소재 ○○초등학교 저학년 33명(남 18명, 여 15명), 고학년 32명(남 18명, 여 14명) 총 65명을 대상으로 진행하였다<표 1>. 이들은 1년 이내 하지 수술 경험 및 부상 경험이 없고, 하지 근·골격계 통증이 없는 대상으로 선정하였다. 연구 기간은 2023년 1월 저학년(LG)과 고학년(HG) 학생들을 대상으로 실험에 참여 동의를 받아 진행되었고, 가장 많은 인원 참여가 가능한 날을 골라 하루 동안 측정을 실시하였다.

2. 측정도구 및 절차

모든 실험 대상자는 보호자와 함께 연구 내용을 듣고, 자발적 동의 후 진행하였다. 대상자는 개인 운동

표 1. 연구대상자의 특성

(n=65)

Classification			weight(kg)	Age(yr)
저학년 (LG)	남	18	30.72±5.48	8.00±0.00
	여	15	29.52±6.75	8.00±0.00
고학년 (HG)	남	18	53.15±13.67	12.00±0.00
	여	14	50.38±8.29	12.00±0.00

화를 착용하고, 준비운동 후 3회의 수직점프 동작을 수행하였고, 점프 후 지면반력기를 벗어나지 않고 착지한 동작만 연구 분석에 사용하였다. 장비는 1대의 지면반력기(Kistler, Sweden)를 이용하였고, 샘플링은 1000Hz로 설정하여 진행하였다. 측정 장비를 통해 얻는 데이터는 Qualisys Track Manager (Qualisys, Sweden)에 의해 동기화 및 저장되어 원자료(row data)를 획득하였다.

3. 운동역학적 변인

지면반력기를 사용해 얻는 운동역학적 변인들은 Python 프로그램을 사용해 산출하였고, 시점과 구간은 다음과 같다(그림 1). 수직점프가 시작되는 순간(The initiation of the countermovement [E1]), 최소 힘 값

