다각형 클리핑 알고리즘 (Polygon Clipping Algorithm) 을 이용한 배구경기 분석 프로그램 개발

홍성진¹ · 이기청¹

¹춘천교육대학교 체육교육과

Development of Volleyball Match Analysis Program through Polygon Clipping Algorithm

Seong-Jin Hong¹ · Ki-Chung Lee¹

¹Department of Physical Education, Graduate School of Chuncheon National University of Education, Chuncheon, Korea

Received 08 February 2013; Received in revised form 06 March 2013; Accepted 06 March 2013

ABSTRACT

The current study developed the analysis program by employing the Polygon Clipping Algorithm to calculate the open area on the court when players try to spike a ball. The program consists of two kinds of output screen. First, on the main output screen, it is possible to calculate both blocked area by net and blockers, and opened area to avoid the blocked area when players spike the ball. Additionally, the secondary output screen shows the moving path of setter and the location of set. Main output screen indicates hitting points of spiking, blocking, and open area. Also, it is possible to analyze the movement of setter, location of set, and hitting point of attacker. The program was tested by comparing real coordinate value and location coordinate value which is operated on the program. To apply this program in the field, future study needs to develop the program that can calculate three dimensions coordinate fast by tracking the location of players or ball in real time.

Keywords : Polygon Clipping Algorithm, volleyball, open area, program

I. 서 론

스포츠 과학은 인간의 움직임을 형상화하고 수치화하여 보다 과학적인 자료를 제공함으로써 스포츠 현장에서 일어나는 일들을 설명하는데 목적을 둔다(Reilly, 1981). 최근 들어 스포츠 경기 현장에서는 움직이는 선수나 물체의 위치 등의 물리적인 정보를 파악하고자 하는 연구가 발전되어 왔다. 이로 인하여 다양한 결과물을 산출 할 수 있었으

며, 보다 빠른 시간에 정보를 제공하고자 하는 데에 관심을 가지게 되었다. 즉, 실제 경기에서 생성되는 정보들을 실시간으로 분석하는 방법들에 대한 것이다. 이에 대한 연구는 체육학의 경기분석(Sports analysis)분야 뿐만 아니라 운동역학(Sports Biomechanics), 운동학습(Motor learning) 분야에서 활발히 진행되고 있다.

경기를 분석하기 위한 방법으로 컴퓨터를 활용한 부호화분석(notation analysis)과 위치를 추적하는 방법인 GPS(Global Positioning System), 카메라를 이용한 영상분석 방법이 주를 이루고 있다. 부호화분석 방법은 복잡한 동작을 정확하고 객관적·경제적으로 쉽게 기록하며, 지속적으로 일어나는 행동변인들을 조작적으로 분류하여 기록하는 방법이다. 그러나 동작의 형태를 분류하는 작업에서 기록자의 주관적인 생각이 개입될 수 있는 오류가 있다. GPS

이 논문은 2011년도 정부재원(교육과학기술부)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음.[NRF-2011-358-G00032]
Corresponding Author : Seong-Jin Hong
Department of Physical Education, Chuncheon National University of Education, 339 Soeksa-Dong, Chuncheon, Kangwon-Do, Korea
Tel : +82-33-260-6510 / Fax : +82-33-264-3032
E-mail : speedmaster@cnu.ac.kr

를 이용한 방법은 육상·F1경기 등에서 사용되지만 장치의 착용 문제 또는 축구와 같이 복잡한 경기에서는 선수가 겹치거나 볼 경합 등의 장면에서 많은 오류가 발생하여 사용 범위가 극히 제한적이다. 영상분석 방법은 경기를 촬영하는 것이 전부 이기 때문에 경기에 방해가 되지 않고 별도의 장치가 필요하지 않는 장점이 있지만, 촬영한 후 복잡한 처리과정을 거쳐야 하는 이유로 시간적 제약이 있었다. 하지만 이를 극복하기 위한 방법으로 인공지능·제어·패턴인식 등의 방법을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다.

