

무게부하 증가가 동적 균형에 미치는 영향

최용재^{1,*} · 우병훈^{2,†}

¹배재대학교 레저스포츠학과, 교수

²경기대학교 체육학과, 교수

(2023년 7월 17일 접수: 2023년 8월 14일 수정: 2023년 8월 18일 채택)

Effects of increasing weight load on dynamic balance

Woong-Jae Choi¹ · Byung-Hoon Woo^{2,†}

¹Department of Leisure Sports, PaiChai Univ.

²Department of Physical Education, Kyonggi Univ.

(Received July 17, 2023; Revised August 14, 2023; Accepted August 18, 2023)

요약 : 본 연구의 목적은 Y-Balance Test(YBT)를 통하여 무게부하 증가가 동적 균형에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 연구의 대상자는 20-30대 남녀 성인 18명(연령: 23.17 ± 1.72 years, 신장: 172.46 ± 9.84 cm, 체중: 73.39 ± 11.44 kg 다리길이: 88.89 ± 5.69 cm)이 실험에 참여하였다. 동적 균형 측정을 위하여 YBT를 통하여 도달거리와 종합점수, COP 변인들을 측정하여 결과를 도출하였다. 연구결과로 YBT 시 후내측과 후외측 도달거리, 종합점수에서 무게부하일 때 동적 균형이 향상되었다. COP 결과로, 전방 도달 동안 전후진폭, 좌우 COP속도, COP 면적은 오른발에서 무게부하 시 동적 균형이 향상되었지만, 후내측 도달 동안 차이가 없었고, 후외측 도달 동안 좌우진폭은 왼발에서, 전후 COP속도는 왼발, 좌우 COP속도와 COP속도는 좌우발에서, COP 면적은 좌우발의 무게부하 시 동적 균형이 향상되었다.

주제어 : 동적 균형, Y-Balance Test, 무게부하, 압력중심, 안정성

Abstract : The purpose of this study was to investigate the effect of increasing weight load on the dynamic balance on Y-balance Test(YBT). 18 male and female adults in their 20-30s (age: 23.17 ± 1.72 years, height: 172.46 ± 9.84 cm, weight: 73.39 ± 11.44 kg, leg length: 88.89 ± 5.69 cm) participated in the experiment. To measure the dynamic balance, the YBT was used to measure the reach distance, composite score, and COP variables to derive the results. As a result of the study, dynamic balance was improved in weight load in posteromedial and posterolateral reach and overall score during YBT. As a result of COP, anteroposterior amplitude, left and right COP velocity, and COP area during anterior reach improved dynamic balance in weight load in the right foot, but there was no difference during the posteromedial reach, ML amplitude in the left foot, AP COP velocity in

[†]Corresponding author

(E-mail: woowoo@kgu.ac.kr)

이 논문은 2023년도 배재대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행됨.

left foot, ML COP velocity and COP velocity in both foot, and COP area in both foot improved dynamic balance when weight load during posterolateral reach.

Keywords : Dynamic Balance, Y-Balance Test, Weight Load, COP, Stability

1. 서론

균형(balance)은 신체 수직축의 안정성이라 정의할 수 있다. 안정성 증가를 위하여 질량중심은 항상 기저면 위에 존재해야 하고[1], 특히 정적 안정성은 주어진 조건에서 기저면 내에서 질량중심의 움직임을 최소화하는 능력으로 정의된다[2]. 정적 안정성의 특성화를 밝히기 위해 주로 압력 중심(COP: center of pressure)이 사용되었고[3], 이를 통하여 자세 안정성은 지지 영역 내에서 신체의 COP를 안정적으로 유지하는 능력을 의미한다[4].

COP 변인 중 속도 변인은 작업 중 동요 순간의 정도를 나타내는 데 사용되며 동요 정도를 감지하는 데 가장 민감한 변인으로 제안되었다[5]. 하지만 인간의 낙상과 같은 위험은 정적 안정성보다 동적 안정성이 더 큰 영향을 받으며 대부분의 낙상은 동적 동작 중에 발생된다[6, 7]. 동적 안정성을 유지하기 위한 동적 자세 제어는 동작 전반에 걸쳐 신체 위치를 제어해야 하지만 수의적 움직임의 경우, 균형을 유지하는 것은 선행적 조절을 위한 변화에 적응하는 자세 근육의 능력에 부분적으로 의존하게 된다[8]. 이러한 자세 안정성은 균형으로부터 시작되고, 신체 움직임의 유무에 따라 정적 균형과 동적 균형으로 분류된다[9]. 정상적인 일상 활동(예: 이동 및 스포츠 활동)은 동적 자세 제어가 필요하지만, 정적 균형과 달리 동적 균형은 피드백 제어(외부 교란으로부터의 감각 피드백에 대한 반응으로 발생하는 자세 제어)와 피드포워드 제어(잠재적으로 불안정한 수의적 움직임을 예상하여 이루어지는 자세 반응)를 다르게 강조하기 때문에 매우 까다롭다[10].

