



한국운동역학회지, 2009, 제19권 1호, pp. 49-58  
Korean Journal of Sport Biomechanics  
2009, Vol. 19, No. 1, pp. 49-58

## 평균대 좌측 턴 동작시 동적 자세 조절에 미치는 C.O.G와 E.O.G 관계

Association between the C.O.G and E.O.G for Dynamic Postural Control  
of the Left Turn Motion on the Balance Beam

소재무\* · 김윤지 · 김재정(건국대학교)  
So, Jae-Moo\* · Kim, Yoon-Ji · Kim, Jae-Jung(Konkuk University)

### 국문초록

본 연구는 여자대학 체조선수 3명을 대상으로 평균대의 좌측 턴 동작 시 성공과 실패에 따른 동적 자세조절에 미치는 신체중심(COG) 변화와 안구 움직임(EOG)의 관계를 분석하는데 목적이 있다. 성공 시 몸통이 180° 회전하는 시점까지 COG는 회전방향으로 이동되는 경향이었으며, 실패 시에도 동일한 경향이 나타났지만 COG의 편차가 상대적으로 큰 이동을 보여 동적 자세 조절 유지에 영향을 미치는 특징이 있었다. 회전 동작 시 EOG는 몸통의 회전 방향과 안구가 반대로 이동한다는 사전 이론과 일치하였지만 중심이동 시점에서는 차이가 있었으며 동작의 성패에서는 확연한 차이가 나타났다. 또한 실패 시 상-하 EOG는 대부분이 하 방향으로 작용하는 특성을 나타내고 있어서 실패의 원인과의 연관성을 분석할 필요를 느꼈다. 따라서 평균대 턴 동작에서 동적 자세 조절능력과 EOG의 운동역학적인 후속연구가 심층적으로 수행된다면 미세한 원인을 규명할 수 있을 것으로 사료된다.

### ABSTRACT

J. M. SO, Y. J. KIM, and J. J. KIM, Association between the C.O.G and E.O.G for Dynamic Postural Control of the Left Turn Motion on the Balance Beam. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 19, No. 1, pp. 49-58, 2009. This study aims to analyze the association between the center of mass(C.O.G) and ocular movement(EOG) according to the success and failure in the left turn motion on the balance beam, targeting three female gymnasts. When successful, the left-right COG was moved to the left, which was a rotational direction until such time as the body rotated 180°, whereas there appeared to be a greater movement during failure; thus, it was shown to affect the maintenance of dynamic postural control. In case of the subsequent left-right turning motion of EOG, this matches the previous theory that the eyeball moves against the direction of rotation of the body. However, there was a difference at the time of movement, and a clear difference emerged in the success and failure in this study. Also, in the EOG in the up-down direction, a movement during failure showed a pattern of down direction in most cases; thus, it is deemed to affect the failure. Therefore, the kinetic postural control and EOG are supposed to affect the success and failure in a landing, which is the most importantly evaluated movement on the balance beam, in mutual association.

KEYWORDS : BALANCE BEAM, EOG, COG, OCULAR MOVEMENT, TURN

\* 연구는 2008학년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.

\* human@konkuk.ac.kr

## I. 서 론

평균대(balance beam) 운동은 18세기 후반에 독일의 바제도우(Johann Bernhard Basedow, 1724~1790)에 의하여 체육수업에 처음 도입되었으며 신체의 평형성, 조정력, 유연성, 민첩성 등을 기르고 아름다운 자세와 아름답게 표현하는 능력을 길러주는 운동이다(이대형, 이용인, 권오석, 2002). 평균대의 경기용 규격은 길이 5 m, 높이 1.25 m, 폭 10 cm로 구성되며 이러한 규격은 기술동작 실시 및 심리적인 측면까지 제한성을 갖게 되어 밸런스(balance) 유지가 불안정 할 때 실수율이 가장 높은 종목 중에 하나이다.

2009년 새롭게 바뀐 규정에 의하면 평균대 종목의 구성 요구(CR-composition requirements) 사항은 립(leap), 턴(turn), 앞/옆으로 도는 아크로(acro forward/side), 뒤로 도는 아크로(acro backward), 내리기(dismounts)의 다섯 가지 요소를 연기 내용에 포함시켜 종목 구성을 해야만 한다. 한 요소의 가치 점은 0.5점이며 기술요소 5개와 댄스요소 3개의 난도 값을 합산하여 난도점수가 정해진다. 특히 본 연구에서 연구하고자 하는 턴 요소는 댄스요소로 구성 요구 조건에 포함되어야 하는 동작으로써 성공적인 수행 여부에 따라 최종점수(final score)에 영향을 미친다(F.I.G, 2009).

