

보행 방향 전환 시 입각기 하지 및 체간의 운동형상학적 분석

오태영

신라대학교 의생명과학대학 물리치료학과

A Study on Kinematic Analysis of Trunk and Lower Extremities in Stance Phase of Walking according to Turning Direction

Tae-Young Oh

Department of Physical Therapy, College of Medical and Life Sciences, Silla University

Purpose: The purpose of this study was to conduct an analysis of kinematics of lower extremities and trunk in stance phase of walking according to turning direction.

Methods: Ten university students (five male, five female) who were in their 20s (mean age was 20.6 years old) participated in this study. Participants did not have any problem with skeletal muscular system. We used the "Qualisys motion capture system" for analysis of trunk and lower extremity movement in stance phase of walking according to turning direction. We collected data while subjects walked a distance of 10 m, and at the 6 m line, subjects were required to turn to the left side and the right leg was positioned in stance phase and the left leg was positioned in swing. For data analysis, the SPSS for Windows ver. 20.0 statistics program was used in performance of one way analysis of variance according to turning direction.

Results: Significant difference of trunk and lower extremities was observed for turning direction according to walking cycle ($p < 0.05$). Upper trunk movement showed a greater increase at three dimensions than lower trunk, and in heel off phase, pelvic movement showed a greater increase than lower trunk ($p < 0.05$). In 45 degree and 90 degrees of turning direction, all movements of trunk and lower extremities were significantly different among three events of stance phase ($p < 0.05$).

Conclusion: We suggest that three-dimensional movement analysis of trunk and lower extremities during turning movement was very important in order to indicate increasing balance or walking ability for people with impaired movement or walking.

Keywords: Walking, Turning direction, Biomechanics, Young adult

1. 서론

보행은 인간이 삶을 영위하는 데 가장 기본적인 방식이며, 일상생활활동과 기능적인 활동을 비롯해 삶의 질을 평가하는 데 중요한 요소가 된다고 하였다.¹ 보행은 하지의 부하와 비 부하

주기의 특성을 나타내는 임의의 이동방법으로 인체가 두 발 보행을 통해 하나의 지점으로부터 다른 지점으로 이동하는 것이다. 정상 보행은 신경계, 근·골격계, 그리고 생리학적인 지원 체계들이 조화롭게 통합되어 유기적으로 상호 의존하는 기능적 관계라고 하였다.²

보행 중 방향전환이나 장애물을 피하는 동작은 이동 기능 중에서 필수적인 요소이며, 방향 전환은 일상생활활동에서 나타나는 보행의 20~50%를 차지한다고 하였다.³ 보행 중 방향 전환은 새로운 방향으로 이동하는 동작으로서 동적 안정성을 유지하면서 신체의 중심을 전방으로 이동시킬 수 있어야 하는 매우 어려운 동작이라고 하였다.⁴

Received March 13, 2013 Revised April 13, 2013

Accepted April 15, 2013

Corresponding author Tae-Young Oh, ohtaeyoung@silla.ac.kr

Copyright © 2013 by The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

낙상은 주로 방향 전환 중에 일어나게 되며, 발의 움직임과 마찬가지로 머리, 체간, 골반이 관여하며. 발과 하지의 움직임이 제한되고 머리의 움직임과 독립적으로 움직이는 시야가 제한당하는 것도 포함된다고 하였다.⁵

보행 중 낙상과 손상의 상관성을 보면, 측방 안정성이 전후 안정성보다 더 중요하다는 것을 알 수 있다고 하였으며,^{6,7} 보행 중 체중 부하에 따라 체간 근육의 활동은 서로 다르게 나타난다고 하였다.⁸ 발의 움직임은 보행 중 방향 전환에 영향을 많이 미치게 된다고 보고하였으며,⁹ 임상 현장에서 만나게 되는 운동 손상 환자들에게 방향전환은 직선으로 보행하는 것보다 훨씬 더 어려운 과제라고 하였다.⁹⁻¹¹

보행 중 방향 전환을 살펴보면, 젊은 사람들은 신체 각 분절의 회전을 적절하게 잘 적용하면서 정확한 공간적 연속상을 보여주게 되는데, 새로운 방향으로 신체를 움직여 갈 때 신체 중심의 이동에 맞춰 발의 각도를 잘 조정하며, 체간의 회전 운동을 정확하게 시작하게 된다고 하였다.¹²

보행 중 방향을 전환하기 위해서 주로 두 가지 전략을 이용하게 되는데, 이는 발걸음(step) 전략과 회선(spin) 전략이다.

