KJSB Korean Journal of Sport Biomechanics 2019; 29(2): 53-60
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2019.29.2.53
http://e-kjsb.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

Differences of Smoothness and Coordination of the Fingers and Upper Extremities between Skilled and Non-skilled Players during Receiving the Basketball

농구 패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자 간의 동작의 부드러움과 손가락 및 상지 협응의 차이

Sangheon Park[1], Hee Sung Lim[2], Sukhoon Yoon[3]

[1]Institute of Sport sciences, Korea National Sport University, Seoul, South Korea
[2]Graduate School, Korea National Sport University, Seoul, South Korea
[3]Department of Community Sport, Korea National Sport University, Seoul, South Korea

Received : 09 May 2019
Revised : 22 May 2019
Accepted : 22 May 2019

Corresponding Author
Sukhoon Yoon
Department of Community Sport, Korea National Sport University, 1239, Yangjae, Songpa-gu, Seoul, 05541, South Korea
Tel : +82-2-410-6850
Fax : +82-2-410-6850
Email : sxy134@knsu.ac.kr

Objective: The purpose of this study was to investigate the differences of smoothness and coordination of the fingers and upper extremities between skilled and non-skilled players during receiving the basketball.

Method: Ten male recreational basketball players (age: 23.2±2.7 yrs., career: 8.6±1.6 yrs., height: 177.3±6.0, weight: 72.9±8.5 kg) careering over five years and ten non-skilled males (age: 27.3±1.5 yrs., height: 173.7±5.6, weight: 73.2±12.6 kg) were participated in this study. Then, participants were asked to perform basketball receiving movement for ten times. The receiving movements were recorded by eight infrared cameras (Oqus 300, Qualisys, Sweden). The collected rad data were calculated to duration of basketball receiving, Jerk-Cost, CRP and CRP variability.

Results: The CRP of MCP-Wr, Wr-El in skilled group were greater than non-skilled group (p<.05). The CRP variability of El-Sh in non-skilled group was greater than skilled group (p<.05).

Conclusion: These results suggest that skilled players perform more effective movement for impact absorption from the basketball. Moreover, the skilled players have consistent movement patterns during basketball performance. Lastly, it is important to train finger sensation and cognitive ability of thrown basketball from the passer.

Keywords: Basketball, Receiving, Smoothness, Jerk-Cost, CRP

INTRODUCTION

농구는 전 세계적으로 매우 큰 인기를 끌고 있는 대표적인 구기 종목 중 하나이며, 그 특성에 의해 볼을 동반하지 않은 상태는 물론, 볼을 동반한 상태에서도 빠르고 다이나믹한 움직임을 구사하는 격렬한 스포츠 경기이다. 선수는 경기 중 러닝, 점프, 갑작스러운 방향전환, 정지와 같은 역동적인 움직임을 높은 빈도로 수행하게 되며, 드리블, 슛, 패스와 같은 볼을 이용한 동작 역시 구사하게 된다. 이와 같은 농구의 역동적인 움직임은 접촉성 및 비접촉성 상해를 다수 유발하며, 때문에 선수는 자동적으로 무수한 상해에 노출되게 된다(Erčulj, Blas, Čoh & Bračič, 2009; Gaca, 2009).

농구의 상해는 다수 극렬한 신체의 움직임으로 인해, 많은 상황에서 여러 신체 부위에 발생할 수 있다. 농구는 선행연구를 통해 상해 위험도가 매우 높은 스포츠 군으로 알려져 있는데, 그 절반가량의 상해가 예방 가능함에도 불구하고 매년 약

Copyright © 2019 Korean Journal of Sport Biomechanics
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1조원 이상의 막대한 의료비가 소비될 뿐만 아니라 실제 응급실에서도 가장 많은 방문자를 다룰 정도로 위험도가 높은 스포츠라 보고되었다(Routley & Valuri, 1993). 또한, 스포츠 상해 부위에 관한 선행연구를 통해 농구의 상해는 일반적으로 무릎과 발목에 빈도가 가장 집중되어 있는 것으로 알려져 있으며, 그 상해기전을 밝히기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Arendt & Dick, 1995; Baquie & Brukner, 1997; McKay, Goldie, Payne & Oakes, 2001; Koga et al., 2010). 그러나 볼을 동반한 동작을 다수 포함한 농구의 상해 부위는 발목과 무릎에만 국한되어 있지 않고, 부가적으로 손가락 부위에서 잦은 상해 발생률이 나타나는 것으로 보고되고 있다(Routley & Valuri, 1993; Pappas, Zazulak, Yard & Hewett, 2011). 손가락 상해에 관한 선행연구에서는 볼과 손을 함께 사용하는 농구와 핸드볼, 야구 등과 같은 구기 스포츠가 종목의 특성상 손가락 상해에 크게 노출되어 있다고 보고하였고, 신체접촉에 의한 상해와 볼과의 접촉으로 인한 상해가 그 대표적인 형태라고 제시하였다. 이와 같은 손가락 상해는 그 빈도가 전체 상해 발생 부위 중, 대략 2~3순위에 해당할 정도로 매우 빈번한 상해라고 보고되었다(Yde & Nielsen, 1990; Trojian et al., 2013).

