



무용전공자와 일반인의 Heel-rise 자세 조절 메커니즘에 관한 연구

The Study of the Control Mechanism of Heel-rise Posture in Dance Major Student and Non-dance Majors

정미라* (민족사관고등학교)

Jung, Mi-Ra* (Korean Minjok Leadership Academy)

ABSTRACT

M. R. JUNG, The Study of the Control Mechanism of Heel-rise Posture in Dance Major Student and Non-dance Majors. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 2, pp. 83-91, 2007. This experiment studied the change in a human's control of his or her static posture by analyzing the stabilogram diffusion and, by using the said study, evaluated the control ability of different groups with different experiences.

The postures had a rising requirement of heel-rise according to three conditions: heel-toe, ball, toe; the groups were divided into dance major student and non-dance majors.

The results of the critical points according to posture did not show a direct relation with the change in postures that had a rising requirement of heel-rise.

The diffusion coefficient(D) had greater stochastic activity for short-term regions that utilize open-loop controls without feedback than for long-term regions that used closed-loop controls with feedback to maintain balance.

The directional results of the body undergoing disturbance showed that A/P direction's diffusion coefficient (D) was larger than that of M/L direction. Both feet's planar diffusion coefficients were a linear combination of the diffusion coefficients calculated for the x and y axis.

In studying the different abilities to control posture between a dance major student and a non-dance majors, a comparison of open-loop control's diffusion coefficient(D) was effective, and dance major student had superior control ability to that of non-dance majors.

KEYWORDS : POSTURE CONTROL, STABILOGRAMS, HEEL-RISE

I. 서론

높은 곳에 있는 보이지 않는 물건을 꺼내기 위해 발 뒤꿈치를 들고 어렵게 물건을 찾는다거나, 발레댄서들이 균형 잡힌 상태에서 발가락으로 선다거나 테니스나 야구 선수가 다음 움직임을 예상하며 발끝으로 서는 등의 동작에 있어, 보통 발끝으로 서서 안정된 상태를 유지하기 위해서는 몸의 움직임을 조절하게 된다. 이처럼 신체의 균형을 유지하는 능력은 일상생활이나 운동 상황에서 신체의 안전과 원활한 동작 수행에 매우 중요한 역할을 한다.

이러한 인간의 움직임에 대한 자세조절 능력을 알아 보기 위해 많은 생체역학자들이 force platform을 이용하여 A/P(anterior/posterior)와 M/L(medial/lateral) 방향으로의 COP(center of pressure) 변위를 구하여 자세의 흔들림을 측정하고자 하였는데(Collin & De Luca, 1993; Collin & De Luca, 1995; Mitchell, Collins, De Luca, Burrows & Lipsitz, 1995; Winter, Prince, Frank, Powell & Zabjek, 1996; Ioannis, Amiridis, Vassilia Hatzitaki & Fotini Arabatzi, 2003; Lee Nolan & Casey Kerrigan 2004), 이와 같은 직립자세의 균형(standing balance)을 연구하는 전통적인 방법들은 움직이지 않고 서 있는 상태에서 COP변화의 전체면적 또는 평균속도를 측정하는 것이었다(Collins, De Luca, Burrows & Lipsitz, 1995).

Collins et al.(1993, 1995)은 안정되게 서 있는 상태에서는 다른 두 가지의 조절 메커니즘(control mechanisms)이 있음을 제안하였는데(Collins & De Luca, 1993; Collins, De Luca, Burrows & Lipsitz, 1995), 균형을 조절하는 피드백이 없는 개방회로(open-loop) 조절을 사용하는 단기적인 부분(short-term region)과 한 사람이 균형을 유지하기 위해 피드백에 의지하여 조절 할 수 있는 폐쇄회로(closed-loop) 조절을 사용하는 장기적인 부분(long-term region)이 있다고 주장하였다. 단기적 부분과 장기적 부분은 임계점(critical point) (또는 전이점(transition point))에 의해 구분 지어진다.

직립자세의 균형 능력을 비교하기 위해 젊고 건강한 사람이 똑바로 서 있으려고 해도 그의 신체중심(COG;

center of gravity)과 발 아래의 압력중심(COP; center of pressure)은 총체적인 협응체계(coordinate system)에 상응하여 움직임을 보이는데, 이 때 시간의 변화에 따른 COP값의 변화를 기록한 stabilogram을 이용하였다.

