



압력중심점을 이용한 고령 여성의 정적서기 균형평가 시 발 위치에 따른 적정 샘플링 시간 분석

Analysis of Proper Sampling Duration in Foot Positions during Assessment of Quiet Stance Balance in the Elderly Women Using Center of Pressure

신중달 · 염창홍* · 문대성 · 김우규(동아대학교) · 박영훈(부산대학교)

Shin, Joong-Dal · Youm, Chang-Hong* · Moon, Dae-Sung · Kim, Woo-Kyu(Dong-a University)
· Park, Young-Hoon(Pusan National University)

국문요약

이 연구는 압력중심점 변수를 이용하여 고령 여성 그룹 20명(68.9±6.8세)을 대상으로 눈뜨고 정적서기 테스트 시 주로 사용되고 있는 두 발을 모아 나란히 붙인 위치(FIP)와 피험자 자신이 편하게 느끼는 간격으로 나란히 놓은 위치(PPF)에 따른 적절한 샘플링 시간을 알아보는데 목적이 있다. 샘플링 시간은 FIP 발 위치를 이용할 경우 20초 이상, PPF 발 위치를 이용할 경우 60초 이상이 적절한 것으로 나타났다. FIP 발 위치 20초와 PPF 발 위치 60초 보다 짧은 샘플링 시간은 안정성을 나타내는 샘플을 제공하지 않거나, 역으로 너무 길어지면 피로 유발로 인해 안정성을 나타내는 샘플을 왜곡시킬 수 있을 것이다. 차후 다양한 그룹들을 대상으로 적절한 샘플링 시간에 대한 추가 연구와 보다 긴 샘플링 시간으로 인해 나타나는 피험자들의 특이적인 현상에 대한 연구가 기대된다.

ABSTRACT

J. D. SHIN, C. H. YOUM, D. S. MOON, W. K. KIM, and Y. H. PARK, Analysis of Proper Sampling Duration in Foot Positions during Assessment of Quiet Stance Balance in the Elderly Women Using Center of Pressure, Vol. 18, No. 3, pp. 23-31, 2008. The purpose of this study was to investigate proper sampling duration while executing quiet stance of feet together position and a preferred foot position with eyes open using COP variables through GRF system. The subjects participated in this study were twenty healthy elderly women individuals(68.9±6.8 years). It represented that the sampling duration needed over 20 s in the FIP and over 60 s in the PPF during assessment of quiet stance. The sampling duration shorter than 20 s in the FIP and 60 s in the PPF may not provide the sample showing stability. Inversely if the sampling duration becomes longer, it can distort the sample showing stability. In the future, I expect more studies of the proper sampling duration through various groups and the study of characteristics of participants caused by more sampling duration.

KEY WORDS : FOOT POSITION, SAMPLING DURATION, CENTER OF PRESSURE, BALANCE

* kevinyoum@yahoo.co.kr

I. 서론

인체는 일상생활 과업 수행 시 서있는 상태에서 행하는 경우가 많은데, 이러한 서기 수행 시 인체는 자세 변화에 따른 동요와 인체의 본질적인 불안정 때문에 생기는 동요가 발생하며, 이러한 동요로 인해 정적서기(quiet stance) 동안에도 균형을 제어하기 위한 노력이 요구된다(Freitas, Wieczorek, Marchetti, & Duarte, 2005; Loram, Maganaris, & Lakie, 2005; Masani, Popovic, Nakazawa, Kouzaki, & Nozaki, 2003; Masani, et al., 2007). 이러한 균형 제어는 매우 복잡한 과정으로 감각정보 통합, 신경계 처리, 생체 역학적 요인을 포함하며, 시각, 전정감각, 체성감각 통합과 함께 근골격계의 조화로운 조절이 요구된다(Hall, & Brody, 1999; Shumway-Cook, & Woollacott, 2000).

정적서기 시 인간은 일반적으로 수직 정렬에 가까운 직립서기(upright stance)를 사용하며, 동요의 발생이 예상되면 인체 무게중심(center of mass, COM)이 기저면(base of support, BOS)의 가장자리에 가까울 정도로 신체를 움직여 균형을 제어한다(Duarte, & Zatsiorsky, 2002). 이때 발생하는 균형 제어 결과를 평가하기 위해서는 동요와 균형 제어에 대한 보다 정확한 이해가 요구되는데, 이에 많은 연구자들은 지면반력 시스템을 사용하였으며, 자세 동요 특성을 정량적으로 묘사하기 위해 압력중심점(center of pressure, COP) 데이터를 분석하였다(Ferdjallah, Harris, & Wertsch, 1999; Harris, Riedel, Matesi, & Smith, 1993).