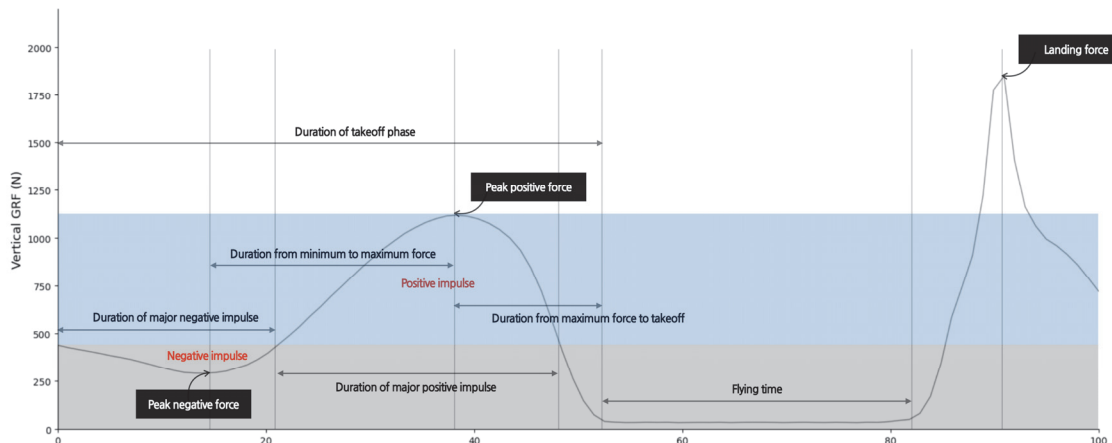


그림 1. 힘-시간 그래프에서의 수직점프 운동역학적 변인

(Peak negative force [E2]), 힘이 체중으로 돌아가고 최고 음의 속도에 도달한 순간(Force returns to body weight and peak negative velocity is reached [E3]), 최대 힘 값(Peak positive force [E4]), 힘이 체중으로 돌아가고 최고 양의 속도에 도달한 순간(Force returns to body weight and peak positive velocity is reached [E5]), 발이 지면에서 떨어진 순간(Take-off [E6]), 점프 후 발이 지면에 닿는 순간(Landing [E7])으로 설정하였다 (Mizuguchi, 2012). 또한, 수직점프 동작이 시작되는 순간부터 실제 자신의 체중보다 적게 지면에 가하는 힘을 내는 시간(Duration of major negative impulse; 음 충격 시간 [P1]), 수직 점프 동작 시 실제 자신의 체중보다 많은 힘을 지면에 가하는 시간(Duration of major positive impulse; 양 충격 시간 [P2]), 최소 힘 값

에서 최대 힘 값까지의 시간(Duration from minimum to maximum force; 최소 힘 - 최대 힘 시간 [P3]), 최대 힘 값에서 발이 지면에서 떨어진 시간(Duration from maximum force to takeoff; 최대 힘 - 이륙시간 [P4]), 수직점프가 시작되는 순간부터 발이 지면에 떨어진 순간(Duration of takeoff phase; 전체 이륙시간 [P5]), 발이 지면에서 떨어진 후 다시 지면에 닿는 시간(Flying time; 체공시간 [P6])으로 구간을 설정하여 분석하였다.

운동역학적 변인으로는 음 충격 시간 동안 가해진 충격의 누적된 힘인 음 충격량(Negative impulse)과 양 충격 시간 동안 가해진 충격의 누적된 힘인 양 충격량(Positive impulse)을 분석하였다.

표 2. 연령과 성별에 따른 시간적 요인 분석 결과

unit: s

		LG	HG	Total		F	p	post-hoc
Duration of major negative impulse	M	0.030±0.004	0.035±0.007	0.032±0.006	age	179.125	.047*	
	F	0.029±0.005	0.035±0.005	0.032±0.006	gender	1.234	.467	LG<HG
	T	0.030±0.005	0.035±0.006	0.032±0.006	age*gender	.075	.786	
Duration of major positive impulse	M	0.045±0.012	0.051±0.14	0.048±0.013	age	15.163	.160	
	F	0.036±0.007	0.040±0.007	0.038±0.007	gender	51.156	.088	
	T	0.041±0.011	0.047±0.013	0.044±0.012	age*gender	.276	.599	
Duration from minimum to maximum force	M	0.046±0.015	0.047±0.014	0.047±0.015	age	4.817	.272	
	F	0.031±0.009	0.034±0.006	0.033±0.008	gender	225.867	.042*	M>F
	T	0.039±0.015	0.042±0.013	0.041±0.014	age*gender	.092	.001	
Duration from maximum force to takeoff	M	0.016±0.004	0.024±0.011	0.020±0.009	age	3.839	.300	
	F	0.020±0.005	0.023±0.005	0.021±0.005	gender	.317	.674	
	T	0.018±0.005	0.023±0.009	0.021±0.008	age*gender	1.873	.176	
Duration of takeoff phase	M	0.078±0.013	0.091±0.018	0.085±0.017	age	117.556	.059	
	F	0.069±0.011	0.079±0.010	0.074±0.012	gender	102.214	.063	
	T	0.074±0.013	0.086±0.016	0.080±0.016	age*gender	.096	.757	
Flying time	M	0.043±0.004	0.049±0.007	0.046±0.006	age	10.206	.193	
	F	0.043±0.006	0.046±0.005	0.045±0.005	gender	.687	.559	
	T	0.043±0.005	0.048±0.006	0.045±0.006	age*gender	1.328	.254	

* $p<.05$, M: Male, F: Female, T: Total, LG: Lower grades students, HG: High grades students

4. 자료수집 및 분석 방법

연령과 성별에 따른 지면반력 운동역학적 변인의 차이를 검증하기 위해 이원 변량분석(Two-way ANOVA)을 실시하였고, 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 결과

1. 시간적 요인

연령과 성별에 따른 시간적 요인(음 충격 시간, 양 충격 시간, 최소 힘 - 최대 힘 시간, 최대 힘 - 이륙 시간, 체공시간, 전체 이륙시간)을 선정하여 측정한 결과는 다음과 같다<표 2>.

