

步行姿勢解析에 의한 傾斜路의 步行性

柳 南 馨

晉州産業大學校 造景學科

Walkability on Ramps by Gait Analysis

Ryu, Nam-Hyong

Dept. of Landscape Architecture, Chinju National Univ.

ABSTRACT

To investigate walkability of ramps, walking patterns of 18 healthy adults, 12 aged 20 to 26 and 6 aged 68 to 76, were studied at free, rhythm constrained walking up or down ramp using goniometer and footswitch. Ramp inclinations were set 4, 8, 12, 16, 20 degrees.

The results were as follows.

- 1) The step length of subjects were decreased significantly in 12° or 16° free downramp walking. With regard to step length, some subject groups walked abnormally in 16° or 20° ramp walking.
- 2) The step width of subjects were increased significantly in 12° or 16° ramp walking.
- 3) The cadence duration of some subject groups were increased in 12° upramp walking.
- 4) The double stance duration and double stance ratio of some subject groups were increased significantly in 8°, 12°, or 16° upramp walking.
- 5) The maximum knee flexion angle of stance phase were increased in 12° ramp walking.
- 6) Most temporal parameters and spatial parameters of gait were increased or decreased greatly between 4° ramp and 8° ramp or between 8° ramp and 12° ramp. But statistics significancy were not recognized.
- 7) The results suggest that ramp inclination less than 8° (14%)-12° (21%) is desirable for the normal gait, the ramp inclination must not exceed 16°-20° in unavoidable circumstances.

I. 서론

옥외공간에서의 수직이동의 수단으로서 계단이나 경사로는 중요한 시설로 된다. 하지만 계단의 결정적인 단점은 유모차나 자전거, 휠체어 등의 바퀴달린 수단들이 지나다닐 수 없다는 것이다. 그 외에도 계단은 보행에 지장이 있는 사람들이나 노인들이 이용하기에 힘든 경우가 많다. 따라서 계단을 이용할 수 없는 사람들을 위한 접근수단으로서 경사로는 필수적이다. 그리고 상당한 수평이동을 필요로 하는 터미널 등에서는 정상적인 범위의 경사로는 계단보다 경제적이다. (Fitch, Templer and Corcoran, 1974) 경사로의 설계에 있어서는 경사도에 절대적으로 제약을 받는 경우가 아니라면, 步行性위주의 설계에 주안을 두어야 할 것이다. 지금까지의 연구는 계단과 경사로 보행시 에너지 소비량에 관한 연구가 주를 이루고 있다. (Corlett, Hutcheson, DeLugan and Rogozenski, 1972; Fitch, Templer and Corcoran, 1974; Ramanathan and Kamon, 1974; Templer, Corcoran, 1974) 경사로에서의 에너지의 소비량은 통상의 계단에서보다 높으나, 약 100°의 膝屈折角度에서는 최대힘이 50%정도 감소하게 된다. 따라서 높은 에너지 소비량에도 불구하고, 생체역학적 관계가 계단이나 경사로 설계시 고려되어야 한다. (Corlett, Hutcheson, DeLugan and Rogozenski, 1972) 하지만 이에 대한 연구(한태륜, 김진호, 1984; 雨宮 悠他, 1991; Hirokawa, 1989; Kawamura, Tokuhiko and Takechi, 1991)는 그다지 많지 않으며, 더우기 의학분야에서 주로 연구되어 왔다. 또한 기존의 경사도에 관한 경사도 설계지침은 경험적으로 건기 쉬운 실제의 경사로의 경사도를 측정하여 제안된 것이다. 따라서 본 연구에서는 일련의 연구결과(雨宮 悠他, 1991; 柳南馨他, 1992; 柳南馨他, 1993) 步行性を 평가하는 인자 즉 步幅, 步隔, 步行週期, 兩足接地時間(比), 膝屈折角度 등과 경사로의 경사도와와의 관계를 분석하여, 傾斜路보행에 있어서 이러한 인자의 유효성 및 가능성을 확인하고, 나아가서는 步行性的의 관점에서 본 경사로의 설계지침을 제시하고자 한다.

