



아이스하키 스위프 샷(Sweep shot) 동작의 상지의 협응 형태

Coordination Pattern of Upper Limb of Sweep Shot Movement in Ice Hockey

최지영 · 이의린*(연세대학교)
Choi, Ji-Young · Lee, Eui-Lin*(Yonsei University)

ABSTRACT

J. Y. CHOI, and E. L. LEE, Coordination Pattern of Upper Limb of Sweep Shot Movement in Ice Hockey. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 17, No. 4, pp. 169-179, 2007. The purpose of this study was to investigate the relations between the segments of the body and to qualitatively analyze coordination pattern of joints and segments during Sweep Shot movement in Ice Hockey, by utilizing coordination variables was angle vs. angle plots.

By the utilization the three dimensional anatomical angle cinematography, the angles of individual joint and segment according to sweep shot in ice hockey.

The subjects of this study were five professional ice hockey players. The reflective makers were attached on anatomical boundary line of body. For the movement analysis three dimensional cinematographical method(APAS) was used and for the calculation of the kinematic variables a self developed program was used with the LabVIEW 6.1 graphical programming(Johnson, 1999) program. By using Euler's equations the three dimensional anatomical Cardan angles of the joint and ice hockey stick were defined.

The three dimensional anatomical angular displacement and coordination pattern of trunk and Upper limb(shoulder-elbow, elbow-wrist linked system) showed important role of sweep shot in ice hockey.

As the result of this paper, for the successful movement of sweep shot in ice hockey, it is most important role of coordination pattern of trunk-shoulder, shoulder-elbow and elbow-wrist. specially trunk movement as a proximal segment.

Coordination pattern of Upper Limb(upperarm-forearm-hand) of Sweep Shot movement in Ice Hockey that utilizes coordination variables seems to be one of useful research direction to understand basic control mechanisms of Ice hockey sweep shooting linked system skill.

this study result showed flexion-extension, adduction-abduction and internal-external rotation of trunk are important role of power and shooting direction coordination pattern of upper Limb of Sweep Shot movement in Ice Hockey

KEYWORDS : COORDINATION, ICE HOCKEY, EULER'S EQUATION OF ANGLE

I. 서론

1. 연구의 필요성

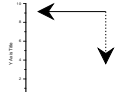
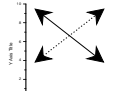

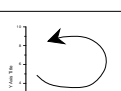
아이스하키에서는 스케이팅, 스틱 핸들링, 슈트 등이 가장 기본적인 기초 기술이라고 할 수 있으며, 슈트 동작 기술에는 슬랩 샷(slap shot), 리스트 샷(wrist shot) 그리고 스위프 샷(sweep shot) 등으로 분류할 수 있다.

슬랩 샷은 아이스하키 슈팅동작 중에서 가장 강하고 스피드가 빠른 슈트이므로 골대와 멀리 떨어진 지점에서 슈팅이 가능한 슈팅이다. 리스트 샷은 스위프 샷과 거의 동일한 슈트로 몸의 완전한 체중 이동 보다는 손목의 스냅을 위주로 하는 샷이다. 스위프 샷은 퍽을 빗자루로 쓸어내는 것과 같은 동작을 수행하는 샷으로써, 아이스하키 샷 중에서도 가장 기초적인 패스와 슈팅 기술로 인식되고 있다. 또한, 스위프 샷의 동작기술은 다른 샷의 기술 습득에 있어서 가장 기본이 되며, 스케이팅 기술에 대한 균형감의 향상과 패스 기술에 대한 좋은 감각을 유지시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 특히, 스위프 샷은 퍽(puck)을 드리블(dribble)하는 상태에서 곧바로 슈트를 할 수 있으며, 스위프 샷의 과정 중에서 빠르게 리스트 샷을 수행할 수도 있기 때문에 골키퍼가 퍽의 방향을 사전에 예측하기 매우 힘든 샷이다. 이 3 가지 슈트 동작은 경기 중에 가장 많이 골과 연결되기 때문에 강력한 파워와 함께 정교한 기술의 정확성을 필요로 한다.

Putnam(1993)은 인간의 가격(striking)과 던지기(throwing) 동작들을 이해하기 위하여 인체 분절을 연속된 링크 시스템(linked system)으로 정의하여 인체 분절들 간의 역학적 연결 관계를 설명하였다. 아이스하키의 슈팅 동작은 인체의 각 분절들을 회전시켜 운동량을 발생시키고 발생된 운동량을 스틱을 통해 퍽에 전이시키는 과정이기 때문에 이러한 링크 시스템으로 임팩트 시 인체 분절의 움직임과 역할을 설명할 수 있는 것이다. 즉, 슈트 동작 중 발생하는 운동량은 신체 부위의 근위 분절에서 발생하여 원위 분절로 전이되며, 각각의 분절 운동은 말초 분절에서 최대 속도를 만들기 위해 기시 분절에서 시작하여 말초 분절 끝으로 진행하기 때문이다. 강력한 파워와 정확성을 요구하는 아

이스하키의 슈트 동작은 이러한 역학적 원리를 바탕으로 연구가 이루어져야 하는 것이다. 김기웅(2000)은 인간이 어떻게 동작을 생성하는지에 답하기 위해 동작의 조직과정을 분석하는 접근법이 바로 물리생리학적 접근(physical-biology approach), 생태학적 접근(ecoogical approach), 또는 역동체계 이론(dynamic systems theory)이다. 라고 하였으며, 이러한 접근법에서는 변위-변위 도면(position-position plots), 각도-각도 도면(angle-angle plots), 각속도-각속도 도면(angular velocity-angular velocity plots), 각가속도-각가속도 도면(angular acceleration-angular acceleration plots), 파워-파워 도면(power-power plots), 토크-토크 도면(torque-torque plots), 상평면(phase planes)과 같은 상대적 동작 도면(relative motion plots)을 이용하여 동작을 분석함으로써 전통적인 시열적 도작(time-series plots) 분석으로 알 수 없었던 인간의 협응에 대한 정보를 제공한다고 하였다. 특히 각도-각도 도면은 동작에 관여하는 사지 분절간의 협응을 나타내는 대표적인 위상학적 변수이다. 두 개의 각변위 곡선을 개별적으로 그린 다음, 이를 통합하여 해석하지 않고도, 즉각적으로 동작에 관여하는 두 개의 관절각이 어떠한 시공간적인 관계 속에서 조직되는지 알 수 있다는 점이 각도-각도 도면의 장점이다(Winstein & Garfinkel, 1989).