발걸음 전략은 방향을 바꾸기 위해 입각기(stance phase)의 반대측 하지를 이용하는 전략을 말하며, 회선(spin) 전략은 발걸음 전략으로 방향을 바꿀 때 입각기의 전방으로 회전 전략을 의미한다고 하였다.¹³

운동형상학(kinematics)은 인체 분절과 관절의 가속도와 속도, 각도 및 위치에 대한 관점으로부터 보행을 기술하는 것이며, 운동역학(kinetics)은 대상의 위치나 방향에 상관없이 힘(force), 모멘트(moment), 질량(masses), 가속도 등을 연구하는 분야이다.

따라서 본 연구는 20대 정상 성인을 대상으로 보행 방향을 전환할 때 체간과 하지 관절의 움직임을 운동형상학적으로 분석하여 낙상 예방과 운동 손상 환자들에게 균형을 개선시킬 수 있는 근거를 마련하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 2010년 1월 10일부터 2월 20일까지 부산 S대학에 재

Table 1. ANOVA of each joint angle among turning direction in heel strike

		Straight	45 turning	90 turning	F-value	p-value
Head	Frontal	27.01±7.25	29.64±5.64	29.87±7.13	0.45	0.61
	Sagittal	3.60±1.88	2.80±1.85	4.51±2.90	1.44	0.25
	Horizontal	3.07±2.99	3.15±3.06	5.38±3.34	1.60	0.22
Upper trunk	Frontal	1.48±1.24	2.74±1.56	3.52±2.66	2.85	0.08
	Sagittal	7.66±3.29	5.41±1.94	4.87±2.34	3.27	0.05*
	Horizontal	3.50±2.84	11.53±5.66	17.89±12.83	7.61	0.00*
Lower trunk	Frontal	10.77±9.64	10.37±8.52	11.56±8.54	0.04	0.96
	Sagittal	1.93±1.56	1.53±1.05	1.80±1.14	0.34	0.71
	Horizontal	4.31±2.79	3.34±1.70	3.14±2.31	0.73	0.49
Pelvis	Frontal	2.60±2.27	3.46±2.72	5.02±4.89	1.24	0.30
	Sagittal	14.28±8.65	15.85±7.55	14.40±7.17	0.13	0.88
	Horizontal	82.63±5.64	74.37±7.05	67.85±13.72	6.10	0.01*
Hip	Frontal	11.35±8.16	7.77±8.86	11.38±8.95	0.59	0.56
	Sagittal	1.46±1.20	1.90±1.79	4.69±3.07	6.51	0.01*
	Horizontal	4.41±4.23	3.80±2.72	3.38±2.97	0.24	0.79
Knee	Frontal	3.71±3.57	1.95±1.94	4.79±3.65	2.07	0.14
	Sagittal	1.29±1.04	1.63±1.18	1.88±1.65	0.50	0.61
	Horizontal	8.79±3.55	5.16±3.21	3.40±2.00	8.39	0.00*
Ankle	Frontal	58.55±10.49	59.20±10.19	57.17±8.85	0.11	0.90
	Sagittal	8.08±4.21	3.62±2.34	7.17±4.16	4.04	0.03*
	Horizontal	11.37±5.54	15.24±7.18	17.32±8.17	1.70	0.20

Values are presented as mean±standard deviation.

Frontal: +abd/-add, sagittal: +fl/-ext, horizontal: rotation.

*p<0.05.

학중인 10명의 학생들을 대상으로 연구하였다. 대상자는 본 연구에 영향을 미칠 수 있는 근골격계 병력이나 수술력을 지니지 않는 남자 5명과 여자 5명으로 평균 연령은 20.6세이었다.

대상자는 해부학적 관절 중심점을 쉽게 알아볼 수 있도록 검은색 타이즈를 착용하고 관절 및 분절의 움직임을 분석하기 위해 각 관절 중심부에 반사 마커를 부착하여 맨발로 측정하였다.¹⁴

2. 실험 방법

1) 보행 중 방향 전환

10 m의 보행로를 실내에 구성하고 전·후·좌·우측에 6개의 적외선 카메라를 설치하였다. 보행을 시작한 후 6 m 지점에서 좌측으로 방향을 전환할 수 있도록 좌측 45도 지점, 90도 지점에 붉은색 전등을 설치하였다. 방향 전환을 유도하는 전등은 높이 1.5 m로 설치하였으며, 바닥에는 굵은 선으로 전환점을 표시하고, 연구자의 구두 신호에 따라 전등이 켜지는 동시에 대상자는 45도, 90도로 방향을 전환하도록 지시하였다.

