

# 韓國人の 歩行特性에 관한 研究

(An analysis of gait characteristic parameters for the Korean normal adults)

黃圭成†    鄭民根††    李東春†

## Abstract

Gait analysis techniques are widely used in Europe and the United States to investigate the loosening problems of total joint implantation and to improve the technologies in designing prosthetic devices. In Korea, however, the gait data are rarely found. Recently, as the standards of living become improved, the number of lower extremity operation patients increase rapidly. Therefore, a study on the gait characteristic parameters for Koreans is of great importance.

In this study, time-distance gait parameters and ground reaction force are analyzed using a FOANAS system developed by Pohang Institute of Science and technology(POSTECH). Gait parameters of Korean normal adults were preceded and comparisons were made for the distinction of sex and age.

## I. 序 論

歩行研究(gait study)란 人間の 歩行過程에서 身體의 움직임, 특히 下肢(lower extremity)의 關節運動과 歩行特性母數(gait characteristics parameters) 및 地面反撥力(ground reaction force)의 變化를 관측하여 기록하고, 生體力學모델(biomechanical model)을 이용하여 각 關節부위에 負荷되는 힘과 모멘트의 變化를 추정하기 위한 研究이다. 이러한 研究過程을 통해 人間の 歩行過程을 運動學的으로 解析하고 정상인의 각 運動特性을 把握하므로써 이를 여러 관련 部門에 응용할 수 있다.

歐美 各國들의 경우에는 60년대 後半부터 종합병원들을 中心으로 설치된 歩行分析 實驗室들을 통해 歩行研究가 활발히 進行되어, 歩行特性 資料가 活用되고 있으나 (2)(3)(4)(6)(7)(8), 國內의 경우에는 研究資料가 매우 빈약한 편이다. 더욱이 最近에 들어서 우리나라 生活環境이 西歐化되면서 韓國人の 高 關節 전치환술을 비롯한 各種 下肢관련 手術환자의 증가추세에 비추어 볼 때 韓國인의 歩行特性 研究는 꼭 필요하다고 볼 수 있다.

本 研究에서는 20대부터 70대까지의 正常人 男女

80명을 대상으로 韓國人の 歩行特性에 대한 Normative Data를 설정하고, 性別, 年齡層別 歩行特性을 比較, 分析하므로써, 의공계품이나 신발, 歩行補助 裝置 등 歩行과 관련된 各種 裝置의 設計나, 臨床醫學分野 등 相關분야에서 廣範圍하게 應用될 수 있는 基礎資料를 提供하고자 한다.

## II. 歩行特性의 理論的 背景

### 1. 時間-距離 特性母數(Time-Distance Characteristics Parameters)

歩行이란 身體를 空間上의 한 지점에서 다른 지점으로 移動시키기 위해 행해지는 一連의 動作過程이다. 人間の 歩行은 身體를 支持하고 있는 양쪽 下肢를 交叉시키면서 地面과 번갈아 接觸시키는 일정동작의 週期的인 反復을 통해 이루어지는데 이러한 反復動作의 한 週期(Cycle)가 歩行研究에 있어서의 分析대상인 歩行週期(Gait cycle)이다. 歩行週期이란 任意的 한쪽 발의 뒷꿈치가 地面에 닿는 瞬間(Heel Strike)부터 같은 발의 뒷꿈치가 다시 地面에 닿을 때까지의 期間이다[15]. 이러한 歩行週期는 양쪽발이 地面과 接觸하고 있는 狀態에 따라 몇가지 段階

† 동아대학교 산업공학과

†† 포항공과대학 산업공학과

(Phase)로 나뉘어지는데, 각 段階의 區分기준이 되는 event와 區分된 段階를 Fig. 1에 나타내었다 [15].