표 1. 각도-각도 도면의 해석(Winstein & Garfinkel, 1989)

모양	설명	해석
	수평 또는 수직 분절	한 관절각만 변하고 대응하는 다른 관절각은 변하지 않는다
	정적 혹은 부적 기울기의 사선	두 관절각이 동형(in phase) 혹은 이형동조(out of phase)로 협응을 이룬다. 두 관절각이 일정한 비율로 변한다.
	두 관절이 동시에 최대값에 도달하고 또한 동시에 방향 전환	전환점 동조(tuning point synchronization): 동작 방향이 전환되는 지점에서 분절간의 협응을 이룬다.
	원형 궤적	위상 상쇄(phase offset): 비결속 협응

격렬한 몸싸움으로 인한 선수들의 부상 때문에 운동 상해를 중심으로 해외에서는 아이스하키에 대한 연구들이 진행되어 오고 있다. 아이스하키의 슈팅 동작에 대한 동작 분석 연구는 아이스하키 선수의 슈팅 속도 향상에 대한 연구(Alexander, 1963), 슛 유형에 따른 운동역학 변인에 대한 연구(Roy, 1976), 아이스하키 슬랩 샷에 대한 운동학적 분석(문곤성, 박종률, 2003), 아이스하키 리스트 샷(Wrist shot) 동작의 3차원 운동학적 분석(최지영, 문곤성, 2006), 아이스하키 스위프 샷(Wrist shot) 동작의 3차원 운동학적 분석(최지영, 문곤성, 2006) 등이 진행되었으나 아이스 하키 슈팅 동작에 대한 인체분절의 협응 변인에 대한 연구는 미진한 상태이며 보다 다양한 협응 변인을 활용하는 아이스하키 슈팅 동작의 연구가 수행될 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 장거리에서 정확하고 강력한 패스나 슈팅을 할 수 있으며, 다른 모든 샷의 기본이 되는 아이스하키 스위프 샷(sweep shot) 동작을 각도-각도 도면을 이용한 협응 변인을 분석함으로써 아이스하키 슈팅 기술을 지배하는 기본적인 제어기전의 이해를 토대로 아이스하키 스위프 샷 동작의 동작형태를 분류하고, 기초 정보를 제공하는 데 목적을 두었다.

II. 연구방법

1. 실험대상자

본 연구를 위하여 5명의 아이스하키 실업 팀 남자 선수가 실험대상자로 자원하였으며, 실험대상자들의 평균 키는 $176 \pm 2.45\text{cm}$, 평균 몸무게는 $74 \pm 4.00\text{kg}$, 평균 선수경력은 13.75 ± 2.36 년 이었다.

2. 실험조건 및 장비조건

1) 실험조건

영상자료를 얻기 위한 실험은 Y대학교의 체조장에서 촬영하였으며, 정확성에 대한 목표는 아이스하키 골대 지역이었다. 이 지역의 네모(중앙 골라인에 높이

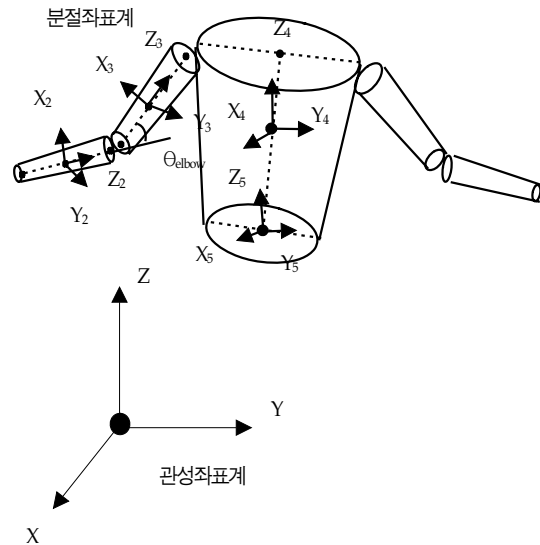


그림 1. 기준좌표계

1.22m, 너비 1.83m) 안에 성공하지 못한 시기는 연구에 포함시키지 않았으며, 분석에 포함한 시기는 3회로 하였다. 실험에 앞서 각 대상자들은 30분 정도의 충분한 연습을 수행한 후 본 실험에 임하였다. 영상분석시 필요한 분절좌표계(segment reference system)를 생성하는데 사용되어지는 해부학적 경계점을 쉽게 알아보기 위하여 피험자들은 연습용 반바지만을 착용하게 하고, 각 인체 해부학적 경계점에는 반사용 마커(reflection marker)를 부착 하였다.

2) 장비조건

2대의 디지털비디오카메라(GR-DVL9500, JVC, Japan)로 촬영하여 영상자료를 수집하였다. 영상분석을 위하여 2대의 디지털비디오카메라의 광학축(optical axis)이 동작수행 지역과 교차하도록 동작수행 시상면을 기준으로 좌측에 각각 설치하였다. 이 때 2대의 디지털 비디오카메라의 동조를 위하여 직접 제작하여 만든 디지털 방식의 동조 타이머(TIMER)를 사용하였다. 동작수행 지역의 중앙 지점과 비디오 카메라의 거리는 좌측 4.70m, 우측 4.35m 하였으며, 이 때 두 카메라 사이의 거리는 4.40m로 하였다. 디지털 비디오카메라의 촬영속도는 60frames/sec와 1/500초의 노출속도를 적용하였다. 이렇게 촬영된 영상자료는 비디오 편집기 통

하여 재생한 영상을 iomega사의 Buz- motion capture card와 Ariel capture 프로그램을 사용하여 분석하였다. 해부학적 경계점의 3차원 공간 좌표를 계산하기 위해 8개의 통제점(control point)을 갖는 3차원 좌표측정대(three-dimensional calibration frame)를 동작 수행지역에 2.00m×1.00m×3.00m의 직사면체 공간이 이루어질 수 있도록 설치하여 촬영한 후 제거하였다.