국내에서도 스포츠 경기분석을 위하여 분석을 위한 프로그램들의 개발이 시도되고 실제 경기에 적용되고 있다. 이러한 시스템을 운용하기 위해서는 경기상황을 촬영할 수 있는 촬영장비와 함께 촬영된 영상을 이용할 수 있는 프로그램이 필요하다. 이러한 대부분의 장비와 제품들은 대부분 외국에서 고가로 들여와야 하기 때문에 경제적인 부담이 클 뿐만 아니라, 프로그램에 문제가 발생하였을 경우에는 이를 해결하는데 비교적 많은 시간이 소요되는 등 운영상에 불편함이 있다. 따라서 이와 같은 경제적·시간적 손실을 막기 위해서는 국내 기술로 개발한 분석 프로그램의 개발이 필요하다.

스포츠 경기 분석프로그램 개발과 관련된 선행 연구들은 종목별로 다양하게 이루어지고 있다. Kim과 Lee(2003)는 축구 경기를 부호화(Notation) 방법으로 실시간 팀 분석 프로그램을 개발하였고, Hong과 Baek(2010)은 축구 선수 개인을 평가하기 위한 프로그램을 개발하여 각 요인별 데이터를 제시해 줌으로써 객관적인 정보를 제공하였다. 또한, 축구와 관련된 국외 프로그램으로 영국에서 개발된 Prozone, 프랑스의 Amisco, 이탈리아의 Dealtatre 등이 대표적이며, 실제 경기에 적용하여 사용되고 있다. Moon과 Lee(2003), Lee(2008)는 역도와 탁구 경기를 대상으로 영상을 이용하여 각 요인을 분석할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 배구와 관련된 연구를 살펴보면, Lee(1998, 2001)는 배구경기를 대상으로 3차원 영상분석을 하여 선수와 공의 움직임 등을 분석하였다. 리시브와 세트, 그리고 스파이크시 공의 위와 스파이크 할 때 형성되는 오픈면적 등을 계산하여 이들 요인과 공격성공과의 관계를 분석하였다. 미국에서는 1984년 LA 올림픽을 위해 1981년부터 1984년까지 배구국가대표팀이 다른 나라 국가대표팀과 경기한 모든 내용을 비디오로 기록하여 상대팀을 평가하였다(William & Peter, 1984). 다른 나라 팀들이 사용한 기술을 이해하기 위하여 상대팀의 개인플레이뿐만 아니라 미국선수들의 개인플레이도 분석하였다. 그 결과 올림픽에서 우승할 수 있는 원동력이 되기도 하였다. 그러나 이 연구는 비디오 분석에 의한 선수들의 움직임을 단순하게 서술하였기 때문에 각 상황에서의 모든 선수들의 위치에 대한 정확한 기술이 되지 않는 못하였다. Kao, Sellens 와

Stevenson(1994)은 스파이크된 배구공의 마구누스 힘, 각속도, 전속도 간의 관계를 연구하였다. 이러한 관계는 공의 궤적에 대한 2차원적인 수학적 모델이 적용되었다. 수학적 실험으로 타당화한 후, 코치가 지정한 플레이의 세 가지 국면인 탑스핀의 장점, 블로킹 위에서의 공격, 그리고 블로킹 주위에서의 최적의 스파이크 위치에 대해서 분석하였다.

배구경기를 분석하여 실제 경기에 도움을 주기 위해서는 선수와 공의 움직임을 정량적으로 분석할 수 있는 프로그램이 필요하다. 나아가 경기상황의 영상을 가능한 한 빨리 분석하여 결과를 제시해줄 수 있어야 한다. 따라서 이 연구에서는 배구경기를 대상으로 스파이크시 코트에 형성되는 면적을 분석할 수 있는 프로그램을 개발하고자 하였다.

II. 연구 방법

DLT 방식(Abel-Aziz & Karara, 1971)을 이용해 선수와 공의 3차원 좌표를 구한 다음, 다각형 클리핑 알고리즘(Polygon Clipping Algorithm) 방법을 적용하여 비주얼 베이직(Visual Basic)과 비주얼(Visual) C++로 공격하는 순간에 형성되는 오픈면적을 계산할 수 있도록 하였다. 이에 대한 구체적인 연구방법은 다음과 같다.

1. 3차원 영상분석

이 연구에서 필요한 영상을 얻기 위해 일본 SONY 사의 HVR Z1N 모델의 카메라 두 대를 사용하였다. 두 대의 카메라로부터 생성된 영상은 IEEE 1394 케이블에 의해 컴퓨터로 전송하였다. 이때 촬영속도는 30 frames/sec이며 각 프레임은 두 필드로 나누어진다. 또한 각 카메라의 화각은 코트 전체를 커버할 수 있도록 <Figure 1>과 같이 배치하였다.