대상자는 이를 위해서 3~4회 정도 반복해서 보행과 방향전환을 연습하였으며, 좌측으로 방향을 전환한 후에는 멈추지

않고 다섯 걸음을 더 진행하도록 하였다. 좌측으로 방향을 전환하기 위해 우측 하지의 입각기(stance phase)를 분석대상으로 결정하였으며,¹³ 예측된 방향전환으로 대상자들의 혼란을 최소화하였다.

2) 보행 분석 장비

보행을 분석하기 위해 Qualisys motion capture camera with high-speed video (Qualisys AB, Packhusgatan 6, S-411 13 Gothenburg, Sweden)를 사용하였으며, 실험장소는 25 m×30 m 실내 공간에서 카메라 6대를 설치하였다. 마커 부착은 머리, 어깨, 체간, 골반, 대퇴부, 슬관절, 족관절 등에 총 39개를 부착하였다.

3) 데이터의 산출

본 연구에서는 visual 3D를 통해 방향 전환 시 입각기가 되는 우측 하지의 고관절, 슬관절, 족관절과 머리, 체간, 골반의 X, Y, Z축을 중심으로 시상면(굴곡-신전), 관상면(외전-내전), 수평면(회전)의 각도를 수치화하였다.

Table 2. ANOVA of each joint angle among turning direction in mid stance

		Straight	45 turning	90 turning	F-value	p-value
Head	Frontal	27.21±8.05	28.16±6.34	27.90±7.41	0.05	0.96
	Sagittal	2.75±2.26	3.04±2.96	5.97±3.62	3.53	0.04*
	Horizontal	1.86±1.09	5.08±3.43	7.80±6.10	5.31	0.01*
Upper trunk	Frontal	0.91±0.94	3.03±1.93	4.57±2.64	8.71	0.00*
	Sagittal	7.04±2.43	5.86±2.67	5.26±3.14	1.08	0.35
	Horizontal	3.58±1.83	21.07±10.23	32.18±12.41	23.82	0.00*
Lower trunk	Frontal	11.21±7.94	10.44±8.58	12.55±8.58	0.16	0.85
	Sagittal	3.20±1.28	5.20±1.24	4.67±2.31	3.61	0.04*
	Horizontal	3.56±2.68	3.33±2.07	2.97±1.73	1.81	0.84
Pelvis	Frontal	3.49±2.20	5.05±3.19	6.61±6.10	1.40	0.27
	Sagittal	14.55±8.56	15.48±8.09	15.15±5.86	0.04	0.96
	Horizontal	85.49±4.79	66.07±10.66	54.91±13.51	22.51	0.00*
Hip	Frontal	13.03±8.21	13.39±8.57	13.59±9.06	0.01	0.99
	Sagittal	7.29±2.82	4.92±3.12	3.09±1.90	6.23	0.01*
	Horizontal	6.60±5.18	7.41±6.19	7.42±4.336	0.08	0.92
Knee	Frontal	7.06±2.94	8.07±5.02	7.78±5.44	0.13	0.88
	Sagittal	2.70±1.93	2.82±1.69	2.20±1.58	0.37	0.70
	Horizontal	6.18±3.21	4.43±2.85	4.06±2.18	1.65	0.21
Ankle	Frontal	64.33±10.54	60.90±16.62	58.10±19.84	0.38	0.69
	Sagittal	15.44±5.86	9.51±5.39	6.70±3.55	7.85	0.00*
	Horizontal	8.57±3.41	12.62±5.19	14.93±4.99	4.88	0.02*

Values are presented as mean±standard deviation.

Frontal: +abd/-add, sagittal: +fl/-ext, horizontal: rotation.

*p<0.05.

우측 하지의 입각기는 발뒤꿈치 닿기(heel strike), 중간입각기(mid stance), 발뒤꿈치 들기(heel off)의 세 시기별로 측정된 값을 이용하였다.

3. 분석방법

자료의 분석은 IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하였으며, 통계학적 유의성 검정수준은 0.05로 하였다. 우측 하지의 입각기 시기별로 머리, 체간 상부, 체간 하부, 골반, 고관절, 슬관절, 족관절의 관절운동 범위를 직선 보행, 45도 방향전환, 90도 방향 전환에 따라 일원배치분산분석을 실시하여 평균값을 분석하였다.

III. 결과

1. 발뒤꿈치 닿기 시 보행 방향 전환에 따른 각 관절의 운동범위 분석

보행 방향 전환에 따른 각 관절의 운동범위를 분석하기 위해 보행 방향 전환 시 입각기에 해당하는 하지의 관절 및 체간의 운동

범위를 분석한 결과 발뒤꿈치 닿기 시에는 체간 상부와 골반, 슬관절에서는 수평면의 운동범위, 고관절과 족관절에서는 시상면의 운동범위가 직선, 45도 방향, 90도 방향 전환에 따라 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$) (Table 1).