3. 계수화작업

자료의 수집과정에서 얻어진 영상 데이터를 19개의 해부학적 경계점과 3개의 스틱마커와 볼, 그리고 1개의 기준점을 수치화하였다. 순간적으로 보이지 않는 마커는 앞뒤 프레임을 반복 관찰하여 보간법을 사용하여 처리하였다. 양쪽 비디오 카메라에서 얻어진 영상자료의 해부학적 경계점 2차원 좌표값과 같은 장면에서 촬영된 기준점의 통제점군들 가운데 선택된 8개의 통제점 좌표값, 그리고 8개의 통제점의 실측치를 이용하여 DLT(Direct Linear Transformation)방법(Abdel-Aziz & Karara, 1971)을 사용하여 해부학적 경계점의 3차원 공간 좌표 값을 얻었다. 이 때 통제점 값은 통제점 군을 5번 수치화한 값의 평균값을 사용하였다.

4. 평활화 및 시간 축의 정규화

이렇게 얻어진 해부학적 경계점의 3차원 공간 좌표 값을 Second-Order Butterworth Low-Pass Filter(Winter, 1990)를 이용하여 평활화(smoothing) 하였다. 이 때, 원(raw) 데이터 값이 가능한 변형되지 않도록 각 분절들의선형속도 값들의 곡선형태를 살펴보면서 표본 주파수(sampling frequency)와 차단 주파수(cutoff frequency)의 비율이 가장 적절하다고 나타난 비율 10이 되도록 6Hz 의 차단주파수를 선택하였다. 아이스하키 스윙프 샷 동작시 준비자세로 부터 활로우 스루 까지 동작시간(0.54±0.05sec)을 기준으로 시간축은 Reinschmidt(1996)에 의하여 제시된 3차 스플라인 보간법(cubic spline interpolation)을 이용하여 시간 축을 100%로 정규화(normalization)하였다.

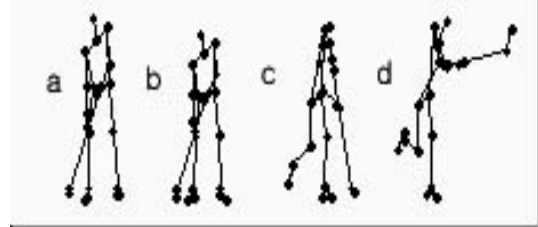


그림 2. 아이스하키 스윙프 샷 동작시점

5. 동작시점 및 동작구간의 설정

아이스하키 스윙프 샷에 대한 동작시점은 <그림 2> 과 같이 a)준비자세 b)퍼워드 스윙 c)임팩트 d)팔로우 스루로 설정하였다.

6. 컴퓨터 소프트웨어를 이용한 운동학적 자료의 획득

이러한 과정을 거쳐 얻은 3차원 좌표 값은 LabVIEW 6.1(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) graphical programming (Johnson, 1999)을 사용하여 직접 작성한 프로그램을 이용하여 운동학적 자료를 계산하였다.

7. 각도의 계산

인체의 움직임에 대표하는 각도는 관성좌표계에 대한 신체 개개분절의 움직임을 알 수 있는 외지방향각

표 2. 관절과 운동 방향의 정의

관절	운동의 방향	
	+	-
손목	굴곡	신전
손목	내전	외전
팔꿈치	굴곡	신전
어깨	굴곡	신전
어깨	내전	외전
어깨	내측회전	외측회전
상체	굴곡	신전
상체	우측측면기울기	좌측측면기울기
상체	좌측회전	우측회전

(external orientation angle)과 개개분절의 상체분절에 대한 움직임을 나타내는 내지방향각(internal orientation angle) 그리고 상위분절에 대한 개개분절의 움직임을 알수 있는 관절의 상대각으로 나눌 수 있다.

외지방향각은 고정된 비회전좌표계에 대한 개개분절에 심은 지역좌표계(local frame)의 변화를 비교함으로써 설명할 수 있는데, 이때 회전변환 행렬식(rotational transformation matrix)를 사용하여 각도의 계산이 이루어지며, 내지방향각 또한 상체분절에 심은 좌표계와 개개분절의 지역좌표계는 회전변환 행렬식을 사용하여 계산하게 된다. 관절의 상대각은 상위분절의 지역축에 대한 개개분절의 지역좌표계의 변화는 회전변환 행렬식을 사용하여 계산하게 된다.

8. Cardan Angles를 이용한 지역축에 대한 분절의 각도

지역축에 대한 분절의 각도를 구하기 위하여 오일러 각 공식(Euler's equation of angle)과 세 개의 축이 다를 때 사용되어지는 Cardan angles(Nigg & Herzog, 1994)을 사용하여 지역좌표계(R, 혹은 분절)와 관성좌표계간의 상대각을 구할 수 있는데, 분절(혹은 지역좌표계 R: G_{xyz} , 단위벡터 i, j, k)의 방향을 관성좌표계(X, Y, Z 단위벡터 I, J, K)에 대하여 정의하기 위하여 Cardan Angles ϕ, θ, ψ 를 순서대로 사용하여야 한다(Chao, 1980; Lafortune 1984; Grood & Suntay, 1983). 편의상 지역좌표계(R)와 관성좌표계(B)가 서로 일치하고 있다고 가정하고, 이때의 지역좌표계 방향을 $R_1 : G_{x_1, y_1, z_1}$ 이라고 표시하면 그들의 단위벡터들도 서로 일치하며 $i_1=I, j_1=J, k_1=K$ 가 된다. 어느 한 순간의 지역좌표계(R)혹은 분절의 관성좌표계(B)에 대한 방향은 다음과 같은 순서의 회전으로

얻어낼 수 있다. 아래의 계산 순서는 근위분절에 설정한 축(X, Y, Z)의 단위벡터를 I, J, K 로 하고 원위 분절에 설정한 축(x, y, z)의 단위 벡터를 i, j, k 로 정의했을 때 1차, 2차 3차 회전각을 구하는 방법이다(황인승, 1997). 이상의 3번의 회전에 의하여 만들어진 각들

인 ϕ, θ, ψ 의 의미를 해석해 보면 다음과 같다.