통제점들 설정을 위해서 배구경기장의 양끝 모서리, 어

Figure 1. Camera placement

Figure 2. Control point set using the stadium

택라인, 중앙선, 그리고 배구네트의 안테나를 이용하였다. <Figure 2>와 같이 코트 한쪽 모서리를 원점(0, 0, 0)으로 하였고 좌우 방향을 X축, 전후 방향을 Y축, 그리고 X-Y 축에 수직 방향을 Z축으로 하였다.

선수와 공의 3차원 좌표계산에는 Jung, Shin, Kim과 Lee(2000)가 개발한 프로그램을 이용하였다.

2. 코트 면적 계산

배구 스파이크로 상대 코트에 넣기 위해서는 네트와 블로킹에 차단되지 않아야 한다. 즉, 스파이크시 공격 가능한 면적을 얻기 위해서는 네트에 의해 차단되는 면적과 블로킹에 의해 방어되는 면적을 고려해야 한다. 스파이크시 공의 위치와 네트, 블로킹과의 관계에 따라 차단되는 영역과 오픈되는 영역은 <Figure 3>, <Figure 4>와 같다.

스파이크 하는 순간 코트에 형성되는 오픈면적을 계산하기 위해서는 공의 궤적과 낙하 위치에 대해 알아야 한다. 일반적으로 스파이크된 공은 공에 가해진 회전과 공기 저항으로 인해 포물선의 궤적을 나타내는데, 이 연구에서는 이를 직선으로 간주하여 계산하였다. 즉, 공이 네트나 블로킹을 피해 상대 코트에 직선으로 들어갈 수 있는 차단 지점과 코트의 앤드라인(End line)이나 사이드라인(Side line) 간에 형성되는 면적을 계산하였다.

<Figure 3>의 A·B·C는 스파이크시 형성되는 오픈된 면적이며, 이 면적은 <Figure 4>와 같이 계산되어 그래프로 나타난다. 면적 A(Top)는 오른쪽 블로커의 오른쪽 옆을 벗어나고 네트를 최소 높이로 통과하여 상대 코트에 직선으로 떨어질 수 있는 지점과 사이드라인 간에 형성된 면적이다. 면적 B(Back)는 블로커 위를 최소 높이로 통과하여 코트에 직선으로 떨어질 수 있는 지점과 코트 앤드라인 간에 형성된 면적이다. 면적 C(Bottom)는 왼쪽 블로커의 왼쪽 옆을 지나면서 네트를 최소 높이로 통과해 상대편 코트에 떨어질 수 있는 지점과 왼쪽 사이드라인 간에 형성

Figure 3. Spikes are formed court area

Figure 4. Spikes are formed court area

된 면적이다.

블로킹을 피해 오른쪽과 왼쪽으로 오픈된 면적(A, C)은 블로커들의 손의 좌표와 공의 좌표를 직선으로 연결해 생긴 코트내의 영역을 계산하면 된다. 그러나 블로킹 위를 통과해서 형성되는 면적(B)의 계산은 간단하지 않다. 이는 왼쪽 블로커의 왼손 높이와 좌우 위치, 오른쪽 블로커의 오른손 높이와 좌우 위치, 공이 블로커의 손을 최소 높이로 넘어 블로킹 뒤쪽에 직선으로 낙하하는 지점, 그리고 코트의 크기에 의해 좌우된다. 한쪽 코트의 전체 면적에서 오른쪽 오픈면적(A)과 왼쪽 오픈면적(C), 그리고 블로킹(F)과 네트(D)에 의해 방어되는 면적은 제외하면 뒤쪽 즉, 블로킹 위로의 오픈면적이 된다. 이는 (Equation 1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$B = 81 m^2 - (A + C + D + F)m^2 \quad (1)$$

<Figure 3>에서 점 H와 I는 각각 블로킹의 가장 왼쪽과 오른쪽을 최소 높이로 통과해 코트에 직선으로 떨어지는 지점을 의미한다. 블로커의 손을 최소 높이로 통과해 상대 코트에 직선으로 떨어지는 위치는 (Equation 2)와

