

Y-Balance Test 시 지지발이 활동발에 미치는 영향

우병훈[†]

경기대학교 체육학과, 교수

(2023년 11월 21일 접수: 2023년 12월 18일 수정: 2023년 12월 21일 채택)

Effects of support feet on active feet during Y-Balance Test

Byung-Hoon Woo[†]

Department of Physical Education, Kyonggi Univ.

(Received November 21, 2023; Revised December 18, 2023; Accepted December 21, 2023)

요약 : 본 연구의 목적은 YBT(Y-balance test) 시 지지발의 COP 변인이 활동발의 상대도달거리와 종합점수에 미치는 영향을 밝히는 것이다. 연구의 대상자로 20대 성인 남성 26명(연령: 24.4 ± 3.0 년, 신장: 171.0 ± 10.5 cm, 체중: 72.1 ± 12.1 kg, 다리길이: 88.2 ± 5.8 cm)이 연구에 참여하였다. 연구의 측정도구인 YBT를 통하여 활동발의 상대도달거리, 종합점수, 지지발의 COP 변인들을 좌우발에서 측정하여 결과를 도출하였다. YBT 시 지지발의 COP 변인이 상대도달거리와 종합점수가 미치는 영향을 알아보기 위하여 다중회귀분석을 이용하였다. 이에 따른 연구결과로, YBT 동안 오른발 지지 시 후외측 방향에서 전후, 좌우 COP속도, COP속도의 영향이 크고, 왼발 지지 시 후내측 방향에서 전후, 좌우 COP속도, COP속도의 영향으로 상대도달거리 및 종합점수를 향상시켰다.

주제어 : Y-Balance Test, 지지발, 활동발, 압력중심, 동적균형

Abstract : The purpose of this study was to reveal the effect of COP variable of support feet on relative reach distance and composite score of active feet during YBT. 29 adults in their 20s(age: 24.4 ± 3.0 yrs, height: 171.0 ± 10.5 cm, weight: 72.1 ± 12.1 kg, leg length: 88.2 ± 5.8 cm) participated in the study. Using YBT, relative reach distance and composite score of active feet were calculated, and COP variables of support feet were measured on left and right support feet. Multiple regression analysis was used to determine the effect of COP variables of support feet during YBT on relative reach distance and composite score. As a result of the study, during YBT, when supporting right feet, the influence of AP COP velocity, ML COP velocity and COP velocity in posterolateral direction was significant, and when supporting left feet, the influence of AP COP velocity, ML COP velocity in posteromedial direction improved relative reach distance and composite score.

Keywords : Y-Balance Test, Supporting Feet, Active Feet, COP, Dynamic Balance

[†]Corresponding author
(E-mail: woowoo@kgu.ac.kr)

1. 서론

인간은 일상생활을 영위하기 위하여 지속적인 근골격계의 협응과 균형상태가 요구된다[1]. 신체의 균형은 운동 수행 중 순간적인 동작의 유지와 예측을 통해 안정성을 향상시키기 위한 필수적인 요소로서[2], 균형 유지를 위해 근골격계 기능, 시각계, 체성감각계, 전정기관, 인지능력이 필요하다[3, 4, 5]. 특히 균형능력은 시각계, 전정계, 체성감각계 등의 상호작용을 통해 이루어지고[6], 체성감각계가 58%, 시각계가 22%, 전정기관은 20%를 담당하고, 시각과 전정기관은 균형유지를 위한 보조적 역할을 수행한다[7]. 균형능력에 가장 큰 비중을 차지하는 체성감각계는 고유수용성 감각으로, 사지의 내외적 정보를 통하여 자세를 유지하는 역할을 수행한다[8].

인간은 일상생활에서 자세에 대한 동적제어가 필수적이다. 동적제어를 위한 동적 균형을 위해 피드백 제어와 피드포워드 제어가 필요하지만 사용방법이 상이하기 때문에 균형제어가 어려울 수 있다[9, 10]. 동적 균형의 수행을 측정하기 위한 대표적인 방법은 SEBT(Star Excursion Balance Test)이고, 여기에서 파생된 YBT(Y-Balance Test)는 동적 균형뿐만 아니라 기능 대칭과 안정성을 평가할 수 있기 때문에 객관성과 경제성을 지닌 측정방법이다[11, 12, 13]. SEBT 수행 중에 발생할 수 있는 오류 가능성과 테스트 수행을 위한 표준화된 프로토콜의 부재로 인해 YBT는 임상 및 연구 환경에서 주로 사용되고 있다[12, 13]. YBT는 전방, 후내측, 후외측의 세 방향에서 근육 조정, 안정성, 대칭 측면 등 개인의 수행을 평가할 수 있다. YBT는 한쪽 다리의 지지를 통해 균형을 유지하면서 반대 쪽 다리는 세 방향으로 최대한 멀리 도달해야 한다. 활동발의 최대 도달 거리와 지지발의 압력중심(center of pressure: COP) 변인을 관찰함으로써 선수의 동적 균형 능력을 합리적으로 평가할 수 있다[14].