안정성 증가는 널리 알려진대로 낮은 중심, 기저면 증가, 질량 증가 등이 필요하다. 따라서 신체 안정성에 있어 무게부하는 직접적인 관련이 있을 것이다. 주로 무게부하를 이용한 안정성 연구는 균형장애로 인해 일상생활의 문제를 가지고 있는 뇌졸중이나 뇌성마비 환자들의 재활과 관련

된 연구가 주를 이룬다[11-14]. 이들 연구는 대부분 환측 부위에 무게부하를 추가시켜 동적 균형에 대한 영향을 연구하였고, 균형 유지가 어려운 사람들을 위해 무게부하를 이용한 트레이닝의 필요성을 강조하였다.

이렇듯 동적 균형은 Y-Balance Test(YBT)를 통하여 하지의 동적 균형뿐만 아니라 기능 대칭, 안정성을 평가하기 위해 경제적이고 일반적으로 사용되는 객관적인 측정방법으로 사용되고 있고, 운동선수의 균형을 평가하는 신뢰할 수 있는 도구로 보고되고 있다[15]. 또한 YBT의 도달 방향 비대칭은 다양한 스포츠에서 부상 위험 증가와 관련이 있음을 발견하였다[16].

YBT를 이용한 동적 균형을 다루는 연구는 대체적으로 동적 균형이 감소된 노인들로 진행되었지만, 최근에는 일반인과 엘리트 운동선수에 대한 연구도 진행되고 있다. 관련 선행 연구에 의하면 시력 상태에 따라 동적 균형을 분석한 연구[17], 표면상태에 따라 YBT 동안 근활성도를 비교한 연구[18], 발달성 협응장애아동과 대조군을 통하여 YBT를 비교한 연구[19], YBT와 관절 움직임과의 연관성을 분석한 연구[20] 등이 있었다. 고강도 달리기 후 휴식이 동적 균형에 미치는 효과 검증[21], 발바닥 전족부의 체성감각 저하가 균형성에 미치는 영향 분석[22], 이외에도 무게부하를 이용한 연구로 만성 뇌졸중 환자를 통하여 무게부하를 통하여 정적 및 동적 균형에 대해 분석[11, 13], 만성발목불안정성을 가진 대상자들과 정상인을 대상으로 발목관절에 다양한 무게부하를 적용하여 정적 및 동적 균형과 관절위치 감각에 미치는 영향 분석[23], 뇌졸중 환자를 대상으로 무게부하 트레드밀 보행훈련을 통하여 균형과 보행에 미치는 효과[12] 등이 있었다.

이렇듯 다양한 동적 균형 연구가 진행되고 있지만, 무게부하를 이용한 연구는 대부분 재활을 목적으로 한 연구에 집중되어 있다. 이에 무게부하 증가는 신체의 동적 균형에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

따라서 본 연구의 목적은 동적 균형 테스트인

YBT를 통하여 무게부하 증가가 YBT 변인과 COP 변인을 통하여 동적 균형에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

2. 실험

2.1. 연구대상

본 연구의 대상자는 하지 근골격계에 이상이 없고 건강한 20-30대 성인 18명(연령: 23.17 ± 1.72 years, 신장: 172.46 ± 9.84 cm, 체중: 73.39 ± 11.44 kg 다리길이: 88.89 ± 5.69 cm)을 선정하였다. 선정된 대상자 남자 12명, 여자 6명에게 실험 참여 전 실험과정에 대한 설명을 하였고 참여의사와 동의서를 받았다.

2.2. 측정도구 및 절차

2.2.1. Y-Balance Test(YBT)

YBT를 위한 준비로 진행 방향인 전방(anterior)으로 바닥에 1.5 m 길이의 테이프를 부착하고, 전방선을 기준으로 후방 135° 지점에 후내측(posteromedial)과 후외측(posterolateral) 방향으로 1.5 m 길이의 테이프를 바닥에 부착하였다(Fig. 1).