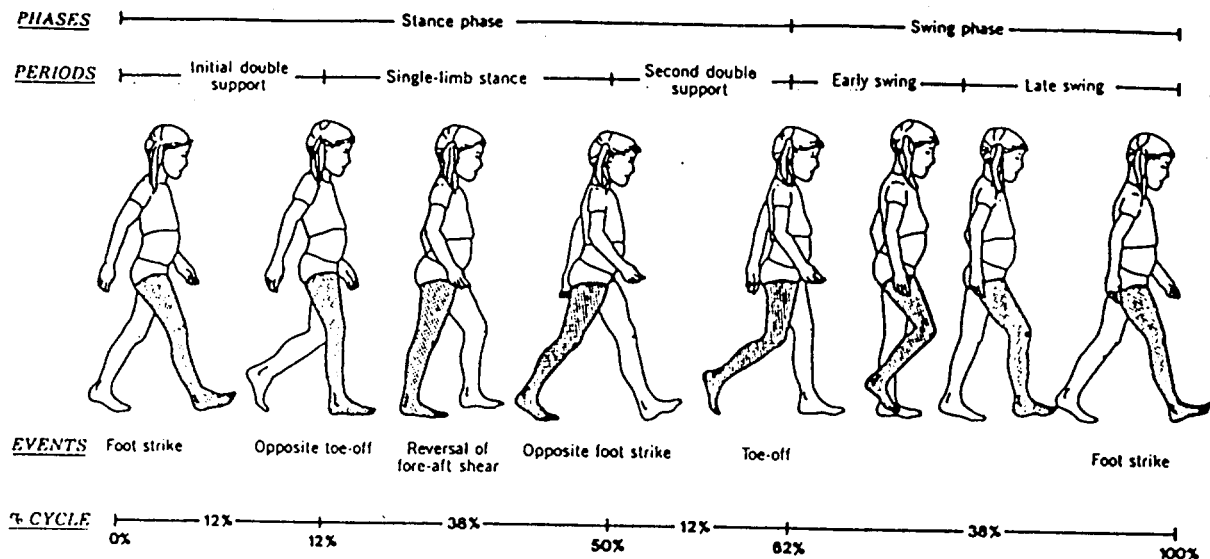


Fig. 1. A typical normal walk cycle showing phase and event of gait[15].

이러한 區分方法은 既存의 步行研究 課程에서 一般的으로 사용되어 온 方式이며, 각 段階를 나타내기 위한 定義와 各 段階에서 測定대상이 되는 特性母數들도 一般化되어 있는데 이를 정리하면 다음과 같다.

1) 步行週期(Cycle time) : 1회의 步行週期를 完了하는데 經過된 時間.

2) 디딤時間(Stance time) : 步行 週期내에서 발이 地面에 닿아있는 時間(Heel-Strike부터 Toe-Off까지).

a) 단일 디딤 時間(Single-limb stance time) : 디딤時間 中 한쪽 발만이 地面에 닿아있는 時間(반대쪽 발의 Toe-off부터 Heel-strike前까지)

b) 중복 디딤 時間(double-limb stance time) : 디딤時間中 양쪽 발 모두가 地面에 닿아있는 時間(중복 디딤 時間은 디딤 時間의 初期와 末期에 2회 發生하는데 각각을 initial double support, second double support라고 지칭 한다.).

3) 스윙時間(Swing time) : 步行 週期內에서 발이 紙面에서 떨어져 있는 時間(Toe-Off부터 Heel-Strike前까지)

4) 디딤率(Stance-Swing Ratio) : 步行週期內에서 디딤時間 對 스윙時間의 比率

5) 步行 速度(Speed/Velocity) : 身體의 質量中心이 時間의 경과에 따라 前方으로 前進하는 比率(cm/sec 혹은 m/sec).

6) 步調(Cadence) : 分당 步行數로 나타낸 步行 速度(step/min).

7) 步幅(Step Length) : 한쪽 발의 뒷꿈치가 地面에 닿은 瞬間부터 反對발의 뒷꿈치가 地面에 닿을 때까지 移動한 距離.

8) 步行 間幅(Stride Length) : 한쪽 발의 뒷꿈치가 地面에 닿은 瞬間부터 같은 발의 뒷꿈치가 다시 地面에 닿을 때까지 이동한 距離, 즉 步行週期 동안 이동한 距離.

이상과 같은 特性母數들의 變化形態를 步行패턴(Gait Pattern)이라하며, 正常의 경우 이러한 步行 패턴이 一定하기 때문에 步行課程의 正常/非正常을 分析하는 基準으로 사용될 수 있다.

### III. 韓國人의 步行 特性分析

#### 1. 實驗計劃 및 方法

##### 1) 被實驗者의 選定

本 研究에서 實驗의 被實驗者는 20歲부터 79歲까지의 正常人 男女 80명을 實驗대상으로 選定하였다.