II. 연구내용 및 방법

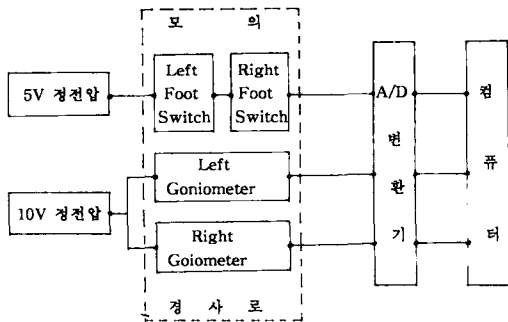
경사로의 최대 허용경사각은 발목의 最大屈折可能角度이며 NASA의 보고를 참고하면 28°로 예측할 수 있다. (Corlett, Hutcheson, DeLugan and Rogozenski, 1972) 반면에 Diffrient 등은 인간척도상, 미국국방성은 오름보행을 기준으로 傾斜路의 경사도기준을 0-20°를 제시하고 있다. (Irvine, Snook and Sparshatt, 1990) 따라서 본 연구에서는 실험용 모의경사로 5 종류(4, 8, 12, 16, 20°)를 만들고, 각각의 경사로에서의 오르내림 보행시의 피험자의 步行姿勢를 측정한다. 피험자는 성별, 연령별, 신장별로 선정된 18명으로 한다. 步行姿勢는 膝屈折角度 및 兩足接地時間 등으로 파악하며, 각각은 전기각도계 및 Foot Switch에 의해 측정하고, 측정된 Data는 A/D Converter(CONTEC AD 12-16A)에 의해 Computer에 입력된다. 입력된 Data를 분석하여 얻은 步行時間 및 距離因子, 兩足接地時間比, 膝屈折角度 등과 경사로의 경사도와와의 관계를 성별, 연령별, 신장별로 분석하여, 경사로보행에 있어서 이러한 인자들의 步行性的의 평가인자로서의 유효성 및 가능성을 확인하고, 步行性的의 관점에서 본 경사로의 설계지침을 제시하고자 한다.

1. 측정기기 및 모의경사로의 제작

보행시 무릎의 屈折角度를 측정하기 위해 전기각도계(Goniometer, 日本光電製品, TM-511G)를 센서로 사용하는데, 이를 위해 定電壓(10V)을 공급하기 위한 장치를 제작하였고, 또한 전기각도계의 출력전압을 컴퓨터에 입력하기 위해 케이블 및 A/D Converter를 연결하였다.

또한 보행시 발의 接地 및 離地여부를 확인하기 위하여 Foot Switch를 제작하였다. Foot Switch는 0.3mm, 0.2mm 두께의 동판사이에 2mm 두께의 고무판을 삽입하고, 接地時 하중을 받는 부위의 스위치 접속을 위하여 고무판에 구멍을 뚫었다. 또한 두발이 동시에 接地했을 때만 전류가 흐르도록 하기 위하여 릴레이 등의 부품을 사용한 장치를 제작하였고, 定電壓(5V)을 공급

하기 위한 장치도 제작하였다. 출력전압을 컴퓨터에 입력할 수 있도록 케이블 및 A/D Converter를 연결하였다. (그림 1 참조)



(그림 1) 보행실험시스템 흐름도

보행시간 및 거리인자의 계측을 위해서는 평지에서는 직선상 10m 거리를 잡고, 계측 개시 및 종료지점의 전후에는 적어도 3보이상의 보조구간을 두어야 한다. (臨床步行分析懇談會, 1989) 하지만 모의경사로를 10m로 하게되면, 중점의 높이가 3.6m나 되어 보행시 불안감을 주게되고, 제작시 어려움이 따른다. 또한 기존의 경사도에 대한 연구 (Hirokawa, 1989; Kawamura, Tokuhiko and Takechi, 1991)에서도 경사로 길이를 각각 6m, 5m로 하였다. 따라서 본 연구에서는 길이 5m, 폭 1m의 모의경사로를 목재로 제작하고, 4, 8, 12, 16, 20°의 경사도로 변환이 가능하도록 볼트 너트로 조립하였다. 그리고 정상보행의 실험을 위해 경사로 상하단에 길이 2m의 가속을 위한 수평구간을 두었다. 또한 보행시 미끄럼 방지를 위하여 고무판을 경사로위에 부설하였다.

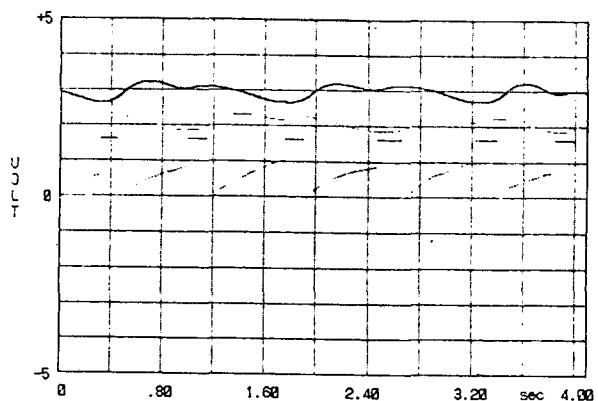
2. 보행실험

보행실험시 연령에있어서, 보행이 완성되는 16~17세이전의 보행과 쇠퇴가 눈에 띄는 40~50세의 보행에 주의하여 실험을 하여야 하며, 기존 연구에서도 長身(180.3~188.7cm), 中身(172.7~177.8cm), 短身(156.2~170.2cm)間, 性(女子, 男子)間, 老人(60~77세)과 青年(16~29세)間에는