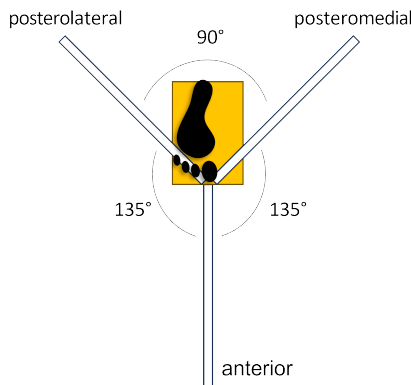


Fig. 1. Y-Balance Test.

YBT는 대상자가 압력판(K-force plate) 위에 한발만 지지한 상태에서 양손은 허리에 고정된 상태이고, 반대발은 지지한 발 옆에 둔 상태로 실시하였다. Plisky et al.[15]이 제시한 프로토콜을 이용하여 6번의 연습 후 각 방향마다 3번을

측정하고 평균값을 구하여 절대도달거리를 구하였다. 각 방향마다 3번의 시도는 연속적으로 수행하고, 각 시도마다 5초의 휴식시간이 주어졌다. 전방, 후내측, 후외측으로 대상자가 최대로 다리를 뻗은 지점까지의 거리를 cm 단위로 측정하였다(Fig. 2). 하지 길이의 차이를 일반화하기 위하여 종합점수(CS: composite score)를 구하여 사용하였다.

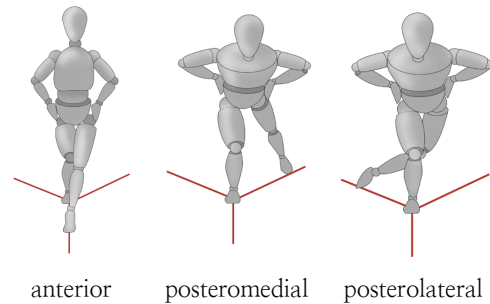


Fig. 2. Direction of Y-Balance Test.

YBT와 동시에 무선 압력판(K-force plates, K-Intent Biomechanique, Orsay, France, sampling rate: 75 Hz, 30 mm x 320 mm x 160 mm)을 이용하여 지지한 발의 YBT 시 COP 변인을 측정하였다. 만약 YBT 시 양손이 허리에서 떨어지는 경우, 신체균형을 잃을 경우, 발이 도달위치에서 원래 위치로 도달하지 못한 경우 재측정을 실시하였다. 단 허리와 무릎의 굴곡운동은 허용하였다.

첫 번째 시도는 무부하 상태로 전방, 후외측, 후내측 순서대로 실시하였고, 좌우발 각각 동일하게 실시하였고, 두 번째 시도는 대상자 체중의 30%에 해당되는 무게부하를 이용하였고, 무게부하는 덤벨을 이용하여 양손에 들고 실시하였으며, 무부하 순서와 동일한 방법으로 실시하였다.

2.2.2. 측정변인 및 자료처리

(1) YBT 종합점수 공식

대상자의 하지 길이로 인한 차이를 일반화하기 위하여 각 대상자마다 좌우 다리 길이를 측정하였다. 대상자는 바로 누운 상태에서 출자를 이용하여 전상장골극(anterior superior iliac spine: ASIS)부터 내측 복사뼈 제일 먼 곳(distal aspect

of the medial malleolus)까지 측정하여 공식에 대입하였다[15].

절대도달거리(cm) = (첫 번째 시도 + 두 번째 시도 + 세 번째 시도) / 3

종합점수(%) = (3가지 방향의 절대도달거리의 합 / 다리 길이 × 3) × 100

(2) 압력중심 변인

YBT 동안 한발(좌우)씩 압력중심을 측정하였다.

- AP(anterior-posterior) amplitude (mm): 지지발에서 발생된 전후방향의 진폭
- ML(medio-lateral) amplitude (mm): 지지발에서 발생된 좌우방향의 진폭
- AP COP velocity (mm/s): 지지발에서 발생된 전후방향의 평균 속도
- ML COP velocity (mm/s): 지지발에서 발생된 좌우방향의 평균 속도
- COP velocity (mm/s): 지지발에서 발생된 전후, 좌우방향의 평균 합성속도
- COP surface (mm²): 지지발에서 발생된 전후, 좌우방향의 평균 움직임의 면적

2.2.3. 통계처리

본 연구는 무게부하에 따른 YBT 시 동적 균형에 미치는 영향을 규명하기 위하여 SPSS 25.0(IBM, USA)을 통하여 분석하였다. 무게부하에 따른 YBT의 절대도달거리와 종합점수 변인과 COP 변인들의 평균과 표준편차를 구하고 무게부하에 따른 비교는 대응표본 t-검증(paired t-test)으로 하였다. 모든 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. YBT의 절대도달거리 및 종합점수

YBT 시 절대도달 거리 및 종합점수의 결과는 <Table 1>과 같다.

