



아이스하키 스위프 샷(Sweep shot) 동작의 3차원 운동학적 분석

Three dimensional Kinematic Analysis of Sweep Shot in Ice Hockey

최지영 · 문곤성* (연세대학교)
Choi, Ji-Young · Moon Gon-Sung* (Yonsei University)

ABSTRACT

J. Y. CHOI, G. S. MOON, Three dimensional Kinematic Analysis of Sweep Shot in Ice Hockey. Korean Journal of Sports Biomechanics, 2006, Vol. 16, No. 4 pp. 49-59, 2006. The purpose of this study was to investigate the relations between the segments of the body, the three dimensional anatomical angle according to sweep shot in ice hockey. The subjects of this study were five professional ice hockey players. The reflective markers 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.

1. In three dimensional linear velocity of blade the Y axis showed maximum linear velocity almost impact, the X axis(horizontal direction) and the Z axis(vertical direction) maximum linear velocity of blade did not show at impact but after impact this will resulted influence upon hitting puck.
2. The resultant linear velocity of each segment of right arm showed maximum resultant linear velocity at impact. It could be suggest that the right arm swing patterns is kind of push-like movement. therefore the upper arm is the most important role in the right arm swing
3. The three dimensional anatomical angular displacement of trunk in flexion-extension showed flexion all around the wrist shot. The angular displacement of trunk in internal-external rotation showed internal rotation angle at the backswing top and and increased the angle after the impact.. while there is no significant adduction-abduction.
4. The three dimensional anatomical angular displacement of trunk showed most important role in wrist shot. and is followed by shoulder joints, in addition the movement of elbow/wrist joints showed least to the shot. this study result showed upperlimb of left is more important role than upperlimb of right.

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

I. 서 론

1. 연구의 필요성

우리나라에서 아이스하키는 대중적으로 인기가 있는 스포츠 종목은 아니지만 최근 아이스 링크의 증설과 더불어 아마추어 동호회의 숫자가 계속 증가할 만큼 인기가 높아지고 있으며, 인라인 스케이트의 대중적인 보급으로 인라인 하키도 유행하고 있다. 아이스하키는 스피드 스케이팅의 빠른 스피드와 피겨의 화려한 스케이팅 기술, 그리고 골을 넣었을 때의 희열감과 격렬한 몸싸움의 박진감 등이 조화를 이루는 스포츠이다.

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 지점에서도 슈팅이 가능한 슈팅이다. 리스트 샷은 스위프 샷과 거의 동일한 샷으로 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 3가지 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. 아이스하

키의 슈팅 동작은 인체의 각 분절들을 회전시켜 운동량을 발생시키고 발생된 운동량을 스틱을 통해 퍽에 전이시키는 과정이기 때문에 이러한 링크 시스템으로 슈팅 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 아이스하키의 슈트 동작은 이러한 역학적 원리를 바탕으로 연구가 이루어져야 하는 것이다.

아이스하키의 슈팅 동작에 대한 동작 분석 연구는 아이스하키 선수의 슈팅 속도 향상에 대한 연구(Alexander, 1964), 슈트 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, 2005) 등이 진행되었으나 아이스하키 슈팅 동작에 대한 체계적인 연구는 미진한 상태에 있다.

본 연구의 목적은 아이스하키 샷 중에서도 가장 기초적인 패스와 슈팅 기술로 인식되고 있으며, 다른 모든 샷의 기본이 되는 아이스하키 스위프 샷 동작에 대하여 3차원 영상분석방법을 적용하여 블레이드의 3차원 속도, 상지분절의 선형속도 그리고 상지관절의 해부학적 3차원 각 변위를 분석함으로써 아이스하키 슈트 동작에 대한 3차원 운동학적 기초자료를 제시하는데 그 목적을 두었다.

II. 연구 방법

1. 실험대상자

본 연구를 위하여 5명의 실업 팀 남자 선수가 실험대상자로 자원하였으며, 실험대상자들의 평균 키는 176 ± 2.45 cm, 평균 몸무게는 74 ± 4.00 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 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 부착한 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 중앙지점과 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 통하여 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 동작수행지역에 2.00m x 1.00m x 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 좌표값을 Second-Order Butterworth Low-Pass Filter(Winter, 1990)를 이용하여 평활화(smoothing) 하였다. 이 때, 원(raw) 데이터 값이 가능한 변형되지 않도록 각 분절들의 선형속도 값들의 곡선형태를 살펴보면서 표본 주파수(sampling frequency)와 차단 주파수(cutoff frequency)의 비율이 가장 적절하다고 나타난 비율 10이 되도록 6Hz의 차단주파수를 선택하였다. 테니스 포핸드 스트로크 동작시 백스윙 탑부터 할로우스루 까지 동작시간(0.46±0.06sec)을 기준으로 시간축은 Reinschmidt(1996)에 의하여 제시된 3차 스플라인 보간법(cubic spline interpolation)을 이용하여 시간 축을 100%로 정규화(normalization)하였다.