COP 데이터 분석은 시계열(time series) 분석을 이용하며, 시간 영역과 주파수 영역으로 나누어진다(Masani, et al., 2007; Prieto, Myklebust, Hoffmann, Lovett, & Myklebust, 1996; Rocchi, Chiari, & Cappello, 2004). 일반적으로 실험실 연구에서 자주 사용되는 시간 영역 변수는 전후·좌우 범위(range), 전후·좌우 표준편차(SD), 평균속도(mean velocity), 95% confidence ellipse area를 포함하고 있다(Dolye, Hsiao-Weckler, Ragan, & Rosengren, 2007; Doyle, Raganc, Rajendran, Rosengren, & Hsiao-Weckler, 2008; Duarte, Harvey, & Zatsiorsky, 2000).

지면반력 시스템을 통해 직접 측정할 수 있는 COP 데이터는 보다 정밀한 특성 분석을 위해 다양한 샘플링 시간을 사용하여 측정하였으며(Ferdjallah, et al., 1999; Harris, et al., 1993), 성별, 연령, 장애자 등에 따른 다양한 피험자들의 균형 제어 능력을 평가하기 위해 사용된 샘플링 시간은 짧게는 7초에서 길게는 120초까지 다양하게 이루어졌다.

균형 제어 측정 시 COP 데이터의 적절한 샘플링 시간은 연구의 신뢰도와 타당도에 중요한 역할을 하는데, 이는 아주 짧은 샘플링 시간으로 인해 안정성을 나타내는 샘플을 제공하지 않는 경우와 너무 긴 샘플링 시간으로 인한 피로 유발이 안정성을 나타내는 샘플을 왜곡시키는 경우가 발생하기 때문이다(Le Clair, & Riach, 1996). 그리고 정적서기 테스트 시 COP 데이터는 높거나 낮은 진폭(amplitude)과 많거나 적은 주파수(frequency)를 동시에 가지는데 매우 낮은 진폭과 작은 주파수의 경우 표집 시간이 너무 짧게 되면 그 특성을 파악하기가 어려워진다(Carpenter, Frank, Winter, & Peysar, 2001; Duarte, & Zatsiorsky, 1999). 따라서 다양한 균형 제어 능력을 가진 그룹의 미세한 특성을 파악하기 위해서는 적절한 샘플링 시간에 대한 연구가 필요할 것이다.

노화와 관련된 인체 변화는 생리적 기능 퇴화에 의한 전반적인 체력 저하와 감각기능 저하가 수반되는데(Shumway-Cook, & Woollacott, 2000, Winter, 1990), 특히 중추 신경계와 근골격계의 변화는 균형 제어에 영향을 미쳐 안정성을 감소시킨다(Maki, & McIlroy, 1996; Masani, et al., 2007). 이는 낙상(fall) 가능성을 나타내는 중요한 요인이며(Lin, Seol, Nussbaum, & Madigan, 2008), 65세 이상의 낙상 경험자 중 약 30%가 이러한 문제와 관련이 있다(Shumway-Cook, & Woollacott, 2000). 따라서 낙상은 고령자들의 상해와 장애 및 사망률을 높이는 주요 원인으로 고려되어 연구자들과 임상의학들의 관심이 증가하고 있다(Lin, Seol, Nussbaum, & Madigan, 2008). 특히, 낙상 위험에 많이 노출된 고령 여성들의 균형 제어 평가에 대한 연구가 요구되고 있으며, 이에 대한 적정 샘플링 시간에 관한 연구가 동시에 필요할 것으로 판단되고 그에 대한 연구 또한 미흡한 실정이다.

두발서기를 통한 균형 제어 능력 테스트 시 발의 위치는 임상적 혹은 실험적 테스트 결과 해석에 유의한 영향을 미친다(McIlroy, & Maki, 1997). 따라서 많은 연구자들은 피험자 간의 변동(variability) 또는 발 위치 때문에 발생된 변동을 줄이기 위해 미리 결정된 발 위치를 사용하였으며, 두발서기 테스트 시 주로 이용된 발 위치는 두 발을 모아 나란히 붙인 위치(FTP, feet together position), 피험자 자신이 편하게 느끼는 간격으로 나란하게 위치한 상태(PFP, preferred foot position), 뒤꿈치를 붙이고 앞꿈치를 30° 벌린 위치 등 다양하게 이루어지고 있으나(McIlroy, & Maki, 1997), 주로 FTP와 PFP 발 위치가 사용되고 있다.

따라서 이 연구는 COP 변수를 이용하여 고령 여성 그룹을 대상으로 눈뜨고 정적서기 균형 제어 능력 테스트 시 주로 사용되고 있는 FTP와 PFP 발 위치에 따른 적절한 샘플링 시간을 알아보는데 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 실험장비

이 연구 피험자는 일상생활에 문제가 없으며 최근 6개월 내에 내분비, 신경, 정형외과적 신체장애가 없었던 고령 여성 20명(68.9±6.8세, 151.3±5.6 cm, 59.4±8.0 kg)을 무작위로 선정하였다. 연구자는 이 연구의 취지에 대한 이해와 서면 동의를 구하였으며, 피험자들은 자발적으로 실험에 참여하였다.