평균대 위에서 정직 및 동직 자세 조절을 유지하기 위해서는 안정된 자세가 꼭 필요한 부분이며, 자세조절 기전 연구(김선진, 한동욱, 2002; 이동우, 2005)와 신체 균형 능력의 선행연구(이기룡, 김갑선, 이채산, 2004; 염창홍, 박영훈, 서국웅, 2006)들은 신체 균형 유지에 영향을 미치는 가장 큰 요인으로는 시각 정보로써 3차원 공간상에서 수행자 눈의 위치를 말한다. 이는 머리의 움직임과 눈의 움직임에 따라서 결정되며 (Schmid & Zambarbieri, 1991), 환경에 대한 정보뿐만 아니라 환경 안에서 신체의 방향 감을 제공한다(Lee & Aronson, 1974)고 하였다. 즉 눈은 사람에게 환경의 형상과 위험한 상황 및 거리가 얼마정도가 되는가에 대한 정보와 운동이 발생하는 지면 상태를 포함한 정보를 제공한다또한 신체의 위치에 대한 정보도 제공하여 사람이 먼저 생각하고 자세를 변화 시키도록 해준

다(이한숙, 최홍식, 권오윤, 1996).

안구의 움직임을 측정한 연구는 피거스케이팅, 다이빙(Guillemant, Ulmer & Freyss, 1995) 등에서 숙련자와 초보자를 비교하는 연구에 사용되었으며, 국내 연구에서는 발레의 빠루엣 동작 시 안구 운동의 양상과 지속시간 및 회전 후 안전을 비교 분석(김인숙, 김동희, 박병림, 1993)하였고, 손태열(1997)은 무용 전공자를 대상으로 회전의지를 통하여 안전 회복시간과 파형 빈도를 측정하였다. 박양선(2006)은 여자 무용수를 대상으로 회전훈련에 전, 후에 따른 운동학적 분석과 안전의 형태를 분석하여 미숙련자의 회전 훈련시기와 스파팅 습득시기를 연구하였다. 체조에서는 기술적인 요소(Davin, Sands & Shultz, 2001; Asseman & Gahery, 2005), 균형 및 조절 유지(Danion, Boyadjia & Marin, 2000)에서 시각 정보 능력 측정에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있으며 체조 동작을 실행할 때 머리의 위치를 강조하고 기술 수행 시 눈과 머리의 위치에 따라서 달라지는 시선을 스스로 조절해야 하는 것을 강조하고 있다.

평균대 운동은 다른 종목보다 움직임에 대한 균형 조절이 더욱더 중요한 요소임에도 불구하고 아직까지 시각의 중요성이나 시선 조절의 역할 등에 대하여 명확하게 알고 있지 못하고 있으며, 지금까지의 선행연구들은 대부분 시각 차단 기법에 의해 연구되어져 정확한 안구 움직임에 대한 과학적 근거는 아직 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 여자 기계체조 선수들의 평균대 연기 중 안구의 움직임이 자세 균형 유지에 영향을 미치는가에 대한 물음에 해답을 밝히고자 한 다리로 지지하고 반대쪽 다리는 팟세(pass's) 자세를 취하여 360° 회전하는 턴 동작의 성공과 실패에 따른 신체중심 변화와 안구 움직임을 분석하여 지도자들과 선수들에게 정보를 공유함으로써 경기력 향상에 기여 하는데 목적을 두고 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 K 대학교 여자 기계체조 선수 세 명으로 선정하였으며, 피험자의 신장, 체중, 나이와 신체적 특성은 <표 1>에 나타난 바와 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

Subject	Item	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Career (yr)
S1	22	164	55	14	
S2	20	155	50	11	
S3	20	157	50	10	
M±SD		20.7±1.2	158.7±4.7	51.7±2.9	11.7±2.1

## 2. 측정도구 및 방법

### 1) 측정도구

동작분석을 위한 실험 장비는 피험자가 평균대 위에서 동작을 하는 영상을 촬영하기 위해 비디오 분석용 JVC 비디오카메라 네 대와 120분용인 Sony 사의 레코더를 사용하였다. 모든 카메라모드의 필름 속도는 60 fields/sec, 노출시간은 1/500s로 설정하였으며, 3 차원 실 공간좌표 설정을 위해 평균대 위 중간 지점에 1m×2m×2m의 통제점 틀(control object)을 옮겨놓고 좌-우에 평균대 높이와 같은 box를 설치하여 균형을 유지하도록 하였다. 네 대의 카메라와 안구 측정기의 동조를 위해 직접 제작한 신호 동조기(Sync LED) 두 대를 각 기기와 동조용 LED와 연결하고 신호 동조기를 사용하였다.

연구 목적으로 따라 평균대 위에서 회전 동작을 하는데 부담을 주지 않고 회전 시 안전의 형태와 안구의 움직임을 측정하기 위해 무선체제(wireless telemetry system)를 사용한 안구측정기(Electrooculogram; 이하 E.O.G)를 소형으로 제작하였다(박양선, 김형식, 이정한, 임영태, 2008). 또한 김인숙 등(1993)과 박양선(2006)에서는 좌-우측의 안구 움직임을 측정하였으나 본 연구자는 상-하, 좌-우의 안구 움직임의 결과를 알아볼 수 있도록 제작하였다. E.O.G 구성은 무선 송신기, 수신기, 6개의 채널과 전극패드, 컴퓨터 연결 USB 변환 Cable Comport, 1.5V 건전지 2개로 구성되어 있으며 전극패드는 Canada에서 제조한 Kendall

Medi-Trace 200 series를 사용하였다.

### 2) 실험방법

동작분석을 위한 실험 장비 설치는 <그림 1>과 같다. 좌측 턴 동작 시 측정되는 E.O.G 자료와 운동학적 자료를 동조하기 LED를 설치하였다.