5. 동작시점 및 동작구간의 설정

아이스하키 스위프 샷에 대한 동작시점은 <그림 1>과 같이 a)준비자세 b)퍼워드 스윙 c)임팩트 d)팔로우스

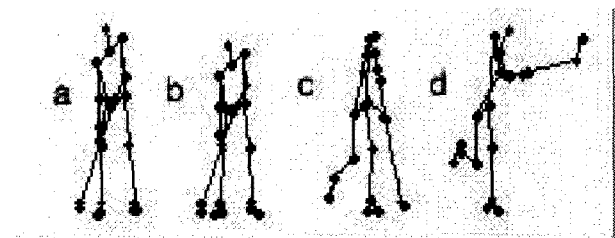


그림 1. 아이스하키 스위프 샷 동작시점

루로 설정하였다.

5. 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.

6. 각도의 계산

인체의 움직임은 대표하는 각도는 관성좌표계에 대한 신체 개개분절의 움직임을 알 수 있는 외지방향각(external orientation angle)과 개개분절의 상체분절에 대한 움직임을 나타내는 내지방향각(internal orientation angle) 그리고 상위분절에 대한 개개분절의 움직임을 알 수 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.

7. 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 관성좌

표 1. 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

표계(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 단위 벡터들도 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 회전에 의하여 얻을 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 정의 했을 때 1차, 2차 3차 회전각을 구하는 방법이다(황인승, 1997).

이상의 3번의 회전에 의하여 만들어진 각들인 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.

8. 관성좌표계와 운동 방향 정의

본 연구에서 이용된 관성좌표계는 오른손 직교좌표계(right-handed orthogonal reference frame)로서 Y축은 피험자의 전-후(anterior-posterior)방향인 운동의 진행 방향으로 정의하였으며, X축은 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.

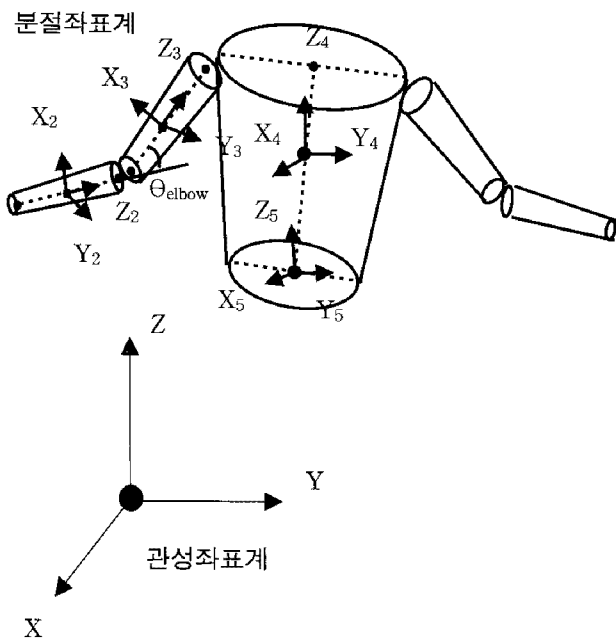


그림 1. 기준좌표계

III. 결과 및 논의

1. 시간요인

아이스하키 스위프 샷의 전반적인 시간요인에 대해

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

1. 블레이드 및 펙의 3차원 속도

<그림 2>은 아이스하키 펙(Puck)의 3차원 속도를 나타낸 것으로 그래프는 시간에 대한 백분율로 나타내었다. 그래프 중간의 각 실선은 퍼워드 스윙의 시작과 임팩트 순간을 나타내고 있다. 세가지 방향의 속도 중 가장 큰 속도요인을 나타낸 방향은 운동의 진행방향인 Y축에서 나타났으며, 펙의 최고속도가 94% 지점에서 $37.47 \pm 18.57 \text{m/sec}$ 로 나타났다. 운동의 수직방향인 Z축의 속도는 87% 지점에서 $2.64 \pm 0.43 \text{m/sec}$ 의 최고속도 값을 보였으며, 임팩트 이후 평균 10% 구간 즉, 0.04초 이후 최고속도 값에 도달하는 것으로 나타났다.