사용된 분석 장비는 <표 1>과 같다.

표 1. 실험장비

장비	모델	제조
digital video camera	Sony VX2100	Sony(Japan)
synchronizer	VSAD-CB	Visol(Korea)
GRF analysis S/W	KwonGRF 2.0	Visol(Korea)
force platform	OR6-7	AMTI(US)
force platform amplifier	MSA-6	AMTI(US)

2. 실험절차

정적서기를 수행하는 위치에 힘판(AMTI OR6-7, Watertown, MA, US)을 설치하였으며, 힘판에는 미끄럼 방지용 테이프를 부착하여 미끄럼이 억제되도록 하였으며 신발은 착용하지 않았다.

지면반력 측정 시 실시하는 절차에 따라 지면반력 장비를 가동시킨 후, 전자적 드리프트(drift)를 제거하기 위해 약 45분 이상 예열하였다(Lafond, Corriveau, Hebert, & Prince, 2004). 앰프(AMTI MSA-6 MiniAmp, Watertown, MA, US)게인은 4,000, 샘플링 주파수는 12비트 A/D 카드(DT3002, Data Translation, Marlboro, MA, US)를 이용하여 100 Hz로 설정하였으며, 앰프를 A/D 컨버터(VSAD-102-3C)에 연결하여 아날로그 데이터는 디지털로 변환시켜 컴퓨터에 저장하였다.

이 연구에 사용된 발 위치는 <그림 1>과 같이 두 발을 모아 나란히 붙인 위치(FTP)와 피험자 자신이 편하게 느끼는 간격으로 나란하게 위치(PFP)한 상태로 구분하였다.

데이터는 실험 환경에서 발생할 수 있는 초기 동요를 제거하기 위하여 시작 신호로부터 5초 후 60초의 자료를 대상으로 분석하였다(Doyle, et al., 2007; Raymakers, Samson, & Verhaar, 2005). 적정 샘플링 시간을 구하기 위한 분석구간은 60초의 자료를 <그림 2>와 같이 5초부



그림 1. 발 위치 정의(좌, 우). 왼쪽 발 위치는 두 발을 모아 앞꿈치와 뒤꿈치를 붙이고, 오른쪽 발 위치는 피험자 자신이 편하게 느끼는 간격으로 두 발을 나란하게 위치한 상태.

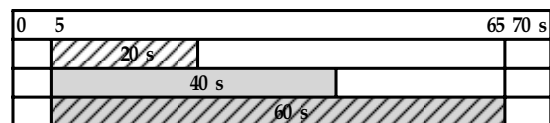


그림 2. 분석 구간 정의

터 20초(20 s × 100 Hz), 5초부터 40초(40 s × 100 Hz), 5초부터 60초(60 s × 100 Hz)로 설정하여 분석하였다.

샘플링 주파수는 COP 변수에 영향을 미치며, 다소 낮은 주파수는 분석의 정확도와 분별력을 감소시킬 수 있다(Raymakers, et al., 2005). 선행 연구들은 주로 10-100 Hz내에서 이루어져 왔으나, 이 연구에서는 보다 안정된 자료를 얻기 위해서 100 Hz로 설정하여 분석하였다(Doyle, et al., 2007; Prieto, et al., 1996).

피험자는 각각의 발 위치에 따라 지면반력기 위에 올라간 다음 양손은 자연스럽게 내리고 시선은 15° 상향의 표적을 주시하게 하였다. 정적서기 동작은 눈을 뜬 상태에서 실시하였고, 각 동작은 70초 이상 정적서기를 성공한 1회의 시도로 제한하였다. 한 동작이 끝나면 1분간의 휴식시간을 가졌으며 지면반력기의 동작 측정시간은 동기신호발생기를 이용하였다.

3. 분석 및 자료처리

분석에 사용된 변수는 각각의 발 위치에서 정적서기 시 COP의 전후 범위, 좌우 범위, 전후 SD, 좌우 SD, 평균 속도, 95% confidence ellipse area(Doyle, et al., 2007; Prieto, et al., 1996)로 설정하였다. 이러한 변수들은 지면반력 분석 프로그램에서 산출된 자료를 Microsoft Excel 파일로 저장하고 아래의 공식을 활용하여 Excel에서 산출하였다.

