



## 농구 자유투 동작 시 숙련자 및 미숙련자의 근전도 및 지면 반력 분석

### Comparative Analysis of Muscle Activity and Ground Reaction Force between Skilled and Unskilled Player during a Free Throw

구형모 · 채원식\* · 강년주 · 윤창진 · 장재익(경북대학교)

Gu, Hyung-Mo · Chae, Woen-Sik\* · Kang, Nyeon-Ju · Yoon, Chang-Jin · Jang, Jae-Ik  
(Kyungpook National University)

#### 국문요약

본 연구의 목적은 농구 자유투 동작 시 근전도 분석 및 지면 반력 분석을 통해 숙련자와 미숙련자 간의 차이를 비교분석하는데 있다. 근전도 분석을 위해 7쌍의 표면전극을 피험자의 요측수근굴근, 장요측수근신근, 상완이두근, 상완삼두근, 대퇴직근, 전경골근, 내측 비복근, 접지전극은 상전장골극에 부착하였다. 두 대의 지면반력기를 통해 전·후, 좌·우, 수직 방향에 작용하는 지면반력과, 압력 중심 이동을 측정하였다. 숙련자의 경우 볼을 투사하기까지 근육활동이 미숙련자에 비해 상대적으로 낮은 근육활동을 나타내었다. 이는 자유투 동작 시 볼을 투사하는데 있어서 숙련자가 미숙련자보다 낮은 근육활동으로도 효율적으로 볼을 투사 한다는 것을 알 수 있다. 미숙련자는 볼 필요한 좌우 방향의 힘의 이동을 발생시켜 자유투를 안정적으로 수행하지 못하는 것으로 나타났으며 숙련자의 경우에는 원활한 전후 방향의 지면반력과 압력 중심 이동을 통해 안정적으로 볼을 투척하는 것으로 판단되어진다. 따라서 자유투 동작은 상지와 하지의 협응성과 유연성을 통해 안정된 슈팅 동작이 이루어질 것으로 사료된다.

#### ABSTRACT

H. M. GU, W. S. CHAE, N. J. KANG, C. J. YOON, and J. I. JANG, Comparative Analysis of Muscle Activity and Ground Reaction Force between Skilled and Unskilled Player during a Free Throw. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 19, No. 2, pp. 347-357, 2009. The purpose of this study was to compare EMG and GRF during a free throw. Seven pairs of surface electrodes were attached to the right-hand side of the body to monitor the flexor carpi radialis (FC), extensor carpi radialis longus (EC), biceps brachii (BB), triceps brachii (TB), rectus femoris (RF), tibialis anterior (TA) and medial gastrocnemius (GM). GRF data from two force platform were collected during a free throw. The results showed that the muscle activities in the unskilled group must be highly activated prior to the moment of release. This means that a skilled participant can shoot a free throw more efficiently while producing less muscle activeness than an unskilled participant. The DCP of unskilled group in the medio-lateral direction were greater than the corresponding values in skilled group. This showed that the unskilled group were not able to shoot the free throws stably. Thus, when a teacher or instructor teaches students how to shoot free throw, it is considered that the teacher show the learner how to use not only the upper limbs but also lower limbs on the basis of the efficient connecting movement and the flexibility in a stable procedure.

KEYWORDS : FREE THROW, BASKETBALL, EMG, GROUND REACTION FORCE, MUSCLE ACTIVITY

## I. 서론

겨울 스포츠의 대명사인 농구경기는 여러 가지의 기술이 사용되는 다차원 운동이며 대부분의 스포츠에 구성되어 있는 기본적인 운동 패턴인 러닝, 점프, 던지기 그리고 그 밖의 다른 동작들이 연결되어 있는 스포츠 종목이다. 농구는 다른 운동에서와 마찬가지로 운동을 결정짓는 물리적인 원칙과 요소를 가지고 있는데 예를 들면 지면반력, 중력, 가속도, 운동량, 힘의 분배, 무게 중심의 변위, 마찰력, 지레의 원리 등이다(Cooper & Adrian, 1989).

농구경기의 최종 목적은 득점을 올리는 것이다. 따라서 슛은 경기에서 가장 중요한 요인으로 승패에 결정적인 영향을 미치기 때문에 대부분의 지도자들과 선수들은 꾸준한 연습을 통해 훌륭한 슛을 구사할 수 있도록 많은 시간을 슛 훈련에 투자하고 있는 실정이다.

슛의 성공 여부를 결정하는 요인은 투사높이, 투사속도, 투사각도이며 이들 요인은 인체 자세에 상호 작용에 의해 나타나는 것으로 선수 개개인의 특성에 따라 그 유형이 달라진다(Hayes, 1989). Cooper와 Siedentop(1969)은 농구기술 중 가장 중요하고 습득하기 어려운 동작이 바로 슛 동작이라고 하였다.

슛의 종류에는 레이 업 슛, 세트 슛, 점프 슛 등이 있는데, 그 중에서 자유투는 수비선수가 없는 상황에 자유투 라인 뒤에서 수비선수의 방해 없이 혼자 던지는 원 핸드 세트 슛으로 정지 동작에서 점프 없이 무릎 관절과 팔꿈치 관절의 신전을 이용하여 마지막 손목 관절의 스냅으로 투사하거나 혹은 팔꿈치 관절과 손목의 스냅만을 이용하는 슛이다.

이러한 자유투는 상대의 반칙으로 얻은 공격으로 1점씩 획득하게 되는 공격이어서 선수들이 소홀하게 생각하기 쉽다. 그러나 현대 농구는 막강한 공격력과 화려한 전술에 의한 다 득점에 의해 승패가 결정되고 전력의 평준화가 이루어져 특별히 아주 우수한 팀이 없는 상황이라면 자유투의 성공 여부에 의해 승패가 결정되어 질 수 있다.

일반적인 경기에서 자유투는 전체 득점의 10 % 정도이며, 남자프로농구경기에서 자유투는 전체 득점의 14

% 정도를 차지하고 있어 그 중요성이 높지 않은 것으로 생각 될 수 있으나 대다수의 농구 지도자들은 백중백 경기에서 자유투를 얻었을 경우 이의 성공 여부에 의해 승패가 좌우 된다는 점을 인식하여 자유투의 중요성은 인식하여 작전을 구사할 때 신중을 기한다(박성운, 2001).