<그림 3>는 아이스하키 블레이드의 속도를 나타낸 것으로 운동진행 방향인 Y축 속도는 퍼워드 스윙의 시작 36%구간부터 점차적으로 속도 증가를 나타내기 시작하여 임팩트 직후 최고속도 값에 도달하는 것으로 나타났다. 이때 블레이드 Y축의 최고속도 값은 88% 지점에서 $22.02 \pm 2.23 \text{m/sec}$, X축의 최고속도 값은 93% 지점에서 $-16.32 \pm 1.55 \text{m/sec}$, 그리고 Z축의 최고속도 값은 92% 지점에서 $8.59 \pm 2.69 \text{m/sec}$ 로 나타났다. 퍼워드 스윙을 시작하여 임팩트에 도달할 때까지 Y축 방향의 블레이드 속도는 지속적으로 증가하여 임팩트 이후 최고속도에 도달하는 것으로 나타났으며 좌우방향을 나타내는 X축방향과 수직방향을 나타내는 Z축방향의 블레이드 속도는 임팩트 직전에 증가하여 임팩트 이후에 최고속도를 나타내었다.

표 2. 펙의 3차원 속도 (단위 : m/sec)

시점	X	Y	Z
임팩트	-2.89 ± 0.62	20.16 ± 3.29	1.60 ± 1.42
최고속도	-16.32 ± 1.55	22.02 ± 2.23	8.59 ± 2.69

표 3. 블레이드의 3차원 속도 (단위 : m/sec)

시점	X	Y	Z
임팩트	-2.89±0.62	20.16±3.29	1.60±1.42
최고속도	-16.32±1.55	22.02±2.23	8.59±2.69

표 4. 상지분절의 선형속도 (단위 : m/sec)

분절	퍼워드	임팩트	최고속도
상완(R)	1.05±0.40	3.56±0.73	4.18±0.52
전완(R)	1.07±0.38	4.68±0.73	5.22±0.79
손(R)	1.23±0.38	4.97±0.57	6.03±0.90
상완(L)	1.21±0.24	2.07±0.69	2.17±0.88
전완(L)	1.11±0.33	1.23±0.54	3.13±0.47
손(L)	1.13±0.29	1.14±0.57	4.48±0.38

2 상지분절 선형속도

<그림 4>는 오른팔의 상완, 전완, 그리고 손분절의 무게중심점의 선형속도를 나타낸 것으로 개개분절의 최고속도 값이 거의 임팩트 직전에 발생하는 것으로 나타났으며, 상지(upper limb)의 모든 분절이 동시에 최고속도 값을 나타내는 미는 듯한 (push-like) 동작의 형태를 보여주고 있다. 관절의 각도변위에서 살펴보겠지만 아이스하키 스위프 샷의 오른팔 분절의 움직임은 어깨관절을 중심으로 발생하는 것으로 나타났다. 각분절의 최대속도 값은 상완분절 4.18±0.52m/sec, 전완분절 5.22±0.79m/sec, 그리고 손분절 6.03±0.90m/sec 순으로 나타나, 속도의 증가가 상완분절, 전완분절, 그리고 손분절의 순으로 나타났다. 문근성(2003)은 아이스하키 슬랩 샷(slap shot)의 운동학적 분석을 통하여 오른팔 분절의 진행방향 속도 값을 상완분절 4.67±0.43m/sec, 전완분절 7.22±0.69m/sec, 그리고 손분절 9.42±0.89m/sec로 다소 높은 값을 제시하고 있으며 왼팔 분절의 진행방향 속도 값을 상완분절 2.35±0.05m/sec, 전완분절 3.56±0.34m/sec, 그리고 손분절 4.75±0.67m/sec로 보고하고 있다. <그림 5>는 왼팔 분절의 선형속도를 나타낸 것으로 상완분절과 손분절은 임팩트 직전 69% 지점, 전완분절은 67% 지점 그리고 상완분절은 73% 지점에서 최고속도 값을 나타내어, 오른팔 모든 분절의 최고속도(평균 77% 지점)는 왼팔의 모든 분절