농구 경기 내, 볼과의 접촉으로 인한 손가락 부위의 상해는 대체로 패스를 리시브하는 과정 또는 리바운드를 경합하는 과정에서 손가락 끝 부분이 볼에 가격 당함으로써 발생한다. 이는 망치수지(mallet finger) 혹은 베이스볼 핑거(baseball finger) 상해라 불리며, 상해 발생 시 대게 손가락 신전건에 문제가 발생하게 되어 손가락을 완전히 펴지 못하며, 백조형 기형(volar plate)과 골절 및 연골, 인대의 손상을 입는 등, 결론적으로 선수의 경기력에 지대한 악영향을 미칠 수 있다(Gaca, 2009). 또한, 그 상해가 완전하게 회복되지 못한 채 방치될 경우, 장기적으로 경기력에 부정적인 영향을 불러올 수 있다(Bach, 1999). 그러므로 손가락 상해 발생을 사전에 예방하고, 상해 발생 시 빠르고 바람직한 치료를 하는 것은 선수의 경기력에 크게 영향을 주는 요소이다.

선행연구에 따르면 Oh, Shin과 Bae (2012)는 농구 선수가 수행하고자 하는 동작을 효율적으로 구사하고, 볼을 효과적으로 컨트롤하기 위해서는 손가락과 볼을 섬세하게 다루는 볼 감각이 반드시 필요하다고 하였고, Hreljac (2000)는 숙련자와 비숙련자 간에 동작 수행 시 부드러움을 비교한 연구에서는 숙련자의 동작이 비숙련자의 동작에 비해 더 부드러운 형태를 나타낸다고 보고하였다. 그리고 Hong (2009)은 자극의 속도와 이동거리가 농구 패스에 미치는 영향에 관한 연구에서 물체의 움직임 예측하고, 도착점을 추측할 수 있는 능력과 일차 동작의 수행 직후 곧바로 반응하여 다음동작을 수행할 수 있는 능력 즉, 타이밍(timing)은 성공적으로 경기를 수행하고 개인 능력을 향상시키는 데에 결정적인 요인이라고 하였다. 따라서 선수의 성공적인 동작 수행을 위해서는 뛰어난 손가락 감각을 이용하여 보다 부드러운 동작이 구사되어야 하며 적절한 타이밍에 따라 신체를 움직여 완성도 있는 동작을 수행해야 한다. 하지만 이와 상반되게 볼에 대한 손가락 감각의 불충분으로 인한 동작의 부드러움과 적절한 타이밍의 움직임 부재는 양손의 감각 부족 또는 어색한 움직임에 따른 잘못된 리시브를 야기하여 손가락의 상해를 발생시킬 수 있다(Routley & Valuri, 1993).

현재까지 많은 연구자들이 인간이 움직임을 수행할 때 나타나는 동작의 부드러움과 관절의 타이밍 즉, 협응(coordination)을 정량적으로 표현하기 위하여 다양한 연구를 진행해왔다. Han 등(2006)은 보행과 동작의 부드러움에 관한 연구에서 동작의 부드러움을 판단할 수 있는 변인으로 위치 좌표를 3회 미분하여 얻어진 가속도의 변화율, 저크(Jerk) 값을 사용하였으며, 그 값은 최소저크이론에 따라 부드러움의 정도로 이해될 수 있다고 설명하였다. 또한, Lim 등(2006)은 숙련된 동작은 낮은 저크 값을 가지는 특성을 가지고 있으며, 동작의 끝점에서 나타나는 이 부드러움 값은 숙련도를 평가하는데에도 용이한 값이라 하였다. 또한, Wiegner와 Wierzbicka (1992)는 부드러움을 평가하기 위한 방법으로 저크의 제곱 값을 시간에 대하여 적분한 저크비용함수(JC, Jerk-Cost) 값을 이용하였는데 이 값을 통해 동작의 부드러움을 객관적으로 평가하였다.