자유투에 관한 선행 연구로서 Elliotte와 Smith(1983)는 슈팅의 정확도를 운동 역학적인 변인과 인체계측학적인 변인간의 상호관계를 12명의 피험자를 대상으로 다중상관관계와 다중회귀분석의 통계적 방법에 의하여 규명하였다. 그들의 연구 결과 정확한 슈터는 신장이 크고 중배엽의 체형과 지방의 구성 비율이 높고 강한 무릎 신장근과 팔꿈치 신장근을 가지고 있다고 보고하였다.

근전도 분석은 근육 동원 양상 및 최대 근파위, 근육 질환의 진단 등 임상 의학적 진단을 할 수 있으며, 개인의 근력 및 근피로 등을 과학적으로 예측할 수 있기 때문에 상해를 방지할 수 있다. 따라서 EMG 신호를 정류시켜 발휘 근력에 따른 근육 피로 상태, 수축 시간에 따른 근력의 변화, 운동단위 동원의 유형 등에 대한 분석이 주로 사용되고 있다(Chaffin, 1980). 이창우(2003)는 농구 자유투 시 상지의 근전도 분석에서 자유투 시 숙련자와 미숙련자 집단간 평균적분 근전도치는 준비구간에서는 4개 근육(상완이두근, 상완삼두근, 완요골근, 척측수근굴근) 모두에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 슈팅구간에서는 상완이두근, 상완삼두근, 완요골근에서는 차이가 있는 것으로 나타났으나 척측수근굴근에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 팔로스로우 구간에서는 상완이두근과 상완삼두근은 차이가 있는 것으로 나타났으나 완요골근과 척측수근굴근은 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 자유투 시 숙련자와 미숙련자 집단내 4개 근육(상완이두근, 상완삼두근, 완요골근, 척측수근굴근)간의 근부하율은 숙련자와 미숙련자 집단 모두에서 근육 간 차이가 있는 것으로 나타났다고 보고하였다.

이밖에도 임달식(2004)은 남자대학교의 체력적 요인이 자유투 성공률에 미치는 영향을 연구하여 첫째, 남자대학교 농구경기에 결정적으로 작용하고 있는 제 1요인은 기본체력가운데 순발력과 속도 요인이며, 제 2요인은 근지구력요인 그리고 제3요인은 밸런스 요인이다.

둘째, 일반적으로 순발력 요인, 근지구력요인 그리고 속도요인은 운동종목에 관계없이 경기력 결정에 높은 비중을 가지고 있는 것으로 나타났다. 셋째, 남파대학교 농구경기에 있어서는 기초체력보다는 전문체력이 경기력에 크게 작용 하는 것으로 나타났다. 넷째, 자유투 성공률과 상지 근지구력과 하지 근지구력의 요인 간에는 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 기초체력과의 상관관계에서는 의미 있는 상관관계가 없다고 보고하였다.

그 외에 슛에 대한 연구로 이경욱(1989)은 농구 리바운드 점프와 착지 시 하지의 충격발생 전이·흡수·기전에 관해 연구하였다. 이병원(1996)은 원 핸드 점프 슛에서 슛 거리와 신장이 동작의 역학적 변인에 미치는 영향을 분석하였고, 양동영(2003)은 농구 자유투 동작 시 상지분절의 각운동량 전이 분석을 하였다. 슛에 대한 근전도 분석으로는 이원찬(2000)이 근전도 측정용 이용하여 농구경기 전·후 3점 슛 동작 시 하지근의 근피로도를 분석하였다.

최근 자유투에 대한 연구를 살펴보면 대부분 점프슛이나 3점 슛 동작 시 운동학적 연구에 국한되어 분석이 이루어지고 있으며 상지나 하지 근육의 근전도 분석과 지면반력 등과 같은 운동역학적인 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구에서는 자유투 동작에 대한 이해를 돕고 슛의 성공률을 높일 수 있는 새로운 지도 방법을 모색함으로써 농구경기 지도자 및 선수들의 훈련에 기초자료를 제공하고자 한다.

따라서 본 연구의 목적은 자유투 동작 시 숙련자와 미숙련자의 근전도 및 지면반력을 분석하여 두 집단 간의 차이를 비교 분석하는데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상은 오른손을 사용하는 숙련자 10명, 미숙련자 10명 총 20명으로 하였으며, 숙련자 집단은 농구 경력이 6년 이상이며 현재도 선수나 클럽 활동을 꾸준히 하는 사람을, 미숙련자 집단은 농구 경험이 거

의 전무한 대학생을 대상으로 선택하였다.

숙련자의 평균 연령은 24.1±2.1 yrs, 미숙련자는 25.6±1.1 yrs, 숙련자의 신장 178.8±5.1 cm, 미숙련자의 신장 177±6.3 cm, 숙련자의 체중 720.1±79.5 N, 미숙련자의 체중 740.7±82.4 N이다.

### 2. 실험장비

본 실험에서는 7쌍의 표면 전극(sampling frequency = 1000 Hz, Noraxon Telemetry System, gain = 1000, input impedance > 1012 Ω, CMRR > 100 dB)을 피험자의 요측수근굴근(FC), 장요측수근신근(EC), 상완이두근(BB), 상완삼두근(TB), 대퇴직근(RF), 전경골근(TA), 내측 비복근(GM), 접지전극은 상전장골극에 부착하였다(이창우, 2003). 부착된 지점은 자유투 동작 시 볼 릴리즈 및 하지의 굴곡과 신전에 작용하는 근육으로 숙련자 및 미숙련자의 근육 활동의 차이 정도를 밝히기 위하여 설정하였다. 신호간섭을 최소한으로 하기 위해 사전 증폭기가 설치된 표면전극을 사용 하였으며, 자료수집 시 각 근전도 자료는 오실로스코프에서 감시되었다. 표준화를 위해 상지와 하지의 최대 정적 신전과 굴

표 1. 최대정적수축(MVIC) 근전도 측정방법

근육	최대정적수축	신체위치
FC	손목의 굴곡 / 외전	의자에 앉아 전완을 탁자에 올려 손바닥을 위로 올려 저항을 수직하 방향으로 적용함
EC	손목의 신전 / 외전	의자에 앉아 전완을 탁자에 올려 손등을 위로 올려 저항을 수직하 방향으로 적용함
BB	전완의 굴곡	의자에 앉아 상완을 수직으로 위치시킴. 저항은 손목위에서 아랫방향으로 적용함
TB	전완의 신전	의자에 앉아 상완을 수직으로 위치시킴. 저항은 손목아래에서 위방향으로 적용함
RF	슬관절 신전	의자에 앉아 경골을 수직으로 위치시킴. 저항은 발목 앞부분에서 뒷방향으로 적용함
GM	족저굴곡	뾰바로 서있음. 저항은 어깨위에서 수직하 방향으로 적용함
TA	배측굴곡	의자에 앉아 경골을 수직으로 위치시킴. 발가락 끝부분에 수직하 방향으로 적용함.