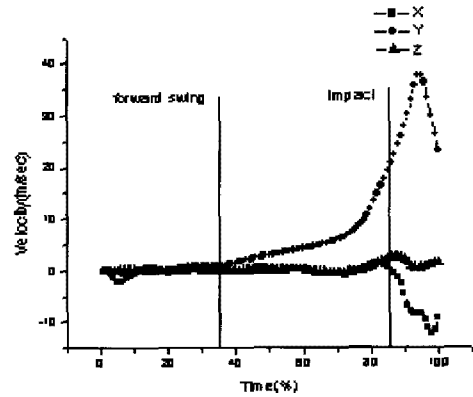


그림 2. 아이스하키 펙(puck)의 속도

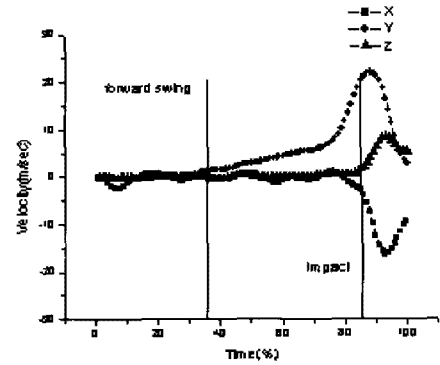


그림 3. 아이스하키 블레이드(blade) 속도

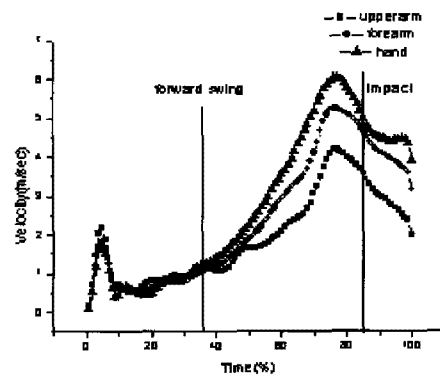


그림 4. 오른팔분절의 선형속도

이 최고속도에 도달한 이후 최고속도값을 나타내는 것으로 나타나고 있으며, 오른팔 그리고 왼팔의 모든 개개분절은 임팩트 전에 최고속도에 도달하는 것으로 나타났다.

왼팔 상완분절의 최고속도는 2.17±0.88m/sec, 전완분절 3.13±0.47m/sec, 그리고 손분절 4.48±0.38m/sec로

표 5. 중요관절의 3차원 각도

(단위:deg)

관절	퍼워드			임팩트		
	x	y	z	x	y	z
상체	1.7±5.6	-11.4±3.3	1.9±7.0	26.2±5.5	-13.5±4.7	51.2±14.3
어깨(R)	-49.0±12.9	26.1±3.71	-1.4±20.4	-74.0±8.7	17.1±4.0	3.4±27.6
팔꿈치(R)	35.0±13.2			30.8±9.0		
손목(R)	-4.4±5.2	1.9±5.6		-2.0±7.2	-8.4±7.3	
어깨(L)	-10.6±9.3	0.9±4.9	64.4±8.3	-45.7±20.3	5.2±19.6	68.5±14.3
팔꿈치(L)	75.4±9.1			45.3±28.5		
손목(L)	-2.16±13.3	7.95±5.9		0.9±4.0	5.9±8.5	

나타났다. 이는 Plagenhoef(1971), Bunn(1972), Putnam (1983)등의 스피드 총합의 원리(summation of speed), 링크 시스템(linked system)의 이론에 따르면 근위분절에서 원위분절로 시간적인 순서에 따라 수행되는 운동 형태를 이상적인 형태라고 보고하고 있으며, 본 연구의 결과 임팩트 순간에는 상완분절, 전완분절, 손분절의 순으로 속도의 증가가 발생하였으며, 최고속도가 발생하는 시점은 임팩트 이전에 거의 일치하는 것으로 나타났다.

3. 상지관절의 해부학적 3차원 각변위

<그림 6>은 상체의 회전 및 굴곡각도를 살펴보기 위하여 연구목적상 상체를 요추4번(Lumber 4)을 기준으로 하여 윗몸통 그리고 아래몸통으로 나누어 아래몸통에 대한 윗몸통의 3차원 각변위를 살펴보았다. 아이스하키 스위프 샷 동안 상체의 3차원 각변위 중 가장 큰 변위의 값을 나타낸 것은 상체의 회전을 나타내는 Z축의 각변위로, 최소값 -1.7±7.9도에서 최대값 72.3±10.3도로 평균 74도의 각변위를 보이고 있다. 운동의 방향성에 따른 상체의 회전운동은 준비자세에서 퍼워드 스윙 이후(58% 지점)까지 외측회전의 양상을 나타내다가 이후 내측회전으로 바뀌어 임팩트 이후에도 계속 내측회전되는 것으로 나타났다. 두번째로 큰 상체의 각변위는 굴곡과 신전을 나타내는 X축 각변위로 전반적으로 굴곡된 상태에서 스위프 샷이 발생하는 것으로 나타났으나, 운동의 방향성을 살펴보면 상체의 회전각과 같은 양상으로 준비자세에 퍼워드 스윙 이후(58% 지점)까지

신전된 양상을 보이다가 이후 굴곡된 상태에서 임팩트가 이루어지는 것으로 나타났다. 좌우측 측면기울기를 나타내는 Y축 각변위는 스위프 샷 전반에 걸쳐 좌측 측면쪽으로 기울어진 상태를 유지하여 임팩트가 발생하는 것으로 나타났다. 임팩트시 상체의 굴곡각도는 26.2±5.5도로 나타났으며, 좌측측면기울기 각도는 -13.5±4.7도 그리고 내측회전각도는 51.2±14.3도로 나타났다.