본 연구는 stabilogram 자료를 통하여 통계 기법을 이용한 수학적 기술이 적용되었다(Collins et al. 1993, 1995). 이 작업은 직립 자세를 확률론적인 과정으로 볼 수 있다는데 기인한 것인데, 직립자세의 안정성은 겉으로 보기에는 매우 무작위인 듯하지만, 평균적인 stabilogram의 분포도에서 일관적인 패턴이 뚜렷하게 나타남을 알 수 있었다. 통계적 역학의 일반적인 적용 원리는, 개개인 임의의 상황의 결과는 예측하기 힘들지만 확률론적인 전개과정과 메커니즘에서 발생하는 다양한 측면의 확률은 일정하게 나타낼 수 있다는 것이다.

통계적인 역학 현상의 고전적인 예는 일직선상의 한 개의 미립자가 무작위한 운동을 보이는 현상을 정립한 아인슈타인의 브라운 운동(Brownian Motion)을 들 수 있다(Einstein, 1905). COP계측들은 브라운 운동의 1차, 2차원 random walks에서 연구되었다(Collins et al. 1993, 1995). 1차원적 random walks는 COP와 같은 한 가지 변수의 무작위한 움직임을 뜻하는데 곧 평균 변위 Δx 의 제곱은 시간 간격 Δt 와 관련이 있다. 두 변수간의 관계는 다음 식(1) 같다.

$$\langle \Delta x^2 \rangle = 2D \Delta t \quad (1)$$

여기서 D 는 확산 계수(diffusion coefficient)로, 입자의 random walks의 확률적 운동의 평균치를 나타낸다. 위의 방정식은 고차원적인 상황, 즉 2차, 3차원적 시스템에도 적용될 수 있으며 $\langle \Delta x^2 \rangle$ 과 Δt 는 어떤 평면에서나 일차식의 관계에 있다.

본 연구에서는 정적인 자세변화에 따라 인간의 조절 메커니즘(control mechanisms)이 어떻게 변화하는지를 알아보고 그것을 바탕으로 무용 전공자와 일반인의 밸런스 능력을 비교하여 그 차이를 정량적으로 분석하여 추후 밸런스 능력이 상대적으로 떨어지는 노약자나 균형 문제를 가지고 있는 장애인에게 적용하는데 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 신경이나 근골격성 병력이 없고 양측 하지에 특별한 상해경험이나 통증이 없는 B대학교 현대 무용 전공 여학생 6명과 일반 여학생 6명을 대상으로 하였으며 이들의 신체적 특징은 무용 전공자의 신장이 $159.7 \pm 4.6\text{cm}$, 체중이 $52.3 \pm 1.57\text{kg}$, 연령이 $19.6 \pm 0.52\text{세}$, 무용경력이 $5.55 \pm 1.67\text{년}$ 이었고, 일반인의 신장은 $157.3 \pm 1.97\text{cm}$, 체중은 연령은 $21 \pm 1.67\text{세}$ 다.

2. 실험 장비

본 연구에서는 각 피험자의 시간에 따른 COP 변위를 측정하기 위해 지면반력판(Bertec, 4060A)이 사용되었다. 피험자들이 지면반력판 위에 선 자세로 시작과 함께 특수 제작한 마우스(매뉴얼 마우스)를 이용하여 동기신호 발생기에 입력시키고 이 신호에 따라 출력되는 TTL(transistor transistor logic)신호와 LED를 통하여 지면반력 데이터와 영상분석 데이터를 동기화하였으며, 이벤트 마크를 위하여 수동으로 TTL 신호를 추가 발생시켜 분석 시 활용하였다. 힘 판은 센서와 앰프 예열을 위하여 1시간 이상 전원을 인가하였으며 샘플링 주파수 500Hz, 버텍 앰프게인은 20으로 설정하였다. 두 힘 판의 각 앰프를 A/D 변환기(VSAD-102-3C)에 연결하여 아날로그 지면반력 데이터를 디지털로 변환시켜 컴퓨터에 저장하였다.

또한 지면반력 데이터의 동조화를 위해 2대의 디지털 비디오카메라(sony DCR VX-2100)를 설치하여 피험자들의 각 자세를 촬영하였다. 이때 카메라를 수동초점, 셔터스피드 우선모드, 셔터속도는 1/500초로 하였다.

