



한국운동역학회지, 2003, 제13권 3호, pp. 181-197  
Korean Journal of Sport Biomechanics  
2003, Vol. 13, No. 3, pp. 181-197

## 휠체어 농구 자유투 동작시 상지분절의 운동학적 분석

한희창\* · 윤희중\*\* · 이훈표\*\*\* (한국체육대학교)

### ABSTRACT

#### A Kinematic Analysis of the Upper-limb Motion of Wheelchair Basketball Free Throw Shooting

Han, Hee-Chang\* · Lee, Hoon-Pyo\*\* · Yoon, Hee-Joong\*\*  
(Korea National Sport University)

H. C. HAN, H. J. YOON, H. P. LEE. A Kinematic Analysis of the Upper-limb Motion of Wheelchair Basketball Free Throw Shooting. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 13, No. 3, pp. 181-197, 2003. The Purpose of this study was to examine the kinematic analysis of the upper-limb motion of wheelchair basketball free throw shooting. Three-dimensional kinematic data were obtained from 8 male wheelchair basketball players performing a successful free throw. Players were divided into three groups, according to their IWBF classification (Group 1: 1 point players, Group 2: 2-2.5 point players and Group 3: 3.5-4 point players) Wheelchair basketball free throw motions were taken by video camera. The three-dimensional coordinates was processed by DLT.

Players from Group 1 and 2 tended to release the ball from a lower height, with greater velocity and release angle.

---

2003년 10월 25일(토) 접수

\* Corresponding author, 138-763, 서울시 송파구 오륜동 88 한국체육대학교 일반대학원 체육학과  
연락처 : judge5033@hotmail.com, Tel : 019-299-9557

\*\* 교수, 138-763, 서울시 송파구 오륜동 88 한국체육대학교

\*\*\* 대학원생, 138-763, 서울시 송파구 오륜동 88 한국체육대학교 체육과학관 운동역학실

Players from Group 1 showed greater shoulder horizontal adduction and horizontal abduction angle, wrist ulnar flexion and radial flexion angle, and trunk angle. but players from Group 2 appeared lower shoulder abduction.

Upper limb angular velocity showed most greatly in hands from Group 1, upperarm from Group 2, and forearm from Group 3.

**KEY WORDS: WHEELCHAIR BASKETBALL, CLASSIFICATION, IWBF,**

## I. 서 론

휠체어 농구(Wheelchair Basketball)는 농구와 마찬가지로 제한된 시간에 일정한 규격의 경기장에서 바스켓에 공을 던져 넣어 득점을 겨루는 경기로 매우 경쟁적인 스포츠다. 이러한 휠체어 농구는 빠른 공·수 전환으로 박진감이 있고 흥미진진한 스포츠로 장애인 스포츠 분야에서 가장 인기 있는 스포츠로 인식되고 있다(Brasile & Hedrick 1996). 그러나 휠체어 농구는 선수 개개인 장애상태가 각각 다르기 때문에 공을 패스, 슈팅, 드리블 하거나 휠체어를 굴리는 상지와 몸통기능이 다양할 수 있어 선수의 경기 기술 능력에 따른 등급분류에 기초가 되어야 한다.

IWBF(International Wheelchair Basketball Federation)의 선수분류 체계에 따르면 총 8개 등급으로 구분되는데 선수는 장애 형태에 의해서가 아니라 기능적 능력에 따라 <표 1>과 같이 점수가 매겨진다. 그리고 기능등급 점수의 합계가 미리 정한 최대 점수 값보다 높지 않아야 하며, IWBF 국제 경기에서는 공정한 게임을 위해 팀의 최대점수가 14.0까지 허용된다(이건희 2002). 이러한 휠체어 농구는 패스, 드리블, 슈팅, 휠체어 조작 능력등 여러 가지 기본기술이 복합적으로 결합되어 짧은 시간 안에 슈팅의 득실로 승패를 가르게 된다.

휠체어 농구의 기본기술 중 슈팅의 동작은 득점과 직접 연결이 되는 중요한 기술이며 휠체어 농구경기의 모든 동작의 최종목적이 되는 동작이다. 휠체어 농구기술 중 가장 중요하고 습득하기 어려운 동작이 바로 슈팅동작이라고 할 수 있다. 슈팅에는 레이업 슈트, 폭슈트, 세트 슈트 등이 있는데 그중에서 자유투는 정해진 거리에서 수비수의 방해가 없이 행하는 원핸드 세트 슈트이다. 또한 자유투는 경기 초반이나 중반보다는 종반에, 점수차가 현저한 경기보다는 백중환 경기에서 그 시기횟수가 많게 나타나고 있으며, 자유투는 전체 득점의 약 10% 정도 차지하고 있다(박성운, 2001). 특히 시드니 장애인 휠체어 농구의 경기내용분석에서 살펴보면, 상위 팀 일수록 자유투에 대한 성공률이 높게 나타난다고 하였으며(이재근 2001), 1998 Gold cup 남자 휠체어 농구 Champion ship에서는 슈트의

21.9±8.4%가 자유투이며 52.4±14.3%라는 높은 성공률을 보였다(Goosey-Tolfrey, Butterworth, & Morriss 2000).

휠체어 농구는 득점을 많이 한 팀이 승자가 되기 때문에 무엇보다 중요한 것은 수비수의 방어가 없는 자유투의 성공이 특히 중요하다고 할 수 있다. 휠체어 농구의 슈팅을 정확하게 성공시키기 위해서는 개인이 가지는 역학적 요인과 앉은 자세, 팔 근력, 그리고 몸의 안정성이라 할 수 있다. 일반적으로 휠체어 농구의 자유투 동작에서는 휠체어를 바스켓 방향으로부터 약 30-45°정도로 휠체어를 돌려 슈팅을 하는데 슈팅 동작 시 휠체어의 움직임을 적게 하기 위한 동작이라 할 수 있다(Owen, 1982). 이러한 휠체어 농구 슈팅에 대한 선행연구를 살펴보면 국외연구로는 휠체어 농구 슈팅 기술에 관한 운동학적 분석(Malone, Gervais, Badudin, & Steadward, 1995), 휠체어 농구 자유투의 볼 릴리즈시 요인 분석(Malone, Gervais, & Steadward, 1999), 휠체어 농구의 슈팅에 대한 운동학적 분석(Hiroyuki Nunome, 2002), 휠체어 농구의 자유투 기술연구(Goosey-Tolfrey, 2002), 남자 휠체어 농구의 자유투 기술 분석(Goosey-Tolfrey, Butterworth & Morriss, 2002), 장애인 휠체어 농구 슈팅 시 상지의 운동학적 분석(Nunome, Doyo, Sakurai, Ikegmai, & Yabe, 2002) 등 많은 휠체어 농구 동작에 대한 운동학적 연구가 이루어지고 있다.