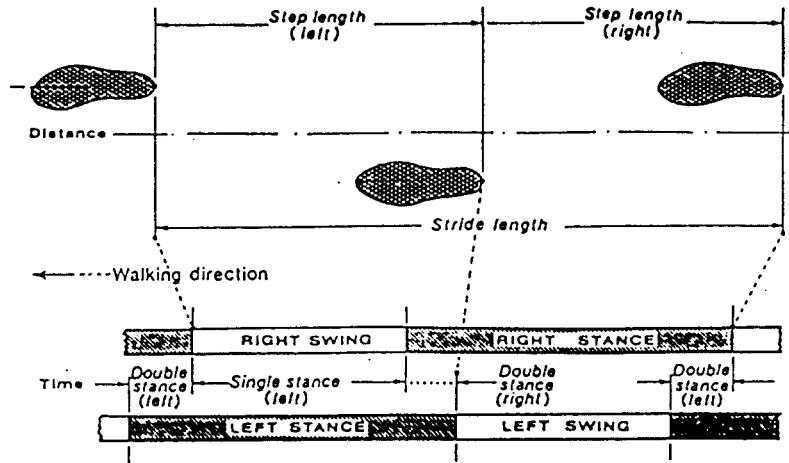


Fig. 2. A typical time-distance factors used in gait analysis(5).

Table 1. Physical characteristics of the subjects

		N	Age(years) (mean $\pm$ 1SD)	Weight(kg) (mean $\pm$ 1SD)	Height(cm) (mean $\pm$ 1SD)
20'S	M	16	23.8 $\pm$ 0.92	64.8 $\pm$ 9.8	172.6 $\pm$ 3.9
	F	6	23.7 $\pm$ 2.7	53.8 $\pm$ 6.9	159.7 $\pm$ 1.9
30'S	M	6	34.5 $\pm$ 2.1	67.6 $\pm$ 9.8	168.3 $\pm$ 4.6
	F	6	36.6 $\pm$ 2.1	53.3 $\pm$ 6.8	151.6 $\pm$ 4.2
40'S	M	6	44.2 $\pm$ 3.5	69.9 $\pm$ 10.2	169.1 $\pm$ 5.8
	F	6	42.0 $\pm$ 2.4	59.8 $\pm$ 8.3	155.2 $\pm$ 4.6
50'S	M	6	55.0 $\pm$ 3.3	60.6 $\pm$ 6.6	164.9 $\pm$ 3.8
	F	7	54.7 $\pm$ 2.8	62.5 $\pm$ 9.8	156.1 $\pm$ 8.4
60'S	M	5	65.7 $\pm$ 2.3	56.7 $\pm$ 9.7	166.4 $\pm$ 4.9
	F	6	65.6 $\pm$ 2.7	50.9 $\pm$ 2.4	148.9 $\pm$ 4.4
70'S	M	5	77.4 $\pm$ 3.2	58.9 $\pm$ 10.8	164.8 $\pm$ 3.8
	F	5	73.6 $\pm$ 2.4	55.0 $\pm$ 6.20	149.2 $\pm$ 5.8

(  $N_m = 44$ ,  $N_f = 36$  )

本 實驗자의 被實驗者를 20代, 30代, 40代, 50代, 60代, 70代로 分類하여 分析하였으며 被實驗者의 身體의 特性은 Table 1과 같다.

## 2) 實驗 節次

被實驗者에게 實驗의 目的과 方法을 알려주고 충분한 豫備實驗을 실시하여 정상시처럼 자연스러운 步行을 할 수 있도록 하였다. 各 被實驗者는 左, 右側에 5회씩 總10回 反復實驗을 실시하였다. 本 研究에 사용된 步行力學分析시스템은 Fig. 3과 같다.