ϕ : 굴곡(flexion)과 신전(extension)을 나타내는 각.

(+)는 굴곡(flexion)

(-)는 신전(extension)

θ : 내전(adduction)과 외전(abduction)을 나타내는 각.

(+)는 내전(adduction)

(-)는 외전(abduction)

ψ : 내측회전(internal rotation)과 외측회전(external rotation)을 나타내는 각.

9. 관성좌표계와 운동 방향 정의

본 연구에서 이용된 관성좌표계는 오른손 직교좌표계(right-handed orthogonal reference frame)로서 X축은 피험자의 전-후(anterior-posterior)방향인 운동의 진행 방향으로 정의하였으며, Y축은 좌-우(medial-lateral) 방향 그리고 Z축은 상-하방향을 나타내는 수직(vertical) 방향으로 나타낸다. 피험자의 움직임은 주로 후방에서 전방쪽으로 즉 Z축과 X축이 만나서 형성되는 시상면(sagittal plane)에서 수행이 되었다. 따라서 피험자의 움직임의 진행 방향을 X축의 양(+)의 방향으로 설정하였고, 지면과 수직이 되는 위쪽을 Z축의 양(+)의 방향, 피험자의 전후 방향을 기준으로 오른쪽을 Y축의 양(+)의 방향으로 설정하였다. <표 1>는 관절의 운동과 방향을 정의한 것이다.

III. 결과 및 논의

1. 시간요인

아이스하키 스위프 샷의 전반적인 시간요인에 대하여 살펴보면 전체동작 시간요인은 $0.54 \pm 0.05 \text{sec}$ 가 소요되었다. 초기 준비자세에서 퍼워드 스윙 시작 시점까지는 $0.19 \pm 0.01 \text{sec}$, 퍼워드 스윙을 시작하여 임팩트에 이르는 시간은 $0.27 \pm 0.05 \text{sec}$ 가 소요되었다. 전체스윙 동작 구간을 100%로 환산했을 경우 초기 준비자세에서 퍼워

드스윙 까지 36%, 퍼워드 스윙에서 임팩트까지는 49% 구간으로 준비자세에서 임팩트까지 85%로 나타났다.

2 각도 대 각도 도면

각도 대 각도 도면은 인접한 두 관절각이 어떠한 공간적인 관계 속에서 움직이는지를 정성적으로 나타내 주는 대표적인 협응 변수로서 정적/부적 사선, 수직/수평선, 원형으로 나타나는 도면에 형태에 기초하여 동위상(in-phase) 협응과 반대위상(out of phase)협응, 그리고 자유도(여기에서는 관절각)의 결속과 해체에 관한 정보를 얻을 수 있다(Winstein & Garfinkel, 1989).

아이스하키 스윙 샷 동작을 분석하기 위하여 5명의 자료를 평균한 값으로 그래프를 나타내었으며, 팔꿈치 최대 굴곡각은 상완(upper arm)을 기준으로 관절의 바깥쪽 각을 측정하였기 때문에 일반적으로 관절의 안쪽을 기준하면 최소 굴곡각이라고 해석이 가능하다. 오른쪽 손목관절 굴곡-신전과 팔꿈치관절 신전-굴곡의 협응 형태는 팔꿈치 최대굴곡(elbow max)을 중심으로 퍼워드 스윙을 시작하여 팔꿈치 최대굴곡까지 부적방향의 사선을 나타낸 후 이후 임팩트 까지 역방향 부적사선으로 전환되는 형태를 나타냈다<그림 3>.

이는 오른쪽 손목관절과 팔꿈치관절이 전환점 동조(tuning point synchronization)으로 나타나 두 관절 각이 일정한 비율로 동시에 변하는 것을 의미하며, 동작방향이 전환되는 지점에서 관절간의 동위상 협응을 나

타낸다. 즉 팔꿈치 최대각을 기준으로 퍼워드 스윙에서 팔꿈치 최대굴곡 각까지 팔꿈치 관절 굴곡각은 감소하며 손목관절 굴곡각변위 역시 같은 방향으로 감소를 나타내다가 팔꿈치 최대굴곡 이후에는 팔꿈치관절의 신전과 동시에 손목관절 굴곡각변위 역시 신전을 하는 양상으로 나타났다.

왼쪽 손목관절과 팔꿈치관절의 아이스하키 스윙 샷 동작의 초기 신전-굴곡은 전체적으로 수평선과 수직선이 결합된 사각 형태였다. 이는 두 관절의 신전-굴곡을 지배하는 주요 제어기전이 한 분절은 고정시키고,

다른 한 분절만을 움직이는 자유도의 고정 기전임을 나타낸다. 동작 초기 퍼워드 스윙에서 팔꿈치 최대굴곡 각변위 시점까지는 팔꿈치관절을 거의 고정시킨 상태에서 손목관절을 굴곡시켰으며, 이후 임팩트 시점까지 두 관절의 반대위상 동시 작동이 잠시 출현했다가 부적 기울기 사선을 나타내어 동위상 협응을 나타내었다. 즉 팔꿈치 관절이 신전하는 것 같이 손목관절 각변위도 신전하는 양상을 나타내고 있다<그림 4>.