곡수축을 실제 데이터 수집 전에 실시하였다. 최대 정적 수축 근전도치 측정(표 1)과 실제 근전도 데이터는 샘플링 속도 1024 Hz로 5초간 각각 수집하였다.

하지에 작용하는 전·후, 좌·우, 수직 방향에 작용하는 지면반력과, 압력 중심 이동을 측정하고 분석하기 위해 지면반력기 AMTI(OR6-5) 2대를 사용하였다. 지면반력 데이터는 200 Hz의 샘플링 속도로 KwonGRF 2.0 program(Visol Inc, Korea)를 사용하여 수집 하였다. 디지털 캡코더, 근전도, 지면반력기의 동조를 위해 실제 자료수집 시 동조기를 사용하였다. 동조기는 3볼트의 신호를 2대의 LED(a light-emitting diode)에 보내며 동시에 지면반력 측정기와 근전도 기구에 연결된 A/D board로 보냈다.

### 3. 실험절차

대상자는 실험에 앞서 피로를 유발시킬 수 있는 강도 높은 신체 활동을 금지 하였으며, 실험에 앞서 대상자에게 10분 정도 충분한 워밍업을 시켰다. 자유투 라인에서 10회 연습 후 10회 이상 실시하여 보다 정확한 분석을 위해 가장 클린 샷(clean shoot)에 가까운 동작 1회만을 분석에 사용하였다.

### 4. 자료수집

#### 1) 주요 시점 및 구간 설정

본 연구에서는 데이터 수집을 위해 자유투 동작에서 4개의 중요 시점을 설정 하였다. 공을 들고 편안한 자세로 준비하는 준비 자세(ready, RD), 무릎각이 최대로

굴곡 되는 최대 굴곡 시점(maximum knee flexion, MF), 공이 손에서 떨어지는 릴리즈 시점(release evnt, RE), 무릎각이 최대로 신전 되는 최대 신전 시점(maximum knee extension, ME)으로 이벤트를 설정하였다(그림 1).

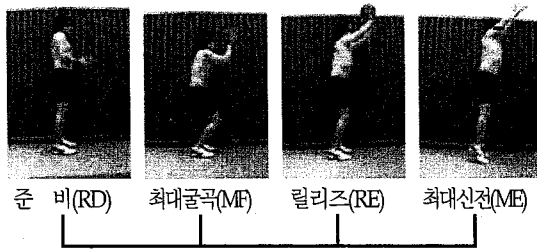
또한 준비 자세에서 무릎각이 최대로 굴곡 되는 지점을 굴곡 구간(flexion phase, FP), 무릎각이 최대로 굴곡 되는 지점에서 공이 손에서 떨어지는 지점을 릴리즈 구간(release phase, RP), 그리고 공이 손에서 떨어지는 지점에서 무릎각이 최대로 신전 되는 지점을 신전 구간(extension phase, EP)으로 설정하여 구간별로 자료를 분석하였다(그림 1).

#### 2) 근전도

도출된 근전도 자료는 telescan 프로그램을 이용하여 데이터를 10 Hz High pass와 350 Hz Low pass filter 처리를 하여 정파 정류를 시킨 후 최대 정적 수축 근전도 값(MVIC)을 구해 모든 자료를 표준화하였다.

적분 근전도(IEMG)는 정류된 근전도값을 근수축 지속시간에 대하여 적분하여 발휘 능력과 근육 동원에 따른 새로운 종류의 운동단위가 부가적으로 동원되는 시점 등을 파악하는데 이용되고 있다(이구형, 1980). 따라서 본 연구에서도 자유투 동작 시 동원되는 근육의 시점과 정도를 파악하기 위해 적분 근전도값으로 분석하였다. 구간별 평균 및 최대 적분 근전도 값(%MVIC)을 아래의 공식을 사용하여 계산하였다.

$$nEMG = \frac{EMG_{raw}}{EMG_{mvic}}$$



굴곡 구간(FP)      릴리즈구간(RP)      신전 구간(EP)

그림 1. 4개의 주요 시점와 3개의 구간 설정

#### 3) 지면반력

지면반력기를 통해 얻어진 데이터를 통해 전후, 좌우, 수직 지면반력, 압력중심 변위 값을 분석하였다. 지면반력 데이터 분석은 KwonGRF 2.0 program(Visol Inc, Korea)를 사용하였으며 수집된 지면반력 데이터는 20 Hz 저역 통과 필터(Matlab 6.5)를 사용하여 노이즈를 제거하였다.

### 5. 통계처리

영상분석을 통해 확인된 중요한 동작 순간을 이용하여 지면반력 값과 표준화된 근전도 값의 평균과 최대치를 구하였으며, SPSS 14.0을 사용하여 두 집단 간의 통계적 유의성을 검증하기 위해 독립 t-검증을 실시하였다. 이때 유의 수준( $\alpha$ )은 .05로 설정하였다.

## III. 결과

### 1. 근전도 비교 분석

#### 1) 굴곡 구간(EP)의 근전도

자유투 동작 시 숙련자 및 미숙련자의 굴곡 구간에서 평균적분 근전도 값은 상완삼두근(TB), 대퇴직근(RF), 전경골근(TA)의 근전도 값이 다른 근육에 비해 다소 높은 근육활동을 나타냈다(표 2). 이러한 결과를 통해 두 집단 모두 몸이 최대로 굴곡 되는 굴곡 구간에서 몸을 지지하고 볼을 통제하는데 있어서 상지근의 경우 상완삼두근(TB), 하지근의 경우 대퇴직근(RF), 전경골근(TA)이 가장 많이 사용되어지는 것으로 판단되어진다. 상대적으로 굴곡 구간(EP)에서 숙련자의 근전도 값

표 2 굴곡 구간(EP)의 평균적분 근전도 값과 최대적분 근전도 (Unit: %MVC)

	Average IEMG		Peak IEMG	
	Expert	Novice	Expert	Novice
FC	1.79(1.37)	1.99(1.52)	27.74(13.27)	23.60(11.16)
EC	5.89(2.95)	4.26(2.50)	37.79(16.49)	31.14(13.79)
BB	0.88(0.49)	1.19(0.98)	6.78(3.93)	8.22(6.81)
TB	0.66(0.33)	0.83(0.54)	19.52(12.15)	34.66(25.87)
RF	5.43(5.40)	5.72(5.28)	50.67(56.07)	58.95(45.57)
TA	4.96(3.87)	4.01(3.08)	53.94(53.83)	42.63(34.26)
GM	1.13(0.41)	1.56(0.64)	10.89(5.83)	21.18(21.36)

Note. Significant difference between expert and novice at \*  $p < .05$ , Standard deviations in parentheses.