보행 시간인자·거리인자에서 차이를 보이고 있다고 보고하고 있다. (臨床步行分析懇談會, 1989) 본 연구에서는 피험자를 身長(短:6人, 中:6人, 長:6人), 性(男:9人, 女:9人), 年齡(青年:12人, 老人:6人) 別로 합계 18명을 선정하였다. 身長은 인구 보건 지표 및 통계를 근거로 年齡別, 性別 100분위의 25, 75位의 수치 (45세이상 남자: 158.7cm, 166.2cm, 여자 148.6cm, 155.4cm)를 기준으로 하고, (韓國人口保健研究院, 1984) 青年은 거기에 다 교육통계연보의 고교 3년의 평균키로 보정한 값 (17세 남자 166.81cm, 173.81cm, 여자 155.09cm, 163.69cm)을 기준으로 하였다. (교육부, 1992) 연령구분은 기존의 연구에 준하였다. (臨床步行分析懇談會, 1989) 각 피험자의 보행실험은 오름보행 및 내림보행을 각 4회 반복 실시하였다. 步調는 自由步行과 規制步行으로 나누어 실시하였는데, 自由步行은 보행시 특별한 지시하지 않는 보행이며, 規制步行은 보행에 관한 구체적인 지시가 있는 보행이다. (臨床步行分析懇談會, 1989) 規制步行時는 분당 80보로 메트로놈의 리듬에 맞추어 보행하도록 하였고, 분당 80보의 步調는 20°의 傾斜路에서 피험자들이 보행이 비교적 용이하다고 응답한 步調이다.

그리고 老人의 경우는 20°의 傾斜路 보행시 위험을 느껴, 수평보행에서부터 16° 傾斜路까지만 보행실험을 하였다.

피험자들은 양 무릎에 전기각도계를 부착하고, 양쪽 신발안에 Foot Switch를 설치하였으며, 신발

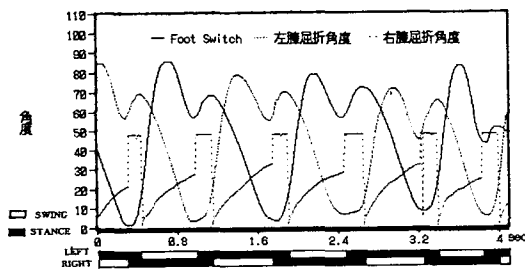


(그림 2) 측정된 步行波形的 예

<표 1> 피험자의 특성

구분	年 齡 (세)	身 長 (cm)	下 肢 長 (cm)	體 重 (Kg)	
老 人	男子 3名	72.3(68~76)	163.0(156~170)	79.0(71~88)	56.7(52~62)
	女子 3名	72.3(69~76)	152.3(148~158)	81.3(73~86)	55.0(52~58)
青 年	男子 6名	24.0(21~25)	172.2(164~180)	77.8(72~80)	63.0(59~71)
	女子 6名	21.8(21~23)	162.3(155~169)	77.8(71~85)	47.2(43~50)

은 하중이 Foot Switch에 잘 전달되도록 구두를 신도록 한 뒤, 보행실험을 행하였다. 전기각도계와 Foot Switch에서 출력되는 전압은 0.008sec 간격으로 측정하였다. 측정된 보행시 兩足膝屈折角度波形 및 兩足の 接地波形的 예는(그림 2)와 같으며, 각도로 환산된 兩足膝屈折角度波形과 兩足の 接地波形的 예는 (그림 3)과 같다. 接地波형을 통해서 兩足の 接地期和 離地期를 파악할 수 있다. 그리고 步幅과 步隔을 측정하기 위하여 신발에 석회를 묻혀 足跡를 확인할 수 있도록 하였다.



(그림 3) 각도로 환산된 步行波形的 예

3. 결과 및 고찰

자유오름보행시, 자유내림보행시, 리듬오름보행시, 리듬내림보행시의 각 因子別(步幅, 步隔, 步調, 步行週期, 步行速度, 兩足接地時間, 接地期 最大膝屈折角度) 측정치 및 분석치는 (표 2, 3, 4, 5)와 같다.