표 1. IWBF 등급에 의한 슈팅기능 (Courbariaux, 2001).

Class 1, 1.5	Class 2, 2.5	Class 3, 3.5
공을 던지기 위해 머리 위로 팔을 휘둘릴 때 몸통 균형의 안정성이 현저히 떨어지고 또 공을 던진 후에 팔로 지지해야 하는 경우. 두 손으로 공을 던질 때는 등이 휠체어의 등받이에 밀착되어 있어야 하며, 최소한의 접촉도 몸통 유지가 힘든 경우	팔을 올리거나 팔을 돌릴 때에 하부 몸통의 균형이 경도 내지는 중등도로 균형 소실로 인해 하부 몸통이 바스켓에서 멀어짐.	곧게 앉은 자세에서나 특히 공을 던지기 위해 팔을 휘둘러 때에도 균형을 잘 유지하고, 몸통을 골대로 향해 틀 때에도 전혀 균형에 문제가 없을 때
Class 4	Class 4.5	
공을 던진 후에 팔을 돌린 방향으로 몸통을 강력하게 돌릴 수 있다.  공을 잡을 때나 혹은 양손을 위로 올릴 때 한쪽으로 기대거나 혹은 적어도 한쪽으로 몸통을 기대 수 있는지 (방어자로부터 떨어져서).	공을 던지는 동안 모든 방향으로 몸통을 힘있게 움직일 수 있거나, 두 손으로 공을 잡은 상태에서 옆으로 기대거나, 혹은 양쪽으로 몸을 돌릴 수 있다.	

그럼에도 불구하고 국내 휠체어 농구에 대한 연구 동향은 휠체어 농구경기의 포지션별 경기력 차이 비교 연구(박병도, 2001), 휠체어 농구 경기의 내용분석(이재근, 2001), 휠체어 농구경기의 파울특징 분석(조철환, 2001) 등에 그치고 있으며 대부분의 선행연구가 경기내용분석을 다루고 있는 실정으로 휠체어 농구 슛팅 기술의 운동학적 분석이 전무한 실정이다.

따라서 이 연구는 휠체어 농구에서 기능 등급간 자유투 동작을 분석 비교함으로써 휠체어 농구의 자유투 기술에 대한 이해를 돕고 슛의 성공률을 높일 수 있는 지도방안을 모색하여 휠체어 농구 지도자 및 선수들의 훈련에 도움이 되는 기초 자료를 제공하는데 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

이 연구의 대상자는 휠체어 농구 연맹에 등록되어 있는 남자 휠체어 농구 선수 8명을 대상으로 하였다. 모든 연구대상자는 IWBF 등급에 따라 그룹1은 등급1점, 그룹2는 등급2-2.5점 그룹3은 3.5-4점으로 구분하였으며 연구대상자의 신체적 특성은 <표 2>와 같다.

표 2. 연구대상자의 신체적 특성.

Subject	Disability	Point Classification	Age	Career
Group 1	S1	SCI	34	3
	S2	SCI	29	4
Group2	S3	SCI	35	15
	S4	SCI	35	5
	S5	SCI	36	10
	S6	Polio	32	10
Group 3	S7	AMP	32	3
	S8	SCI	50	5

SCI=Spinal cord injury (척수손상)

AMP=Amputee (절단)

Polio=Post polio (소아마비)

## 2. 실험장비

본 연구에 사용된 실험장비는 촬영장비와 영상 분석 장비로 분류되는데 실험장비의 세부사항은 <표 3>과 같다.

표 3. 실험장비.

구분	명칭	모델명	제조회사
촬영장비	비디오카메라	Panasonic 456AG	Panasonic
	통제점 막대	Control Object	Visol
	램프인디케이터		자체제작
분석 장비	컴퓨터	IBM 펜티엄	IBM
	모니터	PVM-1942	Sony
	VCR	Panasonic AG-7350	Panasonic
	Software	Kwon3D ver21	V-TEK

## 3. 실험절차 및 자료처리방법

실험기구의 배치는 휠체어 농구의 자유투 동작을 모두 점유할 수 있는 높이 1.8m, 길이1m, 폭1m의 통제점틀을 설치하여 자유투가 실시되는 지점에 위치하도록 하였다. 3대의 비디오카메라를 피험자가 동작을 실시하는 위치로부터 약 7m 거리에 떨어진 우측과 우측후방, 후방에 설치하였으며, 피험자의 슛팅 동작이 카메라 필드에 들어오도록 조절하였다. 셔터 스피드는 1/1000로 설정한 후 비디오 카메라를 작동시켜 직육면체 통제점틀을 약 3분정도 촬영한 후 제거하였다. 모든 연구대상자는 분석 시 디지털라이징의 오차를 줄이고, 동작의 움직임의 정확하게 파악하기 위해서 피험자의 상의는 탈의하고, 상지 분절의 해부학적 경계점에 반사마커를 부착하였다.

특히 슛팅 동작 시 손과 손목의 움직임을 정밀하게 파악하고자 20cm T자형 막대를 제작하여 <그림 1(a)>와 같이 손등과 전완에 부착하였다(Nunome, Doyo, Sakurai, Ikegmai, & Yabe, 2002). 연구대상자들은 충분한 자유투 연습을 한 후 왼 핸드 슛을 5회 수행하여 깨끗하게 들어간 동작을 비디오 영상분석 시스템을 이용하여 디지털라이징을 실시하였다. 모든 연구대상자는 개인의 능력을 발휘 할 수 있도록 개인이 사용하던 농구용 휠체어를 이용하였다. 디지털라이징 후 얻어진 2차원 좌표값을 이용하여 3차원 좌표를 얻기 위해 이미 알고 있는 실공간의 좌표로부터 인체 관절점의 3차원 좌표값을 계산하는 방식인 DLT방법을 이용하였다(Abdel-Aziz & Karara,1971).

3차원 공간좌표 설정은 전후방향을 Y축, 좌우방향을 X축, 상하방향을 Z축으로 설정하였다. 3대의

비디오 카메라는 속도가 60fields/s이고 이로부터 얻은 정보를 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용하여, 0.016초 간격으로 보간(interpolation)하여 동조시켰다.