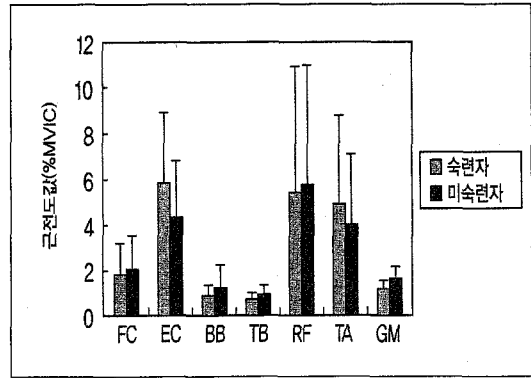


그림 2. 굴곡 구간에서의 평균적분 근전도

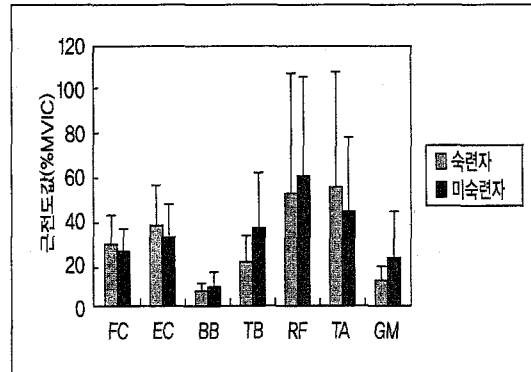


그림 3. 굴곡 구간에서의 최대적분 근전도

이 미숙련자의 근전도 값보다 낮은 근육활동이 나타났. 이는 굴곡 구간(EP)에서 숙련자가 미숙련자보다 덜 긴장한 상태에서 몸의 전체적인 부분에 힘을 빼고 자연스러운 굴곡 동작을 취함으로써 미숙련자보다 상대적으로 낮은 근육활동을 보인 것으로 판단되어진다(표 2). 이에 반해 미숙련자의 경우 숙련자보다 긴장한 상태에서 몸에 힘이 들어가 전체적인 근육의 사용이 많아진 것으로 판단되어진다.

최대적분 근전도 값은 상완삼두근(TB), 전경골근(TA), 내측비복근(GM)의 근전도 값이 다른 근육의 근전도 값에 비해 상대적으로 큰 차이를 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(표 2).

#### 2) 릴리즈 구간(RP)의 근전도

자유투 동작 시 숙련자 및 미숙련자의 릴리즈 구간(RP)에서는 대퇴직근(RF)과 내측비복근(GM)을 제외한

표 3. 릴리즈 구간(RP)의 평균적분 근전도 값과 최대적분 근전도 (Unit: %MVC)

	Average IEMG		Peak IEMG	
	Expert	Novice	Expert	Novice
FC	4.97(3.15)	7.98(4.34)	46.65(16.91)	53.78(21.01)
EC	6.45(3.32)	7.12(4.49)	32.11(17.94)	35.51(23.85)
BB	1.20(0.64)	2.16(2.88)	13.00(11.95)	13.78(11.47)
TB	7.14(2.15)*	11.06(4.23)*	59.45(21.06)	79.00(55.91)
RF	17.23(23.52)	17.21(23.16)	42.66(26.09)	62.65(76.42)
TA	2.81(1.46)	3.25(2.45)	32.38(13.60)	32.76(24.64)
GM	8.14(4.36)	6.39(4.73)	56.18(25.11)	39.67(33.43)

Note. Significant difference between expert and novice at \* p<.05, Standard deviations in parentheses.

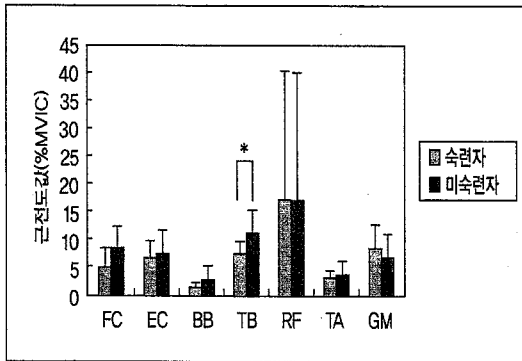


그림 4. 릴리즈 구간에서의 평균적분 근전도

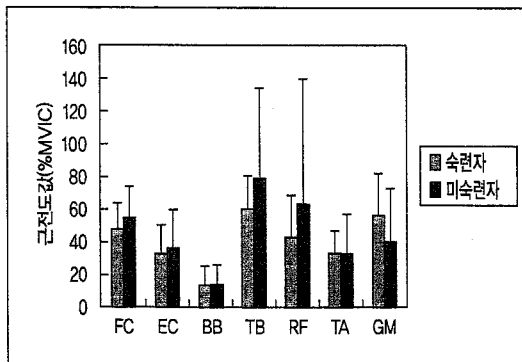


그림 5. 릴리즈 구간에서의 최대적분 근전도

측정하고자 한 모든 근육에서 숙련자의 평균적분 근전도 값이 미숙련자에 비해 낮게 나타났다. 또한 상지 근육의 경우 숙련자에 비해 미숙련자의 측정하고자 한 모든 상지 근육에서 높은 근육활동이 나타났다(표 3).