동작의 협응을 정량적으로 나타내기 위한 선행연구를 살펴보면, DeLeo, Dierks, Ferber와 Davis (2004)는 하지의 협응과 러닝 동작에 대한 연구에서 관절의 타이밍 값은 각도와 각속도를 묘사한 그래프를 통해 표현될 수 있으며, 이는 연속상대위상(CRP, continuous relative phase)라는 변인으로 측정이 가능하다고 하였다. 이 변인은 Kelso (1995)의 연구를 통해 손가락 움직임에 대한 협응의 상관성이 밝혀지면서 인간의 움직임에 대한 연구에서 계속해서 사용되어지고 있다. Hamill, van Emmerik, Heiderscheit와 Li (1999)는 CRP 값은 통해 동작의 기능적 형태를 파악하고, 관절 움직임의 타이밍과 그 차이를 이해할 수 있다고 보고하였으며, 더불어 계산된 CRP의 값은 상해의 잠재성을 살펴볼 수 있는 수치가 될 수도 있다고 하였다. 이와 같은 맥락으로, Shin (2011)은 CRP 값을 통해 두 분절 혹은 관절의 움직임 방향 및 형태, 즉 동작의 패턴을 이해할 수 있다고 하였다. 또한, Bartlett (2008)는 동작의 가변성(variability)에 관한 연구에서 CRP의 표준편차(standard deviation) 값은 동작의 가변성을 나타내며 고난이도 기술일수록 패턴이 한정되어 그 동작의 편차, 즉 CRP의 표준편차 값이 작다고 하였다.

앞서 제시된 바와 같이 수많은 연구자들이 선수들의 경기력을 향상시키고, 상해를 예방하기 위하여 끊임없이 노력하고 있다. 그러나 현재까지의 연구들은 기술을 구사하는 수행 선수(performer)의 동작에 대한 숙련도 그리고 하지 관절의 상해에 대한 연구가 대부분이며, 때문에 농구 경기 시 잦은 빈도로 발생하는 손가락 상해에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라

서 본 연구의 목적은 농구 패스 리시브 동작 시 숙련자와 비숙련자의 동작의 부드러움과 손가락 및 상지 관절 간의 협응 분석을 통해 그 차이를 밝히고, 궁극적으로 볼에 접촉에 의한 손가락 상해를 예방하는데 목적이 있다.

METHODS

1. 연구대상자

본 연구의 연구대상자는 현재 서울시 대표 생활체육 농구 선수로 활동 중인, 경력 5년 이상의 생활체육 농구 선수 10명(age: 23.2±2.7 yrs., career: 8.6±1.6 yrs., height: 177.3±6.0 cm, weight: 72.9±8.5 kg)과 농구대회 출전 경력이 없는 K대학교 학생 10명(age: 27.3±1.5 yrs., height: 173.7±5.6 cm, weight: 73.2±12.6 kg), 총 20명을 대상으로 하였으며 모든 대상자는 6개월 이내 상해를 입지 않은 자로 선정하였다. 실험을 수행하기 이전에 모든 연구대상자에게 본 연구의 목적 및 실험절차에 관한 설명을 충분히 한 후, 실험참여 동의서에 동의한 피험자에 한하여 실험을 진행하였다.

2. 연구방법

본 연구는 패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자의 동작의 부드러움과 손가락 및 상지 관절 간 협응의 차이를 알아보기 위해 패스 리시브 동작을 분석하였다. 각 대상자는 총 14개의 반사 마커를 오른 상지와 몸통에 부착하고(mid-fingertip, mid-distal interphalangeal joint [DIP], mid-proximal interphalangeal joint [PIP], mid-metacarpophalangeal joint [MCP], lateral · medial wrist joint, lateral·medial elbow joint, left · right shoulder joint, left · right iliac crest, 7th cervical vertebrae, xiphoid process, Figure 1), 5 m 거리에서 패서(passer)에 의해 가슴 중앙으로 날아오는 볼을 양 손으로 10회 리시브하였다. 피험자의 동작은 8대의 적외선 카메라(Oqus 300, Qualisys, Sweden)로 촬영하였으며, 이때 촬영속도는 200 Hz로 설정하였다.

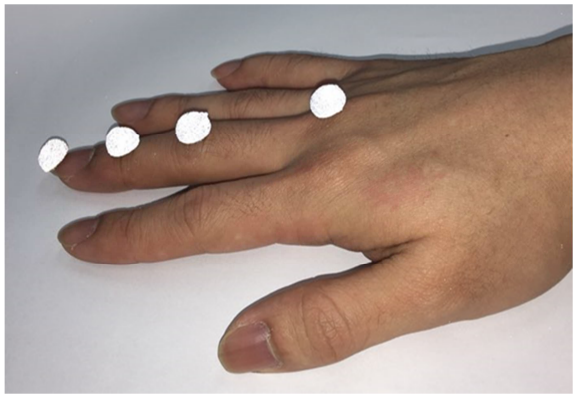

Figure 1. The position of finger markers

3. 자료처리

1) 볼 리시브 시간

패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자 간의 볼 제어 구간의 시간적인 차이를 알아보기 위해 볼이 손끝에 처음 접촉하는 순간부터 완전히 멈추는 순간까지의 시간을 측정하였다.