전방의 절대도달거리에서 좌우발 모두 부하에 따른 차이가 나타나지 않았다. 후내측의 절대도달거리는 왼발($t = -4.074$, $p = .001$), 오른발($t = -4.541$, $p = .000$) 모두 부하에 따른 차이가 나타났고, 왼발과 오른발 모두 무게부하일 때 후내측의 절대도달거리가 길었다. 후외측의 절대도달거리는 왼발($t = -3.093$, $p = .007$), 오른발($t = -4.404$, $p = .001$) 모두 부하에 따른 차이가 나타났고, 왼발과 오른

Table 1. Results of YBT variables

variables	reach foot	load	M ± SD	t	p
ANRD (cm)	left	without	64.69 ± 6.54	-1.271	.223
		with	66.51 ± 8.36		
	right	without	65.01 ± 7.22	-.401	.694
		with	65.72 ± 9.20		
PMRD (cm)	left	without	125.71 ± 13.34	-4.074	.001***
		with	137.48 ± 15.54		
	right	without	121.49 ± 13.04	-4.541	.000***
		with	134.94 ± 14.36		
PLRD (cm)	left	without	111.15 ± 10.63	-3.093	.007**
		with	122.35 ± 15.43		
	right	without	101.63 ± 18.81	-4.404	.001***
		with	121.46 ± 12.57		
CS (%)	left	without	100.51 ± 8.71	-3.724	.002**
		with	108.78 ± 10.97		
	right	without	96.04 ± 11.95	-4.495	.000***
		with	107.37 ± 9.64		

** $p < .01$, *** $p < .001$

ANRD: anterior reach distance; PMR, posteromedial reach distance; PLR, posterolateral reach distance; CS, composite score

발 모두 무게부하일 때 후외측의 절대도달거리가 길었다. 종합점수는 왼발($t=-3.724$, $p=.002$), 오른발($t=-4.495$, $p=.000$) 모두 부하에 따른 차이가 나타났고, 왼발과 오른발 모두 무게부하일 때 높은 종합점수가 나타났다.

YBT의 전신인 SEBT(star excursion balance test)에서 후외측 방향의 부족한 수행은 성인의 발목 염좌의 강력한 예측 인자로 사용되었고[24], YBT의 도달 방향 비대칭은 다양한 스포츠에서 부상 위험 증가와 관련이 있음을 발견하였고, YBT가 여러 스포츠에서 선수를 선별할 때 유용한 도구가 될 수 있다고 결론지었다[16]. 유사한 결과로 YBT의 낮은 수행이 대학 축구 선수의 하지 부상 위험 증가와 관련이 있다고 제안되었다[25]. 좌우발 모두 무게부하에서 후내측과 후외측의 절대도달거리가 길게 나타났고, 좌우발 모두 무게부하에서 종합점수가 크게 나타났다. 이러한 결과는 양손에 의해 부하된 무게로 인하여 좌우

균형이 상승하였고, 이로 인해 후내측과 후외측에서 하지의 도달거리가 늘어나 무게부하의 효과가 나타난 것으로 판단된다. 이런 이유에 기인하여 종합점수도 무게부하에서 좀 더 안정적이고 동적 균형이 향상된 것으로 사료된다.

3.2. COP 변인

COP는 안정성을 특성화하는데 사용되었다[3]. 각 방향에 따른 COP 변인의 결과는 <Table 2, 3, 4>와 같다.

3.2.1 전방에서 COP 변인

전방의 COP 변인에서 전후방향 진폭은 왼발에서 부하에 따른 차이가 나타나지 않았지만, 오른발은 부하에 따른 차이가 나타났고($t=2.301$, $p=.036$), 무게부하일 때 낮게 나타났다. 좌우방향 진폭은 좌우발 모두 부하에 따른 차이가 나타나지 않았다. 전후방향 COP속도, 좌우방향 COP속

Table 2. Results of COP variable in anterior reach

anterior	support foot	load	M±SD	t	p
AP amplitude (mm)	left	without	125.45±6.98	1.253	.230
		with	117.77±20.14		
	right	without	118.02±22.88	2.301	.036*
		with	107.56±16.73		
ML amplitude (mm)	left	without	26.99±4.77	.950	.357
		with	25.69±7.44		
	right	without	26.69±6.25	.279	.784
		with	26.19±8.56		
AP COP velocity (mm/s)	left	without	94.26±21.86	1.416	.177
		with	86.34±26.45		
	right	without	76.78±12.16	.987	.339
		with	74.17±16.07		
ML COP velocity (mm/s)	left	without	25.26±5.45	1.834	.087
		with	22.75±7.53		
	right	without	24.36±6.33	2.390	.030*
		with	20.85±5.87		
COP velocity (mm/s)	left	without	101.74±22.37	1.535	.146
		with	92.83±27.96		
	right	without	85.11±13.37	1.671	.116
		with	80.11±17.17		
COP surface (mm ²)	left	without	3465.50±1339.33	.954	.355
		with	3235.50±1254.67		
	right	without	3457.25±1352.29	4.272	.001***
		with	2389.75±1174.80		