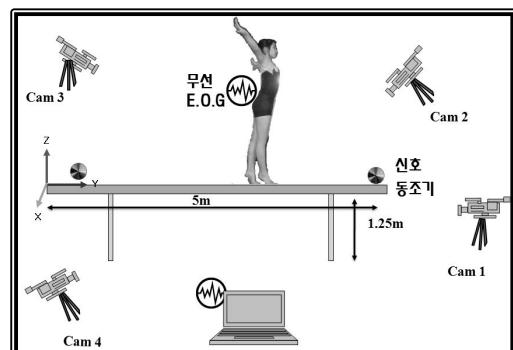


그림 1. 실험 장비 배치도

실험에 임하기 전 피험자의 22개 신체 관절점에 마커(marker)를 부착하였으며 모든 실험세팅이 끝난 후 전 피험자들에게 충분한 준비운동을 한 다음 카메라 네 대에서 녹화를 1분전에 시작하도록 설정하였다. 통제점 틀을 평균대 위에 설치하도록 하여 5분간 촬영 후 제거한 후 360° 턴 돌기 동작을 다섯 번씩 실시하도록 하여 그중 채점규정 F.I.G(F.I.G., 2009)에 근거하여 잡점이 0.1 이하는 성공 동작으로 하였고 0.5 이상의 잡점 동작을 실패 동작으로 선정하여 분석하였다.

E.O.G 장착은 피험자의 허리부위에 허리 벨트를 사용하여 부착시키고 평균대 턴 동작시 event에 따른 안구의 움직임을 알아보기 위해 신호 동조기의 LED 전구가 켜지는 동시에 발생하는 전기적 신호가 LabVIEW 프로그램으로 전달되도록 설치하여 표준 안전기록법에 의한 수평과 수직 안구 움직임 기록을 하였다(Barber & Stockwell, 1980). E.O.G는 피험자 양측 안구의 외안각주름(epicanthus lateralis) 부위를 알코올로 깨끗이 닦은 다음에 Monitoring Electrode(3M Co) Ag/AgCl 판전극(discelectrode)을 부착하였으며, <그림 2>와 같이 좌-우 탐색전극은 우측 외안각주름 부위에 부착하고 무관전극(indifferent electrode)은 좌측 외안각주

름 부위에 부착하였으며 접지전극(Grounding electrode)은 이마 중심부인 비근근(procerus)에 부착하였다. 상-하 탐색전극은 왼쪽 눈썹 위의 전두근(frontalis)과 오른쪽 눈 아래의 안윤근(orbicularis)에 부착하였으며 접지전극은 비근근 바로 아래인 비근(nasalis)에 부착하여 이들을 E.O.G에 연결하였다(박병림, 김민선, 정지영, 이정현, 정성오, 김성곤, 1994; 박양선 2006).



그림 2. E.O.G. 송신기 장착

### 3) 분석 event와 phases 구분

본 연구는 각 실험 기기마다 발생된 동조 신호를 근거로 평균대 위에서의 동작을 운동학적으로 분석하기 위해 <그림 3>과 같이 텐 동작을 8개의 단계(event)와 7개의 국면(phase)을 세분화 하였다.

- ① event 1 : 시작 자세(Start Motion : STM).
- ② event 2 : 뒷다리의 발 끝이 떨어지는 순간(Foot Take Off : TTO).
- ③ event 3 : 몸통의 회전이 90° 이루어진 지점(Spin 90° : S90).
- ④ event 4 : 몸통의 회전이 180° 이루어진 지점(Spin 180° : S180).
- ⑤ event 5 : 몸통의 회전이 270° 이루어진 지점(Spin 270° : S270).
- ⑥ event 6 : 몸통의 회전이 360° 이루어진 지점(Spin 360° : S360).
- ⑦ event 7 : 뒷세한 다리의 볼 부분이 평균대에 닿는 순간(Foot Down : FD).
- ⑧ event 8 : 착지자세(Landing : LD).

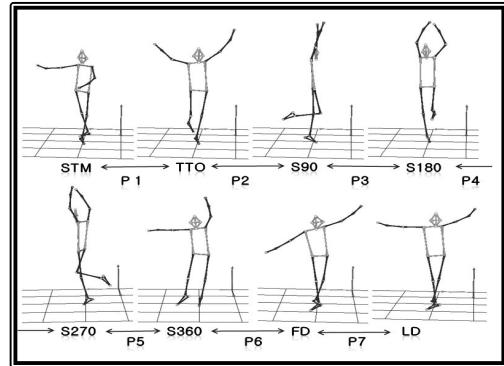


그림 3. 분석 event와 phase

### 3. 자료처리

신체관절 중심점의 좌표화는 Plagenhoef(1983)의 신체분절지수(body segment parameter)자료를 사용하여 디지타이징(digitizing) 하였으며 동작분석 자료처리는 Motion analysis package Kwon 3D XP를 사용하였다. 통제점 및 마커가 부착된 인체의 각 관절점의 3차원 좌표 값을 얻기 위해 직접 선형 변환 방법(Direct Linear Transformation: Abdel-Aziz, & Karar, 1971)을 사용하였고 디지타이징 단계에서 생기는 원 자료(raw data)의 잡음(noise)을 제거하기 위하여 Butterworth의 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 사용하여 스무딩(Smoothing) 하였으며, 이때 차단주파수(cut-off frequency)는 6Hz로 설정하였다.