2. 중간 입각기 시 보행 방향에 따른 각 관절의 운동범위 분석

보행 방향 전환에 따른 각 관절의 운동범위를 분석하기 위해 보행 방향 전환 시 입각기에 해당하는 하지의 관절 및 체간의 운동 범위를 분석한 결과 중간 입각기 시에는 머리, 체간 상부, 골반, 족관절의 수평면 운동 범위, 머리, 체간 하부, 고관절, 족관절의 시상면 운동범위, 체간 상부의 관상면의 운동 범위가 직선, 45도 방향, 90도 방향 전환에 따라 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$) (Table 2).

3. 발뒤꿈치 들기 시 보행 방향에 따른 각 관절의 운동범위 분석

보행 방향 전환에 따른 각 관절의 운동범위를 분석하기 위해 보행 방향 전환 시 입각기에 해당하는 하지의 관절 및 체간의 운동 범위를 분석한 결과 발뒤꿈치 들기 시에는 머리, 체간 상부, 골

Table 3. ANOVA of each joint angle among turning direction in heel off

		Straight	45 turning	90 turning	F-value	p-value
Head	Frontal	28.47±9.74	23.82±6.71	23.07±7.64	1.30	0.29
	Sagittal	2.95±2.32	3.90±2.60	5.09±4.56	1.05	0.37
	Horizontal	4.72±3.64	4.71±3.79	12.53±8.63	5.98	0.01*
Upper trunk	Frontal	0.91±0.75	6.63±2.22	9.62±3.48	33.47	0.00*
	Sagittal	6.55±2.77	5.60±2.57	2.67±2.18	6.47	0.01*
	Horizontal	2.17±1.97	41.11±7.19	68.27±9.66	2220.41	0.00*
Lower trunk	Frontal	10.96±8.07	13.93±7.19	10.37±7.94	0.61	0.55
	Sagittal	4.37±3.40	4.04±2.02	3.56±2.33	0.24	0.79
	Horizontal	4.03±3.67	4.54±3.49	4.33±2.29	0.06	0.94
Pelvis	Frontal	3.53±3.48	12.92±5.19	10.99±8.00	7.16	0.00*
	Sagittal	15.98±8.11	11.87±6.09	3.98±2.44	10.26	0.00*
	Horizontal	92.10±5.37	46.36±8.07	22.51±8.02	236.91	0.00*
Hip	Frontal	29.08±12.04	33.82±13.47	26.00±12.07	0.97	0.39
	Sagittal	4.56±2.08	6.39±3.33	6.31±3.57	1.14	0.34
	Horizontal	7.58±4.66	11.19±8.36	11.68±5.94	1.19	0.32
Knee	Frontal	29.82±4.67	25.04±3.82	24.87±6.84	2.85	0.08
	Sagittal	2.78±2.22	2.94±1.63	3.53±2.99	0.29	0.75
	Horizontal	7.32±3.92	8.78±4.36	15.63±3.48	12.69	0.00*
Ankle	Frontal	51.60±5.68	45.36±5.73	40.50±15.24	3.12	0.06
	Sagittal	5.65±3.00	6.10±2.66	6.70±4.13	0.24	0.78
	Horizontal	13.61±6.30	15.42±6.07	17.55±6.64	0.97	0.39

Values are presented as mean±standard deviation.

Frontal: +abd/-add, sagittal: +fl/-ext, horizontal: rotation.

* $p < 0.05$.

반, 슬관절의 수평면 운동범위, 체간 상부와 골반의 관상면 운동범위, 체간 상부와 골반이 시상면 운동 범위가 직선, 45도 방향, 90도 방향 전환에 따라 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$) (Table 3).

4. 직선 보행 시 입각기 주기에 따른 각 관절의 운동범위 변화

보행 중 직선으로 보행할 때 입각기의 각 주기에 따른 하지의 관절 및 체간의 운동범위를 분석한 결과 골반의 수평면 운동범위, 고관절과 족관절의 시상면 및 관상면의 운동범위가 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

5. 45도 방향 전환 시 입각기 주기에 따른 각 관절의 운동범위 변화

보행 중 45도 방향으로 전환할 때 입각기의 각 주기에 따른 하지의 관절 및 체간의 운동범위를 분석한 결과 체간 상부, 골반, 고관절, 족관절의 수평면 운동범위, 체간 상부, 골반, 고관절, 족관절의 관상면의 운동범위, 체간 하부, 고관절의 시상면 운동범위에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$) (Table 4).