하지를 구성하는 부위 중 발은 신체에서 가장 먼 곳에 있지만, 균형유지를 위하여 신체가 지면에 지지할 때 표면 적응과 충격 흡수를 도와주고, 추진을 위한 지렛대 역할도 수행한다[15]. 특히 신체의 균형능력은 지지발의 COP를 통하여 이루어지는데, 수직 반력에 대한 백터의 한 지점으로 모든 압력점에 대한 무게의 평균을 의미한다. COP의 분포와 보행 시 COP의 이동은 지금까지 많은 연구들에서 균형능력과 연계시켜 설명

되어왔다[16]. 따라서 지지발의 수행은 활동발의 수행에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되기 때문에 지지발과 활동발의 관계를 알아볼 필요가 있다.

이에 관련한 선행연구로 여자대학 축구선수를 대상으로 킥 동작 시 지지발이 차이(우세발, 비우세발)에 따라 우세발은 큰 인장 토크와 작은 계동 토크를 사용하는 것으로 보고하여[17], 지지발의 중요성을 강조하였다. 또한 축구에서 킥 동작의 성공을 위하여 발의 빠른 스윙 속도, 임팩트 시 발의 견고성, 지지발의 위치, 지지발과 킥을 하는 다리의 각도 등이 중요하다고 보고하였다[18]. 또한 YBT 시 하지 근골격계의 피로는 고관절과 무릎 관절 가동범위를 크게 감소와, 전방, 후외측 방향에서의 고관절 토크를 유의하게 증가한 반면, 후내측 방향에서는 고관절, 발목 관절 토크를 유의하게 감소시킨 것으로 관찰되었다[19].

다양한 연구가 수행되고 있지만, 활동발과 지지발의 관계를 증명하는 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구의 목적은 YBT 시 지지발의 COP 변인이 활동발의 상대도달거리와 종합점수에 미치는 영향을 밝히는 것이다.

2. 실험

2.1. 연구대상

본 연구의 피험자는 하지 근골격계와 균형감각에 이상이 없는 20대 성인 남성 26명(연령: 24.4 ± 3.0 년, 신장: 171.0 ± 10.5 cm, 체중: 72.1 ± 12.1 kg, 다리길이: 88.2 ± 5.8 cm)이 연구에 참가하였다. 피험자들은 실험 참여 전 실험과정에 대한 설명을 들었고, 참여의사와 동의서를 작성하였다.

2.2. 측정도구 및 절차

2.2.1. Y-Balance Test(YBT)

활동발과 지지발의 관계를 규명하기 위한 측정 방법으로 YBT를 실시하였다. YBT는 동적균형을 측정하기 위한 방법으로 지지발의 진행방향을 기준으로 앞쪽을 전방(anterior: A), 후내측(posteromedial: PM), 후외측(posterolateral: PL)으로 나누어지고, 전방을 기준으로 시계방향과 반시계방향 135° 지점에 후내측과 후외측 지점에 각각 1.5 m 길이의 테이프를 바닥에 부착하였다.

후내측과 후외측 지점 사이의 각도는 90° 이고, 지지발 위치에는 YBT 시 지지발의 COP를 측정하기 위하여 무선 압력판(K-force plates, K-Invent Biomecanique, Orsay, France, sampling rate: 75 Hz, 30 mm x 320 mm x 160 mm)을 설치하였다(Fig. 1).

YBT를 이용하여 활동발이 각 방향으로 도달하는 동안 지지발에서 발생하는 COP 변인을 측정하기 위하여, YBT 시 지지발은 압력판 한발만 지지한 상태로 양손은 허리에 두고, 지지하지 않은 발은 압력판 옆에 위치한 상태로 준비자세를 취한다. 사전 연습은 Plisky et al.[13]이 제시한 프로토콜을 이용하였고, 각 방향마다 3번을 측정하여 절대도달거리를 구하였다. 3번의 측정은 연속적으로 수행하였고, 각 시도마다 5초 간 휴식 시간이 주어졌다. 활동발의 도달은 전방, 후내측, 후외측 방향으로 피험자가 활동발의 다리를 최대한 뻗은 곳까지의 거리를 cm로 기록하였다. 하지 길이와 신장의 차이에 대한 일반화를 위해 각 피험자의 다리길이를 이용하여 상대도달거리와 종합점수(CS: composite score)를 구하였다. 활동발의 YBT 동안 지지발은 압력판을 이용하여 지지발의 COP 변인을 구하였다. 측정 시 양손이 허리에서 떨어지는 경우, 신체 균형을 잃을 경우, 활동발이 도달위치에서 원래 위치로 돌아오지 못한 경우, 지지발이 압력판에서 떨어지는 경우 등 연구자가 판단하여 재측정을 실시하였다. YBT 동안 하지관절의 굴곡운동은 허용하였고, 각 방향에 대한 측정은 무작위로 실시하여 학습효과를 방지하였다.