### 3) 신전 구간(EP)의 근전도

자유투 동작 시 숙련자 및 미숙련자의 신전구간(EP)에서는 전경골근(TA)을 제외한 모든 근육에서 숙련자의 근전도 값이 미숙련자의 근전도 값에 비해 높게 나타났

표 4. 신전 구간(EP)의 평균적분 근전도 값과 최대적분 근전도 (Unit: %MVC)

	Average IEMG		Peak IEMG	
	Expert	Novice	Expert	Novice
FC	15.71(5.86)	15.49(6.67)	58.67(25.08)	65.15(35.01)
EC	15.74(13.49)	11.88(8.62)	60.49(45.17)	48.55(31.91)
BB	10.36(11.12)	4.92(4.34)	63.82(59.91)	37.26(12.49)
TB	14.78(5.66)	13.47(5.16)	53.66(51.43)	52.30(29.00)
RF	12.87(13.64)	11.60(14.45)	24.42(9.85)	45.76(56.24)
TA	1.72(1.02)	3.98(4.21)	20.29(14.52)	19.92(11.41)
GM	7.70(4.65)	7.64(4.93)	33.72(23.89)	29.06(22.77)

Note. Significant difference between expert and novice at \* p<.05, Standard deviations in parentheses.

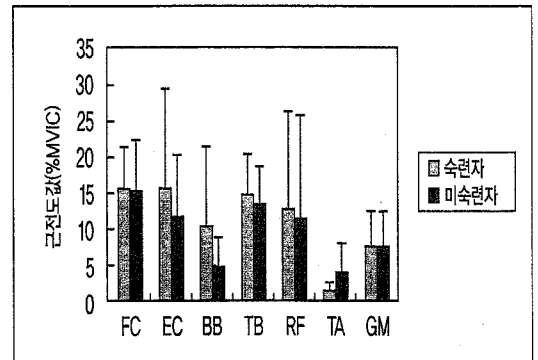


그림 6. 신전 구간에서의 평균적분 근전도

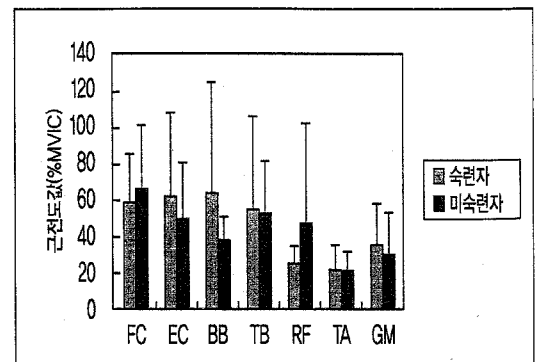


그림 7. 신전 구간에서의 최대적분 근전도

다(표 4). 이는 숙련자 집단의 경우 정확한 슛과 동작 수행의 안정성을 위해 오랜 시간 끝까지 공과 림을 주시하며 팔로스로우를 해줌으로써 더 높은 근전도 값이 발생되어지는 것으로 판단되어진다. 또한 장요측수근신근(EC)과 상완이두근(BB)에서의 평균적분 근전도 값이 숙련자와 미숙련자간 근육활동에서 높은 차이를 나타냈으나, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

2 지면반력 분석

1) 주요 동작 시점 시 오른발에 의해 발현되어지는 지면반력의 크기

숙련자와 미숙련자의 지면반력의 크기의 비교를 볼 때 최대 굴곡 시점(MF)에서 숙련자는 좌우방향과 전후 방향의 값이 크게 나타났고 상하방향의 값은 작게 나타났다(표 5). 특히 전후방향에서는 숙련자의 지면반력 값이 유의하게 크게 나타났는데 이는 하지에 의한 지지로 몸을 굴곡 시킬 때 좌우와 전후방향으로의 이동이 미숙련자에 비해 작다는 것을 나타낸다. 볼이 손을 떠나는 순간인 릴리즈 시점(RE)과 최대 신전 시점(ME)에서의 지면반력 값들도 숙련자는 미숙련자에 비해 좌우와 전후방향에서 큰 값을 나타내고 수직방향에서는 작은 값을 나타낸다. 그리고 이 구간들에서 각 값의 표준 편차는 숙련자가 미숙련자에 비해 작은 값들을 나타냄으로써 숙련자의 수행이 비교적 안정적으로 이루어지고 있다고 판단되어진다. 전체적인 지면반력의 크기는 자유투 동작 시 굴곡구간에서 오른발에 의해 발현되어지는 지면반력 값이 가장 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 굴곡 동작 시 순간적인 압력이 지면반력에 전해지면서 다른 구간에 비해서 지면 반력의 값이 현저하게 높게 나타나는 것으로 판단되어진다. 또한 굴곡 구간에서 전후 방향에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 원활한 볼 릴리즈 동작 수행을 위한 준비동작으로써 발의 반발력을 이용하기 위해 숙련자가 미숙련자보다 신속하게 후방으로 체중을 이동시켜 이와 같은 현상이 굴곡 구간에서 발생되어진 것으로 사료되어진다. 비록 통계적 유의차는 발생하지 않았지만 릴리즈 시 숙련자는 지면을 후방으로 밀어주는 반면 미숙련자는 지면을 전방으로 밀는 형태를 나타냈다. 이와 같

표 5. 주요 동작 시점 시 오른발에 의해 발현되어지는 지면반력의 크기 (Unit: %BW)

	Maximum knee flexion(MF)		Release event (RE)		Maximum knee extension(ME)	
	Expert	Novice	Expert	Novice	Expert	Novice
Fx	-8.13 (3.88)	-9.51 (2.79)	-3.18 (2.08)	-4.05 (4.44)	-1.32 (1.04)	-2.06 (2.26)
Fy	-0.04 (0.05)*	-2.36 (1.87)*	0.02 (0.02)	-0.38 (1.69)	0.01 (0.01)	-0.43 (1.76)
Fz	64.71 (19.08)	72.63 (6.21)	27.50 (10.91)	36.97 (24.08)	14.43 (4.83)	17.55 (11.80)

Note. Significant difference between expert and novice at \* p<.05, Standard deviations in parentheses.