6. 90도 방향 전환 시 입각기 주기에 따른 각 관절의 운동범위 변화

보행 중 90도 방향으로 전환할 때 입각기의 각 주기에 따른 하지의 관절 및 체간의 운동범위를 분석한 결과 체간 상부, 골반, 슬관절의 수평면 운동범위, 체간 상부, 고관절, 슬관절, 족관절의 관상면 운동범위, 체간 하부, 골반, 고관절의 운동범위에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$) (Table 5).

IV. 고찰

인간의 보행은 성장과정에서 신경계 및 근골격계의 발달과 오랜 기간에 걸친 훈련의 결과로 완성되는 과정이라고 하였다.¹⁵ 재활의학 및 정형외과학, 스포츠 의학 등의 다양한 임상의학의 분야에서 보행의 객관적인 분석은 정확한 진단은 물론 증상의 병태생리를 이해할 수 있는 유용한 정보를 제공하며 물리치료에 있어 의사결정에 객관적인 참고자료로 이용될 수 있는 검사방법이라고 하였다.¹⁶

보행 분석 방법은 1960년 Karpovich 등이 전자관절각도기를 이용하여 관절운동범위를 측정할 것을 시작으로 1964

Table 4. ANOVA of each joint angle among stance phase events in 45 degree turning direction

		Heel strike	Mid stance	Heel off	F-value	p-value
Head	Frontal	29.65±5.64	28.16±6.34	23.82±6.71	2.35	0.11
	Sagittal	2.80±1.85	3.04±2.96	3.90±2.60	0.54	0.59
	Horizontal	3.15±3.06	5.08±3.43	4.71±3.79	0.89	0.42
Upper trunk	Frontal	2.74±1.56	3.03±1.93	6.63±2.22	12.71	0.00*
	Sagittal	5.41±1.94	5.86±2.67	5.60±2.57	0.09	0.92
	Horizontal	11.53±5.66	21.07±10.23	41.11±7.19	36.30	0.00*
Lower trunk	Frontal	10.37±8.52	10.44±8.58	13.93±7.19	0.63	0.54
	Sagittal	1.53±1.05	5.20±1.24	4.04±2.02	15.72	0.00*
	Horizontal	3.34±1.70	3.33±2.07	4.54±3.49	0.75	0.48
Pelvis	Frontal	3.45±2.72	5.05±3.19	12.92±5.19	17.30	0.00*
	Sagittal	15.85±7.55	15.48±8.09	11.87±6.09	0.91	0.42
	Horizontal	74.37±7.05	66.07±10.65	46.35±8.07	27.20	0.00*
Hip	Frontal	7.77±8.56	13.89±8.57	33.82±13.47	17.18	0.00*
	Sagittal	1.90±1.79	4.92±3.12	6.39±3.33	6.50	0.01*
	Horizontal	3.80±2.72	7.41±6.19	11.19±8.36	3.54	0.04*
Knee	Frontal	1.95±1.94	8.07±5.02	25.03±3.82	98.58	0.00*
	Sagittal	1.63±1.18	2.82±1.69	2.94±1.63	2.25	0.13
	Horizontal	5.16±3.21	4.43±2.85	8.78±4.36	4.35	0.02*
Ankle	Frontal	59.20±10.19	60.90±16.62	45.36±5.73	5.28	0.01*
	Sagittal	3.62±2.34	9.52±5.39	6.10±2.66	6.32	0.01*
	Horizontal	15.24±7.18	12.62±5.19	15.42±6.09	0.64	0.54

Values are presented as mean±standard deviation.

Frontal: +abd/-add, sagittal: +fl/-ext, horizontal: rotation.

* $p < 0.05$.

Table 5. ANOVA of each joint angle among stance phase events in 90 degree turning direction