Figure 5. To fall through the net minimum Y-axis position

(Equation 3)으로 구할 수 있다. 즉, 공과 블록을 연결해 코트와 연장되는 직선의 식이 성립한다.

$$Z = \frac{(Z_{ball} - Z_{blocker}) \times (Y - Y_{ball})}{(Y_{ball} - Y_{blocker})} + Z_{ball} \quad (2)$$

$$Z = \frac{(Z_{ball} - Z_{blocker}) \times (X - X_{ball})}{(X_{ball} - X_{blocker})} + Z_{ball} \quad (3)$$

이 식에서 X_{ball} , Y_{ball} , Z_{ball} 는 각각 볼의 X, Y, Z 좌표이고, $X_{blocker}$, $Y_{blocker}$, $Z_{blocker}$ 는 블록의 X, Y, Z 좌표이다. 이 때 공이 코트에 떨어지게 되면 Z는 0이 되므로, 위의 식의 Z에 0을 대입하면 공이 낙하하는 지점의 X와 Y좌표를 구할 수 있다.

블로킹에 의해 방어되는 면적은 블로킹의 넓이에 의해 방어되는 가장 오른쪽과 왼쪽의 네트를 최소 높이로 통과하여 코트에 직선으로 떨어지는 지점(a, b)과 공이 오른쪽 블로킹의 오른쪽과 왼쪽 블로킹의 왼손을 최소 높이로 통과하여 코트에 직선으로 떨어지는 지점(I, H)을 연결해 형성된 사각형과 코트와의 공통되는 면적으로 계산하였다. 하나의 사각형과 다각형과의 공통되는 부분을 구하는 방법으로 컴퓨터 그래픽에서 클리핑을 위해 사용하는 Sutherland - Hodgman polygon - clipping algorithm을 이용할 수 있다. 이 방법은 <Figure 3>에 표시한 블로킹에 의해 방어되는 전체 면적(사각형)에서 코트를 벗어난 부분을 잘라내면(clipping) 새로운 다각형이 만들어 지는데, 이 때 생성되는 좌표(a, b, H, P1, P2)를 넘겨주는 방식이다. 이와 같은 클리핑 과정에서 생성된 좌표는 사각형과 다각형의 공통영역인 새로운 다각형(F)의 꼭지점(vertex)이 된다. 새로운 다각형의 면적(F)은 꼭지점의 좌표를 이용해 삼각형으로 분할한 후 각 삼각형들의 면적을 구해서 모두 더하면 구할 수 있는데, 이 면적이 블로킹에 의해 차단되는 영역이다.

Figure 6. There is no open area

Figure 7. Open area of the triangle

네트에 의해 방어되는 면적을 구하기 위해서는 네트를 최소 높이로 통과하여 낙하하는 지점의 위치를 알아야 한다. 공의 낙하지점은 공의 X축 위치에 영향을 받지 않고 Y와 Z의 위치에 의해 결정된다. 즉, 네트를 동일한 높이로 통과하게 되면 코트에 떨어지는 공의 위치는 X축 위치에는 상관없이 Y축 위치에서 항상 일정하다. 네트의 높이가 243 cm 이므로 네트에 차단되지 않고 낙하하는 Y축 방향의 최소 길이는 (Equation 4)로 구할 수 있다.

$$Y = \frac{(Y_{ball} - 900) \times (Z - 243)}{(Z_{ball} - 243)} + 900 \quad (4)$$

블로커의 왼쪽과 오른쪽으로의 오픈된 면적은 공의 위치에 대한 블로킹의 위치에 따라 전혀 없을 수도 있고, 삼각형, 사각형, 오각형 형태로 나타날 수 있다. 이와 같은 형태는 블로킹의 오른쪽이나 왼쪽에 동일하게 형성될 수 있으므로 한 쪽 면만을 예를 들면 <Figure 6>~<Figure 10>과 같다.

위의 경우 중 삼각형의 경우를 예를 들어 설명하면 다음과 같다. <Figure 7>에서 보는 바와 같이 블로킹의 오른쪽을 피해 오픈된 면적이 삼각형의 형태이므로, 우선 공의 진행 방향을 나타내는 직선의 식을 구해야 한다.