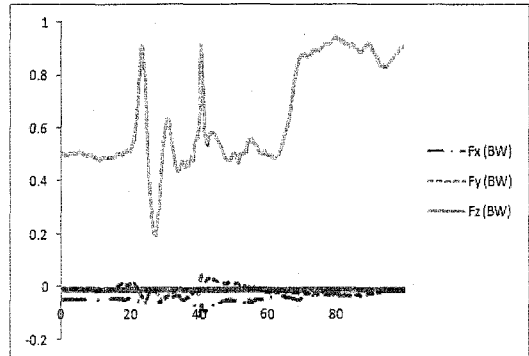


그림 8. 미숙련자의 오른발 지면반력 형태

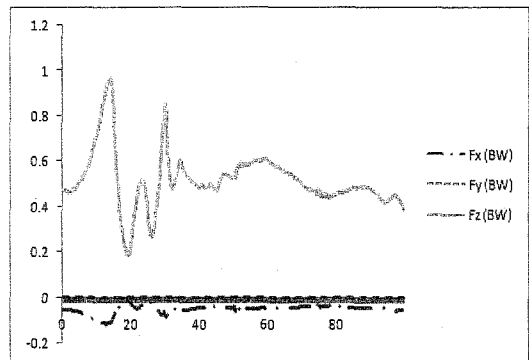


그림 9. 숙련자의 오른발 지면반력 형태

은 결과는 미숙련자는 볼 릴리즈 시 볼의 투구 방향과 반대로 지면을 밀게 되어 매우 부자연스러운 동작이 발생되어짐을 알 수 있다.

2) 주요 동작 시점 시 왼발에 의해 발현되어지는 지면반력의 크기

자유투 동작 시 숙련자 및 미숙련자의 왼발에 의해

발현되어지는 지면반력의 크기는 오른발에 의해 발현되어지는 지면반력 값과 동일하게 최대 굴곡 시점(MF)에서 가장 높게 나타났다. 전체적인 지면반력 값에 있어 수직 축에서는 매우 유사하게 나타나지만 전후, 좌우축의 지면반력 형태는 오른발에 발생되어지는 값과 차이가 있는 것으로 나타났다(표 6). 이와 같은 현상은 오른

표 6. 주요 동작 시점 시 왼발에 의해 발현되어지는 지면반력의 크기 (Unit: %BW)

	Maximum knee flexion(MF)		Release event (RE)		Maximum knee extension(ME)	
	Expert	Novice	Expert	Novice	Expert	Novice
Fx	8.15 (3.29)	9.08 (3.16)	2.18 (2.31)*	5.48 (2.58)*	0.75 (1.13)	1.45 (2.01)
Fy	-2.24 (4.07)	-3.50 (1.86)	1.51 (2.06)	0.16 (1.89)	1.03 (1.84)	1.85 (1.68)
Fz	68.55 (10.32)	76.28 (5.49)	28.82 (17.92)	44.91 (19.81)	15.88 (8.91)	24.62 (19.31)

Note. Significant difference between expert and novice at \*  $p < .05$ , Standard deviations in parentheses.

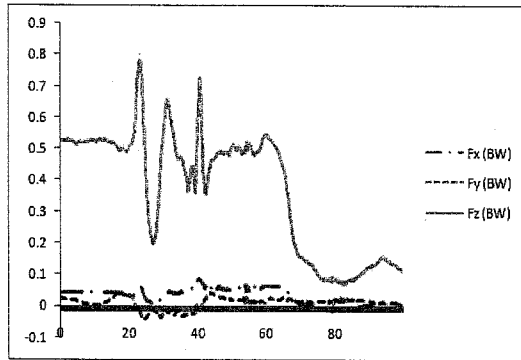


그림 10. 미숙련자의 왼발 지면반력 형태

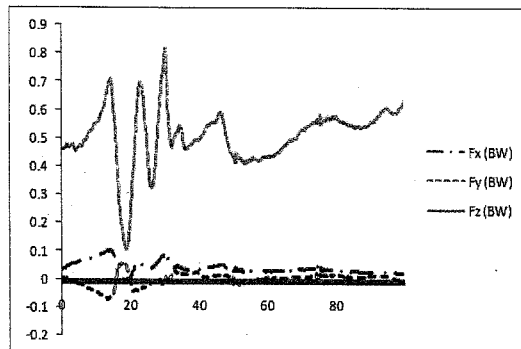


그림 11. 숙련자의 왼발 지면반력 형태

표 7. 주요 동작 시점 시 발생되어지는 압력 중심 변위 (Unit: cm)

	Maximum knee flexion(MF)		Release event (RE)		Maximum knee extension(ME)	
	Expert	Novice	Expert	Novice	Expert	Novice
x	-0.002 (1.531)	-0.024 (1.084)	0.265 (2.390)	0.854 (1.341)	0.695 (3.076)	0.773 (2.766)
y	3.370 (2.164)	3.470 (1.151)	6.729 (2.574)*	4.723 (1.741)*	7.157 (3.665)	6.700 (2.885)

Note. Significant difference between expert and novice at \*  $p < .05$ , Standard deviations in parentheses.

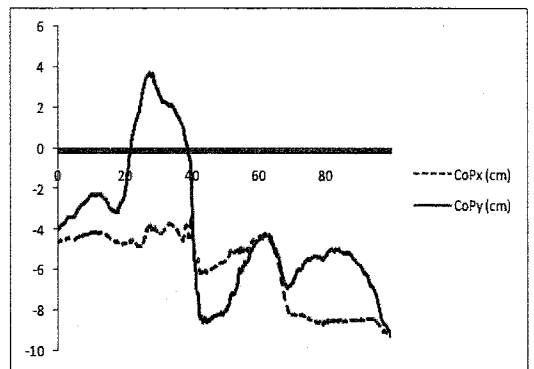


그림 12. 미숙련자의 압력 중심 변위 형태

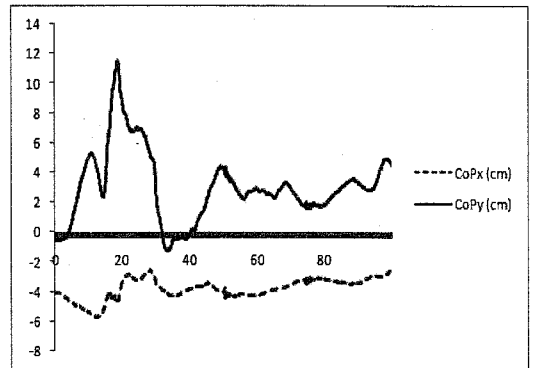


그림 13. 숙련자의 압력 중심 변위 형태

손을 사용하는 피험자의 특성 상, 오른발과 왼발에 작용하는 지면반력의 크기와 형태가 대칭되지 못하는 결과가 불가피하게 발생할 것으로 판단되어진다.