COP 범위는 전후와 좌우로 구분되고, 식(1), 식(2)와 같다.

$$R_{AP} = AP_{\max} - AP_{\min} \dots\dots\dots (1)$$

$$R_{ML} = ML_{\max} - ML_{\min} \dots\dots\dots (2)$$

이 식에서 AP_{\max} 와 AP_{\min} 는 전후 방향 위치의 최대값과 최소값을 의미하고, ML_{\max} 와 ML_{\min} 는 좌우 방향 위치의 최대값과 최소값을 의미한다.

COP 평균속도는 총거리를 시간($T=20, 40, 60$ s)으로 나눈 값으로 식(3)과 같다.

$$V = \frac{1}{T} \sum_{n=1}^{N-1} [(x_{AP(n+1)} - x_{AP(n)})^2 + (x_{ML(n+1)} - x_{ML(n)})^2]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

COP SD는 전후(SD_{AP})와 좌우(SD_{ML})로 구분되고 식(4), 식(5)와 같다.

$$SD_{AP} = \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_{AP(n)} - \bar{x}_{AP})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots (4)$$

$$SD_{ML} = \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_{ML(x)} - \bar{x}_{ML})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots (5)$$

이 식에서 x_{AP} 와 x_{ML} 은 COP 전후 방향(=20 s × 100 Hz, 40 s × 100 Hz, 60 s × 100 Hz)과 좌우 방향(=20 s × 100 Hz, 40 s × 100 Hz, 60 s × 100 Hz)에 대한 각각의 위치 데이터이며, \bar{x}_{AP} 와 \bar{x}_{ML} 은 COP 전후 방향 2, 4, 6천 개의 위치 데이터에 대한 평균값과 좌우 방향 2, 4, 6천 개의 위치 데이터에 대한 평균값, N 은 분석에 사용된 전체 사례수(=20 s × 100 Hz, 40 s × 100 Hz, 60 s × 100 Hz)를 나타낸다.

COP 95% confidence ellipse area는 COP의 이동 면적을 나타낸다(그림 3). 이는 COP 궤적들의 95%를 포함하고 장축(major)과 단축(minor)의 반지름을 가지는 타원으로 이루어졌으며, 식(6), 식(7), 식(8), 식(9), 식(10)과 같다.

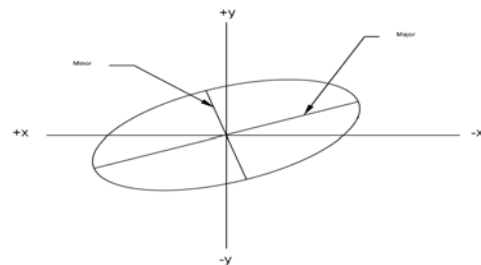


그림 3. 95% confidence ellipse area 정의(AMTI, 2004). COP 95% confidence ellipse area는 COP 궤적들의 95%를 포함하고 장축과 단축의 반지름을 가지는 타원으로 이루어진 COP의 이동 면적.

$$\text{area} = \pi ab \dots\dots\dots (6)$$

$$a = [3(SD_{AP}^2 + SD_{ML}^2 + D)]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (7)$$

$$b = [3(SD_{AP}^2 + SD_{ML}^2 - D)]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (8)$$

$$D = [(SD_{AP}^2 + SD_{ML}^2) - 4(SD_{AP}^2 SD_{ML}^2 - SD_{APML}^2)]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (9)$$

$$SD_{APML} = \frac{1}{N} \left(\sum_{n=1}^N x_{AP(n)} x_{ML(n)} \right) \dots\dots\dots (10)$$

a는 장축, b는 단축, 3은 n>120의 데이터를 가지는 이변량 분포의 95% 신뢰 수준(F 0.05[2, n-2])에서 F 통계량, SD_{APML} 은 공분산을 나타낸다.

SPSS 14.0 통계 프로그램을 이용하여 각 변수들의 평균과 표준편차를 구하였다. 발 위치에 따른 평균차이 검정을 위해 대응 표본 t-test, 적정 시도 시간에 따른 평균차이 검정을 위해 one-way ANOVA, 유의한 차이가 있는 경우에는 Duncan을 이용하여 사후검정을 실시하였다. 통계적 유의수준은 .05로 하였다.

III. 결과 및 논의

이 연구는 COP 변수를 이용하여 고령 여성 그룹을 대상으로 눈뜨고 정적서기 균형 제어 능력 테스트 시 FTP 발 위치와 PFP 발 위치에 따른 적정 샘플링 시간을 알아보고자 COP의 전후 범위, 좌우 범위, 전후 SD, 좌우 SD, 평균 속도, 95% confidence ellipse area를 측정하였으며, 그 결과는 다음과 같다(표 2, 그림 4, 그림 5).