이 때, 직선의 식은 공의 높이나 블로커의 높이에는 영향을 받지 않고 블로킹의 좌우 위치에 의해 결정된다. 따라서 (Equation 5)와 같이 나타낼 수 있다.

Figure 8. Open area of the rectangle

Figure 9. Open area of the pentagon

Figure 10. There is no block

$$Y = \frac{(Y_{ball} - Y_{rbl}) \times (X - X_{ball})}{(X_{ball} - X_{rbl})} + Y_{ball} \quad (5)$$

III. 결과 및 논의

1. 프로그램의 개요

프로그램의 초기 화면은 <Figure 11>과 같다. File 메뉴에서 Open 메뉴를 선택하면, 각각의 공격 유형을 선택

Figure 11. Initial screen of program and overview

Figure 12. Setter of the moving distance and set position

할 수 있다.

Simulation 메뉴를 선택하면, 선수와 공의 움직임을 동영상으로 볼 수 있도록 하였으며, 스파이크 하는 순간에 형성되는 오픈면적에 대해서도 알아볼 수 있도록 하였다. Ball 메뉴를 선택하면, 세터의 위치, 세트한 공의 위치와 스파이크시 공의 위치를 팀별로, 그리고 공격의 성공과 실패로 구별하여 볼 수 있다.

2. 세터의 움직임과 세트시 공의 위치

세터가 세트를 하기 위해 이동한 거리와 세트시 공 접촉 위치는 <Figure 12>와 같다.

<Figure 12>의 코트를 나타낸 아래 부분에서는 세터가 세트를 하기 위해 처음에 위치한 지점에서 실제 세트를 하기 위해 이동한 지점과의 이동 거리를 나타냈다. 네트로 표시한 Figure에서는 세트시 세터의 공 접촉 위치를 네트를 기준으로 나타냈다. 여기서 공격의 성공과 실패를 구별하기 위해서 성공의 경우에는 붉은색 테두리에 원의 안을 빈 상태로 나타나도록 표현하였고, 실패한 경우에는 초록색 테두리로 원의 안을 채워서 표현하였다. 또한 각 팀별

Figure 13. Spike at the position of ball

Figure 14. Movement of the players, ball and open area

로도 볼 수 있으며, 두 팀을 함께 나타낼 수도 있도록 하였다.

3. 스파이크시 공의 위치

초기 화면의 Ball 메뉴에서 Spike 메뉴를 선택하면, <Figure 13>과 같이 공격수가 공격하는 순간의 공의 위치를 볼 수 있도록 하였다. 네트로부터 떨어진 위치와 높이를 동시에 볼 수 있도록 구현하였다.

또한, 스파이크시 공격의 성공과 실패시 타점의 위치를

코트 내의 위치와 네트를 기준으로 한 높이로 볼 수 있도록 하였다. 세트시 공의 위치와 마찬가지로 성공과 실패를 구분할 수 있도록 공의 색상을 다르게 하였고, 역시 팀별로 또는 두 팀을 합친 수행을 모두 표현할 수 있도록 하였다.

4. 선수와 공의 움직임 및 오픈면적 계산

File 메뉴를 선택한 후, Open 메뉴에서 공격유형을 선택하면 미리 만들어 놓은 .txt 파일이 나온다. 이 중에서 한 trial을 선택하면 <Figure 14>와 같이 선수와 공의 움직임 및 공격하는 순간에 형성되는 오픈면적을 볼 수 있다. 선수는 세터와 보조공격수 2명, 공격수, 그리고 블로커 2명을 표현하였다. 세터와 보조공격수, 그리고 공격수는 각각 머리로 위치를 표현하였고, 오른쪽 블로커는 오른손 왼쪽 블로커는 왼손의 위치로 표현하였다.

경기장으로 표현한 부분에서는 선수들과 공의 움직임, 그리고 공과 블로커의 상대적인 위치에 따른 오픈면적의 변화를 시뮬레이션으로 볼 수 있도록 하였으며 <Figure 15>와 같은 도표를 출력할 수 있게 하였다. 왼쪽 위부분에서는 블로커와 공의 위치 변화를 3차원 좌표로 나타내게 하였다. 중앙 부분에서는 전체 프레임에 대한 현재의 프레임을 표시해주며, 그 옆에는 프레임을 임의로 혹은 자동으로 조절할 수 있는 기능을 구현하였다.