2) 저크비용함수(JC, Jerk-Cost 단위: m^2s^{-5})

패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자의 부드러움 정도를 분석하기 위하여 상지의 분절 중 가장 말단에 위치한 피험자의 중지 손끝에서 얻어진 위치 데이터 값을 시간에 대하여 3번 미분하여 저크(Jerk) 값을 얻어냈다. 이렇게 얻어진 저크 값은 부드러움의 정량적인 측정을 위해 아래와 같은 공식을 통해 저크-비용함수로 변환되었다(Hreljac, 2000).

$$JC = \int_0^T \left(\frac{d^3r}{dt^3}\right)^2 dt$$

위 공식에서 T는 총 동작의 시간이며, r는 손끝의 위치벡터이다. 모든 저크비용함수의 값은 Matlab R2014a (The Mathworks, USA)를 통하여 분석되었다.

3) 연속상대위상 분석(CRP)

패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자의 손가락 및 상지 관절 간 협응을 분석하기 위해 Qualisys Track Manager (QTM, Qualisys, Sweden)와 Matlab R2014a 프로그램을 사용하여 자료를 처리하였다. 적외선 카메라로 촬영하여, QTM 프로그램으로 얻어진 반사 마커의 3차원 좌표값은 Butterworth 2nd order low-pass filter를 사용해 노이즈를 제거하였으며, 이때 차단 주파수(cut-off frequency)는 10 Hz로 설정하였다(Fradet et al., 2004).

동작의 분석 구간은 패스 리시브 시 손가락 및 상지 관절의 부드러움과 협응을 알아보기 위해 볼이 손끝에 처음 접촉하는 순간부터 완전히 정지하는 순간까지를 분석구간으로 선정하였다. 연속상대위상(CRP, continuous relative phase)을 계산하기 위해 상지, 각 분절(손, 전완, 상완, 몸통)의 3차원 좌표값을 이용하여 패스 리시브 시 관절의 각도(θ)와 각속도(ω)를 계산하였고, 동작 간의 크기와 빈도의 차이를 최소화하기 위해 아래 두

공식을 이용해 -1부터 +1까지 각 동작을 일반화(normalization)하였다(Li, van den Bogert, Caldwell, van Emmerik & Hamill, 1999).

$$\theta_{i,norm} = \frac{2 * [\theta_i - min(\theta_i)]}{\max(\theta_i) - min(\theta_i)} - 1$$

$$\omega_{i,norm} = \omega_i / \max(|\omega|)$$

일반화된 각도와 각속도를 각각 x축(horizontal axis)과 y축(vertical axis)에 정렬하여 데카르트 좌표를 극좌표로 변환하였으며, 이를 이용하여 위상각(Ø)을 구하였다. 이때 계산되어진 위상각은 0° 미만의 -값을 도치하여, 0°부터 180°까지의 값만을 얻어냈다(Miller, Chang, Baird, Van Emmerik & Hamill, 2010). 각 관절에서 얻어진 이 위상각은 인접한 두 관절 간의 협응을 알아보고자 그 값의 차로 연속상대위상을 계산하였다. 손가락의 세 관절 및 손목, 팔꿈치, 어깨 관절 간 협응은 다음과 같이 산출하였다: 중지의 (1) 원위지절간관절-근위지절관절(DIP-PIP), (2) 근위지절관절-중수지절관절(PIP-MCP), (3) 중수지절관절-손목관절(MCP-Wr), (4) 손목관절-팔꿈치 관절(Wr-El), (5) 팔꿈치 관절-어깨 관절(El-Sh).

$$\theta_{CRP_i} = |\emptyset_{1,i} - \emptyset_{2,i}|$$

두 분절의 협응을 알아보기 위해 계산된 연속상대위상의 각도는 0°에 가까울수록 두 분절이 서로 같은 방향으로 움직이는 동조(in-phase), 180°에 가까울수록 서로 다른 방향으로 움직이는 이조(anti-phase)를 의미한다(Shin, 2011). 이때, 패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자에게서 나타나는 동작 간에 가변성을 비교하기 위하여 볼이 손끝에 처음 접촉하는 순간부터 완전히 멈추는 순간까지(0~100%) 각 포인트의 표준편차(SD) 값을 구하였다(Hamill, Haddad & McDermott, 2000).

4. 통계처리

숙련자와 비숙련자의 패스 리시브 동작의 부드러움과 협응의 비교를 위해 독립표본 *t*-test를 실시하였으며, 이때 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

RESULTS

본 연구는 패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자의 동작의 부드러움과 손가락 및 상지 관절 간 협응의 차이를 알아보기 위하여 숙련자와 비숙련자 간의 패스 리시브 동작을 비교 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 볼 리시브 시간

패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자 간의 볼 제어 구간의 시간적인 차이를 알아보기 위해, 볼 리시브 시간을 측정한 결과, 숙련자는 0.16±0.07초, 비숙련자는 0.13±0.04초로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(t=1.241, p=.231).

2. 저크비용함수

패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자의 부드러움 정도를 비교하기 위하여 저크비용함수(JC)를 분석한 결과, 숙련자와 비숙련자, 두 그룹의 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 1).