음 충격 시간(Duration of major negative impulse)은 고학년이 저학년보다 통계적으로 유의하게 수직점프 동작 시 지면에 가하는 힘을 충분히 얻기 위해 긴 시간을 쓰는 것으로 나타났지만($p < .05$), 성별에 따라서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 양 충격 시간(Duration of major positive impulse)은 연령과 성별 모두 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 최

소 힘-최대 힘 시간(Duration from minimum to maximum force)은 연령에 따라서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 남자아이가 여자아이보다 반동을 주기 위해 최소 힘에서 최대 힘으로 전환 되는 소요 시간이 긴 것으로 나타났다($p < .05$). 최대 힘-이륙시간(Duration from maximum force to takeoff)은 연령과 성별 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 전체 이륙시간(Duration of takeoff phase)은 연령과 성별 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 체공시간(Flying time)은 연령과 성별 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, 음 충격 시간, 양 충격 시간, 최소 힘 - 최대 힘 시간, 최대 힘 - 이륙시간, 체공시간, 전체이륙시간 모두 연령과 성별 사이에 상호작용 효과는 존재하지 않는 것으로 나타났다.

2. 힘 요인

연령과 성별에 따른 힘 요인(최대 힘, 최소 힘, 착지 힘)을 선정하여 측정한 결과는 다음과 같다<표 3>.

반동을 주기 위해 몸을 낮추어 발생하는 가속도의 크기를 의미하는 최소 힘(Peak negative force)은 저학년이 고학년보다 통계적으로 유의하게 크게 나타나는

표 3. 연령과 성별에 따른 힘 요인 분석 결과

unit: N/kg

		LG	HG	Total		F	p	post-hoc
Peak negative force	M	0.505±0.130	0.455±0.158	0.479±0.145	age	19133.260	.005*	LG>HG M>F
	F	0.459±0.080	0.409±0.115	0.435±0.100	gender	16317.204	.005*	
	T	0.484±0.111	0.436±0.141	0.460±0.128	age*gender	.000	.991	
Peak positive force	M	2.265±0.210	2.187±0.262	2.225±0.238	age	215.141	.043*	LG>HG M<F
	F	2.437±0.300	2.347±0.272	2.393±0.285	gender	832.752	.022*	
	T	2.343±0.265	2.254±0.274	2.299±0.271	age*gender	.008	.929	
Landing force	M	6.035±1.086	4.943±0.885	5.475±1.120	age	207.534	.044*	LG>HG
	F	5.467±1.311	4.212±0.815	4.861±1.255	gender	63.678	.079	
	T	5.777±1.209	4.633±0.920	5.205±1.212	age*gender	1.00	.753	

표 4. 연령과 성별에 따른 충격량 요인 분석 결과

unit: N/kg · s

		LG	HG	Total		F	p	post-hoc
Negative impulse	M	0.761±0.184	0.979±0.330	0.873±0.287	age	85157.911	.002*	LG<HG M<F
	F	0.803±0.145	1.020±0.205	0.908±0.205	gender	3060.081	.012*	
	T	0.780±0.166	0.997±0.281	0.889±0.253	age*gender	.000	.990	
Positive impulse	M	2.871±0.318	3.395±0.489	3.140±0.487	age	46.527	.093	
	F	2.859±0.406	3.248±0.319	3.047±0.411	gender	1.415	.445	
	T	2.866±0.355	3.333±0.425	3.099±0.455	age*gender	.468	.497	

* $p<.05$, M: Male, F: Female, T: Total, LG: Lower grades students, HG: Hight grades students