* $p<.05$, *** $p<.001$

도, COP속도도 좌우발 모두 부하에 따른 차이가 나타나지 않았다. COP 면적은 왼발에서 부하에 따른 차이가 나타나지 않았지만, 오른발은 부하에 따른 차이가 나타났고($t=4.272$, $p=.001$), 무게부하일 때 작은 면적이 나타났다.

정상발 집단과 유연한 평발 집단 사이에서 눈을 뜨고 한쪽 다리로 서기, 눈을 감고 한쪽 다리로 서기, YBT를 통하여 정적 및 동적 안정성을 측정된 결과, COP속도는 조건(눈을 뜨고 감은 상태)과 방향(전후방 및 내외측) 모두 유연한 평발 집단이 크게 나타났지만, YBT 종합점수는 차이가 나타나지 않았고, 두 집단 모두 COP속도와 YBT 종합점수 사이의 상관관계가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 이는 정적 안정성과 동적 안정성 사이에 관계가 없음을 시사하였다[26]. 무게부하를 이용한 정적 및 동적 균형 재활연구는 만성 뇌졸중 환자들에게 적용되는데, 만성 뇌졸중 환자의 수중 트레드밀 보행훈련 시 하지 무게부하에 대한 연구에서 무게부하를 주지 않은 그룹

과 무릎에 무게부하를 적용한 그룹, 발목에 무게부하를 적용한 그룹으로 구분하여 보행훈련을 시행한 결과 발목에 무게부하를 적용한 그룹에서 무릎과 발목의 대칭성과 안정성에 향상을 보였다고 하였다[27]. 뇌졸중 환자의 트레드밀 보행 훈련 시 건측 무게부하군, 환측 무게부하군, 무부하군으로 분류한 하지 무게부하를 이용하여 보행훈련이 균형과 보행에 미치는 연구를 통하여 무게부하군이 무부하군에 비하여 정적, 동적 균형과 보행 능력을 향상시킴으로써 기능적 활동을 증진시키는데 효과적임을 알 수 있었다. 특히 환측 무게부하를 통해 체중지지율을 향상시키고, 건측 무게부하를 통해 보행 능력을 향상시키는 것으로 나타났다[12]. 이와 같이, 무게부하는 신체 불균형에 대한 재활방법으로 그 효과가 증명되고 있다. 전방 도달 동안 전후진폭은 오른발에서 무게부하 시 적게 나타났고, 좌우 COP속도는 오른발에서 무게부하 시 느리게 나타났으며, COP 면적은 오른발에서 무게부하 시 적게 나타났다. 유의

Table 3. Results of COP variable in posteromedial reach

posteromedial	support foot	load	M±SD	<i>t</i>	<i>p</i>
AP amplitude (mm)	left	without	107.90±31.48	.766	.456
		with	100.95±20.90		
	right	without	94.61±25.99	-.793	.440
		with	101.93±29.58		
ML amplitude (mm)	left	without	26.28±6.41	-.152	.881
		with	26.56±7.15		
	right	without	25.76±7.03	-.927	.368
		with	29.60±15.44		
AP COP velocity (mm/s)	left	without	109.04±26.87	1.990	.065
		with	94.34±17.42		
	right	without	87.94±24.54	-.046	.964
		with	88.27±19.37		
ML COP velocity (mm/s)	left	without	27.48±7.43	.707	.490
		with	26.11±7.38		
	right	without	24.20±7.04	-.059	.953
		with	24.34±7.87		
COP velocity (mm/s)	left	without	117.31±26.60	1.939	.072
		with	102.60±18.54		
	right	without	97.76±24.05	.243	.811
		with	95.86±21.45		
COP surface (mm ²)	left	without	2566.75±1062.37	-.146	.886
		with	2608.69±1119.38		
	right	without	2446.56±1005.56	-.729	.478
		with	2732.38±1244.05		

미한 차이는 모두 오른발에서 무게부하의 효과가 나타났고, 이는 대부분의 대상자가 손과 발 모두 오른쪽 우성인 이유로 판단된다.