3. 실험절차

실험 장비가 모두 준비된 후, 피험자들이 침착하게 지면반력판 위에서 "시작" 구령에 따라 <그림 1>과 같이 발바닥 전체로 서기(heel-toe), 뒤꿈치를 들어 발바

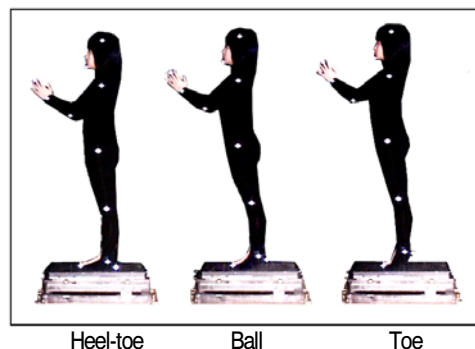


그림 1. 3가지 자세 조건

닥의 전반부로 서기(ball), 완전히 앞발가락으로 서기(toe) 등의 자세를 취하여 균형을 유지하는 동안 데이터가 수집되었다. 특히 일반인들은 익숙하지 않은 동작인 ball과 toe 자세로 서 있는 것이 가능할 때까지 연습을 허락하였다. 각 피험자들은 맨발로 실험에 참가하였다.

발은 어깨너비 만큼 벌려서 자세를 취하게 하였으며, 각 피험자들이 처음 자세를 취할 때 벌린 발사이의 거리는 다음 자세를 취할 때에도 똑같은 발과 발 사이의 거리에서 자세를 취하게 하기 위해 체크되었다. 또한 팔은 편안한 자세로 두 손을 모은 채 눈은 전방의 한 점에 고정시키도록 하였으며, 어느 자세를 먼저 취하는 것에 상관없이 연속해서 각각 15초 동안 세 가지 자세를 측정하였다. 모두 3회가 측정되었으며 이때 60초간의 휴식시간이 각 측정기간 사이에 허용되었다.

4. 분석 방법

앞에서 언급했듯이 COP 궤적은 일차원, 그리고 이차원의 random walks에서 연구되었다. 변위 분석법은 일정한 Δt 의 범위 내의 각 쌍의 분리된 점들 간의 변위의 제곱을 계산하여 이루어졌다. 제곱 변위는 각각의 Δt 에서 평균이 내어졌고 이는 COP time series를 구성하였다. 이 과정은 Δt 를 늘리면서 반복하였고, 식(2)에 의해 계산되었다(<그림 2> 참조).

$$\langle \Delta r^2 \rangle_{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^{N-m} (\Delta r_i)^2}{(N-m)} \quad (2)$$

(m=데이터간격)

중요한 점은 계산된 변위제곱의 횡수가 시간 간격과 역의 관계에 있다는 것이다. 이와 같이 계산한 $\langle \Delta r^2 \rangle$ 와 Δt 의 관계를 기록한 것을 stabilogram-diffusion plot이라고 한다(<그림 3> 참조).

Diffusion Coefficient(D)는 결과적 평균 제곱 COP 변위 대(對) 시간 간격, 즉 $\langle \Delta r^2 \rangle$ vs Δt , $\langle \Delta x^2 \rangle$ vs Δt 그리고 $\langle \Delta y^2 \rangle$ vs Δt 의 1차-1차 plot의 기울기에서 도출되었다. 다시 말하자면 x방향, y방향, xy방향 각각에서 시간 간격과의 관계를 각각의 그래프로 나타내고 식(1)의 식을 참고하여 상수 D 를 구한다.

기울기를 구하기 위해서는 우선 회귀분석(regression analysis)에 대한 이해가 필요하다. 회귀분석은 한 변수를 종속변수, 그리고 다른 변수를 독립변수로 설정하는 이들 간의 관계를 분석하는 것이다. 본 연구에서는 독립변수를 평균 제곱 COP 변위 하나로 제한하는 단순 회귀분석(simple regression)을 사용하였다. 단순회귀분석의 기본식은 식(3)과 같다.