것을 확인하였고($p<.05$), 남자아이가 여자아이보다 유의하게 크게 나타났다($p<.05$). 점프 동작을 위한 근력의 크기를 의미하는 최대 힘(Peak positive force)은 저학년이 고학년보다 통계적으로 유의하게 크게 나타났다($p<.05$), 남자아이보다 여자아이가 유의하게 크게 나타났다($p<.05$). 착지 힘(Landing force)은 저학년이 고학년에 비해 통계적으로 유의하게 크게 나타났지만($p<.05$), 성별에 따라서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, 최대 힘, 최소 힘, 착지 힘 모두 연령과 성별 사이에 상호작용 효과는 존재하지 않는 것으로 나타났다.

3. 충격량 요인

연령과 성별에 따른 충격량 요인(음 충격량, 양 충격량)을 선정하여 측정한 결과는 다음과 같다<표 4>.

음 충격량(Negative impulse)은 저학년보다 고학년이 통계적으로 유의하게 큰 음 충격량을 나타내었고($p<.05$), 남자아이보다 여자아이가 유의하게 큰 음 충격량을 나타내었다($p<.05$). 양 충격량(Positive impulse)은 연령과 성별 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한, 음 충격량과 양 충격량 모두 연령과 성별 사이에 상호작용 효과는 존재하지 않는 것으로 나타났다.

IV. 논의

유소년기는 신체적으로 급변하는 시기로 이 시기에 체력과 운동수행 능력은 연령 및 성별에 따른 차이가 있을 수 있다. 이런 부분을 확인하기 위해 본 연구는 연령과 성별에 따른 수직점프 동작 시 시간, 힘, 충격량 요인을 살펴보고, 그에 대한 결과를 토대로 다음과 같이 논의하고자 한다.

반동을 동반한 수직점프는 근육의 활성화를 조절하는 신경근 기능과 관련이 있고, 높은 도약을 위해서는 하지근력과 폭발적인 근수축이 요구된다(김용운, 2020). 또한, 신전반사(stretch reflex)와 힘줄에 저장되는 탄성에너지(elastic energy)를 활용해 폭발적 파워를 생산하는 신전 단축 주기(stretch shortening cycle)의 통제력을 보여준다(이효철 & 손희정, 2020; Cormie, McGuigan, Newton, 2011; 손희정, 강성우, 김대호, 2020). 그러나 유소년기 남년의 신체적 발달에 있어 남자보다 여자가 성장 급등(growth spurt)이 약 2년 정도 빠르다는 특징을 가지고 있다(정화연, 김경아, 서미아, 2007). 본 연구 결과를 살펴보면, 수직점프 동작 중 충분한 힘을 얻기 위해 몸을 낮추어 자신의 체중보다 적게 지면에 힘을 가하는 준비동작(반동을 만들어 내는 동작)에서 고학년이 저학년보다 통계적으로 유의하게 음 충격 시간이 길고, 음 충격량은 크며, 최