		Heel strike	Mid stance	Heel off	F-value	p-value
Head	Frontal	29.97±8.59	27.90±7.41	23.07±7.64	2.00	0.15
	Sagittal	4.51±2.90	5.97±3.62	5.09±4.56	0.38	0.69
	Horizontal	5.38±3.71	7.81±6.10	12.53±8.63	3.16	0.58
Upper trunk	Frontal	3.52±2.66	4.57±2.64	9.62±3.48	12.24	0.00*
	Sagittal	4.87±2.34	5.26±3.14	2.67±2.18	2.92	0.07
	Horizontal	17.89±12.83	32.19±12.41	28.27±9.66	49.10	0.00*
Lower trunk	Frontal	11.56±8.54	12.55±8.58	10.37±7.94	0.17	0.84
	Sagittal	1.95±1.14	4.47±2.31	3.56±2.33	4.08	0.03*
	Horizontal	3.14±2.31	2.97±1.73	4.33±2.29	1.20	0.32
Pelvis	Frontal	5.02±4.89	6.60±6.10	10.99±8.00	2.29	0.12
	Sagittal	14.40±7.17	15.15±5.86	3.98±2.44	12.76	0.00*
	Horizontal	67.85±13.73	54.91±13.52	22.51±8.02	37.59	0.00*
Hip	Frontal	11.38±8.95	13.59±9.06	26.00±12.07	6.06	0.01*
	Sagittal	4.69±3.07	3.09±1.91	6.32±3.57	3.02	0.07
	Horizontal	3.38±2.97	7.43±4.33	11.68±5.94	8.22	0.00*
Knee	Frontal	4.79±3.65	7.78±5.44	24.87±6.84	39.25	0.00*
	Sagittal	1.88±1.65	2.20±1.58	3.53±2.99	1.63	0.22
	Horizontal	3.40±2.00	4.06±2.08	15.63±3.48	67.94	0.00*
Ankle	Frontal	57.17±8.85	58.10±19.84	40.50±15.24	4.18	0.03
	Sagittal	7.18±4.16	6.70±3.55	6.70±4.13	0.05	0.95
	Horizontal	17.32±8.17	14.93±4.99	17.55±6.64	0.47	0.63

Values are presented as mean±standard deviation.

Frontal: +abd/-add, sagittal: +fl/-ext, horizontal: rotation.

*p<0.05.

년 Murray와 Drought가 light photography, 1968년 Perry 등의 foot switch 와 동적 근전도를 보행 분석에 이용하였으며, 최근에는 3차원 보행 분석 시스템이 개발되어 활발하게 이용되고 있는 것으로 보고하였다.¹⁷

본 연구에 이용된 보행분석 시스템(Qualisys motion capture system)은 동작을 담을 수 있는 고속 카메라, 수집된 데이터를 분석할 수 있는 tracking manager, visual 3D software 시스템으로 나누어져 있다. Qualisys tracking manager는 공간에서 마커를 읽어 점의 움직임이 공간에서 어떻게 움직임을 가지는지를 3차원으로 표현되도록 하는 것이며, visual 3D software는 마커를 가시화함으로써 3차원의 관절 움직임을 각각의 관절간의 움직임으로 표현하고, X축, Y축, Z축으로 관절의 움직임을 수치화하는 기능을 갖고 있다.

Yoon 등¹⁸은 우리나라 연령별 보행 분석 비교 연구에서 운동형상학적, 운동역학적 분석을 실시하여 우리나라 성인들의 보행을 비교한 반면, 본 연구에서는 운동형상학에 기초를 둔 분석 방법을 이용하였다. 20대 정상 성인의 보행 중 방향전환에 따른 입각기를 주기별로 분석하였다. 이는 입각기의 발뒤

꿈치 닿기, 중간 입각기, 발뒤꿈치 들기 등의 보행 주기에 따라 체간과 하지 관절의 운동범위를 3차원으로 분석하였다. 관절이 움직일 때 나타나는 운동범위를 측정함으로써 방향 전환 시 관절의 운동범위를 분석할 수 있었으며, 이를 통하여 과도한 관절의 움직임이나 연속적인 관절의 움직임 양을 분석할 수 있으므로 방향 전환 시 낙상이나 부상의 원인을 밝혀낼 수 있는 근거를 마련하였다고 할 수 있다.

Taylor 등¹⁹의 연구에서는 보행 중 90도 방향으로 전환할 때, 전환 방법을 동측 발걸음 전환(ipsilateral crossover)과 동측 회전 전환(ipsilateral pivot)으로 구분하여 운동학적, 운동역학적으로 분석하였다. 발걸음으로 방향을 전환할 때는 수평면에서 더 많은 관절운동범위가 필요하며, 더 넓은 지지면을 만들지만, 시상면에서 관절가동범위는 비교적 많지 않았다고 보고하였다.

본 연구에서는 방향 전환 각도 45도, 90도에 따라 입각기의 관절 운동범위를 분석하였다. 체간, 골반, 고관절, 슬관절 등에서 전환 각도가 증가함에 따라 수평면의 운동범위가 증가한 것으로 나타나 Taylor 등¹⁹의 연구 결과와 동일하였으나, 고관

절, 족관절은 시상면의 관절 운동 범위가 증가한 것으로 나타나 서로 다른 연구 결과를 나타내었다. 또한 발뒤꿈치 닿기, 중간 입각기, 발뒤꿈치 들기 등의 운동 범위가 입각기 주기에 따라 서로 다른 양상을 나타낸 것으로 해석할 수 있다.