2.2.2. 측정변인 및 자료처리

(1) YBT 종합점수 공식

피험자의 하지 길이와 신장에 대한 차이를 일반화하기 위해 각 피험자마다 좌우 다리 길이를 측정하였다. 피험자는 누운 상태에서 줄자를 이용하여 전상장골극(anterior superior iliac spine: ASIS)부터 내측 복사뼈 원위 지점(distal aspect of the medial malleolus)까지 측정하여 아래의 공식에 대입하였다[13].

$$\text{절대도달거리(cm)} = (\text{첫 번째 시도} + \text{두 번째 시도} + \text{세 번째 시도}) / 3$$

$$\text{상대도달거리(cm)} = (\text{절대도달거리} / \text{다리길이}) \times 100$$

$$\text{종합점수(\%)} = (\text{3가지 방향의 절대도달거리의 합} / \text{다리 길이} \times 3) \times 100$$

(2) 압력중심 변인

- AP(anteriorposterior) amplitude (mm): 지지발의 전후방향의 진폭
- ML(mediolateral) amplitude (mm): 지지발의 좌우방향의 진폭
- AP COP velocity (mm/s): 지지발의 전후방향의 평균 속도
- ML COP velocity (mm/s): 지지발의 좌우방향의 평균 속도
- COP velocity (mm/s): 지지발의 전후, 좌우방향의 평균 합성속도
- COP surface (mm²): 지지발의 전후, 좌우방향의 평균 진폭의 면적

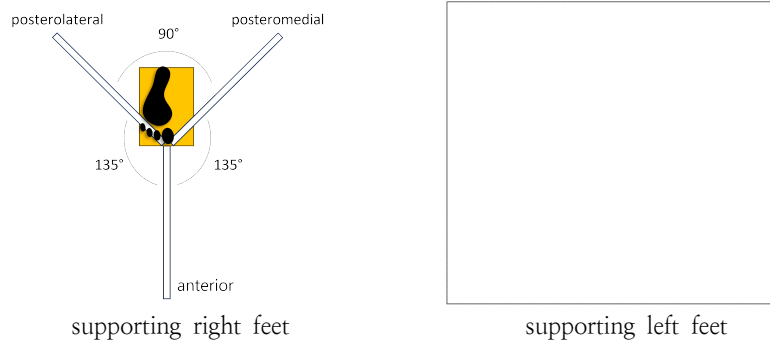


Fig. 1. Y-Balance Test.

2.2.3. 통계처리

본 연구의 자료는 SPSS 25.0(IBM, USA)을 통하여 YBT 시 지지발의 COP 변인이 상대도달거리와 종합점수가 미치는 영향을 알아보기 위하여 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 이용하였고, 변인 투입방법은 후진으로 하였다. 모든 통계치의 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. YBT 시 지지발에 따른 상대도달거리와 COP 변인의 회귀분석

YBT 시 지지발의 COP 변인이 상대도달거리에 미치는 영향을 분석하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다<Table 1>.

Table 1. Multiple regression analysis of YBT relative reach distance and COP variables on support foot during YBT

support foot		right foot			left foot			
variable	dircetion	anterior			variable	anterior		
		B	β	t		B	β	t
constant		53.356		8.789***	constant	47.274		4.872***
AP amplitude		.499	.409	2.198*	AP amplitude	.149	.369	1.945
ML amplitude		-	-	-	ML amplitude	-	-	-
AP COP velocity		-	-	-	AP COP velocity	-	-	-
ML COP velocity		-	-	-	ML COP velocity	-	-	-
COP velocity		-	-	-	COP velocity	-	-	-
COP surface		-	-	-	COP surface	-	-	-
adj. R ² (.133), F(4.829*), Dubin-Watson(1.725)				adj. R ² (.100), F(3.782), Dubin-Watson(2.139)				
variable	dircetion	posteromedial			variable	posteromedial		
		B	β	t		B	β	t
constant		96.514	.785	10.836***	constant	153.072		10.248***
AP amplitude		-	-	-	AP amplitude	-	-	-
ML amplitude		-	-	-	ML amplitude	-2.550	-1.664	-3.140**
AP COP velocity		.362	.612	3.795***	AP COP velocity	5.775	11.199	2.432*
ML COP velocity		-	-	-	ML COP velocity	4.340	3.388	2.761*
COP velocity		-	-	-	COP velocity	-6.221	-12.633	-2.422*
COP surface		-	-	-	COP surface	.009	.804	2.641*
adj. R ² (.349), F(14.402***), Dubin-Watson(2.471)				adj. R ² (.358), F(3.788*), Dubin-Watson(2.414)				
variable	dircetion	posterolateral			variable	posterolateral		
		B	β	t		B	β	t
constant		84.432		11.415***	constant	13.678		5.813***
AP amplitude		-	-	-	AP amplitude	.326	.447	2.446*
ML amplitude		-	-	-	ML amplitude	-	-	-
AP COP velocity		4.362	9.375	2.571*	AP COP velocity	-	-	-
ML COP velocity		2.478	1.744	2.751*	ML COP velocity	-	-	-
COP velocity		-4.353	-9.841	-2.442*	COP velocity	-	-	-
COP surface		-	-	-	COP surface	-	-	-
adj. R ² (.498), F(9.260***), Dubin-Watson(2.103)				adj. R ² (.166), F(5.983*), Dubin-Watson(1.713)				