3.2.2. 후내측에서 COP 변인

후내측의 COP 변인에서 전후방향 진폭, 좌우방향 진폭, 전후방향 COP속도, 좌우방향 COP속도, COP속도, COP 면적은 좌우발 모두 부하에 따른 차이가 나타나지 않았다.

발목 근피로 유발 후 기능적 발목 불안정성이 있는 대상자에게 키네시오 테이핑 처치의 효과를 YBT를 통하여 동적 자세제어를 연구한 결과 키네시오 테이핑 처치로 후내측에서 도달거리가 증가한 것으로 보고하였고[28], 또 다른 연구에서도 YBT의 후내측 도달거리가 만성 발목 불안정성을 가진 사람을 식별할 수 있다는 것을 발견하였다[29]. 하지만 본 연구에서는 후내측 도달 시 모든 COP 변인에서 무게부하의 효과가 나타나지 않았

다. 이는 무게부하 시 부하의 위치로 인한 것으로 판단된다.

3.2.3. 후외측에서 COP 변인

후외측의 COP 변인에서 전후방향 진폭은 좌우발 모두 부하에 따른 차이가 나타나지 않았다. 좌우방향 진폭은 왼발에서 부하에 따른 차이가 나타났고($t=5.038, p=.000$), 무게부하일 때 낮게 나타났으며, 오른발은 부하에 따른 차이가 나타나지 않았다. 전후방향 COP속도는 왼발에서 부하에 따른 차이가 나타났고($t=3.359, p=.004$), 무게부하일 때 속도가 느리게 나타났으며, 오른발은 부하에 따른 차이가 나타나지 않았다. 좌우방향 COP속도는 왼발에서 부하에 따른 차이가 나타났고($t=4.406, p=.001$), 무게부하일 때 속도가 느리게 나타났으며, 오른발은 부하에 따른 차이가 나타났고($t=4.246, p=.001$), 무게부하일 때 속도가 느리게 나타났다. COP속도는 왼발에서 부하에

Table 4. Results of COP variable in posterolateral reach

posterolateral	support foot	load	M±SD	t	p
AP amplitude (mm)	left	without	101.70±23.15	1.764	.098
		with	90.89±16.14		
	right	without	90.08±16.80	.687	.502
		with	86.14±19.63		
ML amplitude (mm)	left	without	33.04±7.52	5.038	.000***
		with	26.95±6.28		
	right	without	29.51±8.81	1.337	.201
		with	27.89±7.88		
AP COP velocity (mm/s)	left	without	105.87±22.50	3.359	.004**
		with	87.24±20.97		
	right	without	91.27±25.17	1.868	.081
		with	79.89±18.99		
ML COP velocity (mm/s)	left	without	32.09±8.10	4.406	.001***
		with	25.38±7.59		
	right	without	28.88±9.24	4.246	.001***
		with	23.15±8.13		
COP velocity (mm/s)	left	without	116.09±23.14	3.688	.002***
		with	95.22±22.00		
	right	without	101.29±26.80	2.296	.037*
		with	87.44±20.45		
COP surface (mm ²)	left	without	3213.31±1202.74	2.920	.011*
		with	2323.44±794.35		
	right	without	2857.50±1565.62	2.499	.025*
		with	2328.44±1159.10		

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

따른 차이가 나타났고($t=3.688$, $p=.002$), 무게부하일 때 속도가 느리게 나타났으며, 오른발은 부하에 따른 차이가 나타났고($t=2.296$, $p=.037$), 무게부하일 때 속도가 느리게 나타났다. COP 면적은 왼발에서 부하에 따른 차이가 나타났고($t=2.920$, $p=.011$), 무게부하일 때 작은 면적이 나타났으며, 오른발은 부하에 따른 차이가 나타났고($t=2.499$, $p=.025$), 무게부하일 때 작은 면적이 나타났다.

키네시오 테이핑을 처치한 기능적 발목 불안정성 대상자는 YBT의 후외측에서 도달거리가 증가한 것으로 보고하였고[29], 만성 발목 불안정성 대상자의 SEBT에서 고관절 외전 강도와 고관절 신전 강도, 후내측, 후외측 도달 거리 사이에 양의 상관관계가 있음을 보여주었지만[30], 노인 여성을 대상으로 한 연구에서 고관절 외전 강도와 YBT의 전방과 후외측 범위 사이에 유의미한 상관관계를 찾지 못하였다[31]. 후외측 도달 동안 좌우진폭은 왼발에서 무게부하 시 적게 나타났고, 전후 COP속도는 왼발, 좌우 COP속도는 좌우발, COP속도는 좌우발에서 모두 무게부하 시 느리게 나타났으며, COP 면적은 좌우발의 무게부하 시 적게 나타났다. 대부분 COP속도에서 무게부하에 따른 차이를 보였는데, COP속도는 작업 중 중요 순간의 정도를 나타내는 데 사용되어 왔으며 중요 정도를 감지하는 데 가장 민감한 COP 변수로 제안되었다[5]. 무게부하일 때, 동적 균형이 상승된다는 근거가 될 것으로 사료된다. 이는 무게부하를 통한 재활이 동적 균형에 효과적이라고 판단된다.