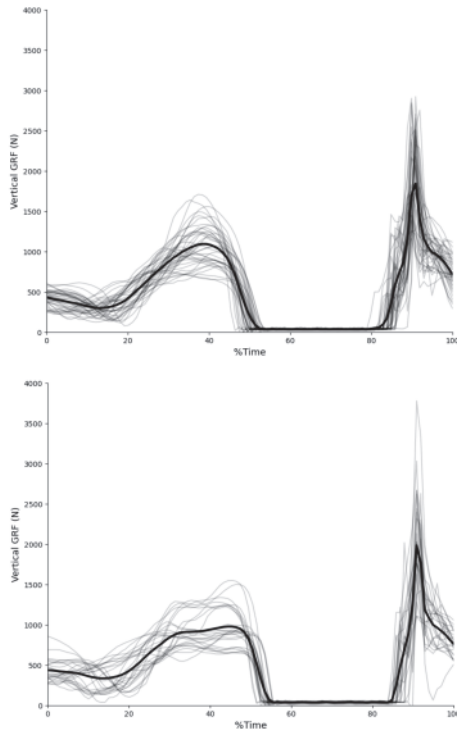


그림 2. GRF-time 데이터 수집 후 누적된 단일 피크(single peak) 및 이중 피크(double peak) 그래프

소 힘은 작은 것으로 나타났다($p<0.05$). 이러한 결과는 수직점프 시 준비동작에서 고학년이 저학년에 비해 반동을 활용해 점프를 시도하는 것이라 판단된다. 또한, 남자보다 여자가 통계적으로 유의하게 음 충격량은 크지만, 최소 힘은 작고, 최소 힘 - 최대 힘 시간은 짧았던 것으로 나타났다($p<0.05$). 이는 여자가 남자보다 반동을 이용해 지면에 가하는 힘을 빠르게 전달시켜 점프를 시도하는 것으로 판단된다. 이는 초등학교의 수직점프는 준비동작에서 무릎을 구부려 반동을 이용해야 한다는 정익수 등(2012)의 연구를 뒷받침하는 결과로 볼 수 있다.

그러나 지면을 밀어내어 공중 동작을 만들어내는 본 동작에서의 최대 힘이 저학년에 비해 고학년에 적었던 것으로 나타났다($p<0.05$), 남자보다 여자가 크게 나타났다($p<0.05$). 최대 힘은 점프 동작을 수행하는 데 사

용되는 근육의 크기를 의미한다(권선옥, 이기광, 2004). 따라서, 고학년이 저학년에 비해 근육의 크기가 작았고 남자가 여자보다 근육의 크기가 작았다고 할 수 있다.

하지만 본 동작에서 흥미로운 것은 수직점프 시 GRF-time 곡선 패턴이 단일 피크(single peak)와 이중 피크(double peak)로 나누어진다는 것이다(그림 2). 이중 피크는 점프 동작 중 근육의 신전과 단축 사이에 일시적으로 움직임이 정지한 것으로(Rousanoglou & Boudolos, 2006), 근육이 신장하는 과정에서 얻어지는 탄성 에너지 일부가 단축 동안 운동에너지로 변환되지 않아 기계적 에너지의 손실로 이어지는 것을 의미한다(Cavagna, 1977). 이러한 이중 피크 동작이 고학년은 16명, 저학년은 9명에게 나타났고, 남자는 19명, 여자는 6명에게 나타났다. 또한, 고학년 중에 남자는 11명, 저학년 중에 남자는 8명에게 나타났다. 고학년의 경우 제2 발목 급진기가 시작되어 신체적 성장이 빠르게 변화하는 시기(이종렬 & 박천만, 2004), 특히 남자는 일반적으로 12세 경에 시작된다(정화연, 김경아, 서미아, 2007). 이런 신장 및 체중의 급격한 변화로 점프 동작 시 신체 제어 능력에 부정적 영향을 미쳤을 가능성이 있을 것으로 생각된다. 따라서, 신체 근육을 활용해 반작용력을 발현시키는 데 필요한 하지근력은 저학년에 비해 성장이 급변하는 고학년 남자에 더 필요한 상태라고 사료된다.

점프 후 지면과 발이 접촉하면서 발생하는 착지 힘은 신체에 가해지는 부하와 충격량에 밀접한 관계가 있고, 근 골격 상해에도 영향을 준다(Kim, Cho, & Lee, 2009). 따라서 착지 동작에서 하지 전체에 전달되는 힘을 분산시키기 위해서는 효율적인 하지관절 움직임이 필요하다(Yeow et al., 2011). 본 연구 결과를 살펴보면, 저학년에 비해 고학년이 착지 힘이 큰 것으로 나타났다($p<0.05$). 이러한 결과는 고학년이 저학년에 비해 부상이 나타날 확률이 높을 수 있다는 것을 시사한다. 또한, 저학년의 하지관절 움직임이 제대로 수행되지 못해 충격 분산이 적절하게 이루어지지 못했던