E.O.G 신호는 무선 송신기로 전파를 보내고 컴퓨터에 연결된 수신기로 신호를 받아 Lab VLEW 7.1(National Instrument, USA)를 사용하여 실시간 파형의 크기를 관찰하였으며 후처리를 위해 데이터를 저장 처리할 수 있는 소프트웨어 부분으로 구성하였다. 이 전압 값들은 Microsoft Office Excel 형식으로 저장되었으며 초당 샘플링은 500Hz로 설정하였고, E.O.G 원자료의 노이즈(noize)를 제거하기 위해 전자 필터(matlab Elliptic filter, 8차, 50 Hz band pass)를 이용하여 저역통과필터(low-pass filter)를 하였다. 개개인의 상호비교를 위해 표준화 과정(normalization)을 실시하였으며 이 과정은 최대 E.O.G ( $EOG_{max}$ ) 값에서 최소 E.O.G ( $EOG_{min}$ ) 값을 뺀 값인 Range(%)를

분모로 하였고 실험 시 측정된 E.O.G 값을 분자로 하여 실시하였다. 즉  $EOG_m\text{max}$ 는 안구가 우측과 위쪽으로 최대 움직였을 때의 값을 의미하며  $EOG_m\text{min}$ 은 안구가 좌측과 아래쪽으로 최대 움직였을 때의 값을 의미한다(박양선 2006).

그에 따른  $NorEOG(\%Range)$ 값은 좌우측 안구 움직임에서 우측으로 움직인 값을 +로 제시하였으며, 안구가 좌측으로 움직였을 때 -값으로 나타내었다. 또한 안구의 상-하 움직임에서는 안구가 위로 움직일 때가 +값으로 나타났으며 안구가 아래쪽으로 움직일 때는 -값으로 나타내었다. 일반적인 공식은 <식 1>과 <식 2>와 같다.

$$Range = EOG_m\text{max} - EOG_m\text{min} \quad (\text{식 } 1)$$

$$NorEOG(\%Range) = \frac{EOG_m}{Range} \times 100 \quad (\text{식 } 2)$$

### III. 결과 및 논의

#### 1. C.O.G 분석

인체 운동 시 적절한 균형을 유지하기 위해서는 인체의 혼들림을 최소로 하여 신체의 중심선(C.O.G)을 지지기저면내에 유지하여야 한다. C.O.G는 중력활동에 고려되는 신체의 지점이며 지지 면에 수직으로 투사된다(Galley & Forster, 1985; Nichols, Glenn & Mutchinson, 1995). 그러므로 평균대 턴 동작에서 신체 중심 변화는 신체 균형에 지대한 영향을 미친다.

<표 2>는 좌측 턴 동작의 성공과 실패 시 신체중심 변위 결과이며, 성공과 실패동작 간 좌우방향(X축)에서 차이가 나타난 단계는 몸통이  $90^\circ$  회전이 되는 시점 즉 S90에서 성공 시  $-0.17 \pm 0.01$  cm이었으며 실패 시  $0.24 \pm 0.02$  cm로 나타나 성공시보다 실패 동작에서 왼쪽으로 더 많은 중심이동이 나타났다. 그리고 S360° 시점에서도 성공 시는  $0 \pm 0.01$  cm이었고 실패 시는  $-0.25 \pm 0.03$  cm로 차이가 있었으며, 또 LD에서는 성공 시

$-0.18 \pm 0.01$  cm인 반면 실패 시는  $0.41 \pm 0.08$  cm로 나타나 성공과 실패 시 차이가 나타났다. 그러나 FD에서는 성공 시  $-0.07 \pm 0.01$  cm로 나타났으나 실패 시  $0.35 \pm 0.05$  cm로 중심변위가 오른쪽으로 이동하는 특이한 결과를 나타내었다.

표 2. 성공과 실패시 X, Y축 신체중심 (단위 cm)

Success								
Eve	TTO	S90	S180	S270	S360	FD	LD	
X	M	-0.10	-0.17	-0.05	0.01	0.01	-0.07	-0.18
X	SD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Y	M	1.40	1.92	2.19	2.54	2.92	3.39	3.34
Y	SD	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08	0.12	0.14
Fail								
X	M	-0.15	-0.24	-0.15	0.08	-0.25	0.35	-0.41
X	SD	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.08
Y	M	1.39	1.89	2.16	2.55	3.05	3.46	3.08
Y	SD	0.09	0.07	0.09	0.10	0.13	0.15	0.25