$$\langle \Delta r^2 \rangle = \beta_0 + \beta_1 \Delta t \quad (3)$$

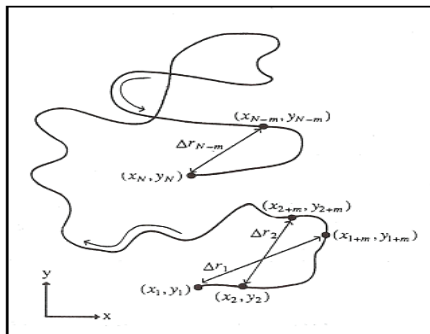


그림 2. 변위분석법을 통해 $\langle \Delta r^2 \rangle$ 을 구하는 과정

이 중 본 연구에서 구하고자 하는 것은 기울기 β_1 인데, 이는 정해진 부분에서의 x축과 y축의 차이 제곱의 합이 최소가 되는 직선을 그리는 최소제곱법(method of least squares)을 이용하여 단기적 부분과 장기적 부분에 직선을 그리고 두 직선이 만나는 지점을 임계점으로 정한 후 이 직선에 맞도록 선형회귀분석 기능을 이용하여 이루어졌다. 모든 변수는 한명의 일관된 관찰자에 의해 결정되었다.

5. 통계 처리

본 연구에서는 위와 같이 일련의 과정에서 얻어진 데이터를 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 자세(heel-toe, ball, toe)와 전공유무에 따른 그룹별 유의도를 알아보기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)과 t-test를 실시하였다. 이때 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

III. 결과 및 논의

1. 임계점(Critical point) 분석

각각의 Heel-rise시 자세 조절의 변화에 대한 각 자세별 무용전공자와 일반인 그룹의 개방회로와 폐쇄회로를 구분 짓는 임계점 분석 결과는 <표 1>, <그림 4>와 같다.

균형을 조절하는 피드백이 없는 개방회로 조절을 사

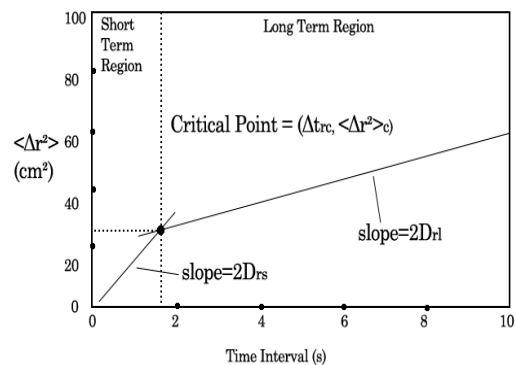


그림 3. stabilogram-diffusion plot

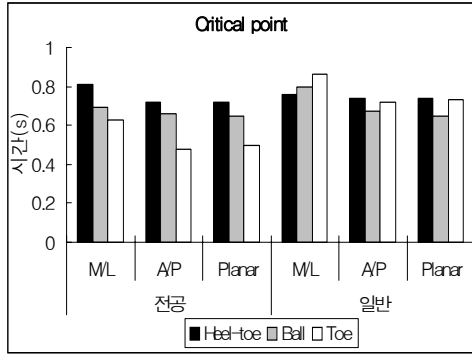


그림 4. Critical point의 분석결과

용하는 단기적인 부분과 피드백에 의지하여 조절 할 수 있는 폐쇄회로 조절을 사용하는 장기적인 부분의 조절 메커니즘이 있다. 단기적 부분에서 장기적 부분으로 급격히 기울기가 바뀌는 시점인 임계점에 의해 구분 지어진다.

단기적 부분(개방회로)과 장기적 부분(폐쇄회로)을 구분 짓는 시점인 임계점은 Heel-toe와 비교하여 자세 별 차이는 M/L방향에서 $F(2,53)=4.41, P<.05$, A/P방향에서 $F(2,53)=4.94, P<.05$, Planar에서 $F(2,53)=4.46, P<.05$ 로 Toe 전공자에게만 유의한 차이가 있는 것으로

나타났으며, 전공유무에 따른 그룹별 차이는 Toe 자세에서 M/L방향은 $t(34)=2.73, P<.01$, A/P방향은 $t(34)=3.61, P<.01$, Planar: $t(34)=3.47, P<.01$ 으로 일반인 그룹이 무용 전공자 그룹 보다 임계점이 더 늦은 것으로 나타났다.

자세에 따른 임계점의 결과는 Heel-rise 요구 조건이 커지는 자세의 변화에 따라 일관된 경향을 보이고 있지 않은 것으로 나타났다.