<그림 7>은 오른어깨관절의 3차원 각변위를 나타낸 것으로 오른어깨관절의 회전 및 굴곡각도를 살펴보기 위하여 오른쪽 윗몸통에 대한 오른상완분절의 3차원 각변위를 살펴보았다. 오른어깨관절의 3차원 각변위는 아이스하키 스위프 샷 동작의 굴곡과 신전을 나타내는 X축 각변위는 전반적으로 오른어깨관절이 신전된 상태에서 운동이 진행 되었으며, 퍼워드 스윙이후 굴곡되는 양상을 보이다가 임팩트 전에 더욱 신전되는 경향으로 나타났으며 신전된 상태에서 임팩트가 이루어지는 것으로 나타났다. 내전과 외전을 나타내는 Y축 각변위는 전반적으로 오른어깨관절이 내전된 상태에서 스윙이 진행되는 것으로 나타났다. 퍼워드 스윙 이후 운동의 진행방향은 오른어깨관절이 외전된 후 임팩트 직전에 내전되면서 임팩트가 이루어지는 것으로 나타났으며 임팩트 이후 다시 외전되는 것으로 나타났다. 내측회전과 외측회전을 나타내는 Z축의 오른어깨관절의 각변위는 준비자세에서 퍼워드 스윙이 이루어지기까지 내측회전된 형태로 동작이 발생하다가 퍼워드 스윙 이후 운동의 방향성은 오른어깨관절이 외측회전된 형태로 나타났으나, 임팩트 직전 다시 내측회전 되어 임팩

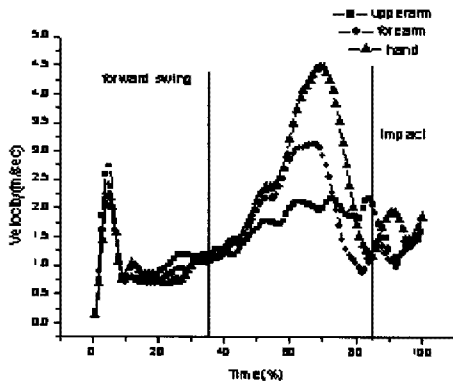


그림 5. 왼팔분절의 선형속도

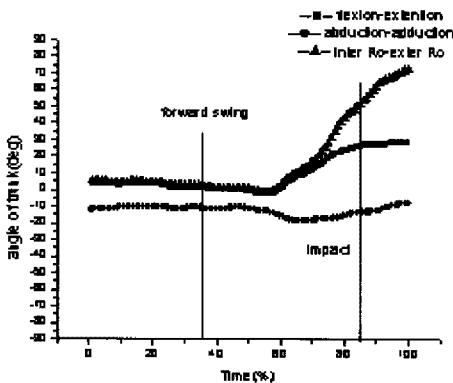


그림 6. 상체의 각도변위

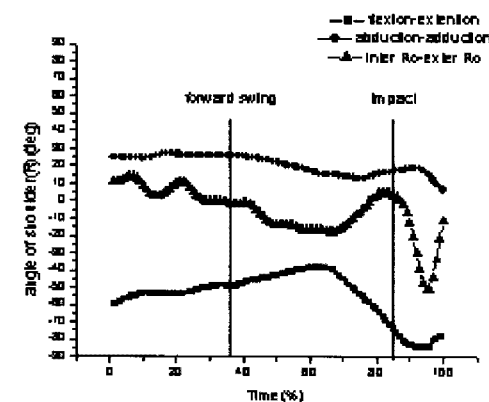


그림 7. 오른어깨관절의 각도변위

트가 이루어지는 것으로 나타났다. 임팩트시 오른어깨관절의 신전각도는 -74.0 ± 8.7 도, 내전각도는 17.1 ± 4.0 도, 그리고 외측회전각도는 3.4 ± 27.6 도로 나타났다. 오른어깨관절의 굴곡과 신전을 나타내는 X축 각변위는 최소값은 -84.4 ± 4.9 도로 임팩트 이후 발생하였으며 최대값

-38.6 ± 9.72 도를 나타내어 평균 45.8도의 각변위를 나타내고 있으며, 내전과 외전을 나타내는 Y축 각변위는 최소값은 6.3 ± 12.7 도로 임팩트 이후에 발생하였으며 최대값은 26.8 ± 3.5 도로 퍼워드 스윙시점에 발생하여 평균 20.5도의 각변위를 나타내고 있다. 또한 수직축에 대한 회전을 나타내는 Z축 각변위는 최소값은 -51.4 ± 28.2 도로 임팩트 이후 발생하였으며, 최대값은 14.0 ± 42.6 도로 나타나 평균 65.4도의 각변위를 나타내고 있다. 오른어깨관절의 경우 실험 전의 예상했던 결과 보다 어깨관절의 3차원 각변위가 작게 나타나고 있으며, 오른어깨관절의 3차원 각변위에 따른 운동의 방향성을 살펴보면, 스윙은 상체를 기준으로 아래서 위로, 바깥쪽에서 안쪽으로 동작이 이루어지는 것으로 나타났다.

