

# 인체 보행 중 지역 및 분절 참조시스템을 이용한 절대 및 상대좌표의 오차 분석

## Error Analysis of Absolute and Relative Coordinate using Local and Segmental Reference System during Human Gait

이상식\*

문정환\*

정회원

정회원

S. S. Lee

J. H. Mun

### 1. 서론

인체 보행분석을 위한 참조시스템에 대한 연구는 보행분석에서 피부의 움직임에 의한 오차를 줄이기 위하여 오래전부터 계속적으로 연구되고 있다(Lu 등, 1999; Mun 등, 1997; Hardt 등, 1980; Apkarian 등, 1989; Koopman 등, 1995). 또한 인체 보행분석을 위한 기구학적 좌표에 대한 방법은 여러 가지 형태로 많은 연구들이 이루어져 왔다(Blacharski 등; 1795, Grood 등, 1983; Pennock 등, 1990; Fujie 등, 1996). 현재에는 국제 의공학회에서 공식적으로 인증한 인체 보행분석을 위한 직교 좌표시스템에는 절대 참조시스템, 연결 참조시스템, 지역 참조시스템 및 분절 참조시스템으로 4가지가 있다(Craik 등, 1995). 하지만 본 연구의 목적인 절대좌표 및 상대좌표의 비교분석에서는 지역 참조시스템과 분절 참조시스템에 대하여 분석하였다. 이는 절대 참조시스템은 이차원적 평면 분석만 가능한 좌표시스템이고, 또한 연결 참조시스템은 이론적으로는 완벽하게 정립(Grood 등, 1983)되었지만 3차원 좌표가 서로 직교하지 않고 이차원적인 분석만 가능한 참조시스템이므로, 실제적으로 보행분석이 적용한 경우가 전무한 참조시스템이다.

인체의 보행분석 좌표는 절대좌표와 상대좌표로 나누어진다(Mun 등, 1998). 그런데 인체 보행분석에 적용에 어떤 좌표가 우수하다는 것은 검증된 바 없다. 물론 보행분석 외 타 분야에도 어떠한 좌표가 우수하다고는 연구된 바가 전무하다. 그러므로 본 연구에서는 절대 및 상대좌표의 비교 분석을 인체모델에서 가장 많이 연구되고 있는 무릎과 발목 사이인 정강이의 움직임(Wu 등, 2002; Luigi 등, 1998)에 대하여 수행하였다.

따라서 본 연구의 목적은 인체 보행 중 무릎과 발목 사이의 움직임 변화에 대한 지역 및 분절 참조시스템에서의 절대좌표와 상대좌표의 오차를 비교 분석하는데 있다.

---

\* : 성균관대학교 생명공학부 바이오메카트로닉스전공

## 2. 재료 및 방법

본 연구의 대상자는 실험의 객관성을 유지하기 위하여 척추 및 하지 등의 근골격계 관련 질환이 없고, Broca식 계산법에 의한 비만도 과체중과 수척인 20대 성인 남성 2명으로 3회 실험하였다. 이 실험에 사용된 장비는 보행분석을 위한 바이콘(Vicon)사의 적외선 카메라 6대(모델명: MCam2)와 양발의 지면 반력을 측정하기 위한 6분력 측정 장치(Forceplate) 2대, 그리고 인체의 움직임 데이터와 지면 반력 데이터를 동기하기 위해 마이크로스테이션(모델명: Vicon460)을 사용하였다(Sim 등, 2004).

분석방법은 그림 1에서 보는바와 같이 해부학적 의미가 있는 무릎의 중간지점에서 발목의 중간지점까지의 거리의 변화를 측정하였다. 이때 변화를 지역 참조시스템에서의 절대 및 상대좌표, 분절 참조시스템에서의 절대 및 상대좌표로 비교분석하였다.

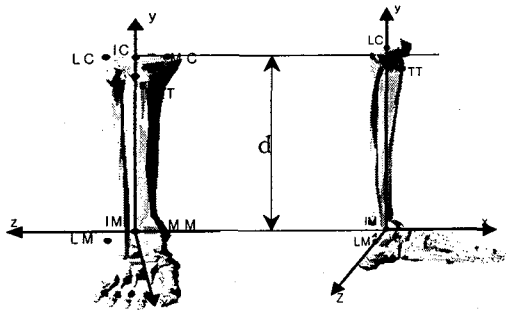


Fig. 1 Distance between knee center and ankle center(d: distance)

영동작에서 지역 참조시스템의 상대좌표 오차가 크게 발생함을 알 수가 있다.

동일한 좌표에서는 지역 참조시스템보다는 분절 참조시스템의 오차가 적게 나타나며, 동일한 참조시스템에서는 절대좌표가 상대좌표에 비하여 오차가 적게 나타났다. 또한 전체적인 실험의 보행 초기동작에서 절대좌표보다는 상대좌표의 오차가 크게 나타나는 경향을 보였다. 이것은 실험대상자에 관계없이 보행동작의 초기 움직임 측정하는 연구에서는 상대좌표를 사용하는 것은 바람직하지 않다고 사료된다.