3차원 좌표에 포함되는 디자타이징 오차와 촬영장비 자체에 의해 발생할 수 있는 노이즈를 제거하기 위해 Butterworth의 2차 저역통과필터(low-pass filter)를 사용하여 스무딩 하였다. 이때 차단주파수(cut-off frequency)는 6Hz로 설정하였다. 자료처리는 Kwon 3D 2.1 프로그램(Kwon, 1994)과 Matlab Ver. 6.5 프로그램을 사용하여, 평균과 표준편차를 산출하였다.

#### 4. 분석변인

이 연구에서 구하고자 하는 운동학적 변인은 볼 릴리즈시의 변인, 자유투 동작의 상지 분절 각도 변인, 상지분절의 각속도등이다. 특히 휠체어 농구의 자유투시 각도변인을 구하기 위해 상지분절을 <그림 1(b)>과 같이 Nunome등이 사용한 방법을 이용하여 벡터를 정의하였다.

SD는 왼쪽어깨관절점에서 오른쪽 어깨 관절점의 벡터

TR는 왼쪽어깨관절점에서 오른쪽 어깨관절점의 중심점에서 몸통중심의 벡터

UA는 종축에 대한 상완분절의 벡터

FA는 종축에 대한 전완분절의 벡터

ST1는 중족골 2부터 중족골5에 이르는 스틱의 벡터

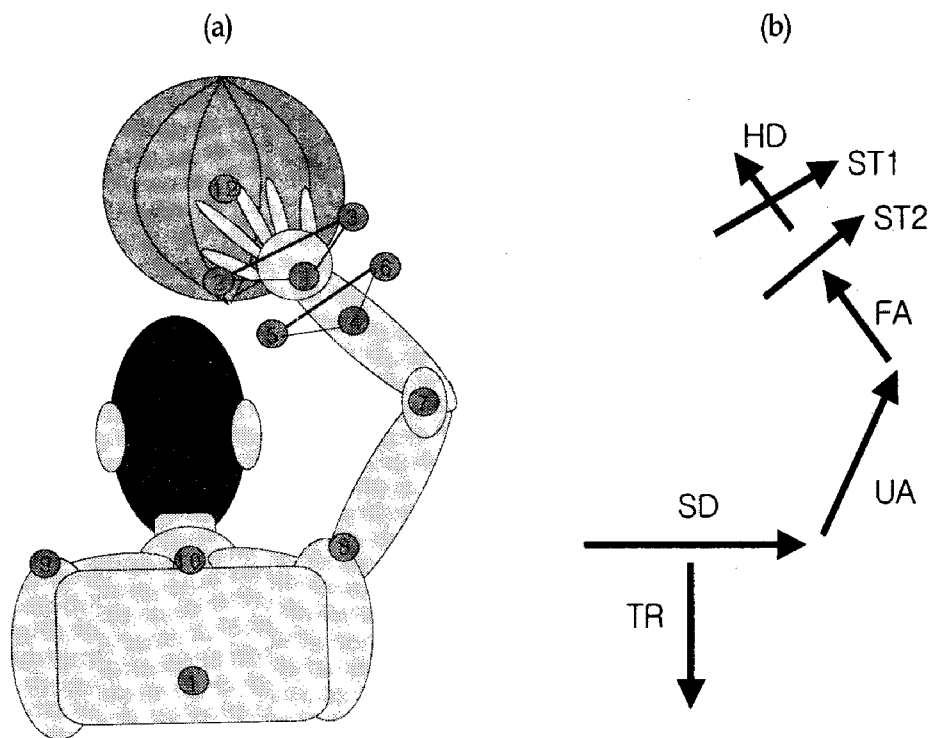


그림 1. 인체모델 관절점(a) 및 벡터의 정의(b)(Nunome et al, 2002).

ST2는 요골부터 척골에 이르는 스틱의 벡터

HD는 종축에 대한 손분절의 벡터

이 연구는 <그림2>와 같이 상지분절에 대하여 7개의 각(Angle)정의를 하였다.

- 1) 어깨 수평 내·외전각(Shoulder Horizontal adduction/Horizontal abduction angle): SD와 UA 사이가 이루는 각
- 2) 팔꿈치각 (Elbow Extension angle): UA와 FA 사이의 각
- 3) 어깨각(Shoulder abduction angle): TR과 UA 사이의 각
- 4) 어깨 내·외측 회전각(Shoulder Internal rotation/External rotation angle): -TR과 FA의 사이각
- 5) 손목각(Wrist flexion/extension angle): FA와 HD의 사이각
- 6) 손목 내·외전각(Wrist Ulnar flexion/Radial flexion angle): ST1과 ST2가 이루는 사이각
- 7) 몸통각(Trunk angle): Z축과 TR벡터 사이의 각

위의 각도의 산출은 위치벡터를 ( $A_x, A_y, A_z$ )와 ( $B_x, B_y, B_z$ )라고 할 때 다음의 공식을 이용하여 계산하였다.