<그림 8>은 오른팔꿈치관절의 3차원 각변위를 나타낸 것으로 그래프의 상하실선은 표준편차를 나타낸 것이다. 오른팔꿈치관절의 각변위는 아이스하키 스윙프 샷 동안 전반적으로 굴곡된 상태에서 스윙이 이루어지고 있는 것으로 나타났으며, 퍼워드 스윙 이후 더욱 굴곡되어 임팩트 직전에 신전되기 시작하여 오른팔꿈치관절이 신전되면서 임팩트가 이루어지는 것으로 나타났다. 임팩트시 오른팔꿈치의 굴곡각도는 30.8 ± 9.0 도로 나타났다. 오른팔꿈치관절 최소각은 10.1 ± 5.2 도로 임팩트 이후 발생하였으며, 최대값은 59.3 ± 14.8 도로 임팩트 직전에 발생하여 오른팔꿈치관절의 전체 각변위는 평균 49.2도 정도의 각변위를 나타내고 있다. 문근성(2003)은 슬랩 샷 동작에서 임팩트시 평균 149도의 오른팔꿈치각을 보고하고 있는데 이를 해부학적 각도로 계산하여보면 굴곡각도 59도로 보고하고 있다.

<그림 9>은 오른손목관절의 3차원 각변위를 나타낸 것으로 오른손목관절의 3차원 각변위를 나타낸 것으로 해부학적으로 손목관절에서는 수직축에 대한 회전운동이 발생하지 않으므로 Z축 각변위는 제외하였다. 오른손목관절의 굴곡과 신전을 나타내는 X축 각변위는 아이스하키 스윙프 샷 동안 전반적으로 약간 신전된 상태를 보이고 있으며, 운동의 방향성을 살펴보면 퍼워드 스윙에서 임팩트로 진행되면서 신전되는 양상을 보이다가 임팩트직전에 굴곡되기 시작하여 굴곡되면서 임팩트동작이 발생하는 것으로 나타났다. 내전과 외전을 나타내는 Y축의 각변위의 운동의 방향은 전반적으로

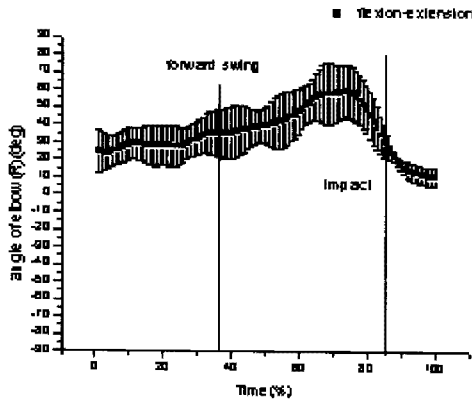


그림 8. 오른팔꿈치관절 각도

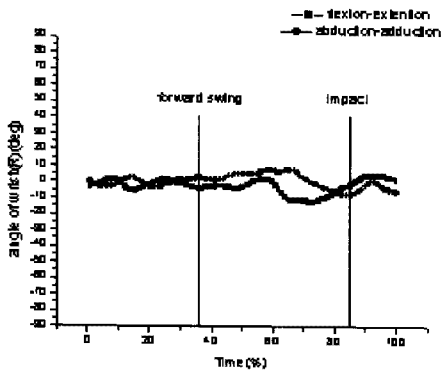


그림 9. 오른손목관절 각도

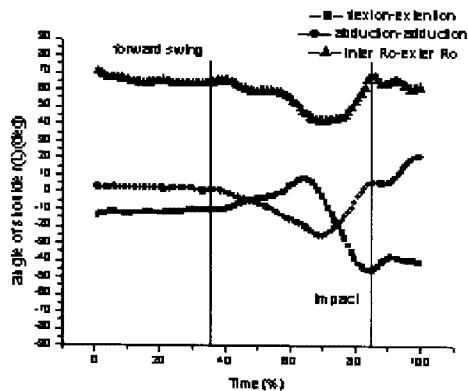


그림 10. 왼어깨관절 각도

내전된 상태에서 동작이 진행되고 있으며, 운동의 방향성을 살펴보면 퍼워드 스윙 이후 내전되어 릴리즈 직전에 외전된 상태로 진행되어 임팩트 이후 다시 내전되는 상태를 나타내고 있다. 임팩트 시 손목관절의 신전각도

는 -2.0 ± 7.2 도로 나타났으며, 외전된 각도는 -8.4 ± 7.3 도로 나타났다.