것으로 판단되며, 이러한 동작이 반복적으로 이루어질 경우에 부상으로 이어질 수 있기 때문에 자세에 대한 교정이 필요할 것으로 판단된다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 유소년을 대상으로 수직점프 동작 시 연령과 성별에 따른 운동역학적 차이에 따른 지면반력에 대한 차이를 확인하였다. 연구 결과 고학년은 수직점프 시 하지관절의 움직임을 사용해 반동을 만들어 점프와 착지를 하지만, 탄성에너지를 운동에너지로 변환하는 과정에서 일어나는 에너지 손실이 크게 나타나 하지근력을 강화할 필요가 있을 것으로 사료된다. 특히나, 성장 급증이 일어나는 유소년 고학년 남자의 경우 근력 강화에 대한 부분을 더 고려해야 할 것으로 판단된다. 저학년은 수직점프 시 근력을 이용해 운동에너지를 만들어내는 것에는 어려움이 없지만, 하지관절의 움직임을 활용해 준비동작에서 반동을 만들고 착지 동작에서 충격을 분산시키는 것에는 어려움이 있어 하지관절 움직임과 관절의 안정성 및 고유수용 감각을 높이는 운동이 필요할 것으로 판단된다. 근 골격계의 성장이 중요한 유소년기에는 보다 안전한 점프를 구사하기 위한 교육이 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- 권선옥, 이기광. (2004). 수직점프 시 연령에 따른 남녀 유아들의 지면반력에 관한 연구. **한국체육교육학회지**, 9(2), 251-260.
- 김용운(2005). **사전 동작의 형태가 스플릿 스텝을 통한 신체 이동에 미치는 영향**. 미간행 박사 학위논문, 서울대학교 대학원.
- 김용운(2020). 수직 반동점프시 아동과 성인의 수행 특성의 역학 적 비교. **한국체육학회지**, 59(1), 313-323.
- 손희정, 강성우, 김대호. (2020). 엘리트 청소년 축구 선수들의 기능적 움직임 평가 점수에 따른 운동수행능력의 차이. **한국체육학회지**, 59(5), 389-400.
- 윤군상, 전익성, 곽현미, 김정훈, 전찬복, 김정기, 이한준(2013). 12주 코어 안정화 운동프로그램이 중학교 축구 선수들의 체력 및 경기기술에 미치는 영향. **코칭능력개발원**, 15(3), 205-213.
- 이경석(2008). **초등학생의 조정력 발달 경향 분석**. 미간행 석사학위논문, 진주대학교 교육 대학원.
- 이종렬, 박천만. (2004). 초등학교 아동의 비만 실태 및 관련요인: 대구시 일 초등학교 고학년을 중심으로. **보건교육건강증진학회지**, 21(2), 35-54.
- 이준희, 김옥자, 조영희. (2016). 코디네이션 트레이닝이 유소년 축구선수들의 기술체력과 기술수행력에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 25(4), 1325-1335.
- 이효철, 손희정. (2020). 청소년 축구선수들의 하지근력 불균형이 수직 반동점프 수행능력과 동적 평형성에 미치는 영향. **코칭능력개발지**, 22(3), 107-118.
- 정익수, 오정환, 이동진. (2012). 초등체육영재의 수직점프 수행 결과에 대한 운동역학적 분석. **한국체육교육학회지**, 17(2), 111-120.
- 정화연, 김경아, 서미아. (2007). 사춘기 남녀 청소년의 인체 특징에 관한 비교: 만10~14세를 중심으로. **복식문화연구**, 15(1), 37-57.
- Adrian, M. J., & Cooper, J. M. (1989). The biomechanics of human movement. Indiana : Benchmark Press.
- Aragon-Vargas, L. F., & Gross, M. M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences within individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(1), 45-65.
- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height?.