Table 1. Value of Jerk-Cost (unit: m^2s^{-5})

Jerk-Cost	Mean ± SD	t (p)
Skllled	40993.58±24736.84	-.457 (.653)
Non-skilled	48284.98±43945.88	

*: indicates significant difference (p<.05)

3. 연속상대위상 분석

패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자의 협응 패턴 및 가변성을 살펴보기 위해 인접한 각 관절 간의 연속상대위상(CRP)을 비교 분석한 결과, DIP-PIP, PIP-MCP, El-Sh에 대한 연속상대위상은 숙련자와 비숙련자 간의 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나 MCP-Wr, Wr-El에 대한 연속상대위상은 두 그룹 간의 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 또한, El-Sh에 대한 연속상대위상의 표준편차는 숙련자와 비숙자련자 간의 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<.05, Table 2).

DISCUSSION

본 연구는 패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자의 동작의 부드러움과 손가락 및 상지 관절 간 협응의 차이를 알아보기 위하여 숙련자와 비숙련자 간의 패스 리시브 동작을 비교 분석하였다.

패스 리시브 시 손끝이 볼과 처음 접촉을 하는 순간부터 볼이 완전히 정지되는데 걸리는 리시브 시간은 동작을 수행하는 타이밍의 정확성과 관련이 있다(Hong, Lee & Kim, 2012). 이 타이밍의 정확성은 패스를 하거나 받는 선수가 시공간상의 인식을 통해 얼마나 적절하게 동작에 반응하였는가를 의미하는데, Hubbard와 Seng (1954)의 연구 결과에 따르면 소요 시간이

Table 2. Differences of mean CRP (continuous relative phase) and CRP variability in upper extremity between skilled and non-skilled group (unit: °)

	Skilled	Non-skilled	Skilled	Non-skilled
	CRP (mean ± SD)		CRP variability (mean ± SD)	
DIP-PIP	48.57±20.90	48.71±27.59	37.37±11.95	36.66±15.89
t (*p*)	-.016 (.988)		.112 (.912)	
PIP-MCP	46.76±23.39	54.86±28.87	39.25±13.11	39.76±11.35
t (*p*)	-690 (499)		-.094 (.926)	
MCP-Wr	87.31±10.71	73.24±13.92	44.64±7.65	37.68±11.12
t (*p*)	2.534 (.021)*		1.630 (.121)	
Wr-El	92.99±15.07	77.23±9.70	32.10±10.11	35.68±9.71
t (*p*)	2.782 (.012)*		-.807 (.430)	
El-Sh	80.03±15.91	76.17±10.12	15.74±8.08	25.15±9.97
t (*p*)	.647 (.526)		-2.320 (.032)*	

*: indicates significant difference ($p<.05$)

단축될수록 동작의 정확성이 향상되었으며 이와 같은 동작 수행 시간의 단축은 정보를 처리하고 판단하는 시간을 충분히 확보할 수 있도록 도와주고, 결과적으로 보다 정확한 타이밍의 동작을 수행하도록 해준다고 보고하였다. 이외에도 타이밍과 관련한 선행연구들에서는 동작의 시간, 자극의 시간, 속도 등이 타이밍의 정확성에 영향을 미치는 요인이라 제시하였다(Hong et al., 2012). 그러나 본 연구 결과, 패스 리시브 시 숙련자와 비숙련자 간의 볼 리시브 시간은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 패스 리시브 동작의 시간적인 특성상 어떠한 정보를 처리하고 판단한 후 동작을 수행하기 보다는 손과 볼이 접촉하는 0.13~0.16초의 매우 짧은 찰나의 순간, 손가락과 상지의 고유한 감각만으로 단시간에 동작이 수행되어 숙련도에 따른 차이가 동작에 충분히 반영되지 않았기 때문이라고 생각된다.