1. COP 전후·좌우 범위

정적서기 시 COP 전후 범위는 발 위치 FTP가 PFP보다 20초($p<.01$), 40초($p<.05$), 60초($p<.01$) 모두에서 유의하게 큰 것으로 나타났다. 발 위치 FTP내에서는 20초, 40초, 60초 간($p<.001$)에 유의한 차이가 나타났으며, 사후검정 결과 40초와 60초 시도가 20초보다 크게 나타났다. 발 위치 PFP내에서는 20초, 40초, 60초 간($p<.01$) 유의한 차이가 나타났으며, 사후검정 결과 60초 시도가 20초와 40초보다 크게 나타났다.

표 2. COP 전후·좌우 범위, 전후·좌우 SD, 평균속도, 95% confidence ellipse area의 평균과 통계값

		20초	40초	60초	F-value	Duncan
전후범위 (cm)	FTP(n=20)	3.11±0.73	4.19±1.35	4.70±1.21	10.368***	20<40, 60
	PFP(n=20)	2.65±0.61	3.26±0.89	3.71±1.04	7.563**	20, 40< 60
	t-value	2.993**	2.870*	3.289**		
좌우범위 (cm)	FTP(n=20)	3.32±0.82	4.10±0.96	4.36±0.98	6.932**	20<40, 60
	PFP(n=20)	1.25±0.37	1.75±0.81	2.07±1.03	5.594**	20, 40< 60
	t-value	11.637***	9.152***	8.176***		
전후SD (cm)	FTP(n=20)	0.66±0.16	0.79±0.23	0.81±0.19	3.191*	20<40, 60
	PFP(n=20)	0.58±0.18	0.65±0.20	0.68±0.19	1.321	NS
	t-value	1.620	2.186*	2.424*		
좌우SD (cm)	FTP(n=20)	0.66±0.15	0.72±0.13	0.73±0.12	1.682	NS
	PFP(n=20)	0.25±0.08	0.33±0.18	0.41±0.26	3.584*	20, 40< 60
	t-value	10.809***	8.282***	7.709***		
평균속도 (cm/s)	FTP(n=20)	1.30±0.32	2.67±0.68	4.02±0.97	74.095***	20<40<60
	PFP(n=20)	1.12±0.21	2.34±0.45	3.50±0.75	104.007***	20<40<60
	t-value	3.502**	4.319***	3.182**		
95% confidence ellipse area (cm ²)	FTP(n=20)	6.26±3.18	10.15±6.63	9.96±4.76	3.776*	20<40, 60
	PFP(n=20)	3.75±0.93	4.72±2.69	4.20±2.41	1.020	NS
	t-value	3.225**	3.354**	4.827***		

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$ FTP : feet together position, PFP : preferred foot position, NS : none significant

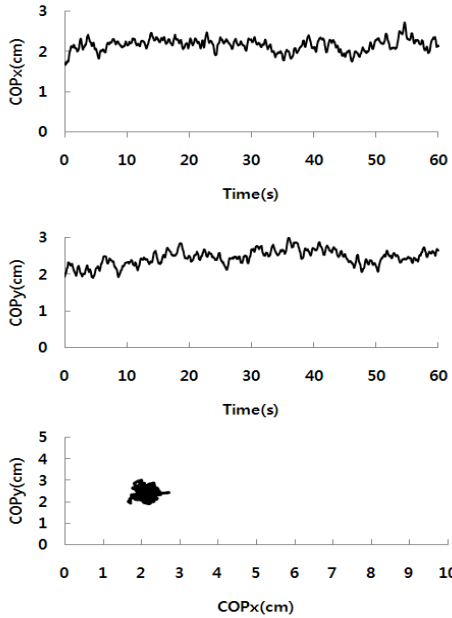


그림 4. FTP 발 위치에서의 COP 전체 변위. 좌우 변위(상), 전후 변위(중), 95% confidence ellipse area(하). 피험자(20명)의 샘플링 시간 60초 분석 자료.

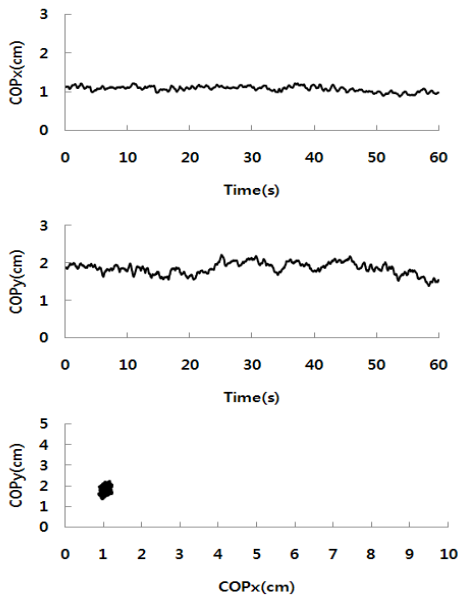


그림 5. PFP 발 위치에서의 COP 전체 변위. 좌우 변위(상), 전후 변위(중), 95% confidence ellipse area(하). 피험자(20명)의 샘플링 시간 60초 분석 자료.