오른쪽 왼쪽 손목관절 팔꿈치관절의 굴곡과 신전의 협응 형태를 살펴보면 그림 3, 그림 4에 나타난 것과 같이 퍼워드 스윙 초기에 오른쪽 손목-팔꿈치관절이 동시에 굴곡되는 것에 비교하여 왼쪽 손목-팔꿈치관절은 팔꿈치관절을 고정시키고 손목관절만 사용하는 것으로 나타났으며, 이후 오른쪽 왼쪽 손목-팔꿈치관절 모두 아이스하키 퍽을 슈팅하기 위하여 신전되는 양상으로 나타났다. 이는 팔꿈치관절 최대굴곡 이후 양쪽관

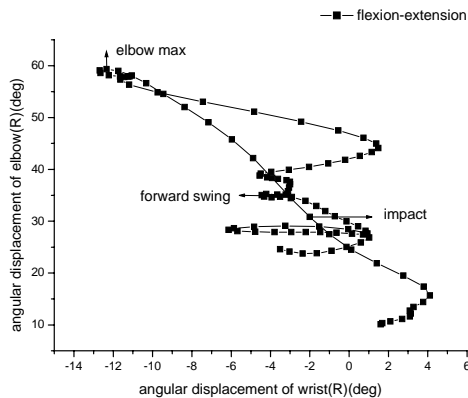


그림 3. 오른쪽 손목-팔꿈치 굴곡-신전 도면

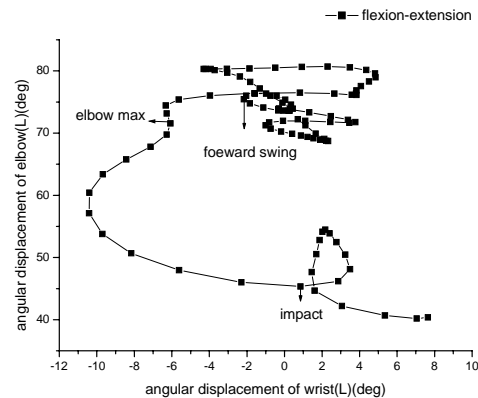


그림 4. 왼쪽 손목-팔꿈치관절의 굴곡-신전 도면

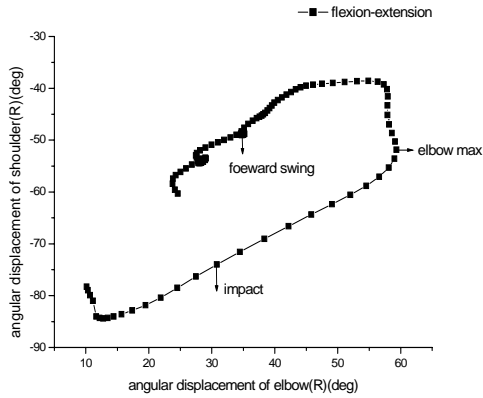


그림 5. 오른쪽 팔꿈치-어깨 굴곡-신전 도면

절들의 적절한 슈팅을 위한 오른쪽 왼쪽 관절간의 협응이 잘 이루어지는 것으로 사료된다.

오른쪽 팔꿈치 관절과 어깨 관절의 굴곡-신전 협응을 살펴보면 퍼워드 스윙 직후 동위상 동시 작동이 잠시 출현했다가 이후 수평. 수직사선의 형태를 나타내었으며, 팔꿈치 최대굴곡 이후 정적 기울기의 사선을 나타내고 있다. 이는 퍼워드 스윙 직후 두 관절의 신전-굴곡을 지배하는 주요 제어기전이 한 분절은 고정시키고, 대응하는 다른 한 분절만을 움직이는 자유도의 고정 기전임을 나타낸다. 즉, 동작 초기에 어깨관절을 고정시킨 상태에서 팔꿈치 관절을 굴곡시켰으며, 이후 팔꿈치 최대굴곡까지 팔꿈치 관절을 거의 고정시키고 어깨관절을 신전시키는 양상을 나타내고 있으며 어깨 관절만을 이용하여 미는 듯한 동작(push like motion)의 형태를 나타내고 있다. 팔꿈치 최대굴곡 이후 임팩트까지 어깨관절과 팔꿈치 관절 모두 신전되는 양상을 나타내고 있어 동위상에서 두 관절의 협응관계를 보여준다(그림 5).

왼쪽 어깨관절과 팔꿈치 관절의 굴곡-신전 협응을 살펴보면 퍼워드 스윙 이후 팔꿈치 최대굴곡 시점까지 원형계적을 나타내어 위상상쇄(phase offset) 협응 형태와 유사하게 나타났으며, 팔꿈치 최대굴곡 이후 임팩트 시점까지는 정적 기울기의 사선을 나타내는 동형동조(in phase) 협응을 나타내고 있다. 즉 왼쪽 어깨관절과 팔꿈치 관절의 협응은 동작초기 퍼워드 스윙 직후 비결속 협응 형태를 나타내어 어깨관절과 팔꿈치관절의

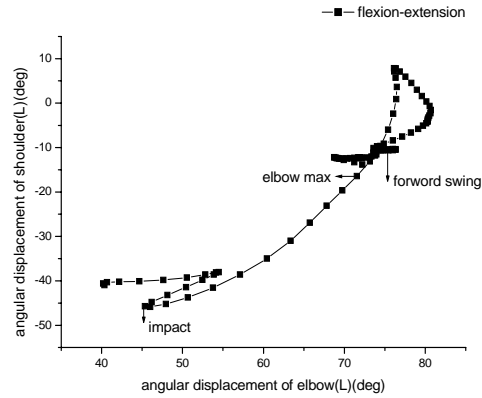


그림 6. 왼쪽 팔꿈치-어깨 굴곡-신전 도면

움직임은 서로의 움직임에 속박(constraint) 없이 진행되는 것으로 나타났으며, 이후 팔꿈치 최대굴곡이후 임팩트 시점까지 정적 사선의 기울기를 나타냄으로써 동위상의 움직임을 나타내어 어깨관절과 팔꿈치관절 모두 임팩트 시점까지 신전되는 형태를 나타내고 있다. 임팩트 이후 왼쪽 어깨관절 각변위는 거의 고정시킨 후 팔꿈치 관절각변위는 급격히 감소되는 양상으로 나타났다(그림 6).