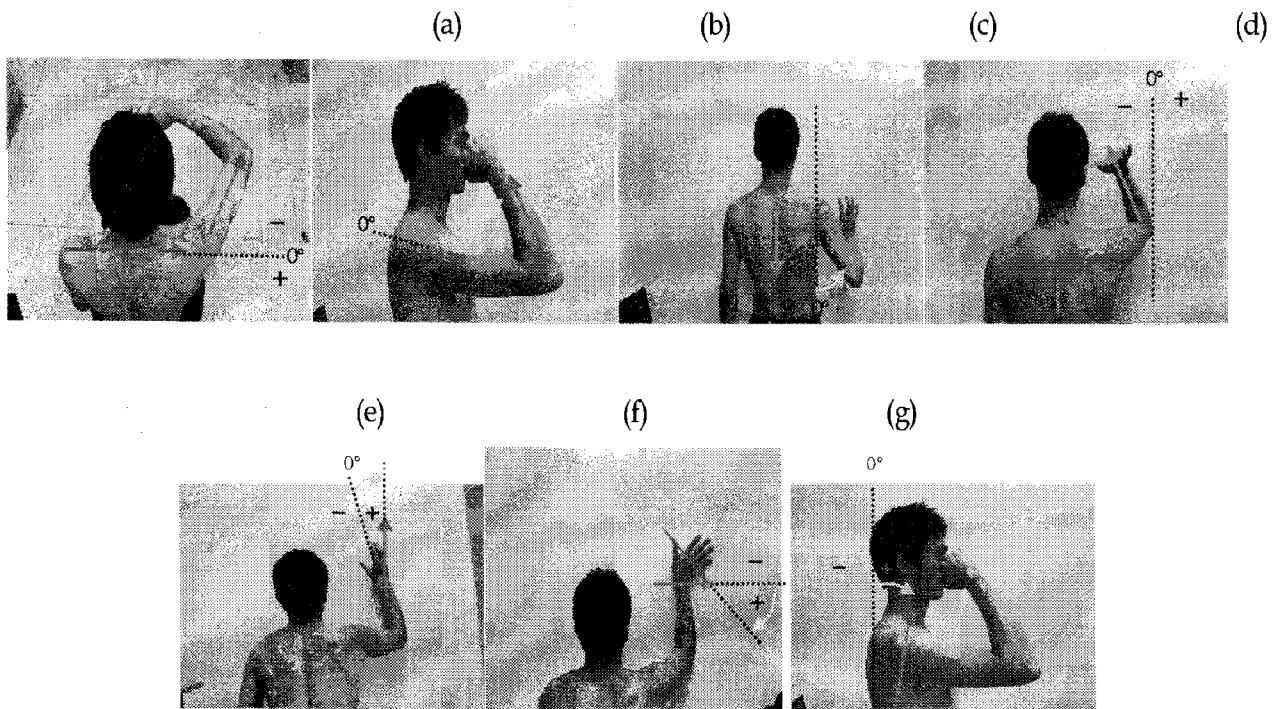


그림 2. 상지분절의 슛팅 시 각(Angle)정의 (a)어깨수평 내·외전각, (b)팔꿈치각, (c)어깨각, (d)어깨내·외측회전각, (e)손목각, (f)손목 내·외전각 (g)몸통각.

$$\theta = \arccos \left( \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}} \right)$$

분절의 각속도는 분절 벡터각을 1차 미분한 아래 공식을 이용하여 계산하였다.

$$w_B = w_{B/A} + w_A$$

$w_{B/A}$  = 분절 A에서 대한 분절 B의 상대각속도의 크기

$w_A$  = 분절 A의 관성각속도(절대각속도)의 크기

### III. 결과 및 논의

이 연구는 휠체어 농구의 자유투 동작의 운동학적 변인을 분석함으로써 휠체어 농구의 기술지도에 기초적인 자료를 제공하고자 하는데 목적이 있다. 휠체어 농구 자유투 동작에서 볼 릴리즈시의 변인분석, 자유투 동작의 상지 분절 각도 요인분석, 상지분절의 각속도에 대한 결과는 다음과 같다.

#### 1. 볼 릴리즈시의 변인분석

휠체어 농구 자유투 동작에서 볼 릴리즈시의 변인으로는 수평속도, 수직속도, 합성속도, 투사각도, 투사높이이며 <표 4>와 같은 결과를 나타냈다.

수평속도에서는 그룹1에서 3.74m/s, 그룹2에서 3.67m/s, 그룹3에서 4.07m/s로 등급이 높은 그룹일수록 수평속도가 증가하고 있음을 알 수 있다. 반면 수직속도는 그룹 1에서 6.64m/s, 그룹2에서는 6.08m/s, 그룹 3에서는 6.13m/s로 등급이 가장 낮은 그룹에서 수직속도가 크게 나타났다.

합성속도에서는 그룹1에서 7.63m/s, 그룹2에서는 7.12m/s, 그룹3에서는 7.36m/s로 나타났다. Goosey-Tolfrey, Morriss and Butterworth(2002)의 연구에 의하면 휠체어 농구 자유투 동작 시 그룹1(등급2, 2.5)에서는  $7.6 \pm 0.4$ m/s, 그룹2(등급4, 4.5)에서는  $7.2 \pm 0.2$ m/s 로 본 연구결과와 비슷하게 나타났다. 그리고 투사각도를 살펴보면 그룹1에서는 60.44° 그룹2에서는 58.75°, 그룹3에서는 56.11°로 등급이 낮은 그룹에서 투사각도가 크게 나타났다. 그러나 Goosey-Tolfrey, Morriss and Butterworth (2002)의 연구에서는 그룹1(등급2,2.5)과 그룹2(등급4,4.5) 모두가  $58 \pm 0.2^\circ$ 로 같은 투사각을 보였다. 투사각도의 차이는 수평속도가 작은 그룹1이 바스켓에 볼을 보내기 위해 각도를 크게 한 것으로 생각된다.



표 4. 휠체어 농구 자유투의 볼 릴리즈시 변인

대상	수평속도(m/s)	수직속도(m/s)	합성속도(m/s)	투사각도(°)	투사높이(m)	
Group 1	S1	3.88	6.57	7.63	57.90	1.55
	S2	3.59	6.71	7.62	62.97	1.44
	M±SD	3.74±0.21	6.64±0.10	7.63±0.01	60.44±3.59	1.50±0.08
Group 2	S3	3.59	5.98	7.03	59.64	1.45
	S4	3.59	6.20	7.18	60.26	1.50
	S5	3.66	5.72	6.82	58.03	1.60
	S6	3.82	6.40	7.45	57.07	1.56
	M±SD	3.67±0.11	6.08±0.29	7.12±0.26	58.75±1.46	1.53±0.07
Group 3	S7	3.90	5.80	7.00	56.32	1.89
	S8	4.23	6.45	7.71	55.90	1.69
	M±SD	4.07±0.23	6.13±0.46	7.36±0.5	56.11±0.3	1.79±0.14

투사높이는 그룹1에서 1.50m, 그룹2에서 1.53m, 그룹3에서 1.79m로 등급이 높은 그룹에서 투사높이가 높게 나타났다.

## 2. 자유투 동작의 상지 분절 각도 요인분석

휠체어 농구의 자유투 동작을 분석하기 위해서 슈팅 시 7개의 각(Angle)의 평균변화와 표준편차값인 어깨수평 내·외전각, 팔꿈치각, 어깨각, 어깨 내·외측회전각, 손목각, 손목 내·외전각, 몸통각 등의 요인을 분석한 결과는 다음과 같다.

### 1) 어깨 수평 내외전각

휠체어 농구의 자유투 동작 시 어깨 수평 내·외전각은 왼쪽어깨관절점에서 오른쪽 어깨관절점에 이르는 벡터와 상완분절이 이루는 각도로 <그림 3>과 같은 패턴으로 나타났다. 그룹3은 그룹1과 그룹2보다 작은 어깨 수평 내·외전각을 이루고 있으며 상완이 어깨수평보다 적게 나타났다. 하지만 그룹1과 그룹2는 그룹3보다 큰 어깨 수평 내·외전각을 보이고 있는데 이것은 낮은 등급의 그룹이 볼을 바스켓에 넣기 위해 상완분절을 외전 시켜 몸통과 같이 회전을 이용하여 슈팅을 시도한 것으로 생각된다.