COP 좌우 범위는 발 위치 FTP가 PFP보다 20초 ($p < .001$), 40초 ($p < .001$), 60초 ($p < .001$) 모두에서 유의하게 큰

것으로 나타났다. 발 위치 FTP내에서는 20초, 40초, 60초 간($p < .01$)에 유의한 차이가 나타났으며, 사후검정 결과 40초와 60초가 20초보다 크게 나타났다. 발 위치 PFP내에서는 20초, 40초, 60초 간($p < .01$) 유의한 차이가 나타났으며, 사후검정 결과 60초가 20초와 40초보다 크게 나타났다.

2. COP 전후·좌우 SD

정적서기 시 COP 전후 SD는 40초($p < .05$), 60초($p < .05$)에서 발 위치 FTP가 PFP보다 유의하게 큰 것으로 나타났으나, 20초에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 발 위치 FTP내에서는 20초, 40초, 60초 간($p < .05$)에 유의한 차이가 나타났으며, 사후검정 결과 40초와 60초가 20초보다 크게 나타났다. 발 위치 PFP내에서는 20초, 40초, 60초 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

COP 좌우 SD는 발 위치 FTP가 PFP보다 20초($p < .001$), 40초($p < .001$), 60초($p < .001$) 모두에서 유의하게 큰 것으로 나타났다. 발 위치 FTP내에서는 20초, 40초, 60초 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 발 위치 PFP내에서는 20초, 40초, 60초 간($p < .05$) 유의한 차이가 나타났으며, 사후검정 결과 60초가 20초와 40초보다 크게 나타났다.

3. COP 평균 속도

정적서기 시 COP 평균 속도는 발 위치 FTP가 PFP보다 20초($p < .01$), 40초($p < .001$), 60초($p < .01$) 모두에서 유의하게 빠른 것으로 나타났다. 발 위치 FTP내에서는 20초, 40초, 60초 간($p < .001$)에 유의한 차이가 나타났으며, 사후검정 결과 60초는 40초보다, 40초는 20초보다 빠르게 나타났다. 발 위치 PFP내에서는 20초, 40초, 60초 간($p < .001$) 유의한 차이가 나타났으며, 사후검정 결과 60초는 40초보다, 40초는 20초보다 빠르게 나타났다.

4. COP 95% confidence ellipse area

정적서기 시 COP 95% confidence ellipse area는 발 위치 FTP가 PFP보다 20초($p < .01$), 40초($p < .01$), 60초($p < .001$) 모두에서 유의하게 넓은 것으로 나타났다. 발 위치 FTP내에서는 20초, 40초, 60초 간($p < .05$)에 유의한

차이가 나타났으며, 사후검정 결과 40초와 60초가 20초보다 넓게 나타났다. 발 위치 PFP내에서는 20초, 40초, 60초 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

5. 논의

많은 연구자들은 정적서기 시 자세 동요 특성을 정량적으로 분석하기 위해 지면반력 시스템을 통한 COP 변수들을 사용하고 있으나(Ferdjallah, et al., 1999; Harris, et al., 1993), 신뢰할 수 있는 적절한 샘플링 시간에 대한 연구 자료가 미흡한 실정이며 특히, 고령 여성들의 균형 제어 평가를 위한 적정 샘플링 시간에 관한 연구 또한 마찬가지이다. 따라서 이 연구는 COP 변수를 이용하여 고령 여성 그룹을 대상으로 눈뜨고 정적서기 균형 제어 능력 테스트 시 FTP 발 위치와 PFP 발 위치에 따른 적정 샘플링 시간을 알아보는 것이다.

이 연구 결과에 의하면, 전후 SD 20초를 제외한 모든 변수와 샘플링 시간에서 FTP 발 위치와 PFP 발 위치에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 발 위치 변화에 따른 지면 크기 균형 제어 능력을 평가하는 COP 변수들에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

많은 선행 연구들은 정적서기 테스트 시 위의 결과와 같이 발 위치 때문에 발생할 수 있는 변동을 줄이기 위해 미리 결정된 발 위치를 주로 사용하였는데, 특히 PFP 발 위치에서의 정적서기 테스트 시 많은 변동이 나타나고 있는 것으로 보고하였다(McIlroy, & Maki, 1997). 이러한 실험에서 오는 오차를 줄이기 위해서 보다 적극적으로 발 위치를 제어하여 표준화하는 것이 필요하며(Chiari, Rocchi, & Cappello, 2002; McIlroy, & Maki, 1997), 나아가 표준화를 위한 합리적인 실험 프로토콜에 대한 연구도 병행되어야 할 것으로 판단된다.