다음으로, 저크비용함수(JC)는 동작의 부드러움을 평가하는 정량적인 방법으로써 널리 사용되어져 왔으며 동작의 부드러움 정도가 높을수록 저크비용함수는 낮은 값을 나타낸다고 보고되었다. 이는 최소저크이론(minimum jerk theory)으로 불리어왔으며, 다양한 선행연구를 통해 숙련도에 따른 동작의 부드러움 정도를 정량적으로 평가하는데 사용되어 왔다. 본 연구 결과, 리시브 시 숙련자와 비숙련자 간의 저크비용함수의 크기는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나 숙련자의 손끝에서 발생하는 저크비용함수의 크기는 비숙련자의 저크비용함수 보다 작은 경향을 보였다. 이는 중·장거리 달리기 시 숙련된 육상 선수와 육상 외 타 스포츠 종목의 선수들 간의 부드러움을 비교 분석한 Hreljac (2000)의 연구에서 숙련된 육상 선수가 타 스포츠 종목의 선수에 비해 낮은 저크비용함수 값을 보인 것과 유사한 형태이며 또한, 여성의 오버핸드 던지기 동작 시 부드러움의 정도를 분석한 Yan, Hinrichs, Payne와 Thomas (2000)의 연구에서 숙련도가 높은 여성일수록 숙련도가 낮은 여성에 비해 낮은 저크비용함수 값을 나타낸 것과도 일치하는 결과이다. 따라서 본 연구 결과는 선수의 숙련도가 움직임을 자의적으로 수행할 때(passing)는 물론, 타의에 의하여 움직임이 발생될 때(receiving)의 부드러움에도 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미하며 이러한 차이는 찰나의 순간, 빠른 속도로 날아오는 볼을 손끝으로 접촉할 때 비정상적으로 발생할 수 있는 과도한 충격을 숙련자 본인이 동작의 부드러움을 통해 자의적으로 완화시킬 수 있다는 가능성을 도출시킨다. 따라서 농구를 비롯한 구기 종목의 훈련 초기 실시되는 손가락과 볼 감각 훈련은 손가락의 부드러운 움직임과 볼에 대한 인지 능력을 향상시켜 볼과 손가락 끝이 비정상적으로 충돌하여 비숙련자에게 많이 발생하는 망치수지 혹은 베이스볼 핑거와 같은 손가락의 상해는 물론, 손가락의 골절 및 연골, 인대의 손상과 같은 다양한 손가락 상해를 예방하는데 도움을 줄 것으로 판단된다.

마지막으로 본 연구 결과, 리시브 시 숙련자와 비숙련자 간의 연속상대위상(CRP)은 MCP-Wr, Wr-El에 대하여 두 그룹 간의 유의한 차이가 나타났으며(t=2.534, p=.021; t=2.782, p=.012), El-Sh에 대한 연속상대위상의 표준편차 또한 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(t=-2.320, p=.032). 연속상대위상은 동작의 협응을 정량적으로 나타내기 위한 값이며, 두 분절 혹은 두 관절에 대한 연속상대위상의 값이 0°에 가까울수록 동조(in-

phase)를 나타내고, 180°에 가까울수록 이조(anti-phase)를 나타낸다(Shin, 2011). 그리고 연속상대위상의 표준편차는 가변성을 의미하며 고난이도 기술일수록 그리고 숙련도가 높은 기술일수록 그 패턴이 한정되어 있어 작은 값이 나타난다고 보고되었다(Bartlett, 2008; Hamill et al., 2000). 본 연구에서 MCP-Wr와 Wr-El에 대한 연속상대위상의 값은 모두 숙련자가 비숙련자에 비해 180° 즉, 이조에 가까운 값을 나타냈다. 이와 같은 협응의 패턴은 볼을 리시브할 때 빠른 속도로 날아오는 볼에 의한 충격을 보다 효과적으로 흡수하고, 일차 동작 수행 직후 곧바로 반응하여 다음동작을 수행하기 위한 것으로 판단된다. 보다 쉬운 접근을 위하여 리시브 동작을 형태학적인 측면에서 살펴보면, 볼과 손끝이 접촉한 직후 손가락의 모든 관절은 굴곡(+)을 시작하고, 손목 관절은 근위 쪽을 향하여 신전(-)하게 된다. 그리고 팔꿈 관절은 굴곡(+)하며, 어깨 관절은 신전(-)하게 된다(Figure 2). 따라서 숙련자에게서 뚜렷하게 관찰된 MCP와 손목(Wr), 그리고 손목(Wr)과 팔꿈 관절(Sh)의 이조 형태의 협응 패턴은 각각의 두 관절의 움직임이 상지의 모든 분절을 몸 쪽으로 이동하도록 하여, 볼을 몸에 붙임으로써 리시브 시 볼에 의해 발생하는 충격을 보다 안전하게 흡수하기 위한 형태이며 나아가 농구의 리시브 이후, 다음 기술 동작을 원활하게 수행하고 볼을 효과적으로 보호하기 위한 숙련자의 볼 키핑(ball keeping) 동작의 일종으로 판단된다(Statern, 1988). 결론적으로, 숙련도가 증가함에 따라 볼에 의한 충격을 효율적으로 흡수하고 볼을 몸 쪽으로 더욱 끌어당겨 볼을 보호하며 다음 기술 동작을 효과적으로 수행하기 위한 상지 협응의 패턴 변화를 발생시켰음을 의미한다.