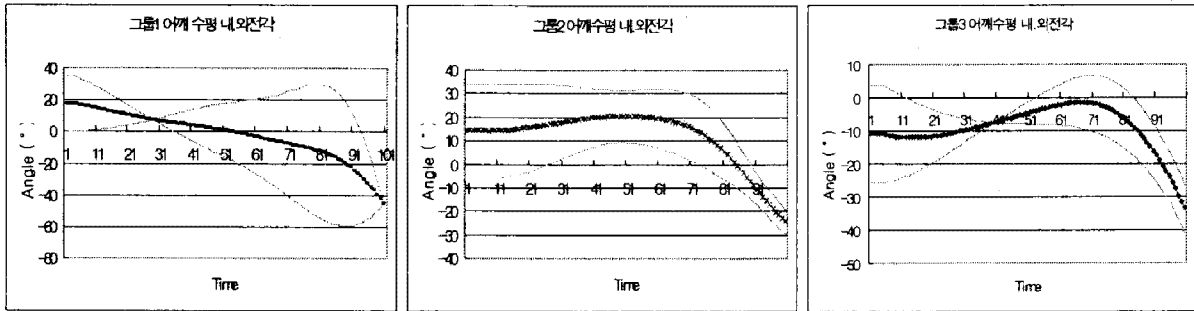


그림 3. 휠체어 농구 자유투의 어깨수평 내·외전각.

2) 팔꿈치각과 어깨각

<그림 4>와 <그림 5>는 볼이 릴리즈 되기까지의 팔꿈치각과 어깨각의 변화패턴이다. 휠체어 농구의 자유투시 어깨관절과 팔꿈치 관절은 Z축 방향으로 작용하며, 또한 Y축 방향으로 팔로우 드로우 동작을 취하게 된다(박성운, 2001).

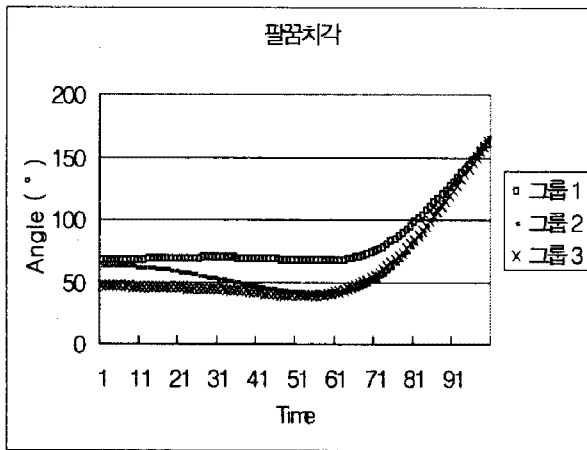


그림 4 휠체어 농구 자유투의 팔꿈치각.

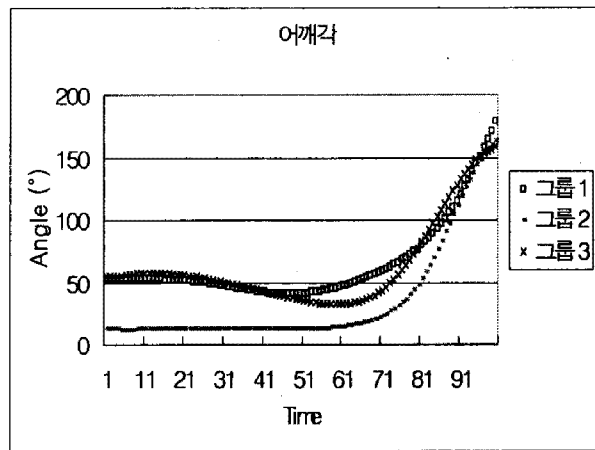


그림 5 휠체어 농구 자유투의 어깨각.

팔꿈치 관절의 각도는 농구공이 투사될 때 Z축 방향의 속도요인과 투사 각도를 결정짓는 요인으로 작용하는데(Satarn et., 1989), 슈팅을 성공시키기 위해서는 릴리즈 되는 순간 그룹1, 그룹2, 그룹3 모두 큰 팔꿈치 관절의 각도를 나타내고 있음을 알 수 있고 세 그룹 모두 유사한 패턴의 관절각을 나타내고 있다. 이는 Holt와 Yates(1983)과 같이 릴리즈 되는 순간에 보다 큰 팔꿈치 관절의 활동범위를 가지고 있다는 주장과 일치하고 있다.

어깨각은 Satarn, Messier & Mcnult(1989)의 연구에 의하면 수직방향의 속도요인과 농구공의 투사 각도를 결정짓는 요인으로 작용한다고 보고하고 있다.

Goosey-Tolfrey, Morriss and Butterworth(2002)의 연구에서는 그룹1(point2-2.5)에서  $104 \pm 36^\circ$ , 그룹

2(point4)에서  $123 \pm 13^\circ$ 이라 보고하고 있으나 이 연구에서는 <표 5>와 같이 그룹1이  $140.3^\circ$ , 그룹2가  $121.76^\circ$ , 그룹3에서는  $149.94^\circ$ 라는 큰 차이를 보이고 있다. 그러나 그룹2는 위 연구와 비슷한 각도를 보이는데 이것은 이병두, 정의권(1994)의 연구에서와 같이 전완의 근육군을 중심으로 공을 던지고 있는 것으로 생각된다.

표 5. 휠체어 농구 자유투의 볼 릴리즈시 어깨각

		어깨각(°)						
Group 1	S1	142.4	S3	116.87	S7	163.84		
			S4	114.60				
	S2	138.2	Group 2	S5	116.59	Group 3	S8	136.04
			S6	138.97				
M±SD		140.3±2.97	M±SD	121.76±11.52	M±SD	149.94±19.66		

3) 어깨 내외측 회전각

휠체어 농구 자유투의 볼 릴리즈시의 어깨 내·외측 회전각은 <그림6>과 같은 패턴을 보였다. 어깨 내·외측 회전각은 볼이 투사되는 방향을 결정한다고 할 수 있다.