步行分析시스템은 時間 距離特性分析시스템, 運動力學分析시스템 및 데이터 分析用 소프트웨어인 FOANAS(Force Analysis System)로 構成되어 있다. 時間 距離 步行特性을 測定 分析하기 위해 Foot Switch 시스템과 Photoelectric Switch가 步行路에 設置되어 있다. Foot-Switch는 두께 2mm 未滿인 Membrane Switch를 신발안창(Sole) 형태로 만들어 발과 地面(발의 앞뒤) 接觸時 電氣的 信號를 전송하는 閉回路 構造를 지니고 있다. Photoelectric Switch는 被實驗者가 Switch

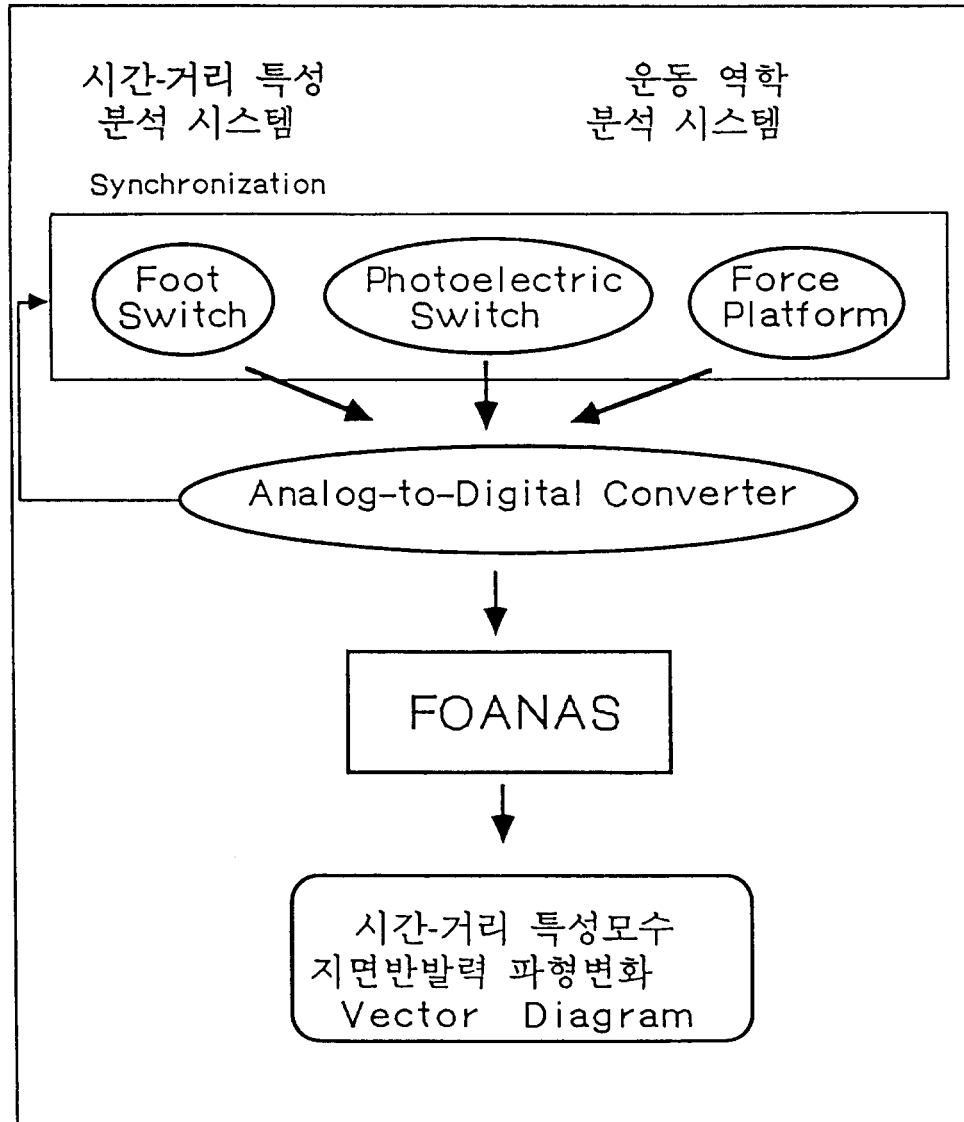


Fig. 3. Diagram of experimental procedures for gait analysis.

부분을 通過할 때 생기는 빛의 遮斷을 電氣의 信號로 轉換해 주는 Photosensor로서 步行路에 1.5m 間幅으로 設置되어, 一定距離를 步行하는데 所要되는 時間을 測定할 수 있도록 하였다.