아래 부분에서는 블로커의 왼쪽과 오른쪽, 그리고 위쪽에 형성된 오픈면적과 이를 종합한 전체 오픈면적을时时각각으로 볼 수 있도록 하였다. 그리고 마우스를 이용해 공과 블로커의 위치를 임의로 변화시켜볼 수 있도록 하여 최적의 오픈면적을 확보하기 위한 위치에 대해서도 이해할 수 있도록 하였다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 다각형 클리핑 알고리즘(Polygon Clipping Algorithm)의 원리를 이용하여 비주얼 베이직과 비주얼 C++로 배구경기 분석 프로그램을 구현하고, 방향별 스파이크

Figure 15. Consecutive spikes that coat formation area

크 시 블로킹과의 관계를 알아봄으로써 오버 블로킹의 중요성을 규명하였다. 이를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 배구 경기 분석 프로그램은 크게 공격수의 타점 위치, 블로킹의 위치 그리고 선수와 공의 움직임에 대한 시뮬레이션과 오픈면적 등을 나타내도록 구현하였다. 이를 통해 상황별 오픈 면적의 넓이를 산출 할 수 있도록 하였다.

한편, 이 프로그램의 현장 적용성을 높이기 위해서는 자료처리를 보다 빨리 할 수 있는 방안이 마련되어야 한다. 즉, 선수와 공의 움직임을 표현하기 위해 필수 단계인 디지털화 과정을 자동화 시킬 수 있는 방안이 모색되어야 할 것이다.

둘째, 블로킹은 네트를 기준으로 상대 쪽으로 오버 되기 시작하면서 오픈 면적의 넓이가 급격하게 줄어드는 현상이 나타났다. 이는 사각형이었던 면적이 어느 시점을 지나 삼각형으로 바뀌면서 급격한 면적의 감소를 보였다.

이 프로그램으로 스파이크 방향별 블로킹과의 관계를 시뮬레이션 하였지만, 향후 실제 경기를 분석 적용하여 다양한 결과물을 산출 할 수 있을 것이다.

따라서 추후에 이에 대한 연구가 뒷받침 되어 현장에서 활용된다면 여러 스포츠 종목에서 유용하게 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). Direct Linear Transformation from comparator Coordinates into Object Space Coordinates in Close-Range Photogrammetry. *Proceedings for the Symposium on Close Range Photogrammetry*, Jan. 26-29. 1971 Falls Church, Va: American Society of Photogrammetry.
- Hong, S. J., & Baek, S. I.(2010). The development program for performance evaluation on soccer players. *Korean Journal of Sports Science*, 19(2), 1349-1358.
- Jung, C. S., Shin, I. S., Kim, G. H., & Lee, K. C.(2000). Three Dimensional Video Motion Analysis Program for Windows 98 System. *The Korean Journal of Physical Education*, 39(3), 622-634.
- Kao, S. S., Sellens, R. W. & Stevenson, J. M. (1994). A Mathematical model for the trajectory of a spiked volleyball and its coaching application. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 95-109.
- Kim, J. H., & Lee, W. H.(2003). Study on the football match analysis systems. *Korean Association for Sports Recording and Analysis*, 1(1), 1-19.
- Lee, K. C.(1998). *The Relationship between the team offensive performance and individual technique during men's volleyball competition*. Unpublished Doctor's Thesis, Graduate school of Seoul University.
- Lee, K. C.(2001). Evaluation of the Spike Performance for Men's Volleyball Player. *Korean Society of Sport Biomechanics*, 10(2), 35-46.
- Lee, S. H.(2008). Development of an Analysis Program on Table Tennis Competition. *Korean Journal of Sport Science*, 19(4), 82-93.
- Moon, Y. J., & Lee, S. H.(2003). Development of the realtime feedback system for weightlifting. *Korean Journal of Sport Science*, 14(1), 18-24.
- Reilly, T.(1981). Ergonomic aspects of sport and recreation . *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 6(1), 1-10.
- William, W. C., & Peter, F. (1984). Video record of foreign competition U.S.A. men's volleyball. *Abstract of Biomechanical Research United States Olympic Committee*, 114-115.