Hicheur 등²⁰은 직선 보행과 곡선 보행 시 예측된 방향 전환에 따른 머리의 움직임을 분석한 결과 예측된 방향 전환에서는 직선 보행과 거의 유사한 움직임을 나타내었다고 보고하였다.

본 연구에서는 방향 전환 시 사전에 숙지하도록 미리 알려 두었으며, 10 m 보행로 중 6 m 지점에서 방향을 전환하도록 시각 정보, 구두 정보를 이용하여 방향 전환을 연습한 후 동작을 분석한 결과 발뒤꿈치 닿기에서는 머리의 운동범위에는 변화가 없었으나 중간입각기에는 전환각도가 증가할수록 시상면과 수평면의 운동범위가 증가하였으며, 발뒤꿈치 들기에서는 전환각도가 증가할수록 수평면의 운동범위가 증가한 것으로 나타났다.

Segal 등²¹은 직선 보행과 보행 중 방향 전환 시 동적 안정성을 연구한 결과에서 입각기 고관절, 슬관절, 족관절의 운동 범위가 방향 전환 시 더욱 더 증가하였으나, 유각기의 관절 운동은 직선 보행과 유사하였다고 보고하였다.

본 연구에서는 좌측으로 방향을 전환하였으며, 좌측으로 방향 전환 시 우측 하지가 입각기에 해당하며, 좌측 하지가 유각기에 해당될 수 있도록 실험을 설계하였다. 따라서 본 연구에서는 입각기에 해당하는 하지와 체간을 3차원으로 분석한 결과와 Segal 등²¹의 연구에서 고관절, 슬관절, 족관절의 운동 범위가 증가하였다는 결과와 일부 일치하는 것으로 나타났다.

제자리에 서 있다가 방향을 전환하는 과제로 젊은 성인과 노인들의 움직임을 비교한 연구에서 노인들은 젊은 성인과 비교해서 방향 전환 시 머리-체간 회전보다는 체간-골반 회전을 더 많이 이용하며, 노인들은 체간의 신전과 슬관절의 굴곡을 더 많이 사용한다고 보고하였다.¹⁶

본 연구에서는 20대 성인들을 대상으로 방향 전환 각도에 따라 체간 상부와 하부의 운동 각도 차이를 볼 수 있었으며, 슬관절의 시상면에서 방향 전환 각도에 따라 운동 각도의 차이를 나타낸 것으로 보아 연령에 대한 차이도 있을 것으로 사료되며, 향후 노인들과 비교할 수 있는 연구가 더욱 더 필요할 것으로 사료된다.

정상 성인의 보행 중 직선, 90도 방향전환 및 180도 방향 전환에 따른 족저압 분포를 연구한 결과 전체 족저압과 발가락 부위, 발뒤꿈치 부위, 발 중간 부위 등의 모든 부위별 족저압이

방향 전환 각도가 클수록 크게 나타났다고 보고하였다.²²

본 연구에서는 운동형상학적 연구로 역학적 변인은 분석하지 못하였으며, 족관절의 시상면, 관상면, 횡단면 등 모든 면에서 운동각도가 증가한 것으로 보아 족저압에 미치는 영향도 선행연구와 일치할 것으로 사료되면, 향후 족저압과 연관한 연구가 지속적으로 실행되어야 할 것으로 사료된다.

중추 신경계 손상 환자들의 균형 능력과 보행 능력 향상을 위해 보행 중 방향 전환이 주요하게 이용되고 있는 연구로서 뇌졸중 환자들에게 8자 모양 트랙을 이용한 방향전환 훈련군이 직선보행 훈련군보다 균형 능력이 통계학적으로 유의한 증가를 보였다고 보고하였으며,²³ Lim 등²⁴의 연구에서는 선 보행 능력이 좋은 뇌졸중 환자가 운동 기능도 더 좋았다고 보고하였다.²⁴

본 연구는 20대 정상 성인 10명을 대상으로 방향 전환 각도에 따라 입각기에 위치하는 인체의 각 관절운동범위를 분석한 결과 전환 각도에 따라 서로 다른 운동학적 차이를 볼 수 있었지만, 대상자가 10명이며, 운동학적 관점에서만 분석한 것은 본 연구의 제한점이라 할 수 있다. 또한 입각기의 세 주기를 기준으로 삼았기 때문에 운동역학적 분석이 좀 더 필요할 것으로 사료된다.