4. 결론

본 연구의 목적은 YBT를 통하여 무게부하 증가가 동적 균형에 미치는 영향을 밝히는데 있으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, YBT 시 후내측과 후외측 도달거리, 종합점수에서 무게부하일 때 동적 균형이 향상되었다.

둘째, COP 결과는 전방 도달 동안 전후진폭은 오른발에서 무게부하 시 적게 나타났고, 좌우 COP속도는 오른발의 무게부하에서 느리게 나타났으며, COP 면적은 오른발의 무게부하에서 적게 나타났다.

셋째, 후내측 도달 동안 모든 COP 변인에서 무게부하의 효과가 나타나지 않았다.

넷째, 후외측 도달 동안 좌우진폭은 왼발에서 무게부하 시 적게 나타났고, 전후 COP속도는 왼발, 좌우 COP속도는 좌우발, COP속도는 좌우발에서 모두 무게부하 시 느리게 나타났으며, COP 면적은 좌우발의 무게부하 시 적게 나타났다.

종합해 보면 YBT 동안 무게부하는 각 방향의 도달거리와 종합점수를 향상시켜주고, COP 변인에서는 전방과 후내측에서 동적 균형을 향상시켜주는 효과가 나타났다.

향후 연구에서는 추가적으로 하지 근육의 활성도를 함께 측정하여 결과에 대한 근본적인 원인의 분석이 필요할 것이다.

References

1. S. B. O'Sullivan, T. J. Schmitz, "Physical rehabilitation assessment and treatment. 3rd ed." F. A. Davis: Philadelphia, (1994).
2. S. S. Hasan, D. W. Robin, D. C. Szurkus, D. H. Ashmead, S. W. Peterson, R. G. Shiavi, "Simultaneous measurement of body center of pressure and center of gravity during upright stance. Part I: methods". *Gait & Posture*, Vol.4, No.1 pp. 1-10, (1996).
3. N. Shibuya, R. T. Kitterman, J. Lafontaine, D. C. Jupiter, "Demographic, physical, and radiographic factors associated with functional flatfoot deformity". *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, Vol.53, No.2 pp. 168-172, (2014).
4. M. Elboim-Gabyzon, M. Pitluk, E. Shuper-Engelhard, "The correlation between physical and emotional stabilities: A cross-sectional observational preliminary study". *Annals of Medicine*, Vol.54, No.1 pp. 1678-1685, (2022).
5. K. Masani, A. H. Vette, M. O. Abe, K. Nakazawa, "Center of pressure velocity reflects body acceleration rather than body velocity during quiet standing". *Gait & Posture*, Vol.39, No.3 pp. 946-952, (2014).
6. C. T. Ray, M. Horvat, R. Croce, R. C. Mason, S. L. Wolf, "The impact of vision loss on postural stability and balance