아이스하키 스위프 샷 동작의 오른쪽 왼쪽 어깨관절과 팔꿈치관절의 상대적인 협응 형태를 살펴보면 그림 5, 그림 6에 나타난 것과 같이 아이스하키 스위프 샷 동작 초기에는 샷을 준비하기 위하여 오른쪽 왼쪽 관절 모두 굴곡되는 양상으로 나타났으나 팔꿈치 관절 최대굴곡이후 임팩트 시점까지 모두 동일한 정적 사선을 형태를 나타냄으로써 오른쪽 관절과 왼쪽 관절이 동일한 방향으로 움직임 즉 관절 모두가 신전되는 양상을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 임팩트 이후 오

른쪽 어깨 관절과 팔꿈치 관절은 미는 듯한 샷 동작을 완성시키기 위하여 지속적으로 신전되는 양상을 보인 반면에 왼쪽의 어깨관절과 팔꿈치관절은 어깨관절은 고정시킨 후 팔꿈치관절을 굴곡시키는 형태를 나타내었다. 이는 신체 중심쪽으로의 아이스하키 스틱의 회전을 증가시키기 위한 노력으로 사료된다,

어깨관절과 몸통의 협응은 몸통과 상지(상완(upperarm)-전완(forearm)-손(hand))를 연결하는 중요한 부분으로써 아이스하키 스위프 샷 기술에서 몸통의 제

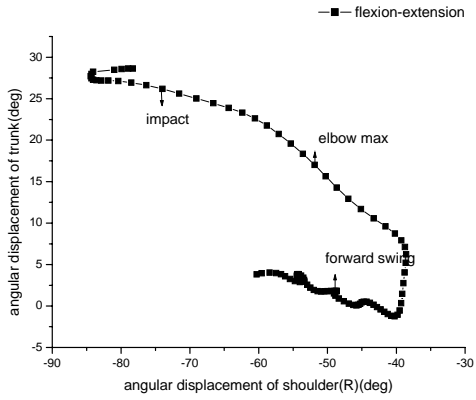


그림 7. 오른쪽 어깨-몸통 굴곡-신전 도면

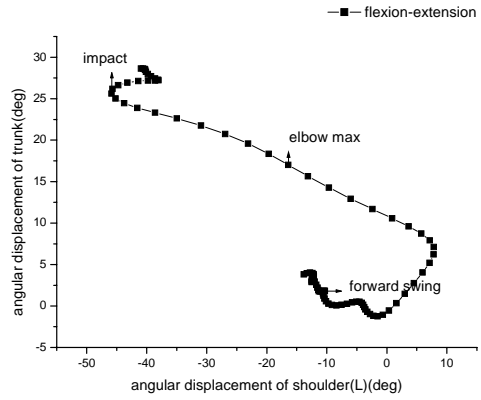


그림 8. 왼쪽 어깨-몸통 굴곡-신전 도면

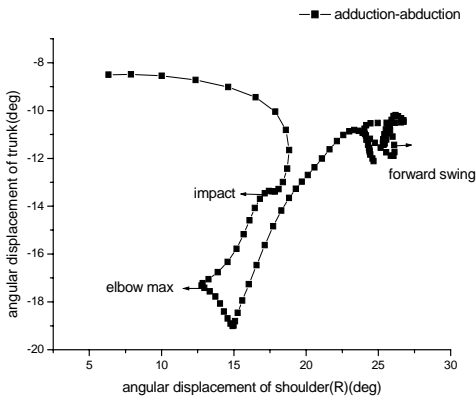


그림 9. 오른쪽 어깨-몸통 내전-외전 도면

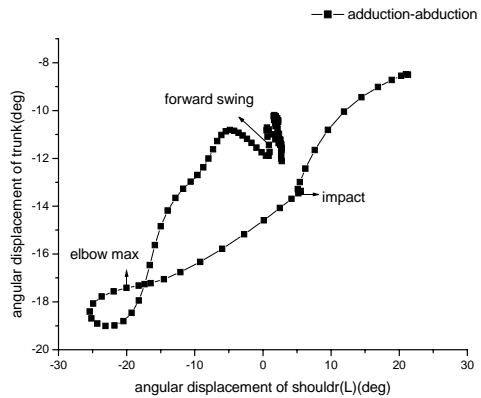


그림 10. 왼쪽 어깨-몸통 내전-외전 도면

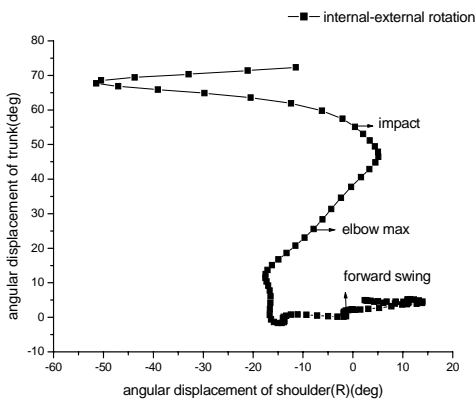


그림 11. 오른쪽 어깨-몸통 내측회전-외측회전 도면

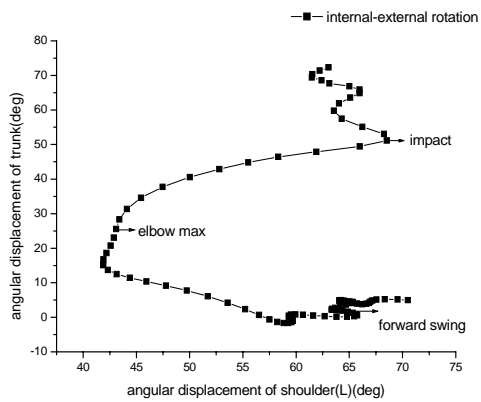


그림 12. 왼쪽 어깨-몸통 내측회전-외측회전 도면

어기전이 상지의 제어기전으로 전이되기 위해 어떠한 연결 제어기전이 필요한 지에 관한 정보를 제공해 준다는 점에서 주목해야 할 분석 변수이다.

오른쪽 어깨관절과 몸통의 굴곡-신전 협응은 아이스하키 스위프 샷 동작 초기에는 수평·수직 사선 협응이 결합된 사각 형태를 나타내었으며 이는 두 관절이 동시에 작동되지 않고, 두 관절의 신전-굴곡을 지배하는 주요 제어기전이 한 분절은 고정시키고, 다른 한 분절만을 움직이는 자유도의 고정(fixation) 기전임을 의미한다. 팔꿈치 관절의 최대굴곡을 전후하여 역방향 부적 사선에 가까운 협응 형태를 나타내고 있어 두 관절 각 변위는 동위상으로 협응관계를 나타내고 있다. 즉 스위프 샷 초기에는 몸통을 거의 고정시키고 어깨관절을 굴곡시키고 이후 어깨관절을 고정시키고 몸통을 사용하여 스위프 샷을 이루는 형태를 나타내고 있다. 팔꿈치 최대굴곡 시점을 전후하여 몸통의 신전과 일치하여 어깨관절의 신전이 발생하여 임팩트 이후까지 지속적으로 발생하는 양상을 나타내고 있다<그림 7>.