$0.33s\pm 0.15\sim 1.67s\pm 0.15$ 로 본 연구의 Heel-toe 자세의 임계점 보다 다양한 범위의 값을 나타내고 있어 다만 참고적인 값에 지나지 않음을 고려해야 할 것으로 사료된다.

2. Diffusion coefficient(D) 분석

1) open-loop

각각의 Heel-rise시 자세 조절의 변화에 대한 각 자세별 무용전공자와 일반인 그룹의 개방회로 조절의 Stabilogram diffusion에 대한 결과는 <표 2>, <그림 5>와 같다.

안정된 자세로 서 있기 위한 두 가지의 조절 메커니

표 1. 임계점(critical point) 분석결과

(단위: s)

방향 \ 자세	Heel-toe		Ball		Toe		
	전공유무	무용전공자	일반인	무용전공자	일반인	무용전공자	일반인
M/L		0.81(0.14)	0.76(<.18)	0.69(0.24)	0.80(0.25)	0.63(0.15)**	0.86(0.33)*
A/P		0.72(0.19)	0.74(0.35)	0.66(0.30)	0.67(0.15)	0.48(0.22)**	0.72(0.19)*
Planar		0.72(0.15)	0.74(0.33)	0.65(0.31)	0.65(0.16)	0.50(0.21)**	0.73(0.19)*

* 그룹간 유의차가 있음(같은 자세조건에서 그룹* > 그룹).

** 자세간 유의차가 있음(같은 그룹조건에서 자세** > Heel-Toe)

표 2. Stabilogram diffusion 분석 결과

(단위: $mm^2 s^{-1}$)

방향 \ 자세	Heel-toe		Ball		Toe		
	전공유무	무용전공자	일반인	무용전공자	일반인	무용전공자	일반인
M/L		0.59(0.82)	1.31(0.74)*	3.84(2.54)**	5.75(1.69)*,**	3.92(1.96)**	11.94(6.38)*,**
A/P		2.00(3.13)	1.99(1.18)	36.01(11.04)**	50.82(6.78)*,**	37.87(6.03)**	59.13(12.43)*,**
Planar		2.41(2.92)	3.07(1.16)	39.87(12.32)**	57.00(7.97)*,**	41.41(6.44)**	71.24(16.04)*,**

* 그룹간 유의차가 있음(같은 자세조건에서 그룹* > 그룹).

** 자세간 유의차가 있음(같은 그룹조건에서 자세** > Heel-Toe)

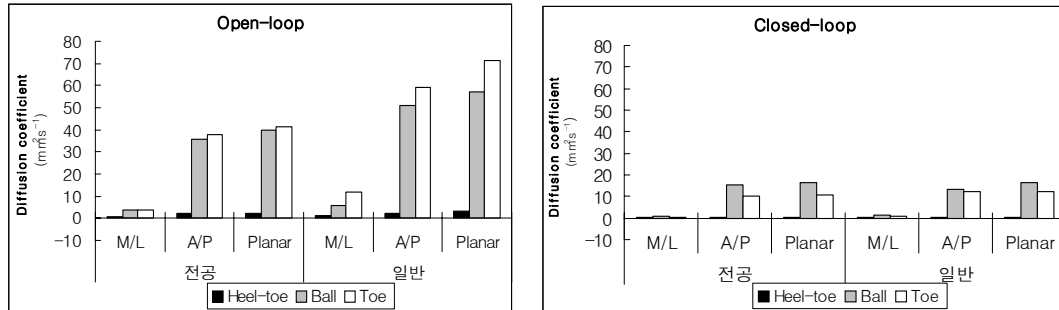


그림 5. Open-loop와 Closed-loop의 Diffusion coefficient(D)의 분석 결과

잡(control mechanisms) 중에 균형을 조절하는 피드백이 없는 개방회로 조절을 사용하는 단기적인 부분에서는 각 자세별 차이는 무용 전공자의 경우, M/L방향에서는 $F(2,53)=17.81$, $P<.001$, A/P방향에서는 $F(2,53)=132.12$, $P<.001$, Planar에서는 $F(2,53)=130.53$, $P<.001$ 로 Heel-toe와 비교하여 Ball과 Toe자세가 유의하게 큰 것으로 나타났다. 일반인의 경우, M/L방향에서는 $F(2,53)=34.89$, $P<.001$, A/P방향에서는 $F(2,53)=254.88$, $P<.001$, Planar에서 $F(2,53)=216.71$, $P<.001$ 로 Heel-toe와 비교하여 Ball과 Toe자세가 유의하게 큰 것으로 나타났다.