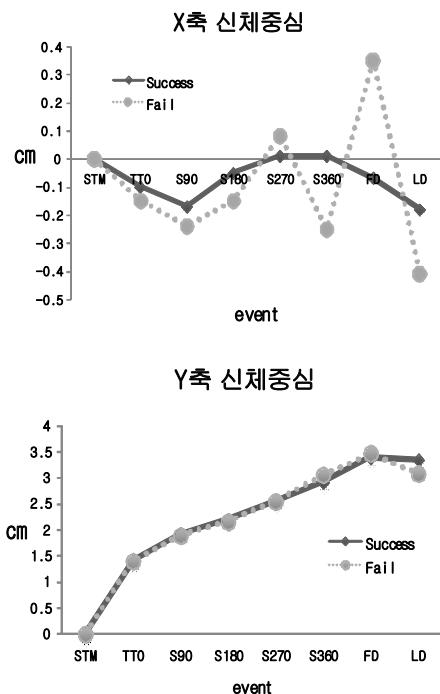


그림 4. X, Y축 신체중심 이동 변화

따라서 좌측 턴 동작의 성공 시 좌우 이동변위가 크지 않은 반면 실패 시 동작은 좌우 이동변위의 크기

와 좌우 혼들림의 빈도가 많이 나타나는 당연한 결과를 보였으며 특히 왼쪽 방향으로의 중심이동이 더 크게 변위되는 특성을 보였다.

좌측 턴 동작의 성공과 실패 시 동작의 성패 간 전후방향(Y축)의 신체중심 이동변위에서는 전체적으로 매우 비슷한 결과를 나타냈으나, LD에서 성공과 실패 시 각각  $3.34 \pm 0.14$  cm와  $3.08 \pm 0.25$  cm로 나타났다.

일반적으로 전방(운동방향)으로 중심 이동은 성패 간 큰 차이가 없이 유사하게 나타남을 볼 수 있는데 마지막 LD단계에서 나타난 성패 간 차이는 실패한 동작 시 팟세 한 다리를 평균대 위에 정확하게 내리지 못하면서 신체중심 이동변위가 운동방향으로 진행되지 못한 것으로 사료된다.

<그림 4>는 X, Y축의 신체중심 이동변위를 그래프로 나타낸 것으로 성공과 실패 시 X축(좌우방향) 이동변화를 살펴보면 신체중심이 전체적으로 왼쪽 방향으로 이동되어져 있는 폐턴을 보이고 있으며 Y축(운동방향)으로 증가하는 변화를 보여주고 있다. 특히 X축에서 몸통의 회전이 이루어진 S90 단계와 착지 구간인 FD 단계와 LD 단계에서 좌우방향 이동변위가 크게 나타나고 있었는데 그것은 발레 뿐만 아니라 앙 디올 동작이 시작되는 단계에서 좌측 후방으로 기울어진다(김용이, 최성이, 2001)는 사전 연구 보고와 일치된 결과를 보이고 있다. 본 연구에서 신체중심은 STM 단계에서부터 턴이 이루어지는 왼쪽 방향으로 이동되는 것으로 나타났다. 특히 실패 시 더 큰 왼쪽 이동변위를 나타내는 것으로 보아 신체중심의 좌우 이동변위가 클수록 동작의 균형유지에 지장이 초래되어 동작의 성패에 나쁜 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 평균대 특성상 10cm 폭 위에서 균형을 유지하기 위해 좌우축 신체중심의 변화가 0cm에 근접할수록 자세 조절을 원활히 할 수 있다는 것이며 그 중 안구 움직임의 위치 변화 또한 자세 조절에 영향을 미친다고 판단되어 그에 따른 연관성을 살펴보고자 한다.

## 2. E.O.G 분석

Davin et al. (2001)은 뒤공중돌기 동작의 시작적 시스템을 연구한 결과에서 시선의 위치가 체조 선수들의

착지 동작과 신체 운동학적 자세에 영향을 미친다고 하였다. 사전 연구의 결과를 토대로 평균대 위에서 회전동작인  $360^\circ$  좌측 턴을 성공과 실패 동작으로 구분하여 분석하였다. + 값으로 나타난 것은 우~상 방향으로 안구가 이동하는 것이며, - 값으로 나타난 것은 좌~하 방향으로 안구가 이동하는 것으로 제시하였다.

표 3. 성공과 실패시 E.O.G (단위 %)

	Eve	STM	TTO	Success					
				S90	S180	S270	S360	FD	LD
L	M	0.19	1.58	5.31	15.15	11.27	0.77	-28.48	10.62
R	SD	0.14	1.51	3.39	21.91	29.79	36.16	29.32	51.12
U	M	1.01	-2.15	-3.72	1.23	8.38	-0.45	9.92	-5.52
D	SD	2.35	2.81	20.30	18.68	15.48	54.94	49.69	32.35
Fail									
L	M	2.86	8.52	26.44	25.95	1.72	5.19	-14.40	3.97
R	SD	4.50	9.67	23.89	24.17	19.65	51.39	28.89	27.44
U	M	-2.09	-9.64	-8.13	-11.43	-14.39	-19.73	-7.06	-26.98
D	SD	1.00	4.72	9.99	17.60	21.56	28.23	19.78	29.65