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

YBT에서 왼발이 활동발이고 오른발이 지지발 일 때, 전방 도달 시 COP 변인은 13.3%의 설명력을 가지고 있고, F 값은 4.829($p=.038$)로 YBT에서 전방 도달 시 상대도달거리에 영향을 미치는 COP 변인이 있는 것으로 나타났다. 후진 변인 투입방법을 통하여 변인들 중 좌우진폭($p=.038$)의 영향이 유의한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화계수를 확인한 결과 좌우진폭($B=.499$)로 나타났고, 좌우진폭이 클수록 상대도달거리가 길게 나타났다. 또한 표준화계수를 확인한 결과 좌우진폭($\beta=.409$)로 YBT에서 후외측 상대도달거리에 미치는 영향력은 좌우진폭이 가장 큰 것으로 나타났다. YBT에서 후내측 도달 시 COP 변인은 34.9%의 설명력을 가지고 있고, F 값은 14.402($p=.001$)로 YBT 종합점수에 영향을 미치는 COP 변인이 있는 것으로 나타났다. 후진 변인 투입방법을 통하여 변인들 중 전후 COP속도($p=.001$)의 영향이 유의한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화계수를 확인한 결과 전후 COP속도($B=.362$)로 나타났고, 전후 COP속도가 빠를수록 상대도달거리가 길게 나타났다. 또한 표준화계수를 확인한 결과 전후 COP속도($\beta=.612$)로 YBT에서 후내측 상대도달거리에 미치는 영향력은 전후 COP속도가 가장 큰 것으로 나타났다. YBT에서 후외측 도달 시 왼발의 COP 변인은 49.89%의 설명력을 가지고 있고, F 값은 9.260($p=.000$)으로 YBT 종합점수에 영향을 미치는 변인이 있는 것으로 나타났다. 후진 변인 투입방법을 통하여 변인들 중 전후 COP속도($p=.017$), 좌우 COP속도($p=.012$), COP속도($p=.023$)의 영향이 유의한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화계수를 확인한 결과 전후 COP속도($B=4.362$), 좌우 COP속도($B=2.478$), COP속도($B=-4.353$)로 나타났고, 전후 COP속도와 좌우 COP속도가 빠를수록 상대도달거리가 길게 나타났고, COP속도는 느릴수록 상대도달거리가 길게 나타났다. 또한 표준화계수를 확인한 결과 전후 COP속도($\beta=9.375$), 좌우 COP속도($\beta=1.744$), COP속도($\beta=-9.841$)로 YBT에서 후외측 상대도달거리에 미치는 영향력은 COP속도, 전후 COP속도, 좌우 COP속도 순서로 나타났다.

YBT에서 오른발이 활동발이고 왼발이 지지발 일 때, 전방 도달 시 COP 변인은 10.0%의 설명력을 가지고 있고, F 값은 3.782($p=.064$)로 YBT에서 전방 도달 시 상대도달거리에 영향을 미치