전공유무에 따른 그룹별 차이는 M/L방향에서는 Heel-toe, Ball, Toe 자세에서 모두 일반인이 무용 전공자보다 큰 것으로 나타났고($t(34)=2.65$, $P<.05$, $t(34)=4.85$, $P<.001$, $t(34)=5.10$, $P<.001$), A/P방향과 Planar에서는 Ball과 Toe 자세에서 일반인이 무용 전공자보다 큰 것으로 나타났고($t(34)=4.85$, $P<.001$, $t(34)=6.53$, $P<.001$), ($t(34)=4.95$, $P<.001$, $t(34)=7.32$, $P<.001$).

Heel-rise 요구조건이 커짐에 따라 전공여부와 상관없이 Heel-toe와 비교하여 Ball, Toe자세에서 A/P, M/L, Planar 모두 D값이 증가하였다. 이것은 Nolan과 Kerrigan(2004)의 일반인 자세조절 연구에서 보고된 결과와 일치한다. 이러한 결과는 Winter 등(1998)의 주장과 같이 균형 조절을 위해 피드백이 없는 개방회로 조절을 사용하는 단기적인 부분에서는 Heel-toe보다 Toe 자세의 균형을 잡는 동안 확률적인 활동이 더 큰 것으로 보고되었다. 여기서 사용되는 조절 전략은 하부

관절을 통한 근육의 활동 증가에 의해 야기되는 경직(stiffness)상태의 증가를 초래하는 것으로 사료된다. 이런 경직은 피드백이 없는 단기적 부분에서 균형 잡는 것을 가능하게 해주는 메커니즘이며 Ball이나 Toe 자세에서 개방회로 조절 동안 피드백이 없이 균형을 잡을 때 증가되는 것이다. 이러한은 일시적인 움직임의 변화에 대해 저항과 자세 수정에 적합한 시스템을 구축하는 것으로 나타났다.

또한 무용전공 그룹이 일반인 그룹보다 D값이 더 작은 것은 균형 조절을 위해 피드백이 없는 개방회로 조절에서의 안정함이 무용 전공자 그룹이 더 우수하다는 것으로 무용활동이 공간에서 정확하게 태도와 자세를 정하는 능력을 위해 수년간의 훈련, 유연성, 힘과 함께 특별한 균형 능력을 제공하기 때문인 것으로 사료된다(Deanna Crotts, Betsy Thompson, Michele Nahom, Shelly Ryan & Robert Newton, 1996).

2) closed-loop

각각의 Heel-rise시 자세 조절의 변화에 대한 각 자세별 무용전공자와 일반인 그룹의 폐쇄회로 조절의 Stabilogram diffusion에 대한 결과는 <표 3>, <그림 5>와 같다.

안정된 자세로서 있기 위한 두 가지의 조절 메커니즘(control mechanisms) 중에 한 사람이 균형을 유지하기 위해 피드백에 의지하여 조절할 수 있는 폐쇄회로 조절을 사용하는 장기적인 부분에서는 각 자세별 차이는 무용 전공자의 경우, M/L방향에서는 $F(2,53)=14.81$, $P<.001$ 로 Ball자세에서, A/P방향과 Planar에서는 $F(2,5$

표 3. Stabilogram diffusion 분석결과

(단위: mm² s⁻¹)

방 향	자세	Heel-toe		Ball		Toe		
		전공유무	무용전공자	일반인	무용전공자	일반인	무용전공자	일반인
	M/L		0.14(0.16)	0.15(0.46)	1.04(0.77)**	1.29(2.33)	0.40(0.42)	0.72((0.49)*
	A/P		0.29(0.25)	0.17(0.18)	15.37(7.16)**	13.14(5.66)**	10.14(5.36)**	12.12(6.70)**
	Planar		0.49(0.29)	0.32(0.54)	16.62(7.78)**	16.28(10.79)**	10.56(5.49)**	12.00(6.63)**

* 그룹간 유의차가 있음(같은 자세조건에서 그룹* > 그룹).