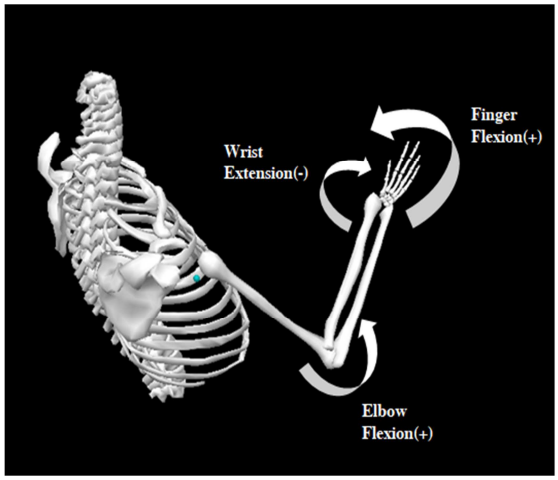

Figure 2. Receiving movement in upper extremities

그리고 숙련자는 비숙련자보다 El-Sh에 대한 협응 패턴의 가변성이 낮은 것으로 나타났는데 이는 숙련자가 비숙련자보다 일관적인 동작을 수행한다는 것을 말한다. Bartlett (2008)은 농구의 슈팅 거리에 따른 협응 패턴의 가변성에 관한 연구에서 슛거리가 증가할수록, 즉 슈팅의 난이도가 높아질수록 동작의 일관성이 증가한다고 제시하였고, Li 등(1999)은 낮은 가변성을 나타내는 동작은 높은 가변성을 나타내는 동작보다 안정적이라는 것을 뜻한다고 보고하였다. 또한, Hamill et al. (1999)는 가변성이 낮은 동작을 수행한다는 것은 개인이 최소한의 통증을 받아들이기 위해 최대의 능력을 발휘하여 일관적인 움직임 수행한다는 것을 의미한다고 하였으며, 이와 같이 수행된 개인의 일관적인 움직임은 사전에 습득된 경험적인 지식을 통하여 상해의 위험도를 감소시킨 동작이라고 보고하였다. 따라서 본 연구 결과, 숙련자는 사전에 습득된 경험적인 지식과 계속된 손가락 및 경기 감각에 대한 훈련으로 비숙련자에 비해 낮은 가변성, 즉 일관적인 동작의 형태를 나타낸 것이며 그러므로 사전의 충분한 훈련과 경기 경험 통한 손가락 그리고 경기 감각의 향상은 안정적이고 일관적인 리시브 동작을 발생시켜 비숙련자에게서 많이 발생하는 손가락 상해를 예방하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

CONCLUSION

본 연구의 목적은 리시브 시 숙련자와 비숙련자 동작의 부드러움과 손가락 및 상지 관절 간 협응의 차이를 분석하여, 볼에 접촉에 의한 손가락 상해를 예방하는데 목적이 있다.

숙련자와 비숙련자는 볼 리시브 시간, 저크비용함수에서는 차이가 나타나지 않았으나, MCP-Wr, Wr-El에 대한 연속상대위상 값은 숙련자가 180°에 더 가까운 이조 형태의 협응 패턴을 보였으며 El-Sh에 대한 연속상대위상의 표준편차 값에서는 숙련자가 더 낮은 수치를 보였다. 따라서 숙련자는 비숙련자와 비교하여 보다 효과적인 관절의 협응을 통해 충격을 흡수하고, 다음 동작을 효율적으로 연계하기 위한 사전 동작을 실행하며 습득된 경험적인 지식을 통해 안전하고 일관적인 팔꿈치와 어깨의 협응 패턴을 수행하는 것으로 나타났다. 따라서 빈번하게 발생하는 비숙련자의 손가락 접촉성 상해의 예방을 위해서는 충분한 훈련을 통해 볼에 대한 손가락의 감각을 향상시키고, 많은 경험을 통해 볼에 대한 인지 능력을 높여 일관적이고 안전한 리시브 동작을 취할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 하지만 본 연구는 숙련자와 비숙련자의 동작의 부드러움과 손가락 및 상지 관절 간 협응의 차이를 통해 앞으로 발생하게 될 상해에 대한 예방을 도모하는 전향적 연구의 설계로 진행되었다. 하여, 추후 연구에서는 실제 상해의 여부와 대상자의 동작의 부드러움과 손가락 및 상지 관절 간 협응패턴을 분석하고, 후향적 연구를 통해 그 관계를 더욱 더 뒷받침할 수 있는 근거를 제시할 필요가 있다.

REFERENCES

Arendt, E. & Dick, R. (1995). Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature. *The American Journal of Sports Medicine*, *23*(6), 694-701.

Bach, A. W. (1999). Finger joint injuries in active patients: pointers for acute and late-phase management. *The Physician and Sports Medicine*, *27*(3), 89-104.

Baquie, P. & Brukner, P. (1997). Injuries presenting to an Australian sports medicine centre: a 12-month study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *7*, 28-31.

Bartlett, R. (2008). Movement variability and its implications for sports scientists and practitioners: an overview. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *3*(1), 113-124.

DeLeo, A. T., Dierks, T. A., Ferber, R. & Davis, I. S. (2004). Lower extremity joint coupling during running: a current update. *Clinical Biomechanics*, *19*(10), 983-991.