運動力學 分析시스템은 4개의 3차원 壓電素子를 갖고 있는 Force Platform을 사용하였다. 時間-距離特性 分析시스템과 運動力學 分析시스템의 電氣의 信號를 同期化하여 A/D Converter를 통해 수치데이터로 轉換 한 후 FOANAS를 통하여 上記項目들을 分析하였다.

## 2. 步行特性母數의 分析 結果

Table2와 Table3은 各各 男女에 대한 步行特性分析 結果이다. Fig. 4은 步行速度와 年齡別 關係를 나타내고 있고, Fig. 5는 步行間幅과 年齡別 關係를 보이고 있다. Table 2에서 보듯이 步行速度 分析에서 보면, 男子의 경우 20代에서 30代까지 步行速度는 조금 減少했지만 비슷한 特性을 나타내며 40代가 되

면서 확실히 減速한 差異를 볼 수 있고, 40代와 50代가 비슷한 特性을 나타내며 60代까지 步行速度가 줄어들고 70代에서는 顯著的한 差異를 볼 수 있다( $p < 0.01$ ).

女子의 경우에도 男子보다 全體의으로 步行速度가 減少하긴 하나 男子와 같이 20~30代, 40~50代, 60代, 70代로 區別되는 步行特性을 나타내어 준다.

步行間幅도 步行速度와 같이 20~30代, 40~50代, 60代, 70代로 區別되는 步行特性層을 形成하고 있다. 男,女 差異는 있지만 年齡別 特性은 같게 나타남을 볼 수 있다. 스윙과 스탠스 比率은 4:6으로 正常的 比率을 나타내고 있다.

## 3. 考 察

韓國人 步行特性 모수중 步行速度는 男子의 경우 0.9868~1.3867m/sec(3.55~4.99km/h)이며 女子의 경우 0.9310~1.2125m/sec(3.35~4.36km/h) 範圍를 나타내고 있는데 20~30代,

Table 2. Gait characteristics for the natural walking speed. ( Korean male)

Gait Parameter	70'S	60'S	50'S	40'S	30'S	20'S
Velocity ( m/sec )	0.9868 (.094)	1.1905 (.121)	1.2090 (.075)	1.2274 (.124)	1.3761 (.030)	1.3867 (.141)
Gait Cycle ( sec )	1.214 (.037)	1.148 (.073)	1.113 (.053)	1.100 (.029)	1.081 (.059)	1.074 (.060)
Cadence ( steps/min )	85.7 (3.35)	90.5 (6.58)	92.5 (3.42)	93.8 (3.45)	94.5 (4.62)	95.2 (6.12)
Step Length ( cm )	62.5 (6.85)	66.6 (2.66)	66.8 (4.34)	69.7 (3.32)	73.1 (1.69)	73.8 (4.12)
Stride Length ( cm )	120.8 (8.80)	132.6 (6.07)	132.9 (8.01)	136.0 (11.6)	147.5 (6.64)	147.7 (5.49)
Swing (%gait cycle)	39.2 (3.75)	39.9 (1.55)	39.6 (1.93)	39.6 (1.91)	39.3 (1.78)	38.9 (1.52)
Single Stance (%gait cycle)	41.7 (4.09)	42.5 (1.89)	41.7 (2.11)	41.4 (1.88)	42.3 (2.18)	41.3 (2.21)
Double Stance (%gait cycle)	19.1 (7.26)	17.6 (2.82)	18.7 (3.48)	19.1 (3.25)	18.9 (4.11)	19.7 (3.22)

Table 3. Gait characteristics for the natural walking speed. ( Korean females )