는 COP 변인이 없는 것으로 나타났다. YBT에서 후내측 도달 시 COP 변인은 35.8%의 설명력을 가지고 있고, F 값은 3.788($p=.014$)로 YBT 종합 점수에 영향을 미치는 COP 변인이 있는 것으로 나타났다. 후진 변인 투입방법을 통하여 변인들 중 좌우진폭($p=.005$), 전후 COP속도($p=.025$), 좌우 COP속도($p=.012$), COP속도($p=.025$), 면적($p=.016$)의 영향이 유의한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화계수를 확인한 결과 좌우진폭($B=-2.550$), 전후 COP속도($B=5.775$), 좌우 COP속도($B=4.340$), COP속도($B=-6.221$), 면적($B=.009$)으로 나타났고, 전후 COP속도와 좌우 COP속도가 빠를수록 상대도달거리가 길게 나타났지만, 좌우진폭, COP속도, 면적은 감소될수록 상대도달거리가 길게 나타났다. 또한 표준화계수를 확인한 결과 좌우진폭($\beta=-1.664$), 전후 COP속도($\beta=11.199$), 좌우 COP속도($\beta=3.388$), COP속도($\beta=-12.633$), 면적($\beta=.804$)으로 YBT에서 후외측 상대도달거리에 미치는 영향력은 COP속도, 전후 COP속도, 좌우 COP속도, 좌우진폭, 면적 순서로 나타났다. YBT에서 후외측 도달 시 왼발의 COP 변인은 16.6%의 설명력을 가지고 있고, F 값은 5.983($p=.022$)으로 YBT 종합 점수에 영향을 미치는 변인이 있는 것으로 나타났다. 후진 변인 투입방법을 통하여 변인들 중 전후진폭($p=.022$)의 영향이 유의한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화계수를 확인한 결과 전후진폭($B=.326$)으로 나타났고, 전후진폭이 클수록 상대도달거리가 길게 나타났다. 또한 표준화계수를 확인한 결과 전후진폭($\beta=.447$)으로 YBT에서 후외측 상대도달거리에 미치는 영향력은 전후진폭이 가장 큰 것으로 나타났다.

선행연구로 한 발 서기 자세 동안 기저면에 의한 신체 동요에 관한 연구에서 좌우 동요보다는 전후 동요에 대해서 더 영향을 받았고, 왼발과 오른발의 차이는 없다고 주장하였다[20]. 동적균형검사에서 좌우 하지의 불균형은 하지 손상을 2.5-6.5배 증가시킨다고 하였고[21], 양측 하지의 동적 균형능력 비대칭은 손상 위험과 손상 후 동적균형 결손과 관련되어 있다고 하였다[22]. YBT 동안 피로 전과 후 세 방향에서 도달한 거리에는 차이가 있었고, 피로에 따라 COP 진폭 범위도 증가하였다[19]. 조건(눈을 뜨고 감은 상태)과 방향(전후, 좌우) 모두 COP속도에서 정상발(neutral feet) 집단보다 유연한 편평발(flexible flatfeet) 집단에서 빠르게 나타났지만, Y-점수는

두 집단 간에 차이가 없었고 두 집단 모두에서 COP속도와 Y-점수 사이에 유의한 관계가 관찰되지 않았다고 보고하였다[23]. 4가지 종류의 발목 테이핑 처치(FKT: 촉진 키네시오 테이핑, ABT: 발목 균형 테이핑, ST: 가짜 테이핑, NT: 테이핑 없음)에 따라 YBT 시 후외측과 후내측 방향에서 유의한 차이가 관찰되어 KT(키네시오 테이핑)가 발목 근육 피로에 따른 동적 자세 제어를 크게 향상시킬 수 있음을 시사하였다. 또한 NT에서 좌우진폭 범위가 FKT와 ST보다 유의하게 컸지만, FKT와 ST 사이에서 차이가 보이지 않아, 이러한 효과는 테이핑 방법과 밀접한 관련이 없는 것으로 나타났다[24].

본 연구에서 왼발이 활동발이고 오른발이 지지발일 때, 전방에서는 전후진폭의 증가가 상대도달거리가 길었고, 후내측 방향에서는 전후 COP속도는 빠를수록 상대도달거리가 길었고, 후외측 방향에서는 COP속도는 느릴수록, 전후 COP속도와 좌우 COP속도가 빠를수록 상대도달거리가 길게 나타났다. 오른발이 활동발이고 왼발이 지지발일 때, 후내측 방향에서는 COP속도는 느릴수록, 전후 COP속도와 좌우 COP속도는 빠를수록, 좌우진폭은 작을수록 상대도달거리가 길었고, 후외측 방향에서는 전후진폭이 클수록 상대도달거리가 길게 나타났다. 일반적으로 COP의 속도 증가는 불안정한 상태를 의미하지만, 오른발 지지는 후외측, 왼발지지는 후내측 방향에서 전후 및 좌우 COP속도 증가가 상대도달거리를 향상시키는데 영향을 미쳤고, COP속도의 감소도 상대도달거리를 향상시키는데 영향을 미쳤다. 이는 YBT 시 해당방향으로 활동발의 이동이 지지발에 영향을 미친 것으로 보이며, 전후, 좌우 COP속도의 합성 속도인 COP속도는 감소되어 안정성이 상승되어 상대도달거리가 증가한 것으로 판단된다. 오른발 지지는 후외측, 왼발 지지는 후내측 방향에 지지발의 영향이 큰 것으로 나타나, 좌우발의 활동 방향에 따라 지지발의 역할이 중요한 것으로 사료된다.