Left-Right:L-R, Up-Down:U-D

<표 3>은 좌측 턴 동작의 성공과 실패 시 안구 움직임결과로써 우선 좌~우 안구 움직임을 비교해 보면 몸통이  $90^\circ$ 로 회전하는 시점(S90)에서 성공 시  $5.31 \pm 3.39\%$ , 실패 시  $26.44 \pm 23.89\%$ 로 턴 방향과 반대인 우측으로 이동함을 볼 수 있었다. 몸통이  $180^\circ$ 로 회전하는 시점(S180)에서도 실패 시는  $25.95 \pm 24.17\%$  이동하여 성공 시  $15.15 \pm 21.91\%$  보다 우측으로 더 많은 범위를 나타내었다. 그 반면 착지를 준비하는 시점(FD)에서 성공 시는  $-28.48 \pm 29.32\%$  이동한 반면 실패 시는  $-14.40 \pm 28.89\%$ 로 나타났다. 이 같은 결과는 왼쪽 방향으로 턴을 하면서도 안구 움직임은 몸통이  $360^\circ$  턴이 끝날 때까지 오른쪽으로 이동하고 착지 순간(FD)에서는 순간적으로 왼쪽으로 이동하며, 착지를 완성한 동작(LD)에서는 다시 오른쪽으로 이동하고 있어 턴 방향과 반대적으로 안구가 이동하고 있다는 것을 알 수 있었다.

상~하 안구 움직임은 실패 시 동작에서 대부분 -값으로 나타나 안구 움직임이 아래방향으로 이동하였으며 특히 몸통 회전이  $180^\circ$  돌아오는 시점(S180)에서 성공 시는  $1.23 \pm 18.68\%$ 인 반면 실패 시는 -

$11.43 \pm 17.60\%$ 로 나타나 큰 차이가 있었다. 또한 몸통 회전이  $270^\circ$  돌아오는 시점(S270)에서도 성공 시는  $8.38 \pm 15.48\%$ 인 반면 실패 시는  $-14.39 \pm 21.56\%$ 로 나타나 두 동작 간에 이동방향의 차이가 나타났다. 착지구간인 FD, LD단계에서도 실패 동작은 성공시 보다 상하 안구 움직임 이동에서 큰 차이가 나타났다.

대부분 선행연구에서는 좌-우 안구 움직임에 대해서만 분석하여 본 연구의 상-하 안구 움직임 결과를 상호 비교할 수 없으나, 본 연구에서의 결과를 토대로 본다면 평균대 높이가 동적자세 조절에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 평균대 높이는 1m 25cm지만 피험자의 신장을 포함한 실제 시선의 위치는 약 2m 80cm 정도로 추정되기 때문에 자연적으로 시선은 아래를 보게 된다. 시선이 아래를 보게 되면 신체중심 위치에 영향을 주기 때문에 훈련 시 체조선수들은 되도록 정면을 바라보면서 동작을 수행하지만 동작의 시작단계에서 조금이라도 자세 조절이 흐트러지게 되면 반사작용으로 몸이 움츠러들면서 아래를 보게 된다. 이와 같은 이유로 실패 동작의 안구 움직임이 아래방향으로 크게 나타난 것으로 보여지고 있다. 눈의 시각정위는 자세 조절에서 가장 중요한 부위이며 머리와 목의 좋은 정위는 눈이 가장 효과적으로 기능 활동을 할 수 있어서 목을 위치하기 위해 필수적이다(이한숙, 최홍식, 권오윤, 1996). 따라서 평균대 동적 자세 조절을 성공적으로 수행하기 위해서는 안구 위치의 조절과 이해가 매우 중요하다는 것을 시사하고 있다.

<그림 5>는 안구 움직임 분석 결과를 1/4 분면부터 4/4 분면으로 나누어 좌-우, 상-하 데이터를 한눈에 볼 수 있도록 그래프로 제시된 것이다. 전체적인 안구 움직임 패턴을 살펴보면 등근 원형 형태의 그래프를 나타내고 있으며 원점을 중심으로 패턴이 이루어져 있다. 성공 시 안구 움직임은 대체로 원점을 중심으로 등근 패턴이지만 실패 시는 한쪽 분면으로 치우쳐 있음을 볼 수 있어 서로 상이한 그래프 패턴을 나타내고 있다. 성공 시 안구 움직임에서 턴 시작은 원점에서 시작하여 착지 동작은 우하 분면으로 이동하였으며 우측으로 최대 범위는 몸통이  $180^\circ$ 로 회전되