선행연구에 따르면, 눈뜨고 정적서기 시 COP 변수들의 안정성과 신뢰도를 최적화하고, 실험 대상 그룹과 자세 전략들 간에 나타나는 미세한 차이를 발견할 수 있는 가능성을 높이고, COP 변수들의 수렴을 최적화하기 위해서는 최소 60초의 샘플링 시간이 필요하다고 하였다(Carpenter, et al., 2001; Dolye, et al., 2007). FTP 발 위치에서 눈뜨고 정적서기 테스트 시 Berenci, Ishihara, & Imanaka(2005)는 남녀 대학생을 대상으로

샘플링 시간 30초, Lin, et al.(2008)은 남녀 각각 20대와 60대 그룹을 대상으로 샘플링 시간 60초, Santos, Delisle, Larivière, Plamondon, & Imbeau(2008)는 남자 대학생을 대상으로 샘플링 시간을 60초로 수행하였다. PFP 발 위치에서 눈뜨고 정적서기 테스트 시 Prieto, et al.(1996)은 남녀 각각 20대와 60대 그룹을 대상으로 샘플링 시간 20초, Carpenter, et al.(2001)은 남녀 대학생을 대상으로 샘플링 시간을 120초, Dolye, et al.(2007)은 남녀 대학생을 대상으로 샘플링 시간을 90초로 수행하였다. 이와 같이 발 위치와 실험 대상에 대한 적절한 샘플링 시간이 확립되어 있지 않음을 알 수 있다.

이 연구의 FTP 발 위치에서는 좌우 SD를 제외한 모든 변수에서 20초보다 40초, 60초가 유의하게 큰 것으로 나타났다. 그리고 평균속도는 20초<40초<60초로 샘플링 시간의 증가에 따라 유의하게 큰 것으로 나타났는데, 이는 평균속도가 시간의 경과에 영향을 받는 변수임을 알 수 있다(Lin, et al., 2008; Prieto, et al., 1996). 따라서 FTP 발 위치를 통한 정적서기 테스트에서는 20초 이상의 샘플링 시간으로도 유의한 결과를 얻을 수 있는 것으로 나타났으나, 실험의 재현성과 안정성 측면에서 보다 유의한 결과를 얻기 위해서는 보다 긴 샘플링 시간이 필요할 것으로 판단된다.

이 연구의 PFP 발 위치에서 전후·좌우 범위와 좌우 SD는 20초, 40초보다 60초가 크게 나타났으며, 평균속도는 FTP 발 위치 결과와 같이 20초<40초<60초로 유의하게 크게 나타났다. 그러나 전후 SD와 95% confidence ellipse area는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 위에 나타난 결과와 같이 COP 변수들이 가지고 있는 특성에 따라 안정성에서 다소 차이가 나타남을 알 수 있다. 따라서 PFP 발 위치를 통한 정적서기 테스트에서는 40초의 샘플링 시간으로는 일관되고 신뢰할 수 있는 데이터를 얻기는 다소 어려울 것으로 판단되며, 보다 유의한 결과를 얻기 위해서는 Carpenter, et al.(2001), Dolye, et al.(2007)이 보고한 최소 60초 이상의 샘플링 시간이 필요할 것으로 판단된다.

종합해보면, COP 변수를 이용하여 고령 여성을 대상으로 정적서기 테스트 시 FTP 발 위치를 이용할 경우에는 20초 이상, PFP 발 위치를 이용할 경우에는 60초 이상의 샘플링 시간이 필요한 것으로 판단된다.

IV. 결론 및 제언

COP 변수를 이용하여 고령 여성 그룹을 대상으로 눈뜨고 정적서기 균형 제어 능력 테스트 시 FTP 발 위치와 PFP 발 위치에 따른 적절한 샘플링 시간을 알아보고자 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

샘플링 시간은 FTP 발 위치를 이용할 경우 20초 이상, PFP 발 위치를 이용할 경우 60초 이상이 적절한 것으로 나타났다. FTP 발 위치 20초와 PFP 발 위치 60초 보다 짧은 샘플링 시간은 안정성을 나타내는 샘플을 제공하지 않거나, 역으로 너무 길어지면 피로 유발로 인해 안정성을 나타내는 샘플을 왜곡(Le Clair, & Riach, 1996)시킬 수 있을 것이다.

차후 고령자, 신경학적 장애자, 낙상 경험자 등 다양한 그룹들을 대상으로 적절한 샘플링 시간에 대한 추가 연구와 보다 긴 시간의 샘플링 시간으로 인해 나타나는 피험자들의 특이적인 현상에 대한 연구가 기대된다.