3.2. YBT 시 지지발에 따른 YBT 종합점수와 COP 변인의 회귀분석

YBT 시 지지발의 COP 변인이 종합점수에 미치는 영향을 분석하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다(Table 2).

YBT 종합점수에 따라 오른발이 지지발일 때, YBT에서 COP 변인은 71.5%의 설명력을 가지고

있고, F 값은 9.949($p=.000$)로 YBT에서 전방 도달 시 상대도달거리에 영향을 미치는 COP 변인이 있는 것으로 나타났다. 후진 변인 투입방법을 통하여 변인들 중 전방 좌우진폭($p=.049$), 후내측 COP속도($p=.001$), 후외측 좌우진폭($p=.044$), 후외측 전후 COP속도($p=.018$), 후외측 좌우 COP속도($p=.041$), 후외측 COP속도($p=.021$)의 영향이 유효한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화계수를 확인한 결과 전방 좌우진폭($B=.356$), 후내측 COP속도($B=.277$), 후외측 좌우진폭($B=.247$), 후외측 전후 COP속도($B=2.909$), 후외측 좌우 COP속도($B=1.356$), 후외측 COP속도($B=-2.990$)로 나타났고, 전방 좌우진폭, 후내측 COP속도, 후외측 전후 COP속도, 후외측 좌우 COP속도는 빠를수록 상대도달거리가 길게 나타났지만, 후외측 COP속도는 감소될수록 상대도달거리가 길게 나타났다. 또한 표준화계수를 확인한 결과 전방 좌우진폭($\beta=.286$), 후내측 COP속도($\beta=.626$), 후외측 좌우진폭($\beta=.372$), 후외측 전후 COP속도($\beta=8.091$), 후외측 좌우 COP속도($\beta=1.235$), 후외측 COP속도($\beta=-8.748$)로 YBT에서 후외측 상대도달거리에 미치는 영향력은 후외측 COP속도, 후외측 전후 COP속도, 후외측 좌우 COP속도, 후내측 COP속도, 전방 좌우진폭 순서로 나타났다.

왼발이 지지발일 때, YBT에서 COP 변인은 37.9%의 설명력을 가지고 있고, F 값은 2.905($p=.031$)로 YBT에서 전방 도달 시 상대도달거리에 영향을 미치는 COP 변인이 있는 것으로 나타났다. 후진 변인 투입방법을 통하여 변인들 중 전방 전후 COP속도($p=.044$), 전방 COP속도($p=.049$), 후내측 전후 COP속도($p=.033$), 후내측 COP속도($p=.038$)의 영향이 유효한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화계수를 확인한 결과 전방 전후 COP속도($B=4.991$), 전방 COP속도($B=-5.307$), 후내측 전후 COP속도($B=4.076$), 후내측 COP속도($B=-4.212$)로 나타났고, 전방 전후 COP속도, 후내측 전후 COP속도는 빠를수록 상대도달거리가 길게 나타났지만, 전방 COP속도, 후내측 COP속도는 느릴수록 상대도달거리가 길게 나타났다. 또한 표준화계수를 확인한 결과 전방 전후 COP속도($\beta=9.186$), 전방 COP속도($\beta=-10.335$), 후내측 전후 COP속도($\beta=10.318$), 후내측 COP속도($\beta=-11.163$)로 YBT에서 후외측 상대도달거리에 미치는 영향력은 후내측 COP속도, 전방 COP속도, 후내측 전

Table 2. Multiple regression analysis of YBT composite score and COP variables on support foot during YBT

support foot			right foot			left foot		
variable	B	β	t	variable	B	β	t	
constant	61.180		9.988***	constant	86.560		7.705***	
ML amplitude(A)	.389	.286	2.113*	ML amplitude(A)	-	-	-	
AP COP velocity(A)	-	-	-	AP COP velocity(A)	4.991	9.186	2.170*	
ML COP velocity(A)	-	-	-	ML COP velocity(A)	3.063	1.814	2.053	
COP velocity(A)	-	-	-	COP velocity(A)	-5.307	-10.335	-2.125*	
AP COP velocity(PM)	-	-	-	AP COP velocity(PM)	-	-	-	
ML COP velocity(PM)	-	-	-	ML COP velocity(PM)	4.076	10.318	2.321*	
COP velocity(PM)	.277	.626	3.771***	COP velocity(PM)	1.699	1.731	1.828	
COP surface(PM)	-.003	-.306	-2.072	COP surface(PM)	-4.212	-11.163	-2.244*	
ML amplitude(PL)	.247	.372	2.167*	ML amplitude(PL)	-	-	-	
AP COP velocity(PL)	2.909	8.091	2.600*	AP COP velocity(PL)	-	-	-	
ML COP velocity(PL)	1.356	1.235	.041*	ML COP velocity(PL)	.815	.662	2.088	
COP velocity(PL)	-2.990	-8.748	-2.532*	COP velocity(PL)	-	-	-	
COP surface(PL)	-	-	-	COP surface(PL)	-.004	-.509	-1.820	
adj. R^2 (.715), F (9.949***), Dubin-Watson(2.572)				adj. R^2 (.379), F (2.905*), Dubin-Watson(1.937)				