왼쪽 어깨관절과 몸통의 굴곡-신전 협응 역시 오른쪽 어깨관절과 몸통의 굴곡-신전 협응과 유사한 형태로 나타났는데, 동작 초기에는 수평사선과 유사한 협응 형태를 나타내었으며 이는 두 관절이 동시에 작동되지 않고, 한 관절을 고정시킨 상태에서 다른 한 관절만 작동시키는 자유도의 고정(fixation) 제어전략을 나타내는 것이다. 팔꿈치 관절의 최대굴곡을 전후 하여 역방향 부적 사선에 가까운 협응 형태를 나타내고 있어 두 관절 각변위가 같은 방향으로 협응이 잘 이루어지는 것으로 나타났다. 즉 스위프 샷 초기에는 몸통을 거의 고정시키고 어깨관절을 굴곡시키고 이후 팔꿈치 최대굴곡 시점을 전후하여 몸통의 신전과 일치하여 어깨관절의 신전이 발생하여 임팩트 이후까지 지속적으로 발생하는 양상을 나타내고 있다<그림 8>.

오른쪽 어깨관절과 몸통의 내전-외전 협응은 퍼워드 스윙을 시작하여 팔꿈치 관절 최대굴곡 직전까지 역정적 사선의 협응을 나타낸 후 팔꿈치 관절 최대굴곡 직전에 정적사선의 형태를 보인 후 팔꿈치 관절 최대굴곡 이후 부적 사선의 협응을 나타내어 두 관절이 동위상으로 동시 작동되다가 반대위상 협응으로 전환된다는 것을 알 수 있었다. 즉 아이스하키 스위프 샷 초

기에는 어깨관절과 몸통이 동시에 협응되어 외전되는 양상을 나타내었으나 이후 팔꿈치 관절 최대굴곡까지 어깨관절은 지속적으로 외전을 하나 몸통의 기울기는 내전하는 협응 형태를 나타내었으며, 이후 팔로우스루까지 어깨관절을 거의 고정시키고 몸통은 지속적으로 내전하는 양상을 나타내고 있어 몸통의 움직임에 어깨관절이 끌려가는 듯한 양상을 나타내고 있다<그림 9>.

왼쪽 어깨관절과 몸통의 내전-외전 협응은 퍼워드 스윙을 시작하여 팔꿈치 관절 최대굴곡 직전까지 역정적 사선의 협응을 나타낸 후 팔꿈치 관절 최대굴곡 직전에 원형계적(phase offset)의 형태를 보인 후 팔꿈치 관절 최대굴곡 이후 수직에 가까운 정적 사선의 협응을 나타내었다. 즉, 스위프 샷 초기에는 어깨관절과 몸통의 외전되는 협응을 나타내었으나 이후 어깨관절과 몸통의 협응은 속박(constraint) 없이 자유롭게 움직이다가 팔꿈치관절의 최대굴곡 시점을 전후하여 운동의 방향이 전환되면서 내전되는 양상으로 나타났으나, 몸통의 움직임을 제한하면서 어깨관절의 내전을 증가시키는 협응 형태를 나타내었다. 이는 스위프 샷 초기에는 어깨관절과 몸통 외전시키면서 스위프 샷을 하는 것으로 나타났으며 팔꿈치 관절 최대굴곡 시점을 전후하여 몸통의 움직임을 통제하면서 어깨관절의 내전시키는 샷을 하는 양상으로 나타났<그림 10>.

아이스하키 스위프 샷 동작의 오른쪽 왼쪽 어깨관절과 몸통의 상대적인 협응 형태를 살펴보면 그림 9, 그림 10에 나타난 것과 같이 아이스하키 스위프 샷 동작 초기에는 샷을 준비하기 위하여 오른쪽 왼쪽 어깨관절과 몸통 모두 외전시키며 샷이 이루어지나 팔꿈치 관절 최대굴곡이후 임팩트 시점까지 오른쪽 어깨관절의 방향이 전환되는 외전되는 것에 반하여 왼쪽 어깨관절 지속적으로 내전되어 양상을 나타내었다. 이는 오른쪽 어깨를 거의 고정시켜 스틱을 왼쪽 어깨관절을 이용하여 몸통의 내전과 함께 회전시키려는 노력으로 사료된다.

오른쪽 어깨관절과 몸통의 내측회전-외측회전 협응을 살펴보면 퍼워드 스윙을 시작하여 팔꿈치 관절 최대굴곡 직전까지 수평·수직 사선의 협응을 나타낸 후 임팩트 시점 전후까지 정적사선의 형태를 보인 후 부적 사선의 협응을 나타내어 두 관절이 동위상으로 동시 작동되다가 반대위상 협응으로 전환된다는 것을 알

수 있었다. 즉 아이스하키 스윙 샷 초기에는 몸통의 회전을 고정시킨 상태에서 오른쪽 어깨관절을 외측회전시켜 스윙이 발생하고 이후 어깨관절을 고정시키고 몸통회전을 이루는 양상으로 나타났으며 팔꿈치 관절 최대굴곡 시점을 전후하여 동위상에서 어깨관절과 몸통이 내측회전을 이루는 것으로 나타났다<그림 11>.