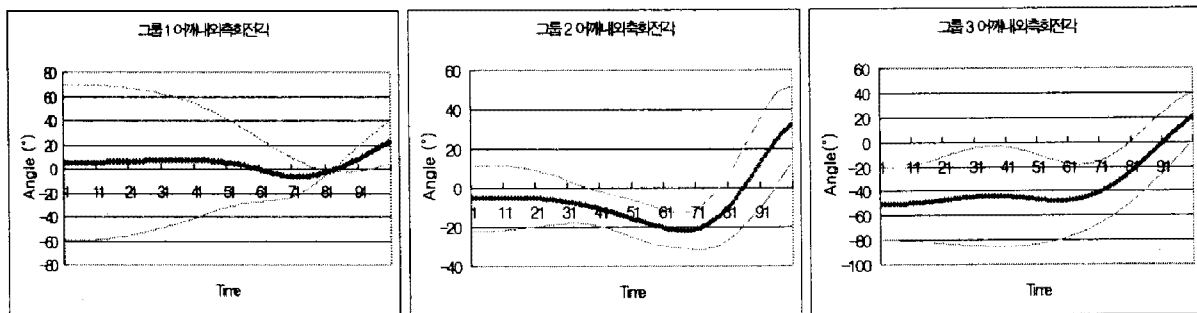


그림 6 휠체어 농구 자유투의 어깨 내·외측 회전각.

그룹 1의 경우 그래프의 변화가 적은 것은 휠체어의 방향과 볼이 투사되는 방향이 전방을 향하여 던지는 형태를 보이기 때문으로 생각된다. 반면 그룹2의 경우와 그룹3의 경우는 일반적으로 휠체어에서 슈팅을 할 때 휠체어를 30-45°정도 틀어 슈팅을 하는데 이와 같은 자세에서 슈팅이 이루어진 것으로 생각된다. 또한 그룹2에서 어깨의 외측회전각이 큰 이유는 팔로우 스로우가 그룹1과 그룹3보다 더 잘 이루어진 것으로 생각된다. 경력이 많은 그룹2가 휠체어를 돌린 것 만큼의 각도를 보이는데 팔로우 스로우 동작이 바스켓의 방향과 일치함을 알 수 있다.

4) 손목각

손목각의 변화를 나타낸 것은 <그림 7>과 같다. 선행연구에 의하면 손목의 각도 변화는 농구공에 작용하는 회전량과 투사각도를 결정짓는 요인으로 성공적인 슈팅을 하기 위해서는 농구공에 작용하는 회전력이 커져야 한다고 보고하고 있다(Holt & Gates 1983). <그림 7>과 <표6>에서와 같이 손목각의 변화는 그룹3이 그룹1과 그룹2보다 크게 나타나고 있다. 이는 그룹3의 선수들이 손목 스냅을 많이 사용하여 그룹1과 그룹2보다는 효율적인 슈팅을 하고 있음을 알 수 있다. 손목관절은 몸으로부터 발생한 운동량을 볼에 전이시키는 마지막 신체부위로 이 손목관절의 변화폭이 크다는 것은 불과 손이 닿는 시간이 많음을 의미한다(박성운, 2001). 이는 그룹3이 그룹1과 그룹2보다 신체에서 발생한 에너지를 낭비하지 않고 볼에 실어 보냄으로써 에너지 효율성이 높다고 할 수 있다.

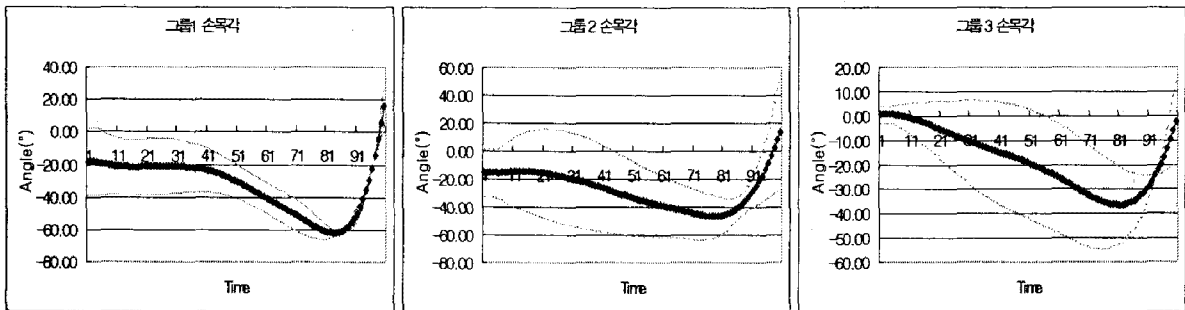


그림 7. 휠체어 농구 자유투의 손목각.

표 6. 휠체어 농구 자유투의 볼 릴리즈시 손목각

		손목각(°)				
Group 1	S1	-22.64	S3	-37.32	S7	-21.46
	S2	-41.55	S4	-26.44	S8	-15.67
			S5	-40.97		
			S6	-30.26		
M±SD	-32.10±13.37	M±SD	-33.75±6.6	M±SD	-18.57±4.09	

5) 손목 내외전각

휠체어 농구 자유투의 릴리즈시 손목의 내·외전에 의한 각도는 손목각과 마찬가지로 투사 각도를 결정하는 요인으로서 성공적인 슈팅을 하기 위해서는 농구공에 적용되는 회전력이 커야 하며 (Cooper,1982) 바스켓 방향으로 정확히 투사하기 위해서는 손목의 내·외전각이 작아야 한다.

<그림8>에서 보는 바와 같이 그룹1의 손목 내·외전각은 그룹2와 그룹3보다 빠르게 내전 되었다

가 큰 외전각을 보이고 있어 바스켓에 볼을 도달 시켜도 정확도가 떨어질 것으로 생각된다.

반면 그룹3의 경우는 볼을 릴리즈하기 전까지 완만하게 손목 내·외전 각이 감소하다가 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 볼을 투사하기까지 보다 정확한 투사방향으로 볼을 투사하기 위한 준비를 하고 있는 것으로 생각된다. 그리고 그룹 2의 경우도 보다 정확한 슈팅을 하기 위해서는 손목 내·외전각의 변화를 완만하게 해야 할 것이다.

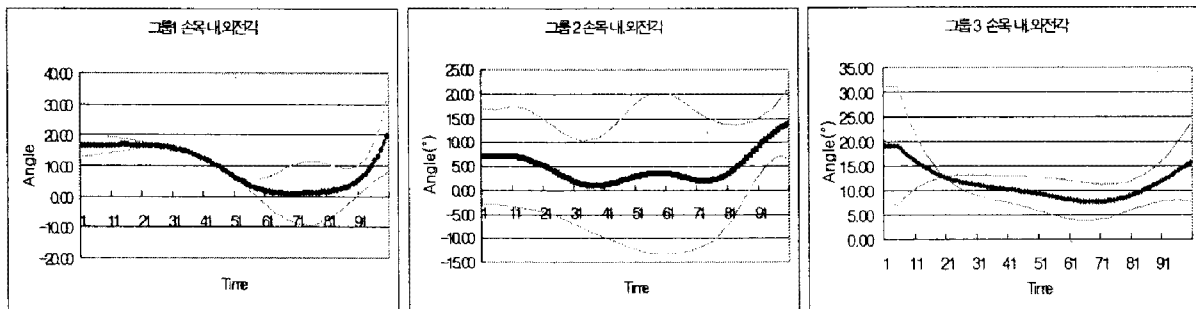


그림 8. 휠체어 농구 자유투의 손목 내·외전각.