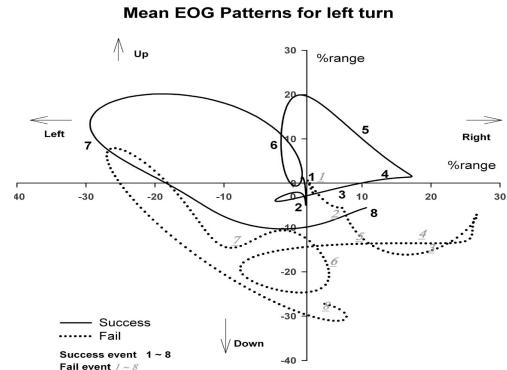


그림 5. 성공과 실패 시 좌우, 상-하 E.O.G 패턴

어  $270^\circ$ 로 돌아오는 시점인 S180과 S270(event 4, 5) 사이에서 나타났다. 좌측으로 최대 범위는 몸통이  $360^\circ$  회전되어 착지 준비를 하는 시점인 FD(event 7)로 약 30%로 이동됨을 볼 수 있다. 그 반면 실패 시 안구 움직임은 타원형의 형태이면서 성공 시와 같이 S180과 S270(event 4, 5) 사이에서 우측으로 최대 범위가 나타났지만 성공 시 보다 더 많은 안구움직임이 나타났다. 좌측 안구 움직임의 최대 범위는 성공 시와 달리 착지 자세 시점인 S360(event 7)에서 가장 크게 나타났으며 최대 범위는 28%로 성공 시와 실패 시가 서로 비슷한 결과를 보여주고 있다. 하지만 몸통 회전이  $360^\circ$ 로 돌아와서 착지를 준비하는 시점(event 7, 8)에서 안구 움직임을 반대 방향인 우측으로 급격히 이동하는 시점이 성공과 실패 시 서로 차이가 있었다. 이는 착지를 하기 위해 정면을 주시하는 현상 때문이라고 할 수 있는데 실패 시 동작은 안구 움직임이 뒤늦게 우측 방향으로 이동되기 때문에 착지에서 불안정한 움직임을 보이는 것으로 판단되었다.

이러한 결과는 박병립 등(1994)에서 기술한 회전 동작 시 안구가 몸통의 회전 방향과 반대 방향으로 이동하고 몸통이  $180^\circ$ 에 위치할 때 안구는 몸통의 회전방향과 동일한 방향으로 이동한다는 보고와 일치하고 있다. 그러나 박양선, 임영태(2008)에서 미숙련자는 몸통이  $270^\circ$  회전되는 시점에서 안구가 원쪽으로 이동하여 최대 정점에 도달했고 숙련자는 이미 몸통 회전이  $180^\circ$ 에서 시표 응시를 마치고 새로운 시표를 추적하려는 안구가 오른쪽으로 이동하고 있다는 보고를 하였는

데 본 연구 결과의 몸통과 안구 움직임이 회전 방향과 동일하게 바뀌는 시점은 비슷하지만 숙련자와 같이 180° 회전과 동시에 이동되지는 않았다.

이는 다양한 측면에서 논의될 수 있겠지만 턴의 유형과 지면 넓이 차이의 실험 환경에서 나타난 결과라고 사료된다. 일반적으로 대부분 무용수들은 회전이 시작될 때 머리는 가장 마지막으로 움직이고 회전이 끝날 때는 머리가 가장 먼저 제자리로 도착하는 스파팅을 회전동작의 중요한 요소로 사용하고 있다. 이 동작의 주목적은 여러 번의 회전을 하는 동안 무용수가 목표점을 잊지 않음으로서 어지러움을 방지하는데 있으며, 몸의 회전력을 증가시키는 작용도 한다. 이러한 측면에서 유추해 보건데 현재 국내 체조 선수들에게는 스파팅의 회전동작의 훈련을 사용하지 않음으로 나타난 결과라고 생각된다. 비록 시표 추적을 하는 스파팅 동작을 수행하지는 않았지만 동적 자세 조절을 하고자 반대 방향으로 향했던 안구 움직임이 차지를 위해 정면을 주시하기 위해 이동하는 것으로 생각되어지며 이 시기가 늦어질수록 실패율이 클 수 있다고 사료된다.

성공한 동작 시 상 방향의 최대 범위는 몸통이 270° 회전하여 360° 돌아오는 시점인 S270과 S360(event 5, 6) 사이에서 약 20%로 나타났으나 실패 시는 몸통이 360° 회전 된 후 착지 조절 구간인 FD 와 LD(event 7, 8)에서 상 방향으로 약 8%로 나타났다. 이는 360° 회전이 돌아오는 시점인 S360(event 6)에서 하 방향으로 안구 움직임이 착지구간에서 급격히 상 방향으로 이동한 것으로 보아 동적 자세 조절을 하지 못하고 균형을 잡는 동작에서 머리나 상체의 혼들림에 의해 나타나는 현상이라고 생각된다. 하 방향에서도 실패 시 동작에서 하 방향으로 최대 범위를 나타내고 있으며, 특히 착지구간에서 성공 시는 10%에 불과하지만 실패 시에는 30%의 범위 크기를 나타내고 있어서 두 동작간의 많은 안구 움직임의 차이가 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면 자세 조절에 영향을 미치는 신체중심 결과가 평균대 턴 동작에서 가장 중요하게 평가되는 착지 동작에 지대한 영향을 미치는 것으로 판단되며 그에 따른 안구 움직임도 서로 밀접한 연관성이 있는 것으로 나타났다. 아쉬운 점이 있다면 안구 움직임의 결과에서 보여준 미세한 부분의 차이점

은 동적 자세 조절에 영향을 미치는데 그에 따른 원인에 대한 해답을 설명하기에는 충분하지 않다고 할 수 있다. 이를 해결하기 위해 턴 동작에서 머리와 몸통의 회전 타이밍과 각속도, 회전 토크 등과 같은 운동역학적인 측면의 추가적인 후속연구가 필요하다고 할 수 있겠다.

## IV. 결론 및 제언

여자 대학생 평균대 좌측 턴 동작 시 동적자세 조절에 미치는 COG 와 EOG에 관한 결론은 다음과 같다.