** 자세간 유의차가 있음(같은 그룹조건에서 자세** > Heel-Toe)

3)=39.48, $P<.001$, $F(2,53)=39.47$, $P<.001$ 로 Heel-toe와 비교하여 Ball과 Toe 자세에서 유의하게 큰 것으로 나타났다. 일반인의 경우, M/L방향에서는 자세 간에 유의한 차이가 나타나지 않았으며, A/P방향과 Planar에서는 $F(2,53)=36.52$, $P<.001$, $F(2,53)=22.94$, $P<.001$ 로 Ball과 Toe 자세가 유의하게 큰 것으로 나타났다.

전공유무에 따른 그룹별 차이는 M/L방향의 Toe 자세에서 일반인이 무용 전공자 보다 큰 것으로 나타났으나($t(34)=2.11$, $P<.05$), A/P방향과 Planar에서는 그룹 간에 차이가 나타나지 않았다.

Heel-rise 요구조건이 커짐에 따라 A/P, Planar 방향에서는 개방회로 조절 결과와 같은 자세별 차이를 보였으나 M/L방향에서의 자세에 따른 차이와 A/P, M/L, Planar 대부분의 그룹 간에 차이가 없는 특징이 나타났다. 이것은 균형 조절을 위해 피드백이 없는 개방회로 조절을 사용하는 단기적인 부분에서와는 달리 피드백에 의지하여 조절할 수 있는 폐쇄회로 조절을 사용하는 장기적인 부분에서는 A/P, M/L, Planar 모두 거의 자세별 차이가 나타나지 않는다고 보고한 Nolan와 Kerrigan(2004)의 결과와는 조금 다른 것이다. 본 연구에서는 M/L 방향에서만 차이가 없을 뿐 A/P, Planar에서는 차이가 있는 것으로 나타났다. 이것은 장기적인 부분에서 M/L방향의 증가된 확률적 활동은 밸런스 문제(Maki, Holliday & Topper, 1994)와 연관이 있으며 넘어짐(Mitchell et al, 1995)과도 관련이 있다. M/L방향에서의 불안정함은 기능적 장애를 암시한다(Mitchell et al, 1995). 그러므로 무용 전공유무에 상관없이 건강한 젊은 여자를 대상으로 실시된 본 연구의 실험 결과에서는 M/L방향의 자세 동요나 기능적인 차이가 나타나지 않은 것이다.

이런 결과에서 나타나듯이 기능적인 장애가 없는 건강한 젊은 대상자에게서는 피드백이 없는 개방회로 조절을 사용하는 단기적인 부분에서의 큰 신체적 동요가 A/P, M/L, Planar에서 모두 높은 증가를 보이는 것에 비해 피드백에 의지하여 조절할 수 있는 장기적 부분에서는 균형을 유지하기 위해 A/P방향으로의 충분한 움직임을 나타낸다. M/L방향의 운동성 증가는 A/P방향에서 상대적으로 불안정한 움직임을 보완해 밸런스를 유지하기 위한 보상적인 전략 때문이다(Schieppati, Hugon, Grasso, Nardone & Galante 1994).

피드백에 의지하여 조절할 수 있는 폐쇄회로 조절에서는 전공유무에 따른 그룹간의 차이가 거의 나타나지 않아 자세 조절 능력의 차이를 알아보기 위해 폐쇄회로 조절에서의 Diffusion Coefficient(D)의 비교는 효과적이지 못한 것으로 사료된다.

IV. 결론

Stabilogram diffusion 분석은 단순한 직립자세(quiet standing) 일 때, 다른 전통적인 자세의 도식적 접근방법보다 더 효율적으로 직립을 유지하는데 기본이 되는 운동신경 메커니즘의 기능적인 상호작용에 직접적인 관련이 있는 COP 변수를 얻을 수 있고, 효과적인 Diffusion coefficient는 M/L, A/P, Planar의 각 방향에 대한 자세 조절 시스템의 효과적인 확률 운동 수준을 반영한다. 본 연구는 Stabilogram diffusion 분석을 이용하여 정적인 자세 변화에 따른 인간의 조절 메커니즘이 어떻게 변화하는지를 알아보고 그것을 바탕으로

숙련도가 다른 그룹의 밸런스 능력을 비교 분석하였다. 자세는 Heel-rise 요구조건이 점점 커지는 Heel-toe, Ball, Toe로 3가지 조건과 숙련도는 무용전공자와 일반인 두 그룹으로 하였다. Heel-toe를 기준으로 자세와 그룹간 통계 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

자세에 따른 임계점의 결과는 Heel-rise 요구 조건이 커지는 자세의 변화에 따라 일관된 경향을 보이고 있지 않은 것으로 나타났다.