6) 몸통각

몸통각은 상체의 전경 각도를 나타낸 것으로 상체의 기울기 측정은 몸통벡터와 지면을 기준으로 한 전후 방향좌표가 이루는 사이각으로 나타내었다. <그림9>에 나타난 바에 의하면 등급이 낮은 그룹1에서는 몸통각이 슈팅 하는 과정 중에 변화가 컸지만 그룹2와 그룹3은 일정한 패턴을 보이다가 볼이 릴리즈 되면서 몸통각이 작게 나타났다.

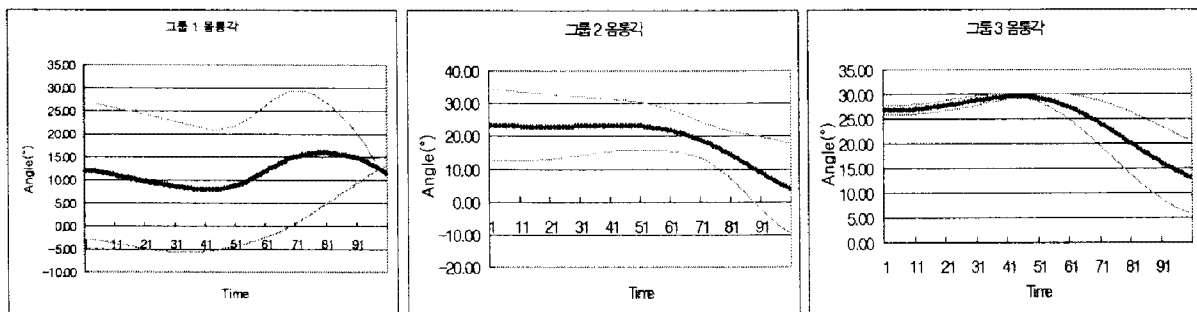


그림 9. 휠체어 농구 자유투의 몸통각.

볼이 릴리즈된 이후에 몸통각의 변화가 적은 그룹2와 그룹3은 신체운동범위가 상·하방향(Z축)위 주로 일어나고 있음을 의미한다. 이에 반하여 등급이 낮은 그룹1은 신체이동범위가 상·하 방향뿐만 아니라 전·후 방향으로도 움직이고 있음을 나타낸다. 자유투 동작 시 상체기울기는 큰 변화를 나타내고 있지는 않으나 전·후방향으로 상체를 움직임으로써 슈팅 성공률이 떨어질 것이라 생각된다.

### 3. 상지분절 각속도

휠체어 농구 자유투 동작의 상지분절의 각속도 변인으로 상완, 전완, 손 분절의 각속도를 분석하였다. 휠체어 농구 자유투 동작 릴리즈시 상지분절의 각속도는 <그림 10>과 같다.

그룹 1의 경우 손, 전완, 상완 순이고 그룹2는 상완, 전완, 손의 순으로 나타났으며, 그룹 3에서는 전완, 손, 상완 순으로 나타나 근위분절에서 원위분절로 진행하면서 각속도가 점진적으로 증가해야 각속도의 전이가 원활하다고 할 수 있으나 이 연구에서는 세 그룹 모두 비효율적인 동작이 수행되고 있음을 알 수 있다. 비록 Goosey-Tolfrey, Morriss and Butterworth(2002)의 연구에서와 같이 많은 차이를 나타내 의미를 적게 둘 수 있으나 볼을 바스켓에 도달시키기 위해 꼭 필요한 릴리즈 속도라 생각된다.

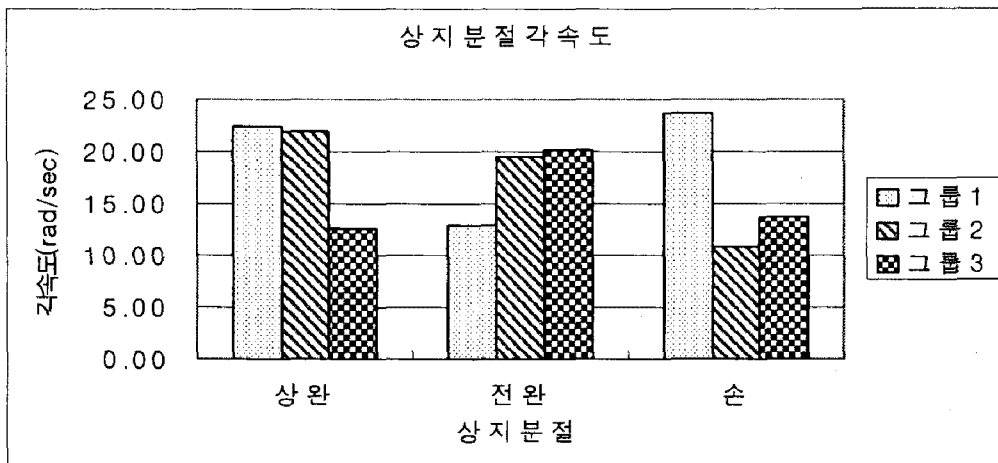


그림 10. 휠체어 농구 자유투의 볼 릴리즈시 상완, 전완, 손 분절의 각속도.

## IV. 결론 및 제언

### 1. 결론

휠체어 농구의 자유투 동작 시 상지분절의 운동학적 변인을 3차원적으로 분석함으로써 자유투 기술에 대한 이해를 증진시켜 과학적 기술 지도를 위한 지침을 제공하고자 수행하였다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 남자 휠체어 농구선수 8명을 대상으로 하여 이들의 자유투 동작을 분석하였다. 주요 운동학적 분석 변인들은 볼 릴리즈시의 변인, 자유투 동작의 상지 분절 각도 요인, 상지분절의 각속도 등이었다.