릴리즈 시점(RE)에서 좌우축 방향의 지면반력 값에서 유의하게 집단 간 차이가 있는 것으로 나타났다(표



6). 이러한 결과를 통해 자유투 동작 시 가장 중요한 지점인 볼이 떠나는 릴리즈 시점이 숙련자와 미숙련자 간의 동작수행에 있어서 차이가 크다는 것을 알 수 있다.

### 3) 압력 중심의 변위

압력 중심의 변위를 살펴보면 숙련자는 미숙련자에 비해 모든 지점에서 좌우방향의 압력 중심 변위가 낮게 나타났으나 통계적인 유의차를 보이지는 않았다. 전후 방향의 압력 중심 변위에서 최대 굴곡 시점(MF)점과 최대 신전 지점(ME)은 두 집단 간에 차이를 보이지 않으나 공이 손을 떠나는 지점에서 숙련자가 미숙련자에 비해 유의하게 높은 값을 보여주었다(표 7). 이와 같이 미숙련자에게 좌우 압력 중심 변위가 크게 나타나는 결과는 자유투 동작 시 볼의 궤적과 정확성에 부정적인 요소로 작용될 수 있을 것이라 생각되어진다.

## IV. 논 의

굴곡 구간에서 장요측수근신근(EC)의 경우 자유투 동작 시 숙련자가 미숙련자보다 더 높은 근육활동을 나타냈는데, 김영우(1990)는 프리드로우를 시도할 때 요구되어지는 요인 중 약력이 차지하는 비중이 가장 크며, 상지 근력을 바탕으로 한 손목과 손가락의 협응 동작이 중요요인으로 작용한다고 보고하였다. 따라서 숙련자의 경우 상완 주변의 근육 사용을 통해 협응력을 향상시키는 노력을 한 것으로 생각된다.

릴리즈 구간(RP)에서는 대퇴직근(RF)과 내측비복근(GM)을 제외한 모든 근육에서 숙련자의 평균적분 근전도 값이 미숙련자에 비해 낮게 나타났는데, 이는 숙련자가 미숙련자 비해서 여유 있고, 안정적인 슈팅을 한 다라는 박성윤(2001)의 내용을 뒷받침 한다. 숙련자는 미숙련자에 비해 여유 있는 슈팅 자세로 슈팅을 하며, 하지의 힘을 순차적으로 상지에 전달함으로써 안정된 슈팅 자세를 유지한다. 따라서 그 과정에서 이루어지는 리드미컬한 동작이 상지와 하지의 전반적인 부분에서 숙련자가 미숙련자보다 상대적으로 낮은 근육활동을 보이는 것으로 판단되어진다. 또한 상지 근육의 경우 미

숙련자의 모든 상지 근육에서 높은 근육활동이 나타났는데, 이창우(2003)는 자유투 동작 시 숙련자와 미숙련자간의 상지의 근전도에서 유의한 차이를 보인다고 하였으며, 특히 슈팅 구간에서 상완이두근, 상완삼두근에서 미숙련자가 높은 근육활동을 나타낸다고 보고하였다. 따라서 미숙련자는 볼을 투사하기 위해 하지로부터 전달된 힘을 제대로 상지에 전달하지 못하기 때문에 보다 높은 상지 근육 활동을 통해 볼을 투사하려는 노력한 것으로 판단된다.

신전 구간에서는 미숙련자의 경우 상지에서 상대적으로 낮은 근전도 값을 보였는데, 이는 볼을 릴리즈 후 짧은 시간 팔로스로우 한 후 바로 슛 동작을 정지한 것으로 사료된다. Wikes(1982)는 농구공을 릴리즈 할 때 손목의 완전한 스냅작용은 보다 훌륭한 팔로스로우 동작을 발생시킨다고 보고하였다. 따라서 숙련자의 요측수근굴근(FC)의 근전도 값이 미숙련자의 요측수근굴근(FC)의 근전도 값보다 높게 나타난 것은 신전구간에서 팔로스로우 시 숙련자의 경우 손목스냅을 끝까지 유지하려는 현상 때문에 미숙련자의 요측수근굴근(FC)의 근전도 값보다 높게 나타나는 것으로 판단되어진다. 이창우(2003)는 자유투 동작 시 슈팅 후 손목의 동작을 끝까지 유지하려 하지만 미숙련자는 손목 스냅의 유지보다는 공을 던지는 것에 주력하기 때문에 척추수근굴근에서 근육활동이 숙련자에 비해 낮게 나타났다고 보고하였다.

오른발의 수직지면 반력값에서는 숙련자가 미숙련자에 비해 낮은 결과를 보였는데, 이는 숙련자가 미숙련자에 비해 인체를 하방으로는 더 낮게 굴곡 시키고 좌우와 전후방향으로는 더 작은 이동을 함으로써 낮은 인체 중심으로 인해 안정성을 확보하고 균형감 있는 동작을 수행할 수 있는 것으로 사료된다. 왼발의 지면반력 값에서는 미숙련자의 경우 좌우측 방향의 힘이 크게 나타났는데, 이는 볼 투척 시 왼발을 신체 내측으로 보다 강하게 밀고 있음을 의미하며 이는 볼 투사의 정확성에 저해되는 요인으로 판단할 수 있을 것이다. 또한 불안정성과 상지에서 하지로의 힘의 전이가 리드미컬하게 전달되지 못해 숙련자의 경우와 다르게 지면반력 값의 형태가 발생되어지는 것으로 판단되어진다.

압력중심 변위값은 미숙련자가 좌우 압력중심변위가 크게 나타났는데, 자유투 동작 시 볼의 궤적은 전방으

로 향하게 되며 좌우 방향의 압력 중심 변위는 볼의 투구에 아무런 도움을 주지 못할 것이며 안정적으로 볼을 투척하기 위해서는 보다 신속한 전후축 방향의 중심 변위가 요구되어질 것으로 판단되어진다. 따라서 미숙련자는 불필요한 좌우 방향의 힘의 이동을 발생시켜 자유투를 안정적으로 수행하지 못하는 것으로 나타났으며 숙련자의 경우에는 준비 자세에서부터 볼이 손을 떠나는 지점까지의 움직임에 있어 인체의 큰 흔들림 없이 균형을 잡으며 몸을 통제하고 있다고 판단되어진다.