왼쪽 어깨관절과 몸통의 내측회전-외측회전 협응은 퍼워드 스윙을 시작하여 팔꿈치 관절 최대굴곡 직전까지 수평사선의 협응을 나타낸 후 팔꿈치 관절 최대굴곡 직전에 정적사선의 형태를 나타내었다. 즉, 스윙 샷 초기에는 몸통을 거의 고정시킨 상태에서 왼쪽 어깨관절을 내측회전을 시키고 팔꿈치관절 최대굴곡을 전후하여 몸통과 어깨관절 모두 내측회전 되는 협응 형태를 나타내고 있다<그림 12>. 아이스하키 스윙 샷 동안의 오른쪽 왼쪽 어깨관절과 몸통의 상대적인 내측회전과 외측회전의 협응 형태를 살펴보면 그림 11, 그림 12에 나타난 것과 같이 동작 초기부터 몸통은 지속적인 내측회전을 이루면서 동작이 이루어지는 반면에 오른쪽 왼쪽 어깨관절은 퍼워드 스윙 직후 외측회전을 이루어 스윙을 시작하여 팔꿈치 관절 최대굴곡을 전후하여 임팩트 시점까지 내측회전되는 양상을 나타내었으나 오른쪽 어깨관절은 임팩트 이후 방향을 바꾸어 외측회전을 나타내어 두 어깨관절이 교차되는 듯한 움직임을 나타내고 있다. 이는 어깨관절의 내전과 외전의 운동방향과 일치하여 몸통을 중심으로 두 어깨관절을 임팩트 이후 교차시키면서 스틱을 미는 듯한 동작을 이루려는 노력으로 사료된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 아이스하키 스윙 샷 기술에 관여하는 관절과 분절들 사이의 협응 형태를 각도 대 각도 도면에 기초하여 정성적으로 분석하고, 아이스하키 슈팅 기술을 지배하는 기본적인 제어기전의 이해를 토대로 아이스하키 스윙 샷 동작의 동작형태를 분류하고, 스윙 샷 동작의 단계별 학습순서를 제시하기 위한 기초 정보를 제공하는 데 목적을 두었다.

실제 현장에서 아이스하키 스윙 샷에 대한 설명은 찍을 빗자루로 쓸어내는 듯한 동작으로 하는 샷으로써, 아이스 하키에서 가장 기본이 되는 샷으로 설명되어지고 있다. 본 연구의 결과 이러한 아이스하키 스윙 샷의 성공적인 동작을 위해서는 손목, 팔꿈치 그리고 어깨관절의 몸통의 협응이 중요한 요인으로 작용하며 어깨를 이용한 팔로만으로 스윙하는 것이 아닌 근위분절의 몸통의 움직임이 중요한 역할을 한다고 사료된다. 특히 어깨관절과 몸통의 협응은 몸통과 상지(상완(upperarm)-전완(forearm)-손(hand))를 연결하는 중요한 부분으로써 아이스하키 스윙 샷 기술에서 몸통의 제어기전이 상지의 제어기전으로 전이되기 위해 어떠한 연결 제어기전이 필요한 지에 관한 정보를 제공해 하여 준다고 할 수 있다. 즉, 근위분절인 몸통의 굴곡과 신전, 내전과 외전, 내측회전과 외측회전이 아이스하키 스윙 샷의 미는 듯한(push-like motion) 동작을 어깨관절과 함께 주도를 하며 스윙 샷 동작 수행시 방향성과 파워의 측면에서 중요한 역할을 한다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- 김기웅, 이옥진(2000). 기술수준에 따른 볼링 스윙 동작의 협응형태 ; 각도 - 각도 도면 분석. **한국체육학회지**, 39(2): 207~220 .
- 김기웅, 신제민, 김병현(2001). 기술수준에 따른 신체분절간 협응특성 비교. **한국체육학회지**, 40, 171-187.
- 문곤성, 박종률(2003). 아이스하키 슬랩 샷에 대한 운동학 분석. **한국 운동역학회지**, 13(2): 13-28.
- 최지영(2006). 아이스하키 리스트 샷 동작의 3차원 운동학적 분석. **한국체육학회지**, 45(1): 799-809.
- 최지영(2006). 아이스하키 스윙 샷 동작의 3차원 운동학적 분석. **한국운동역학회지**, 16(4): 49-59.
- 최지영, 이옥진, 김승재(2007). 태권도 차기기술의 인체 분절사이의 협응 형태 : I. 돌려차기. **한국체육학회지**, 투고 중.
- 황인승(1997). *Kinematic analysis of sports skills using*

- three dimensional cinematography(round house kick in Taekwondo)*. 미출판강의 교재, 연세대학교.
- Abdel-Aziz, Y.I. & Karara, H.M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object coordinates in close-range photogrammetry, Proceedings of the Symposium on Close-Range photogrammetry, 1-18. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.
- Adrian, M., & Cooper, J.M. (1995). *Biomechanics of human movement*, Indiana polis, Indiana: Benchmark Press.
- Alexander, J. (1963). Comparison of the ice Hockey Wrist and Slap Shots for Speed and Accuracy. *Research Quarterly* 34.
- Good, E.S., & Suntay, W.J. (1983). A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. *Journal of Biomechanical Engineering*, 105, 136-144.
- Johnson, G.W. (1999). *LabVIEW graphical programming: Practical applications in instrumentation and control*. New York: McGraw-Hill.
- John Zumerchik(1997). *Encyclopedia of Sports Science*, Macmillan Library Reference USA, New York.
- Kreighbaum, E. & Barthels, K. M. (1990). *Biomechanics-a qualitative approach for studying human movement*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Lafortune, M.A. (1984). *The use of intra-cortical pins to measure the motion of the knee joint during walking*. Unpublished Doctorial thesis, Pennsylvania State University.
- Nigg, B.M. & Herzog, E. (1994). *Biomechanics of the musculo-skeletal system*. Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- Putnam, C.A.(1993). Sequential motions of body segments in striking and throwing skills: Descriptions and explanations. *Journal of Biomechanics*, 26, 125-135.
- Reinschmidt, C.(1996) *Normalization function in Kine Mat*(ISB web site).
- Roy, B. (1976). Kinematics of the slp shot in Ice Hockey as Executed by players. In P. V. Komi(ed.), *Biomechanics V-B*. Baltimore: University Park.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Turvey, M. T. (1990). Coordination. *American Psychologist*, 45(8), 938-953.
- Winstein, C. J. & Garfinkel, A. (1989). Qualitative dynamics of disordered human locomotion: A preliminary investigation. *Journal of Motor Behavior*, 21, 373-391.
- Winter, D.A.(1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. (2nd ed.). NewYork: John Wiley & Sons.

투 고 일 : 10월 31일
 심 사 일 : 11월 6일
 심사완료일 : 12월 3일