1. 볼 릴리즈시의 변인을 살펴보면 기능등급이 낮은 그룹1에서 수직속도, 합성속도, 투사각도 ( $6.64 \pm 0.1$ ,  $7.63 \pm 0.01$ ,  $60.44 \pm 3.59$ )가 가장 높게 나타났으며 그룹3에서 수평속도( $4.07 \pm 0.23$ )와 투사높이( $1.79 \pm 0.14$ )로 높게 나타났다.
2. 휠체어 농구 자유투 동작의 상지분절 각도 요인에서 어깨수평 내·외전각, 손목 내·외전각, 몸통각의 각도변화가 그룹1에서 크게 나타났으며, 팔꿈치각과 어깨각은 세 그룹모두 동일한 패턴을 보였으며 손목각, 어깨 내·외측회전각은 그룹 3에서 가장 크게 나타났다.
3. 상지분절의 각속도에서는 그룹1에서는 손, 그룹2에서는 상완, 그룹3에서는 전완이 가장 큰 각속도를 나타냈다.

## 2. 제언

휠체어 농구에서 낮은 등급 선수는 큰 투사각과 낮은 투사높이에서 공을 릴리즈 하는 경향이 나타났다. 릴리즈의 높은 각이 향상된 선수는 더 좋은 정확성과 더 높은 릴리즈 속도와 힘이 요구된다. 이것은 힘에 영향을 미치는 기능적 한계가 있는 낮은 등급의 선수들에게 문제가 야기된다. 릴리즈 각이 필요한 만큼 도달하지 못하고 힘의 한계로 샷이 짧게 떨어지기 때문이다. 샷에 필요한 힘과 샷 실패율을 줄이기 위해 최소의 속도와 각도에 더 근접한 샷팅을 해야 할 것이다.

자유투를 성공시키기 위해서 낮은 등급 선수들은 더 가파른 곡선으로 공을 던지는 것으로 나타났다. 이것은 샷을 쏘는 팔에 힘과 속도가 더 요구된다. 그 결과로 낮은 등급 선수들은 어깨와 팔꿈치의 최대 각속도를 이용해서 샷을 쏠 수 있다. 낮은 등급의 선수들은 팔꿈치 신전에 의한 각속도 증가로 샷거리를 증가시켜야 한다. 샷을 성공시키기 위한 분석에서 높은 등급 선수들은 낮은 등급 선수들보다 더 높은 릴리즈 포인트를 사용하는 것으로 나타났다. 릴리즈 포인트가 더 높을수록, 샷은 성공도는 더 높아진다. 그러므로 높은 등급 선수들은 더 높은 릴리즈 포인트의 힘으로 자유투를 함으로써 낮은 등급선수들보다 유리하다. 또한 높은 등급의 선수들은 슈팅할 때 안정적으로 몸을 앞으로 기울여서 팔을 위쪽으로 도달하게 하는데 유리하다.

휠체어농구에서 높은 등급과 낮은 등급 선수들에게 추천할 만한 확실한 가이드라인이 있다고 하더라도, 모든 선수들은 샷에서 최대의 정확성을 발휘할 수 있는 속도와 각도의 조합을 결정해야 한다. 또한 휠체어농구에서 바스켓까지의 볼이 투사되기 위해서는 어깨 굴곡과 팔꿈치 신전이 증가하는 것과 같은 방법을 사용해서 릴리즈 높이를 증가시킬 수 있다. 샷을 성공시키기 위한 최선의 곡선을 개발하기 위해서, 각 선수들과 코치는 기술을 조정하기 위한 가능한 수많은 변인을 주의 깊게 고려해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- 박병도, 최승권(2001). 휠체어농구 선수의 집단 형태별, 포지션별 경기력 차이비교. *한국특수체육학회지*, 9(2), 49-59.
- 박성윤(2001). 농구 자유투동작의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문. 전남대학교 대학원.
- 이재근(2001). 장애인 올림픽 휠체어농구의 경기내용 분석. 미간행 석사학위논문. 청주대학교 대학원.
- 이건희(2002). 휠체어농구. 서울: 한국장애인복지진흥회.
- 이병원, 정의권(1994). 농구 ONE HAND JUMP SHOT 동작의 영상분석. *중앙대학교 스포츠과학 연구소*, 제7권, 105-121.
- 조철환(2001). 한국휠체어 농구 경기의 파울특징 분석. 미간행석사학위논문. 용인대학교 교육대학원.
- Abdel-Aziz, Y.I., & Karara, H.M.(1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. In *Proceedings of the symposium on close-range photogrammetry*(1-18). Falls Church, VA: American Society of Sports Photogrammetry.
- Brasile, F.M., & Hedrick, B.N.(1996). The Relationship of skills of elite wheelchair basketball competitors to the International functional classification system. *Therapeutic Recreation Journal*, 30(2), 114-127
- Courbariaux, B. (2001). *The classification system for players*. Available: [http:// www.iwbf.org](http://www.iwbf.org).
- Goosey-Tolfrey, V., Butterworth, D & Morriss, C(2002). Free throw shooting technique of male wheelchair basketball players. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 19, 238-250
- Nunome, H., Doyo, W., Sakurai, S., Ikegami, Y., Uabe, K.(2002). A kinematic study of the upper-limb motion of wheelchair basketball shooting in tetraplegic adults. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(1), Jan-Feb
- Holt, L.E., & Yates, G.(1983). The development of multiple linear regression equation to predict accuracy in basketball jump shooting. *Biomechanics in Sports, Research Center for Sports*. 103-109
- Kwon, Y.-H.(1994). *KWON3D Motion Analysis Package 2.1 User's Reference Manual*. Anyang, Korea: V-TEK Corporation.
- Malone, L.A., Gervais, P.L., Baudin, P.J., & Steadward, R.D.(1995). Kinematics of free throw shooting by class 1.0 wheelchair basketball players. In T. Bauer(Ed.), *VIII international symposium for biomechanics in sport proceedings*. 56-59



- Malone, L.A., Gervais, P.L., Steadward, R.D.(1999). Parameters of ball release in wheelchair basketball free throw shooting. *Proceedings of the International Symposium of Biomechanics in Sports*; 1999 June 30-July 6; Perth, Western Australia. Perth: Edith Cowan University; 29-32
- Malone, L.A., Gervais, P.L., Steadward, R.D.(2002). Shooting mechanics related to player classification and free throw success in wheelchair basketball. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(6), Nov-Dec. 701-710
- Owen,E.(1982). *Playing and coaching wheelchair basketball*. Urbana, IL: University of Illinois Press
- Saturn, N.N, Messier, S.T., & McNulty, K.(1989). The effect of ball size basket height the mechanics of the basketball free throw. *Journal of Human Movement Studies*, 16(3), 123-137