## V. 결론 및 제언

자유투 동작 시 숙련자 및 미숙련자의 구간 별 운동역학적 변인들을 비교해 본 결과 굴곡 구간(FP)에서는 숙련자의 경우 장요축수근굴근(EC)과 전경골근(TA)에서 높은 근전도 값을 보였으며, 장요축수근굴근(EC)과 전경골근(TA)을 제외한 측정하고자 한 모든 근육에서는 미숙련자의 근전도 값이 높게 나타났다. 또한 릴리즈 구간에서도 숙련자보다 미숙련자의 상지, 하지근의 대부분의 근전도 값이 높게 나타났으며, 특히 상완삼두근(TB)의 경우 자유투 동작 시 숙련자의 근전도 값이 미숙련자의 근전도 값 보다 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다. 마지막으로 신전구간(FP)에서의 자유투 동작 시 숙련자 및 미숙련자의 근전도 값은 전경골근(TA)을 제외한 측정하고자 한 상지, 하지근의 대부분의 근육에서 근전도 값이 높게 나타났다.

중요 시점별 지면반력 값은 최대 굴곡 시점(MF)에서 숙련자는 좌우방향과 전후방향의 값이 크게 나타났고 상하방향의 값은 작게 나타났다. 특히 전후방향에서는 숙련자의 지면반력 값이 유의하게 크게 나타났다. 공이 손을 떠나는 순간인 릴리즈 시점(RE)과 최대 신전 시점(ME)에서의 지면반력 값들도 숙련자는 미숙련자에 비해 좌우와 전후방향에서 큰 값을 나타내고 수직방향에서는 작은 값을 나타냈다.

압력 중심 변화에서는 미숙련자는 숙련자에 비해 모든 지점에서 좌우방향의 압력 중심 변화가 다소 크게 나타났으나 통계적인 유의차를 보이지는 않았다. 전후

방향의 압력 중심 변화에서 최대 굴곡 시점(MF)과 최대 신전 지점(ME)은 두 집단 간에 차이를 보이지 않으나 공이 손을 떠나는 지점에서 미숙련자가 숙련자에 비해 유의하게 작은 값을 나타냈다.

본 연구의 결과를 종합해 보면 숙련자의 경우 볼을 릴리즈 후 마지막 신전 시키는 구간을 제외하고는 근육활동이 미숙련자에 비해 상대적으로 낮은 근육활동을 나타냈음을 알 수 있다. 이는 자유투 동작 시 볼을 투사하는데 있어서 숙련자가 미숙련자보다 낮은 근육활동으로도 효율적으로 볼을 투사 한다는 것을 알 수 있다. 숙련자의 경우 미숙련자보다 손목과 관련된 근육활동이 높은 것으로 보아 손목 스냅을 이용하여 볼을 투사하는 것으로 판단되어지며, 미숙련자는 상대적으로 상지의 전체적인 근육을 쓰는 것으로 판단되어진다.

미숙련자의 경우에는 숙련자의 경우와는 다르게 지면반력과 압력 중심 변위의 크기와 형태가 다르게 나타나며 이는 자유투 동작 시 볼의 궤적과 정확성에 부정적인 요소로 작용될 수 있을 것이라 생각되어진다. 미숙련자는 불필요한 좌우 방향의 힘의 이동을 발생시켜 자유투를 안정적으로 수행하지 못하는 것으로 나타났으며 숙련자의 경우에는 원활한 전후 방향의 지면반력과 압력 중심 이동을 통해 안정적으로 볼을 투척하는 것으로 판단되어진다.

따라서 자유투 동작은 상·하지근의 근력을 이용한 과도한 동작이 아닌 상·하지근의 효율적인 연계동작을 통하여, 팔로만으로 볼을 투사하는 것이 아니라 손가락과 손목의 협응성과 적절한 무릎 굴곡 및 신전을 이용하는 방법이 현장에서 제시되어야 할 것으로 판단된다. 차후 숙련자 및 미숙련자의 자유투 동작 시 보다 의미 있는 결과를 도출하기 위해서 3차원 동작분석 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 김영우(1990). 남자 고등학생의 체격 및 체력요인과 농구 자유투 성공률 관계분석. 미간행 석사 학위 논문. 충남대학교 대학원.

- 박성윤(2001). 농구 자유투 동작의 운동학적 분석. 미간행 석사학위 논문. 전남대학교 대학원.
- 양동영(2003). 농구 자유투 동작 시 상지분절의 각운동량 전이 분석. *한국운동역학회지*, 13(1), 185-204.
- 이경옥(1989). 농구 리바운드 점프와 착지시 하지의 충격 발생, 전이, 흡수 기전. 미간행 박사학위 논문. 이화여자대학교 대학원.
- 이병원(1996). 농구 one hand jump shot에서 슛거리와 신장이 동작의 역학적 변인에 미치는 영향. 미간행 박사학위 논문. 중앙대학교 대학원.
- 이원찬(2000). EMG를 이용한 농구경기 전.후 3점 슛 동작시 하지근의 근피로도 분석. 미간행 석사학위 논문. 한남대학교 교육대학원.
- 이창우(2003). 농구 Free Throw 시 상지의 EMG 분석. 미간행 석사학위 논문. 부산대학교 대학원.
- 임달식(2004). 남자대학생의 체력요인이 자유투 성공율에 미치는 영향. 미간행 석사학위 논문. 조선대학교 대학원.
- Chaffin, D. B.(1980). Muscle strength assessment from EMG analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(3), 205-211.
- Cooper, J. M., & Adrian, M. J.(1989). *The biomechanics of human movement*. Benchmark Press.
- Cooper, J. M., & Siedentop, D.(1969). *The theory and science of basketball*. 2nd edition, Lee and Febiger, Philadelphia.
- Elliott, B., & Smith, J. (1983). The relationship of selected Biomechanics & anthropometric measure to accuracy in netball shooting, *Journal of Human Movement Studies*, 9(4), 171-187.
- Hayes, D.(1989). Body contribution to free throw shooting in basketball, *Biomechanics in Sports*, 205-211.
- U. S. Department of Health and Human Services (1993). *Selected topics in surface electromyography for use in the occupational setting: Expert perspectives*. (DHHS Publication No. 91-100). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Wikes, G.(1982). *Fundamentals of Coaching Basketball*. Brown Company Publisher.

투 고 일 : 04월 30일

심 사 일 : 05월 12일

심사완료일 : 06월 03일