- COG의 이동변위가 회전방향으로 이동되는 것은 동적자세 조절에 좋지 않은 영향을 미치고 있었으며, 이것은 피험자들의 평균대 위에서의 회전능력 부족이 원인이라고 사료된다.
- COG의 좌우방향 이동변위는 동적자세 조절에 매우 지대한 영향을 미치고 있으며 이동변위의 크기는 동작의 실패원인이 되었다.
- EOG의 아래방향으로 움직임이 동적자세 조절에 좋지 않은 영향을 미치고 있었다. 이러한 현상은 평균대 위에서 동작하는 피험자의 눈높이가 한 원인이 되었다.
- EOG 결과에 작용하는 매우 중요한 요인은 동작 수행 처음단계의 피험자 밸런스가 동적자세 조절에 매우 큰 영향을 미치고 있었다.
- 위의 결과를 토대로 동적 자세 조절과 안구 움직임의 서로 밀접한 연관성이 있다고 판단되며 신체 중심 결과로 안구 움직임에 나타난 미세한 부분의 차이점을 논의하기에는 부족하다고 생각되어 추가적인 후속연구가 필요하다고 할 수 있겠다. 또한 평균대에서 가장 기본이지만 꼭 필요한 동작인 턴 동작으로 제한되었지만 차후 다이나

미한 아크로바틱 요소에서도 연구가 진행되어야 할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- 김선진, 한동우(2002). 자세 유지의 발달적 조절 전략에 대한 연구. *한국체육학회지*, 41(5), 827-836.
- 김인숙, 김동희, 박병림(1993). Ballet Pirouette 동작 시 전정안구반사의 역할. *한국체육학회지*, 32(2), 201-209.
- 김용아], 최성아](2001). 뼈루엣 앙 디올의 3차원 해부학적 각운동. *한국운동역학회지*, 10(2), 99-113.
- 이동우(2005). 인간의 자세조절 메커니즘에 대한 연구. *한국운동역학회지*, 15(1), 45-61.
- 이대형, 이용인, 권오석(2002). 초·중·고등학교 교사 를 위한 체조지도서. 형설출판사.
- 이기룡, 김갑선, 이채산(2004). 골프 스윙 동작 시 신체 균형능력에 관한 연구. *한국스포츠리서치*, 15(4), 1529-1542.
- 이한숙, 최홍식, 권오윤(1996). 균형조절 요인에 관한 고찰. *한국전문물리치료학회지*, 3(3), 82-91.
- 염창홍, 박영훈, 서국웅(2006). 무용전공대학생과 일반 대학생의 신체정렬과 정직 균형제어에 관한 운동학적 비교 분석. *대한무용학회 논문집*, 48, 153-168.
- 박병림, 김민선, 정지영, 이정현, 정성오, 김성곤(1994). 정상 성인에서 회전자극을 이용한 전정기능의 양적 분석. *원광의 과학*, 10(1,2).
- 박양선(2006). 회전동작이 전정기관과 운동학적 변인에 미치는 영향. 미간행 박사학위논문. 한양대학교 대학원.
- 박양선, 임영태(2008). 회전훈련에 따른 전정기관의 평衡능력 및 스파팅 분석. *한국체육학회지*, 47(4), 435-444.
- 박양선, 김형식, 이정한, 임영태(2008). 전정 반사 분석 을 위한 안구 움직임 무선 측정 장치 개발. *한국운동역학회지*, 18(1), 39-43.
- 손태열(1997). 무용전공학생의 전정성 평형기능에 대한 연구. 미간행 박사학위 논문. 경희대학교 대학원.
- Abdel-Aziz, Y., & Karara, H. M.(1971). Direct linear transformation form comparator coordinates in object-space coordinates in close range photogrammetry. Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana: IL.
- Asseman, F., & Gahery, Y.(2005). Effect of head position and visual condition on balance control in inverted stance. *Neuroscience Letters*, 28, 375(2), 134-137.
- Barber, H. O., & Stockwell, C. W.(1980). *Manual of Electronystagmography*. CV Moby Co, St Louis.
- Danion, F., Boyadjian, A., & Marin, L.(2000). Control locomotion in expert gymnasts in the absence of vision. *Journal of Sports Sciences*, 18(10), 809-814.
- Davin, C. D., Sands, W. A., & Shultz, B. B.(2001). Peripheral vision and back tuck somersaults. *Perceptual and Motor Skills*, 93(2), 465-471.
- F.I.G(Federation of International Gymnastics).(2009). *The code of points: Artistic gymnastic for women*. Switzerland.
- Guillement, P., Ulmer, E., & Freyss, G.(1995). 3-D eye movement measurements on four Come's divers using video CCD cameras, during high pressure diving. *Acta Otolaryngologica*, pt.2, 288-292.
- Galley, P. M., & Forster, A. L.(1985). *Human movement*. Churchill Livingstone.
- Lee, D. D., & Aronson, E.(1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception and Psychophysics*, 15, 259-532.
- Nichols, D. S., Glenn, T. m., & Hutchinson, K. J.(1995). Changes in the mean center of balance during balance testing in young

- adults. *Physical Therapy*, 75, 699-706.
- Schmid, R., & Zamborini, D.(1991). *Strategies of eye-head coordination*. IN R. Oculomotor Control and Cognitive Process, Amsterdam: North-Holland. 197-212.

투 고 일 : 01월 31일

심 사 일 : 02월 16일

심사완료일 : 03월 24일