표 1은 지역 및 분절 참조시스템에서의 절대 및 상대좌표의 최소 오차값, 중간 오차값, 최대 오차값 및 표준편차를 보여주고 있다. 최소 오차값은 데이터 계측 및 분석의 과정을 고려한다면 통계학적인 큰 의미가 없다. 중간 오차값 및 표준편차는 상대좌표가 절대좌표보다 크게 나타났다. 최대 오차값은 지역 참조시스템의 상대좌표에서 최대 50.1mm까지 나타났으며, 그 외의 모든 결과 값과 비교하면 가장 크게 나타났다. 중간 오차값, 최대 오차값 및 표준편차의 평균값을 전체적으로 비교하면 절대좌표의 분절 참조시스템 > 절대좌표의 지역 참조시스템 > 상대좌표의 분절 참조시스템 > 상대좌표의 지역 참조시스템 순으로 오차가 적다는 것을 알 수가 있다. 그러므로 인체 보행분석에서 무릎과 발목 사이의 움직임 변화는

## 3. 결과 및 고찰

그림 2에서 보는바와 같이 실험대상자가 동일한 경우에는 실험 횟수에 관계없이 전체적으로 비슷한 경향의 결과를 보이고 있다. 그리고 절대좌표에서는 지역 및 분절 참조시스템에서 관계없이 동일한 경향을 보이며 오차는 분절 참조시스템이 지역 참조시스템에 비하여 적게 발생하였다. 특히, 비만도가 과체중인 실험대상자는 스

어떤 참조시스템 사용하더라도 절대좌표를 사용하는 것이 오차를 줄일 수 있는 방법이라는 것을 알 수가 있다.

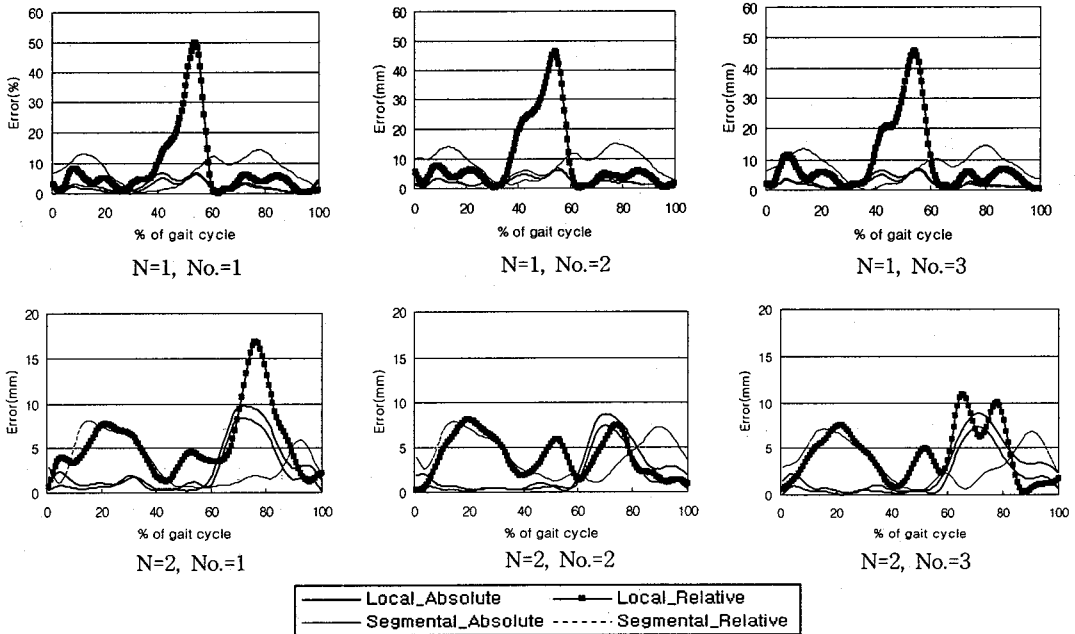


Fig. 2 Kinematic error between knee and ankle(N: 2 subjects, No.=3 times).

Table 1 Descriptive statistics of the differences between estimates of knee joint and ankle joint.