Gait Parameter	70'S	60'S	50'S	40'S	30'S	20'S
Velocity ( m/sec )	0.9310 (.069)	1.0533 (.212)	1.1384 (.094)	1.1510 (.087)	1.1755 (.043)	1.2125 (.051)
Gait Cycle ( sec )	1.150 (.044)	1.122 (.145)	1.086 (.051)	1.071 (.027)	1.067 (.050)	1.054 (.055)
Cadence ( steps/min )	89.2 (4.81)	92.5 (10.7)	97.1 (4.10)	97.7 (1.98)	98.1 (5.36)	104.1 (4.56)
Step Length ( cm )	53.5 (2.53)	59.1 (6.50)	60.8 (4.65)	61.7 (4.56)	64.2 (4.76)	67.5 (1.93)
Stride Length ( cm )	107.1 (6.78)	116.7 (13.3)	122.7 (12.1)	124.2 (12.1)	128.9 (5.67)	131.7 (2.96)
Swing (%gait cycle)	37.1 (1.57)	38.7 (1.97)	37.6 (2.71)	39.9 (1.93)	38.7 (1.94)	40.2 (1.82)
Single Stance (%gait cycle)	39.4 (2.58)	41.5 (2.31)	40.0 (3.29)	41.5 (3.23)	41.2 (2.07)	42.1 (2.40)
Double Stance (%gait cycle)	23.5 (3.20)	19.8 (3.59)	22.4 (4.95)	18.3 (3.58)	20.1 (3.16)	18.0 (3.93)

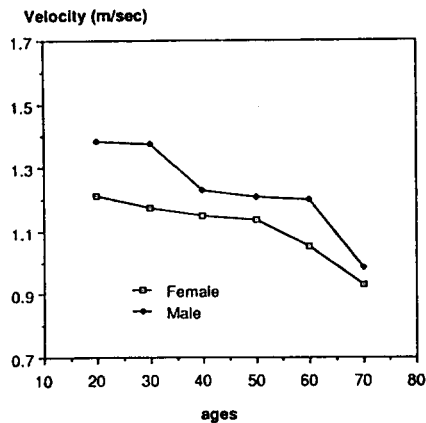


Fig. 4. Relationship between velocity and age.

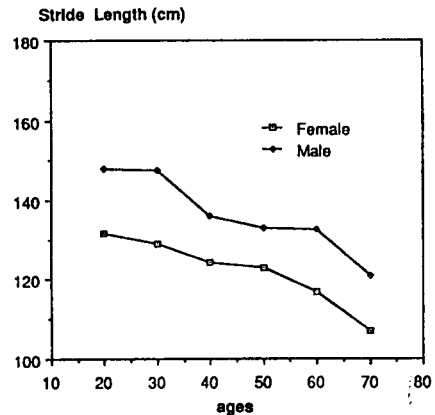


Fig. 5. Relationship between stride length and age.

40~50代, 60代, 70代로 區分되어 진다(fig. 4). 外國人(歐美人)에 대한 年齡層別 상세한 資料가 없어서 年齡別 特性치 比較는 할 수 없지만 外國人의 平均 步行速度인 男子 1.517m/sec(5.46km/h)와 女子 1.233m/sec(4.44km/h)에 비하여 다소 떨어진다(15).

韓國人 步行間幅 特性은 男子의 경우 120.8~147.7cm 範圍를 나타내고 女子의 경우 107.1~131.7cm 範圍를 나타낸다. 步行間幅 特性도 20~30代, 40~50代, 60代, 70代 年齡層別 差가 있음을 알 수 있다(Fig. 5). 外國人 步行間幅 資料에 의하면 平均이 男子의 경우 160cm이고 女子의 경우 137cm이다(15).

步行 特性 모수들이 外國人에 비하여 全體的으로 特性값이 떨어지는 것을 볼 수 있는데, 이것은 韓國人과 外國人의 身體的 特性差異에 기인하는 것으로 판단된다.

步行特性 모수중 步行速度, 步行週期, 步調, 步幅, 步行間幅 등은 20~30代, 40~50代, 60代, 70代로 區別되는 特性값을 보여주고 있다. 男女間의 步行特性 값은 差異는 있지만 上記 年齡層間의 特性을 잘 나타내고 있다. 步行時 스윙상태와 스텝스 상태의 比率은 4:6으로 正常的인 比率을 나타내고 있으며 男女間 에는 差異가 없다. 또한 이 比率은 外國人과도 비슷하다. 步調인 경우 女子가 男子보다 높은 값을 나타내고 있어 女子가 男子보다 발 내딛는 回數가 많은 것을 알 수 있다.

#### IV. 結 論

本 研究에서는 韓國人의 年齡層(20代, 30代, 40代, 50代, 60代, 70代)과 性別에 따른 步行特性母數의 標準 데이터를 제시하였다. 女子의 경우는 男子의 特性값보다는 떨어지지만 上記 年齡層間 差異가 확연함을 볼 수 있었다. 步行特性값들의 特徵은 20~30代, 40~50代, 60代, 70代 年齡層別로 區分되며 性別差異도 나타내고 있다.