<그림 10>은 왼어깨관절의 3차원 각변위를 나타낸 것으로 왼어깨관절의 회전 및 굴곡각도를 살펴보기 위하여 왼쪽 윗몸통에 대한 왼쪽 상완분절의 3차원 각변위를 살펴보았다. 왼어깨관절의 굴곡과 신전을 나타내는 X축 각변위는 준비자세에서 퍼워드 스윙 까지는 각도의 변화가 거의 없다가 퍼워드 스윙 이후 임팩트 직전까지 굴곡되는 양상을 나타내어 신전되면서 임팩트 동작이 발생하여 임팩트 직후 굴곡되는 양상을 나타내었다. 내전과 외전을 나타내는 Y축 각변위는 내전된 상태에서 동작이 발생하였으며, 퍼워드 스윙 이후부터 임팩트 직전까지 외전되는 양상으로 나타났으며, 임팩트 직전에 내전되어 임팩트 동작이 이루어지는 것으로 나타났다. 내측회전과 외측회전을 나타내는 Z축의 각변위는 전반적으로 내측회전된 형태로 나타났으며, 운동의 방향성을 살펴보면 퍼워드 스윙부터 임팩트 직전까지 외측회전이 발생하였으나 임팩트 직전에 내측회전으로 운동이 전환하여 임팩트가 이루어지는 것으로 나타났으며 임팩트 이후 다시 외측회전 되어지는 것으로 나타났다. 왼어깨관절의 3차원 각변위는 임팩트 시점을 기준으로 하여 살펴볼 때 임팩트 직전에 각변위가 급격하게 이루어지고 있는 양상을 나타내어 오른어깨관절보다 스위프 샷 동작 수행시 방향성과 파워의 측면에서 중요한 역할을 한다고 할 수 있다. 임팩트시 왼어깨관절의 신전각도는 45.7 ± 20.3 도, 내전각도는 5.2 ± 19.6 도, 그리고 내측회전각도는 68.5 ± 14.3 도로 나타났다. 굴곡과 신전을 나타내는 X축 각변위는 최소값 -45.9 ± 20.0 도로 임팩트 시점에 발생하였으며 최대값은 7.8 ± 8.05 도로 평균 53.7 도의 각변위를 나타내었으며, 내전과 외전을 나타내는 Y축 각변위는 최소값은 -25.4 ± 10.9 도로 최대값은 21.3 ± 14.8 도로 나타나 평균 46.7 도의 각변위를 나타내었다. 또한 수직축에 대한 회전을 나타내는 Z축 각변위는 최소값은 41.9 ± 12.9 도로 나타났으며, 최대값은 68.5 ± 14.3 도로 임팩트 시점에 발생하였으며 평균 26.6 도의 각변위를 나타냈다. 관절의 활동범위 측면에서 왼어깨관절의 3차원 각변위를 상체와 오른어깨관절의 각변위와 비교하여 살펴보면, 굴곡-신전을 나타내는 X축 각변위와 내전-외전을 나타내는 Y축 각변위가 가장 크게

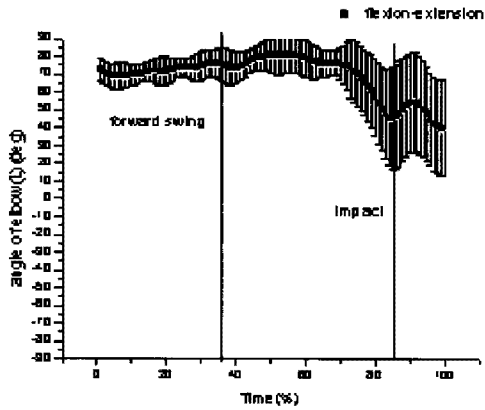


그림 11. 왼팔꿈치관절 각도

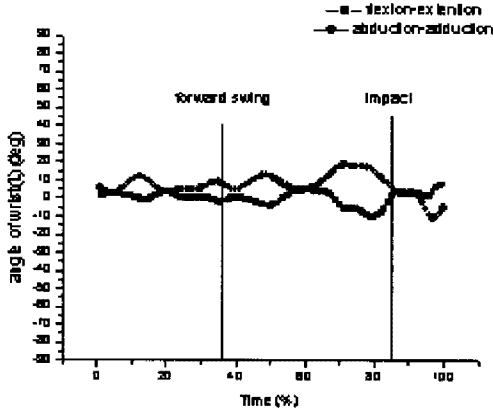


그림 12. 왼손목관절 각도

나타났으며, 회전을 나타내는 Z축의 각변위는 상체, 오른어깨관절 그리고 왼어깨관절 순으로 나타났다.

<그림 11>은 왼팔꿈치관절의 3차원 각변위를 나타낸 것으로 그래프의 상하실선은 표준편차를 나타낸 것이다. 왼팔꿈치관절의 각변위는 아이스하키 스윙 샷 동안 전반적으로 굴곡된 상태에서 임팩트가 진행되는 것으로 나타났다. 운동의 방향성에서 살펴보면 퍼워드 스윙부터 임팩트 이전까지 점진적으로 신전되는 양상을 나타내고 있으며, 임팩트 이후 다시 굴곡되는 것으로 나타났다. 임팩트 시 왼팔꿈치관절의 굴곡각도는 45.3 ± 28.5 도로 나타났으며, 왼팔꿈치관절 최소각은 40.4 ± 26.8 도로 임팩트 시점을 전후하여 발생하였으며 최대각은 퍼워드 스윙 직후 80.7 ± 9.7 도로 나타나 평균 40.3도의 각변위를 보이고 있다.