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

A: anterior, PM: posteromedial, PL: posterolateral

후 COP속도, 전방 전후 COP속도 순서로 나타났다.

선행연구로 COP 속도는 작업 중 동요 순간의 정도를 나타내는 데 사용되어 왔으며 동요 정도를 감지하는 데 가장 민감한 COP 변수로 제안되었다[25]. 미국 고등학교 농구선수는 YBT에서 전방 도달 시 비대칭이 4cm 이상이거나 종합점수가 94.0% 미만일 때 하지 부상 위험이 증가한 것으로 나타났다[21], 대학 풋볼 선수들의 YBT 종합점수가 89% 이상인 대학 풋볼 시즌 동안 어떠한 비접촉 하체 부상이 없었다[26]. YBT 시 3 가지 시각적 상태(교정시력, 근시, 눈 감은 상태)에 따라 지지발의 COP 변인에서 전후 및 좌우진폭, 면적은 교정시력이 눈을 감은 상태보다 작게 나타났고, YBT 도달거리에서 전방 및 후내측과, 종합점수는 교정시력, 근시, 눈 감은 상태 순으로 높게 나타났으며, 후외측은 교정시력과 근시가 눈 감은 상태보다 높게 나타났다고 보고하였다[27].

본 연구에서 왼발이 활동발이고 오른발이 지지발일 때, 모든 COP 변인에서 후외측 전후, 좌우 COP속도, 전방 좌우진폭의 증가와 후외측, 후내측 COP속도의 감소로 인해 YBT 종합점수가 높아지는 원인이 되었다. 또한 오른발이 활동발이고 왼발이 지지발일 때, 모든 COP 변인에서 전방, 후내측 전후 COP속도의 증가와 전방, 후내측 COP속도의 감소로 인해 YBT 종합점수가 높아지는 원인이 되었다. YBT 종합점수는 YBT 시 세 방향의 종합적인 상대도달거리를 바탕으로 산출된 결과이므로, 전반적으로 오른발 지지 시 후외측 COP속도의 영향이 크고, 왼발 지지 시 후내측 COP속도의 영향이 크게 미치는 것으로 나타났다. 이는 각 방향 별 제시되었던 내용과 동일한 결과로 나타났기 때문에 활동발의 방향에 따라 지지발의 COP속도가 중요한 역할을 하는 것으로 판단되지만, 지지발에 따른 YBT 방향에서의 차이는 본 연구에서 조사하지 못하였다.

4. 결론

본 연구의 목적은 YBT 시 지지발의 COP 변인이 활동발의 상대도달거리와 종합점수에 미치는 영향을 밝히는 것이다. 이에 따른 결론은 다음과 같다.

첫째, 오른쪽 지지발이 상대도달거리에 미치는 영향으로, 전방에서는 전후진폭의 증가, 후내측 방향에서는 전후 COP속도 증가. 후외측 방향에서는 COP속도는 감소, 전후 COP속도와 좌우 COP속도 증가로 상대도달거리가 길게 나타났다.

둘째, 왼쪽 지지발이 상대도달거리에 미치는 영향으로, 후내측 방향에서는 COP속도 감소, 전후 COP속도와 좌우 COP속도 증가, 좌우진폭 감소, 후외측 방향에서는 전후진폭 증가로 상대도달거리가 길게 나타났다.

셋째, 오른쪽 지지발이 YBT 종합점수에 미치는 영향으로, 후외측 전후, 좌우 COP속도, 전방 좌우진폭의 증가와 후외측, 후내측 COP속도의 감소로 인해 YBT 종합점수가 높아졌다.

넷째, 왼쪽 지지발이 YBT 종합점수에 미치는 영향으로, 전방, 후내측 전후 COP속도의 증가와 전방, 후내측 COP속도의 감소로 인해 YBT 종합점수가 높아졌다.

종합해 보면 YBT 동안 오른발 지지 시 후외측 COP속도의 영향이 크고, 왼발 지지 시 후내측 COP속도의 영향이 크게 미치는 것으로 나타났기 때문에 활동발의 방향에 따라 지지발의 COP속도가 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다.