- Medicine and science in sports and exercise*, 28, 1402-1412.
- Cavagna, G. A. (1977). Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscles. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 5, 89-129.
- Chung, H. J. (2006). Sport Biomechanical Analysis Under Heel Height Difference of Shoe on the Foot Jump landing of Korean Dance. Unpublished Doctoral Dissertation, Graduate School of Chonbuk National University.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1-biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17-38.
- Cumming, S. P., Standage, M., Gillison, F., & Malina, R. M. (2008). Sex differences in exercise behavior during adolescence: is biological maturation a confounding factor?. *Journal of Adolescent Health*, 42(5), 480-485.
- Davis, D. S., Briscoe, D. A., Markowski, C. T., Saville, S. E., & Taylor, C. J. (2003). Physical characteristics that predict vertical jump performance in recreational male athletes. *Physical Therapy in Sport*, 4(4), 167-174.
- Dowling, J. J., & Vamos, L. (1993). Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 9(4), 95-110.
- Genuario, S. E., & Dolgener, F. A. (1980). The relationship of isokinetic torque at two speeds to the vertical jump. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51(4), 593-598.
- Gross, T. S. & Nelson, R. C. (1988). The shock attenuation role of the ankle during landing from a vertical jump. *Medicine Science in Sports & Exercise*, 20(5), 506-514.
- Hertogh, C. & Hue, O. (2002). Jump evaluation of elite volleyball players using two methods: jump power equations and force platform. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 42(3), 300-303.
- Hudson, J. L. (1986). Coordination of segments in the vertical jump. *Journal of Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(2), 242-251.
- Katzmarzyk, P. T., R. M. Malina, and G. P. Beunen. (1997). The contribution of biological maturation to the strength and motor fitness of children. *Annals of Human Biology*, 24(6), 493-50.
- Kellis, E. & Kouvelioti, V. (2009). Agonist versus antagonist muscle fatigue effects on thigh muscle activity and vertical ground reaction during drop landing. *Journal of Electro-myography and Kinesiology*, 19(1), 55-64.
- Kim, K. H., Cho, J. H. & Lee, S. C. (2009). The Effect of Taping on Lower Extremity during lump Landing in Subjects with functional Ankle Instability. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(2), 265-272.
- Kim, K. H., Koh, Y. C. & Cho, J. H. (2012). The 3-Dimensional Analysis of Knee Movement and Angular Velocity during Landing: Gender Differences and Landing Height. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 49, 909-918.
- Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *European journal of applied physiology*, 91, 555-562.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
- Mizrahi, J., & Susak, Z. (1982). Analysis of parameters affecting impact force attenuation during landing in human vertical free fall. *Engineering in*

- Medicine*, 11(3), 141-147.
- Mizuguchi, S. (2012). Net impulse and net impulse characteristics in vertical jumping (Doctoral dissertation, East Tennessee State University).
- Rousanoglou, E. N., & Boudolos, K. D. (2006). Rhythmic performance during a whole body movement: dynamic analysis of force-time curves. *Human movement science*, 25(3), 393-408.
- Sipilä, S., Koskinen, S. O., Taaffe, D. R., Takala, T. E., Cheng, S., Rantanen, T., Toivanen, J., & Suominen, H. (2004). Determinants of lower-body muscle power in early postmenopausal women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(6), 939-944.
- Tomika, M., Owings, T. M., & Grabiner, M. D. (2001). Lower extremity strength and coordination are independent contributors to maximum vertical jump height. *Journal of Applied Biomechanics*, 17, 181-187.
- Vidal-Linhares, R., Oliveira-Matta, D., Perrout-Lima, J., Barros-Costa, M., & Fernandes-Filho, J. (2010). The relationship between adolescents' dermatoglyphic characteristics and skeletal maturation. *Revista De Saude Publica*, 12(6), 929-937.
- 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.

논문투고일 : 2024. 03. 13.

심사일 : 2024. 03. 27.

게재확정일 : 2024. 04. 11.