Diffusion Coefficient(D)는 장기적인 부분보다 단기적인 부분이 매우 큰 것으로 나타났다. 균형 조절을 위해 피드백이 없는 개방회로 조절을 사용하는 단기적인 부분에서 자세의 균형을 잡는 동안 확률적인 활동 수준이 큰 것이다. 여기서 사용되는 조절 전략은 하부 관절을 통한 근육의 활동 증가에 의해 야기되는 경직(stiffness)상태의 증가를 초래하는 것으로 이런 경직은 피드백이 없는 단기적 부분에서 균형 잡는 것을 가능케 해주는 메커니즘이다. 따라서 이런 일시적인 증가는 더 많은 움직임 변화에 대한 저항과 자세의 교정력을 허용하게 하여 적합한 시스템을 구축하는 것이다.

신체의 동요가 발생하는 방향적인 측면에서의 결과는 M/L 방향 보다 A/P 방향의 Diffusion Coefficient(D)가 더 큰 것으로 나타났다. 양발의 지지면인 Planar는 직선에서의 x,y방향의 조합이다.

전공자와 일반인 간의 자세 조절 능력의 차이를 알아보기 위해서는 개방회로 조절에서의 Diffusion Coefficient(D)의 비교가 효과적이며 무용전공 그룹이 일반인 그룹 보다 자세조절 능력이 더 우수한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Amiridis, I. G., Hatzitaki, V., Arabatzi, F.(2003) Age-induced modifications of static postural control in humans. *Neuroscience Letters*, 350, 137-140.
- Collins, J. J., De Luca, C. J.(1993). Open-loop and closed-loop control of posture:A random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Exp. Brain Res.*, 95, 308-318.
- Collins, J. J., De Luca, C. J.(1995). The effects of visual input on open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Exp. Brain Res.*, 103, 151-163.
- Collins, J., De Luca, C., Burrows, A., Lipsitz, L.(1995). Age-related changes in open-loop and closed-loop postural control mechanism. *Exp. Brain Res.*, 104, 480-492.
- Deanna Crotts, Betsy Thompson, Michele Nahom, Shelly Ryan, Robert Newton(1996). Balance Abilities of Professional Dancers on Selected alance Tests. *Josp*(23),Number 1,January, 12-17.
- Einstein, A.(1905). Uber die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. *Ann Phys*, 322, 549-560.
- Golomer, E., Crémieux, J., Dupui, P., Isableu, B., Ohlmann, T.(1999). Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. *Neuroscience Letters*, 267, 189-192.
- Ioannis, G., Amiridis, Vassilia Hatzitaki, Fotini Arabatzi(2003). Age-induced modifications of static postural control in humans, *Neuroscience Letters*, 350, 137-140.
- Maki, B. E., Holliday, P. J., Fernie, G. R.(1987). A postural reajustment induced by linear motion of visual scenes. *Exp. Brain Res.*, 28, 363-384.
- Mitchell, S. L., Collins, J. J., De Luca, C. J., Burrows, A., Lipsitz, I. A.(1995). Open-loop and closed-loop postural control mechanisms in Parkinson's disease : increased mediolateral activity during quiet standing. *Neuroscience Letters*, 197, 133-136.
- Nolan, L., Kerrigan, D. C.(2004). Postural control : toe-standing versus heel-toe standing. *Gait*

and Posture, 19, 11-15.

Onell, A.(2000). The vertical ground reaction force for analysis of balance. *Gait and Posture* 12, 7-13.

Tuckwell, H. C.(1989). Stochastic processes in the neurosciences. SIAM, Philadelphia.

Winter, D. A., Prince, F., Frank, J.S., Powell, C., Zabjek, K. F.(1996). Unified Theory Regarding A/P and M/L balance in Quiet Stance. *Journal of Neurophysiology*, 75(6), 2334-2343.

투 고 일 : 4월 30일

심 사 일 : 5월 14일

심사완료일 : 5월 31일