Erčulj, F., Blas, M., Čoh, M. & Bračič, M. (2009). Differences in motor abilities of various types of european young elite female basketball players. *Kinesiology*, *41*(2), 203-211.

Fradet, L., Botcazou, M., Durocher, C., Cretual, A., Multon, F., Prioux, J. & Delamarche, P. (2004). Do handball throws always exhibit a proximal-to-distal segmental sequence?. *Journal of Sports Sciences*, *22*(5), 439-447.

Gaca, A. M. (2009). Basketball injuries in children. *Pediatric Radiology*, *39*(12), 1275.

Hamill, J., Haddad, J. M. & McDermott, W. J. (2000). Issues in quantifying variability from a dynamical systems perspective. *Journal of Applied Biomechanics*, *16*(4), 407-418.

Hamill, J., van Emmerik, R. E., Heiderscheit, B. C. & Li, L. (1999). A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. *Clinical Biomechanics*, *14*(5), 297-308.

Han, Y. M., Choi, J. S., Kim, H. S., Lim, Y. T., Yi, J. H., Tack, G. R. ... & Park, S. B. (2006). The differences of the normalized jerk according to shoes, velocity and slope during walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *16*(2), 1-8.

Hong, S. B. (2009). The effects of stimulus velocity and distance on the planning, execution, and accuracy of passing. *Korean Society of Sport Psychology*, *20*(4), 1-13.

Hong, S. B., Lee, O. J. & Kim, T. W. (2012). Arm control mechanism of passing in basketball according to receiver's moving speed and passer's skill level: analysis of phase plane plots. *Korean Journal of Sports Science*, *21*(4), 337-347.

Hreljac, A. (2000). Stride smoothness evaluation of runners and other athletes. *Gait & Posture*, *11*(3), 199-206.

Hubbard, A. W. & Seng, C. N. (1954). Visual movements of batters. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, *25*(1), 42-57.

Kelso, J. A. S. (1995). Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior. Cambridge: MIT Press.

Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Iwasa, J., Myklebust, G., Engebretsen, L. ... & Krosshaug, T. (2010). Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *The American Journal of Sports Medicine*, *38*(11), 2218-2225.

Li, L., van den Bogert, E. C., Caldwell, G. E., van Emmerik, R. E. & Hamill, J. (1999). Coordination patterns of walking and running at similar speed and stride frequency. *Human Movement Science*, *18*(1), 67-85.

Lim, Y. T., Choi, J. S., Han, Y. M., Kim, H. S., Yi, J. H., Jun, J. H. & Tack, G. R. (2006). Analysis of golf putting for elite & novice golfers using jerk cost function. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *16*(1), 1-10.

McKay, G. D., Goldie, P. A., Payne, W. R. & Oakes, B. W. (2001). Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *British Journal of Sports Medicine*, *35*(2), 103-108.

Miller, R. H., Chang, R., Baird, J. L., Van Emmerik, R. E. & Hamill, J. (2010). Variability in kinematic coupling assessed by vector coding and continuous relative phase. *Journal of Biomechanics*, *43*(13), 2554-2560.

Oh, C. H., Shin, E. S. & Bae, J. H. (2012). Kinematic analysis of baseketball free throw motion between experts and non-experts. *Journal of Sport and Leisure Studies*, *47*(2), 991-1000.

Pappas, E., Zazulak, B. T., Yard, E. E. & Hewett, T. E. (2011). The epidemiology of pediatric basketball injuries presenting to US emergency departments: 2000-2006. *Sports Health*, *3*(4), 331-335.

Routley, V. & Valuri, J. (1993). Adult sports injury. Victorian Injury Surveillance System.

Shin, J. M. (2011). Analysis of the relative phase of the trunk motion in changes of walking speed and two different arm swing patterns in human walking. *Journal of Sport and Leisure Studies*, *46*, 1117-1127.

Satern, M. (1988). Performance EXCELLENCE: Basketball: Shooting the Jump Shot. *Strategies*, *1*(4), 9-11.

Trojian, T. H., Cracco, A., Hall, M., Mascaro, M., Aerni, G. & Ragle, R. (2013). Basketball injuries: caring for a basketball team.

Current Sports Medicine Reports, *12*(5), 321-328.

Wiegner, A. W. & Wierzbicka, M. M. (1992). Kinematic models and human elbow flexion movements: quantitative analysis. *Experimental Brain Research*, *88*(3), 665-673.

Yan, J. H., Hinrichs, R. N., Payne, V. G. & Thomas, J. R. (2000). Normalized jerk: a measure to capture developmental characteristics of young girls' overarm throwing. *Journal of Applied Biomechanics*, *16*(2), 196-203.

Yde, J. & Nielsen, A. B. (1990). Sports injuries in adolescents' ball games: soccer, handball and basketball. *British Journal of Sports Medicine*, *24*(1), 51-54.