향후 연구에서는 하지의 근활성도를 함께 조사하여 상대도달거리와 종합점수에 미치는 근본적인 원인에 대한 분석이 필요할 것이다.

References

1. R. Y. Ahmad, "Coordination of body segments during turning in healthy adults: A review". *Nigerian Journal of Basic and Clinical Sciences*, Vol.14, No.2 pp. 78-82, (2017).
2. D. V. Poltavski, "The use of single-electrode wireless EEG in biobehavioral investigations". Humana Press, New York, (2015).
3. P. T. Cheng, S. H. Wu, M. Y. Liaw, A. M. Wong, F. T. Tang, "Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.82, No.12 pp. 1650-1654, (2001).
4. C. M. Hall, L. T. Brody, "Therapeutic exercise: Moving toward function". Lippincott Williams & Wilkins, (2005).
5. K. Masani, A. H. Vette, N. Kawashima, M. R. Popovic, "Neuromusculoskeletal torque-generation process has a large destabilizing effect on the control mechanism of quiet standing". *Journal of Neurophysiology*, Vol.100, No.3 pp. 1465-1475, (2008).
6. H. G. Kim, "The effect of therapeutic exercise program on static-dynamic balance performance in hemiplegic patients. *Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*, Vol.9, No.4 pp. 13-21, (2011).
7. S. R. Lord, R. D. Clark, I. W. Webster, "Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons". *Journal of Gerontology*, Vol.46, No.3 pp. M69-76, (1991).
8. A. Shumway-Cook, F. B. Horak, "Assessing the influence of sensory interaction on balance: suggestion from the field". *Physical Therapy*, Vol.66, No.10 pp. 1548-1550, (1986).
9. 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).
10. 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).
11. N. J. Ruffe, S. R. Sorce, M. D. Rosenthal, M. J. Rauh, "Lower quarter-and upper

- quarter Y balance tests as predictors of running-related injuries in high school cross-country runners". *International Journal of Sports Physical Therapy*, Vol.14, No.5 pp. 695-706, (2019).
12. T. A. Kramer, R. S. Sacko, C. E. Pfeifer, D. R. Gatens, J. M. Goins, D. F. Stodden, "The association between the functional movement screen, Y-balance test, and physical performance tests in male and female high school athletes". *International Journal of Sports Physical Therapy*, Vol.14, No.6 pp. 911-919, (2019).
 13. 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, No.2 pp. 92-99, (2009).
 14. S. M. Kim, F. Qu, W. K. Lam, "Analogy and explicit motor learning in dynamic balance: Posturography and performance analyses". *European Journal of Sport Science*, Vol.21, No.8 pp. 1129-1139, (2021).
 15. D. Tiberio, "Pathomechanics of structural foot deformities". *Physical Therapy*, Vol.68, No.12 pp. 1840-1849, (1988).
 16. E. Kellis, A. Katis, "Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick". *Journal of Sports Science and Medicine*, Vol.6, No.2 pp. 154-165, (2007).
 17. S. E. Clagg, A. Wamock, J. Thomas, "Kinetic analyses of maximal effort soccer kicks in female collegiate athletes". *Sports Biomechanics*, Vol.8, No.2 pp. 141-153, (2009).
 18. S. Kang, W. I. Son, "Analysis of the movement and anatomical angular motion of the joints of the lower extremities in soccer instep kick". *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.18, No.1 pp. 1-10, (2008).
 19. C. Huang, J. Ye, Y. Song, B. Kovacs, J. S. Baker, Z. Mao, Y. Gu, "The effects of fatigue on the lower limb biomechanics of amateur athletes during a Y-balance test". *Healthcare (Basel)*, Vol.11, No.18 2565, (2023).
 20. T. Tanaka, N. Hashimoto, M. Nakata, T. Ito, S. Ino, T. Ifukube, "Analysis of toe pressures under the foot while dynamic standing on one foot in healthy subjects". *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol.23, No.3 pp. 188-193, (1996).
 21. P. J. Plisky, M. J. Rauh, T. W. Kaminski, F. B. Underwood, "Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players". *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, Vol.36, No.12 pp. 911-919, (2006).
 22. P. A. Gribble, J. Hertel, P. Plisky, "Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review". *Journal of Athletic Training*, Vol.47, No.3 pp. 339-357, (2012).
 23. 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).
 24. 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*, Vol.30, No.13 980438, (2022).
 25. 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).
 26. R. J. Butler, M. E. Lehr, M. L. Fink, K. B. Kiesel, P. Plisky, "Dynamic balance performance and noncontact lower

- extremity injury in college football players: an initial study”. *Sports Health*, Vol.5, No.5 pp. 417-422, (2013).
27. 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, No.13 1092710, (2023).