위에서 살펴본 것과 같이 보행 중 방향 전환은 전환 각도에 따라서 인체의 관절운동범위에 유의한 영향을 미치게 되며, 이는 족저압, 관절 모멘트 등과 같은 역학적 분석에도 영향을 미칠 것으로 사료된다. 특히 뇌졸중 환자와 같은 운동장애 환자들에게 방향전환을 이용한 중재 방법은 환자들의 균형 능력을 향상시키는 긍정적인 중재방법으로 이용되고 있음을 확인할 수 있었으며, 향후 노인들과 젊은 성인들의 방향전환 특성을 더욱 더 연구하여 임상 현장에서 널리 이용될 수 있는 근거가 될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Jeong WS, Park SK, Park JH et al. Effect of PNF combination patterns on muscle activity of the lower extremities and gait ability in stroke patients. JKCA. 2012;12(1):318-28.
2. Napier J. The antiquity of human walking. Sci Am. 1967;216(4):56-66.
3. Glaister BC, Bernatz GC, Klute GK et al. Video task analysis of turning during activities of daily living. Gait Posture. 2007;25(2):289-94.
4. Courtine G, Schieppati M. Human walking along a curved path. I. Body trajectory, segment orientation and the effect of vision. Eur J Neurosci. 2003;18(1):177-90.

5. Meinhart-Shibata P, Kramer M, Ashton-Miller JA et al. Kinematic analyses of the 180 degrees standing turn: effects of age on strategies adopted by healthy young and older women. *Gait Posture*. 2005;22(2):119-25.
6. Trott PH, Pearcy MJ, Ruston SA et al. Three-dimensional analysis of active cervical motion: the effect of age and gender. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1996;11(4):201-6.
7. Lord SR, Rogers MW, Howland A et al. Lateral stability, sensorimotor function and falls in older people. *J Am Geriatr Soc*. 1999; 47(9):1077-81.
8. Jung KS, Chung YJ. Effects of the support surface condition on muscle activity of trunk muscles during weight shifting exercise. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(5):300-5.
9. Thigpen MT, Light KE, Creel GL et al. Turning difficulty characteristics of adults aged 65 years or older. *Phys Ther*. 2000;80(12):1174-87.
10. Wall JC, Bell C, Campbell S et al. The Timed Get-up-and-Go test revisited: measurement of the component tasks. *J Rehabil Res Dev*. 2000;37(1):109-13.
11. Dite W, Temple VA. Development of a clinical measure of turning for older adults. *Am J Phys Med Rehabil*. 2002;81(11):857-66.
12. Patla AE, Adkin A, Ballard T. Online steering: coordination and control of body center of mass, head and body reorientation. *Exp Brain Res*. 1999;129(4):629-34.
13. Hase K, Stein RB. Turning strategies during human walking. *J Neurophysiol*. 1999;81(6):2914-22.
14. Hwang YJ, Woo BH. Kinematic analysis on height of footpath stair riser during gait of old women. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*. 2012;26(1):1-13.
15. Choi JW, Kim SJ, Seo KS et al. Three dimensional gait analysis of normal adults with electrogoniometer motion? *Korean J Clin Neurophysiol*. 2003;5(2):197-201.
16. Baird JL, Van Emmerik RE. Young and older adults use different strategies to perform a standing turning task. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2009;24(10):826-32.
17. Yune SH, Kim BO, Lee JW et al. Analysis of normal gait with a 3-dimensional motion analyzer. *J Korean Acad Rehabil Med*. 1992; 16(4):399-406.
18. Yoon NM, Yoon HJ, Park JS et al. The comparative study on age-associated gait analysis in normal Korean. *J Korean Soc Phys Ther*. 2010;22(2):15-24.
19. Taylor MJ, Dabnichki P, Strike SC. A three-dimensional biomechanical comparison between turning strategies during the stance phase of walking. *Hum Mov Sci*. 2005;24(4):558-73.
20. Hicheur H, Vieilledent S, Berthoz A. Head motion in humans alternating between straight and curved walking path: combination of stabilizing and anticipatory orienting mechanisms. *Neurosci Lett*. 2005;383(1-2):87-92.
21. Segal AD, Orendurff MS, Czerniecki JM et al. Local dynamic stability in turning and straight-line gait. *J Biomech*. 2008;41(7):1486-93.
22. Han JT, Ryu TB, Lee HJ. Analysis of plantar foot pressure distribution for walking direction switch during walking in healthy adults. *Exercise Science*. 2008;17(4):515-23.
23. Kim MG, Kim JH, Park JW. The effect of turning training on figure of 8 tract on stroke patients' balance and walking. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(2):143-50.
24. Lim JH, Park JS, Seo SK. Correlation of curved walking ability with straight walking ability and motor function in patients with hemiplegia. *J Korean Soc Phys Ther*. 2011;23(3):13-9.