<그림 12>은 왼손목관절의 3차원 각변위를 나타낸 것으로 해부학적으로 손목관절에서는 수직축에 대한

회전운동이 발생하지 않으므로 Z축 각변위는 제외하였다. 왼손목관절의 굴곡과 신전을 나타내는 X축 각변위는 아이스하키 스윙 샷 동안 전반적으로 약간 신전된 상태에서 슈팅 동작이 이루어지는 것으로 나타났다. 운동의 방향성을 살펴보면 퍼워드 스윙을 시작하여 약간 굴곡되었다가 슈팅직전에 신전되면서 슈팅이 이루어지는 것으로 나타났다. 내전과 외전을 나타내는 Y축의 각변위는 아이스하키 스윙 샷 동안 전반적으로 내전된 상태를 보이고 있으나, 운동의 방향성을 살펴보면 퍼워드 스윙과 맞추어 더욱 내전되었다가 슈팅 직전에 외전되면서 슈팅이 이루어지는 것으로 나타났다. 임팩트 시 왼손목관절의 굴곡각도는 -0.9 ± 4.0 도로 나타났으며, 내전된 각도는 5.9 ± 8.5 도로 나타났다.

IV. 결론 및 제언

본 연구를 통하여 블레이드의 운동진행 방향 속도는 퍼워드 스윙부터 증가하여 임팩트 직후 최고속도 값을 나타냈으며, 수직방향과 좌우방향의 속도는 임팩트직전에 증가하기 시작하여 임팩트동작 이후에 최고속도 값을 나타내었다. 오른팔과 왼팔의 개개분절 최고속도 값은 임팩트동작이 이루어진 후 발생하는 것으로 나타났으며 상지(upper limb)의 모든 분절이 동시에 최고속도 값을 나타내는 미는 듯한 (push-like) 동작의 형태를 나타내어 스윙 샷의 특성을 잘 나타내고 있다. 최고속도가 발생하는 시점을 비교하여 보면 왼팔분절이 오른팔 분절 보다 먼저 발생하는 것으로 나타났다.

상체의 3차원 각변위 중 가장 크게 나타난 각변위는 상체의 회전, 굴곡과 신전 그리고 내전 외전 순으로 나타났으며, 상지관절의 각변위는 어깨관절, 팔꿈치관절, 그리고 손목관절의 순으로 나타났다. 오른어깨관절의 3차원 각변위에 따른 운동의 방향성은 상체를 기준으로 아래서 위로, 바깥쪽에서 안쪽으로 동작이 이루어지는 것으로 나타났으며, 팔꿈치 관절은 퍼워드 스윙 이후 더욱 굴곡되어 임팩트 직전에 신전되어 임팩트가 이루어지는 것으로 나타났다. 왼어깨관절의 3차원 각변위는 임팩트 시점을 기준으로 하여 살펴볼 때 임팩트 직전에 각변위가 급격하게 이루어지고 있는 양상을 나타내어

오른어깨관절보다 스위프 샷 동작 수행시 방향성과 파워의 측면에서 중요한 역할을 한다고 할 수 있다.

실제 현장에서 스위프 샷에 대한 설명은 찍을 빗자루로 쓸어내는 듯한 동작으로 하는 샷으로써, 하키에서 가장 기본이 되는 샷으로 설명되어지고 있다. 본 연구의 결과 이러한 아이스하키 스위프 샷의 성공적인 동작을 위해서는 손목, 팔꿈치 그리고 어깨관절의 협응이 중요하며 팔로만 스윙하는 것이 아닌 근위분절의 상체의 움직임도 중요한 역할을 한다고 사료된다.

참 고 문 헌

문곤성, 박종률(2003). 아이스하키 슬랩 샷에 대한 운동학 분석. 한국 운동역학회지, 13(2): 13-28.

이용범, 육동원, 김지수, 서성혁(2001). 아이스하키 스위프 샷의 상대 빈도 모델링 효과. 한국체육학회지, 40(2): 137-146.

이창영, 김은경(2004). 아이스 하키 선수들의 등속성 근 기능에 관한 연구. 한국사회체육학회지, 22: 567-577.

최지영(2006). 아이스하키 리스트 샷 동작의 3차원 운동학적 분석. 한국체육학회지, 45(1): 799-809..

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*,(pp. 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.

Grood, 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.

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.

Winter, D.A.(1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. (2nd ed.). NewYork: John Wiley & Sons.

투 고 일 : 2006. 10. 30
 심 사 일 : 2006. 11. 10
 심사완료일 : 2006. 12. 20