참고문헌

- AMTI(2004). *BioAnalysis version 2.2 User's Reference Manual*. Massachusetts; AMTI.
- Berencsi, A., Ishihara, M., & Imanaka, K.(2005). The functional role of central and peripheral vision in the control of posture. *Human Movement Science*, 24, 689-709.
- Carpenter, M. G., Frank, J. S., Winter, D. A., & Peysar, G. W.(2001). Sampling duration effects on centre of pressure summary measures. *Gait & Posture*, 13, 35-40.
- Chiari, L., Rocchi, L., & Cappello, A.(2002). Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clinical Biomechanics*, 17, 666-677.
- Dolye, R. J., Hsiao-Wecksler, E. T., Ragan, B. G., & Rosengren, K. S.(2007). Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. *Gait & Posture*, 25, 166-171.
- Doyle, R. J., Raganc, B. G., Rajendran, K., Rosengren, K. S., & Hsiao-Wecksler, E. T.(2008). Generalizability of stabilogram diffusion analysis of center of pressure measures. *Gait & Posture*, 27, 223-230.
- Duarte, M., & Zatsiorsky, V. M.(1999). Patterns of center of pressure migration during prolonged unconstrained standing. *Motor Control*, 3, 12-27.
- Duarte, M., Harvey, W., & Zatsiorsky, V. M.(2000). Stabilographic analysis of unconstrained standing. *Ergonomics*, 43, 1824-1839.
- Duarte, M., & Zatsiorsky, V. M.(2002). Effects of body lean and visual information on the equilibrium maintenance during stance. *Experimental Brain Research*, 146, 60-69.
- Ferdjallah, M., Harris, G. F., & Wertsch, J. J.(1999). Instantaneous postural stability characterization using time-frequency analysis. *Gait & Posture*, 10, 129-134.
- Freitas, S. M., Wiczorek, S. A., Marchetti, P. H., & Duarte, M.(2005). Age-related changes in human postural control of prolonged standing. *Gait & Posture*, 22, 322-330.
- Hall, C. M., & Brody, L. T.(1999). *Balance impairment In: Therapeutic Exercise: Moving Toward Function*. Philadelphia, L & W.
- Harris, G. F., Riedel, S. A., Matesi, D., & Smith, P.(1993). Standing postural stability assessment and signal stationarity in children with cerebral palsy. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 1(1), 35-42.
- Lafond, D., Corriveau, H., Hebert, R., & Prince, F. (2004). Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 896-901.

- Le Clair, K., & Riach, C.(1996). Postural stability measures: what to measure and for how long. *Clinical Biomechanics*, 11, 176-178.
- Lin, D., Seol, H., Nussbaum, M. A., & Madigan, M. L.(2008). Reliability of COP-based postural sway measures and age-related differences. *Gait & Posture* 28, 337-342.
- Loram, I. D., Maganaris, C. N., & Lakie, M.(2005). Human postural sway results from frequent, ballistic bias impulses by soleus and gastrocnemius. *Journal of Physiology*, 564, 281-293.
- Maki, B. E., & McIlroy, W. E.(1996). Postural control in the older adult. *Clinics in Geriatric Medicine*, 12, 635-658.
- Masani, K., Popovic, M. R., Nakazawa, K., Kouzaki, M., & Nozaki, D.(2003). Importance of body sway velocity information controlling ankle extensor activities during quiet stance. *Journal of Neurophysiology*, 90, 3774-3782.
- Masani, K., Vette, A. H., Kouzaki, M., Kanehisa, H., Fukunaga, T., & Popovic, M. R.(2007). Larger center of pressure minus center of gravity in the elderly induces larger body acceleration during quiet standing. *Neuroscience Letters*, 422, 202-206.
- McIlroy, W. E., & Maki, B. E.(1997). Preferred placement of the feet during quiet stance: development of a standardized foot placement for balance testing. *Clinical Biomechanics*, 12, 66-70.
- Prieto, T. E., Myklebust, J. B., Hoffmann, R. G., Lovett, E. G., & Myklebust, B. M.(1996). Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 43(9), 956-966.
- Raymakers, J. A., Samson, M. M., & Verhaar, H. J. J.(2005). The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait & Posture*, 21, 48-58.
- Rocchi, L., Chiari, L., & Cappello, A.(2004). Feature selection of stabilometric parameters based on principal component analysis. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 42, 71-79.
- Santos, B. R., Delisle, A., Larivière, C., Plamondon, A., & Imbeau, D.(2008). Reliability of centre of pressure summary measures of postural steadiness in healthy young adults. *Gait & Posture*, 27, 408-415.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H.(2000). *Motor control: Theory and practical applications(2nd ed)*. Baltimore: Willims & Wilkins.
- Winter, D. A.(1990). *Biomechanics and motor control of human movement(2nd ed)*. Wiley Interscience Publication; John Wiley & Sons, Inc.

투 고 일 : 7월 29일
 심 사 일 : 8월 7일
 심사완료일 : 9월 20일