本 研究에서 提示된 韓國人 標準 데이터는 步行研究 分野에 資料가 貧弱한 現 실정에서는 臨床醫學과 再活醫學 등 關聯부문에 基礎資料로 이용될 수 있을 것이다. 더우기 우리나라 生活形態가 西歐化되면서 老年層의 高관절수술을 비롯 各種 下肢관련 手術患者들이 急增하고 있는 趨勢에서 正常步行에 대한 非正常步行의 定性的 特性값은 有效하게 利用될 수 있으리라 생각한다.

또한, 本 研究 結果는 醫工 製品이나 신발, 步行 보조장치 등 步行과 관련된 各種裝置의 設計 및 性能 評價를 위한 基準으로서 뿐만아니라 스포츠 科學研究 分野에도 應用할 수 있을 것이다.

그러나, 職業別 地域別에 따른 韓國人의 步行特性과 步行時 발의 地面反撥力 變化에 대한 研究뿐만 아니라 步行分析의 生體力學的 모델 開發等の 研究도 되어져야 할 것이다.

#### 參 考 文 獻

- (1) 정민근, 김상호, 이기훈, 김태복, "보행비정상성의 평가를 위한 보행분석시스템의 구현" 1990년도 대한의용생체공학 추계 학술대회 논문집, pp.68-70. 1990.
- (2) Adriacchi, T.P. and Strickland, A.B. "Gait analysis as a tool to assess joint kinetics", in Biomechanics of Normal and pathological Human Articulating Joints, edited by Berme, N., Engin, A. E. and Coreia dasilva, K.M., Martinus Nijhoff Publishers, pp.83-102, 1985.
- (3) Andriacchi, T.P. et al., "The influence of total knee replacement with gait analysis", The Journal of Bone and Surgery, Vol. 64-A, No.9, pp.1328-1345, 1982.
- (4) Berman, A.T. et al. "Quantitative Gait Analysis after unilateral or bilateral total knee replacement", The journal of Bone and Joint Surgery. Vol. 69-A, No. 9, pp.1340-1345, 1987.
- (5) Chao, E.Y.S., "Biomechanics of the human gait", in Frontiers in Biomechanics, edited by Schmid-Schonbein, G.W. et al., springerVerlag, 1986.
- (6) Demottaz, J.D. et al. "Clinical study of total ankle replacement with gait analysis", The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol.61-A, No.7, pp. 976-988, 1979.
- (7) Hattori, T. et al., "Gait analysis after total hip replacement for osteoarthritis", Biomechanics VIII-A, Human kinetics Publishers, pp.503-509, 1983.
- (8) Mecheles, K. et al. "kinematic and kinetic analysis of normal and pathological gait", Biomechanics IX-A, human Kinetics Publishers, pp 513-519 1985.
- (9) Muybridge, E., The human Figure in Motion, Chapman and Holl, 1901.
- (10) Nigg, B.M. Biomechanics of Running Shose, Human Kinetics publishers, 1986.
- (11) Pedotti, A., "Motion coordination and neuromuscular activities in human locomotion" in Biomechanics of motion, edited by Morecki, A., Springer-Verlag, 1980.
- (12) Pedotti, A. and Ghista, D.N., "Human locomotion analysis", in Orthopaedic

- Mechanics: Procedures and Devices, Vol. II, edited by Ghista, D.N. and Roaf, Academic Press, pp. 112-174, 1981.
- [13] Pedotti, A., "Fundamental evaluation and recovery in patients with motor disabilities' in Uses of Computers in Aiding the Disabled, edited by Rariv, J., North-Holland Publishing Company, pp. 53-71, 1982.
- [14] Soderberg, G.L. et al. "Kinematic and Rinetic changes during gait as a result of hip disease", Biomechanics V, University Park Press, pp. 437-433, 1976.
- [15] Webster, J.G., "Gait Analysis" in Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation Vol. 3, John Wiley & Sons, pp. 1353-1365, 1986.
- [16] Winter, D.A., Biomechanics of Human Movement, John Wiley & Sons, 1979.