Reference System	Subject	No.	Absolute Coordinate				Relative Coordinate			
			Min	Mean	Max	SD	Min	Mean	Max	SD
Local System	1	1	0.31	2.34	6.30	1.37	0.10	9.48	46.47	11.78
		2	0.33	2.17	6.52	1.51	0.23	9.18	45.77	10.93
		3	0.00	1.99	6.20	1.60	0.00	8.30	50.10	11.28
	2	1	0.20	2.88	9.73	3.00	0.60	5.54	16.98	3.85
		2	0.13	2.39	8.68	2.64	0.27	3.90	20.10	2.30
		3	0.18	2.64	8.81	2.64	0.25	4.35	10.88	2.93
	Average			0.19	2.40	7.71	2.13	0.24	6.79	31.72
Segmental System	1	1	0.34	2.65	6.82	1.71	1.42	8.45	15.09	4.30
		2	0.28	2.54	7.05	1.89	0.08	7.62	14.57	4.14
		3	0.15	2.55	6.80	1.90	0.42	7.51	14.30	4.41
	2	1	0.19	2.21	8.38	2.57	0.50	3.32	8.03	2.50
		2	0.11	1.64	7.40	2.17	1.01	4.11	7.86	2.20
		3	0.02	1.78	7.30	2.20	0.40	3.55	7.11	2.10
	Average			0.18	2.23	7.29	2.07	0.64	5.76	11.16

※ SD : Standard Deviation

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 인체 보행분석 중 무릎과 발목 사이의 움직임 변화에 대한 지역 및 분절 참조 시스템에서의 절대좌표와 상대좌표의 오차를 비교 분석하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 동일한 좌표에서는 지역 참조시스템보다는 분절 참조시스템의 오차가 적으며, 동일한 참조시스템에서는 절대좌표가 상대좌표에 비하여 오차가 적다.
- 2) 보행 초기동작에서 절대좌표보다는 상태좌표가 오차가 크게 나타난다.
- 3) 그러므로 인체 보행분석에서 무릎과 발목 사이의 움직임 변화는 참조시스템에 관계없이 절대좌표를 사용하는 것이 오차를 최소화하는 방법이다.
- 4) 향후 계획은 보다 많은 실험대상자의 실험 및 검증방법의 보완이 필요하고, 정강이뿐만 아니라 넓적다리까지 좌표 분석을 하여 인체의 하지 모델 개발에 가장 적합한 좌표를 선정하여야 하겠다.

#### 5. 참고문헌

1. Apkarian, J., Naumann, S. and Cairns, B. 1989. A three-dimensional kinematic and dynamic model of the lower limb. *J. of Biomechanics* Vol. 22:143-155.
2. Blacharski, P. A. and Somers, J. H. 1975. A three-dimensional study of the kinematics of the human knee. *J. of Biomechanics* Vol. 8:375-384.
3. Craik, R. L. and Oatis, C. A. 1995. *Gait analysis: Theory and Application*. A Times Mirror company, Mosby-year book. Inc. 160-182.
4. Fujie, H., Livesay, G. A., Fujita, M. and Woo, L-Y. 1996. Forces and Moments in six-DOF at the human knee joint. *Mathematical description for control. J. of Biomechanics*. Vol 29:1577-1585.
5. Ge Wu, Sorin Siegler, Paul Allard, Chris Kirtley, Alberto Leardini, Dieter Rosenbaum, Mike Whittle, Darryl D. D'Lima, Luca Cristofolini, Hartmut Witte, Oskar Schmid and Ian Stokes. 2002. ISB-recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion-part I: ankle, hip and spine. *J. of Biomechanics* Vol. 35:543-548.
6. Grood, E. S. and Suntay, W. J. 1983. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: Application to the knee. *Transactions of the ASME*. Vol. 105:136-144.
7. Hart, D. E. and Mann, R. W. 1980. A five body three dimensional dynamic analysis of walking. *J. of Biomechanics* Vol. 13:455-457.
8. Koopman, B., Grootenboer, H. J. and Jongh, H. J. de. 1995. An inverse dynamic model for the analysis, reconstruction and prediction of bipedal walking. *J. of Biomechanics*.

Vol. 28:1369-1375.

9. Lu, T. W. and O'connor, J. J. 1999. Bone position estimation from skin marker co-ordinates using global optimization with joint constraints. *J. of Biomechanics*. Vol. 32:129-134.
10. Luigi Lucchetti, Aurelio Cappozzo, Angelo Cappello and Ugo Della Croce. 1998. Skin movement artefact assessment and compensation in the estimation of knee-joint kinematics. *J. of Biomechanics* Vol 31:977-984.
11. Mun, J. H., Freeman, J. S., Lim, O. K. and Rim, K. 1997. A new three-dimensional kinematic and dynamic model of the lower limb. *ASME, Pro. of 1997 Bioengineering Conference, Sunriver Resort, Oregon.*: 233-234
12. Mun, J. H., Freeman J. S. and RIM, K. 1998. A Position-Based Kinematic Method for The Analysis of Human Gait. Fifth International symposium in the 3-D analysis of human movement, Chattanooga Tennessee USA.
13. Pennock, G. R. and Clark, K. J. 1990. An anatomy-based coordinate system for the description of the kinematic displacements in the human knee. *J. of Biomechanics* Vol 23:1209-1218.
14. Sim, T. Y., Oh, S. E., Shin, S. H., Lee, S. S. and Mun, J. H. 2004 The prediction of "Slice" using neural network in golf swing. *J. of KSPE. The 2004 Autumn Conference, BEXCO, Busan(In Korean)*