- strategies in individuals with profound vision loss”. *Gait & Posture*, Vol.28, No.1 pp. 58–61, (2008).
7. P. E. Jeter, S. Haaz Moonaz, A. K. Bittner, G. Dagnelie, “Ashtangabased yoga therapy increases the sensory contribution to postural stability in visually-impaired persons at risk for falls as measured by the wii balance board: A pilot randomized controlled trial”. *PLoS One*, Vol.10, No.6 e0129646, (2015).
 8. A. S. Pollock, B. R. Durward, P. J. Rowe, J. P. Paul, “What is balance?” *Clinical Rehabilitation*, Vol.14, No.4 pp. 402–406, (2000).
 9. S. K. Effgen, “Effect of an exercise program on the static balance of deaf children”. *Physical Therapy*, Vol.61, No.6 pp. 873–877, (1981).
 10. G. F. Coughlan, K. Fullam, E. Delahunt, C. Gissane, B. M. Caulfield, “A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test”. *Journal of Athletic Training*, Vol.47, No.4 pp. 366–371, (2012).
 11. G. Y. Lee, “The effects of weight-loaded treadmill training applied to the non-paretic ankle on the balance and walking of chronic stroke patients”. Unpublished Master’s Thesis, Gyeongbuk University, Daegu, Korea, (2020).
 12. S. W. Lee, H. S. Lee, “The effect of treadmill-based leg weight loading training on balance and gait in stroke patients”. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, Vol.50, No.1 pp. 89–111, (2011).
 13. S. H. Shin, K. J. Lee, C. H. Song, “The effect of weight based gait training using weighted vest on static balance and dynamic balance with stroke”. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, Vol.50, No.3 pp. 413–431, (2011).
 14. C. M. Bastiaanse, J. Duysens, V. Dietz, “Modulation of cutaneous reflexes by load receptor input during human walking”. *Experimental brain research*, Vol.135, No.2 pp. 189–198, (2000).
 15. P. J. Plisky, P. P. Gorman, R. J. Butler, K. B. Kiesel, F. B. Underwood, B. Elkins, “The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test”. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, Vol.4, pp. 92–99, (2009).
 16. C. A. Smith, N. J. Chimera, M. Warren, “Association of y balance test reach asymmetry and injury in division I athletes”. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol.47, No.1 pp. 136–141, (2015).
 17. Z. Huang, X. Xiao, “Characteristics of the postural stability of the lower limb in different visual states of undergraduate students with moderate myopia”. *Frontiers in Physiology*, Vol.4;13:1092710, (2023).
 18. N. Kaur, K. Bhanot, G. Ferreira, “Lower extremity and trunk electromyographic muscle activity during performance of the Y-balance test on stable and unstable surfaces”. *International Journal of Sports Physical Therapy*. Vol.2;17, No.3 pp. 483–492, (2022).
 19. T. T. T. Yam, S. S. M. Fong, “Y-balance test performance and leg muscle activations of children with developmental coordination disorder”. *Journal of Motor Behavior*, Vol.51, No.4 pp. 385–393, (2019).
 20. B. R. Wilson, K. E. Robertson, J. M. Burnham, M. C. Yonz, M. L. Ireland, B. Noehren, “The relationship between hip strength and the Y balance test”. *Journal of Sport Rehabilitation*, Vol.1;27 No.5 pp. 445–450, (2018).
 21. N. S. Kim, H. S. Kang, “Effect of a passive cool-down following an intense and exhaustive running on dynamic balance”. *Journal of Korean Living Environment System*, Vol.29, No.4 pp. 375–381, (2022).

22. J. W. Park, S. B. Kim, "The effect of diminished cutaneous sensation of forefoot with ice application on the Y-balance test of 20s healthy". *The Korea Journal of Sports Science*, Vol.31, No.1 pp. 881-889, (2022).
23. D. E. Jung, "The effect of weight load on the ankle malleolus on balance and joint position sense in adults with chronic ankle instability". Unpublished Doctor's Thesis, Gyeongbuk University, Daegu, Korea, (2015).
24. M. C. Meyers, "Incidence, mechanisms, and severity of game-related college football injuries on FieldTurf versus natural grass: a 3-year prospective study". *The American Journal of Sports Medicine*, Vol.38, pp. 687-697, (2010).
25. R. J. Butler, G. Bullock, T. Arnold, P. Plisky, R. Queen, "Competition-level differences on the lower quarter Y-balance test in baseball players". *Journal of Athletic Training*, Vol.51, No.12 pp. 997-1002, (2016).
26. J. A. Kim, O. B. Lim, C. H. Yi, "Difference in static and dynamic stability between flexible flatfeet and neutral feet". *Gait & Posture*, Vol.41, No.2 pp. 546-550, (2015).
27. T. Jung, D. Lee, C. Charalambous, K. Vrongistinos, "The influence of applying additional weight to the affected leg on gait patterns during aquatic treadmill walking in people poststroke". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.91, No.1 pp. 129-136, (2010).
28. P. Li, Z. Wei, Z. Zeng, L. Wang, "Acute effect of kinesio tape on postural control in individuals with functional ankle instability following ankle muscle fatigue". *Frontiers in Physiology*, 30;13:980438, (2022).
29. J. Hertel, R. A. Braham, S. A. Hale, L. C. Olmsted-Kramer, "Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability". *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, Vol.36, pp. 131-137, (2006).
30. T. J. Hubbard, L. C. Kramer, C. R. Denegar, J. Hertel, "Correlations among multiple measures of functional and mechanical instability in subjects with chronic ankle instability". *Journal of Athletic Training*, Vol.42, No.3 pp. 361-366, (2007).
31. D. K. Lee, G. M. Kim, S. M. Ha, J. S. Oh, "Correlation of the Y-balance test with lower-limb strength of adult women". *The Journal of Physical Therapy Science*, Vol.26, No.5 pp. 641-643, (2014).