1) 보행거리인자

보행시 균형을 유지하는 데 관계하는 인자는 步隔(stride width)과 兩足支持時間(double support time)이며, 步行型(gait patterning)은 특히

正常的이고 恒常的인 매개변수 步幅(step length)과 步行週期(stride time)를 제어한다. (Gabell, Nayak, 1984) 따라서 보행메카니즘에 스트레스를 주는 환경에 놓여있는 보행자의 경우는 步幅, 步隔, 步行週期, 兩足支持時間 등에 변화가 나타난다는 예상을 할 수 있다.

① 步幅

수평자유보행에서의 平均步幅은 69.1cm였으며, 피험자 그룹 즉 老人(47.6cm)과 青年(72.5cm), 青年女子(71.5cm)와 青年男子(73.8cm)間에는 다소의 차가 나타났다. 경사로의 경사도와 步幅 사이에는 규칙적인 상관관계는 나타나지는 않았으나, 평균적으로 보면 대체로 8°의 경사도까지는 步幅이 증가하였으며, 12°부터는 步幅이 감소하는 경향을 보이고 있다. 그리고 20°가 되면 오히려 步幅이 증가한다. 이는 步幅이라는 측면에서 보면, 8°의 경사도까지는 보행에 그다지 무리가 아니나 12°부터는 경사도가 보행에 제약을 주는 요인으로 작용하다가, 20°가 되면 제약을 극복하기 위해 무리한 보행자세를 취하기 때문이라 여겨진다. 하지만 평균차 검정결과 통계적인 유의성(p<0.01, 0.05)이 있는 것은 자유오름보행시의 16°와 20°사이, 그리고 자유내림보행에서 수평과 16°, 8°와 16°사이 뿐이다.

그룹간의 차이를 보면 老人의 자유내림보행시와 老人, 女子 그리고 短身の 리듬오름 보행시는 16°의 경사로에서부터 무리한 보행자세를 취하는 것으로 나타났다. 그리고 青年 男子의 경우는 자유오름보행을 제외하고는 20°에서도 무리한 보행자세를 취하지 않는 것으로 나타났다. 또한 평균차 검정결과 자유내림보행시 青年 女子와 青年의 경우는 수평과 12°, 16°, 20°間, 青年 男子의 경우는 수평과 16°, 20°間만 통계적 유의성(p<0.01, 0.05)

〈표 2〉 자유 오름보행 측정 및 분석결과

구 분	수 평	4도	8도	12도	16도	20도
Step length (cm)	73.6±4.0	74.0±3.0	75.4±3.9	73.7±3.6	70.4±3.9	75.7±5.2
Stride width (cm)	10.5±1.5	11.1±1.4	12.6±1.5	13.4±1.3	13.4±1.4	13.6±1.7
Cadence (step/min)	94.04±8.86	91.95±6.77	88.69±8.94	84.99±8.20	84.87±3.82	84.63±6.22
Cycle duration (sec)	1.276±0.060	1.305±0.048	1.353±0.068	1.412±0.068	1.141±0.060	1.418±0.052
Walking speed (m/min)	120.0±7.6	116.9±5.4	113.3±4.9	111.0±6.4	103.4±7.1	105.1±5.7
Double stance duration (sec)	0.173±0.023	0.195±0.019	0.224±0.037	0.232±0.028	0.253±0.027	0.284±0.034
Double stance ratio	0.137±0.015	0.150±0.012	0.165±0.023	0.164±0.017	0.178±0.016	0.199±0.020
Maxium knee flexion angle of stance period (°)	25.32±5.54	33.37±5.07	38.97±4.72	51.05±4.99	56.81±4.71	65.57±4.62

〈표 3〉 자유 내림보행 측정 및 분석결과

구 분	수 평	4도	8도	12도	16도	20도
Step length (cm)	71.8±3.0	72.2±3.7	74.1±3.2	72.7±3.3	68.3±3.8	73.5±4.1
Stride width (cm)	11.1±1.6	11.7±1.4	12.3±1.3	13.2±1.3	13.4±1.5	14.4±1.3
Cadence (step/min)	95.84±7.82	94.94±6.62	96.15±5.24	91.95±10.46	91.74±13.25	91.39±5.15
Cycle duration (sec)	1.252±0.051	1.264±0.044	1.248±0.034	1.305±0.074	1.308±0.094	1.313±0.037
Walking speed (m/min)	131.8±9.9	127.3±5.2	123.9±6.2	110.4±6.9	108.8±10.9	109.1±3.9
Double stance duration (sec)	0.187±0.023	0.183±0.023	0.153±0.022	0.140±0.018	0.176±0.032	0.167±0.023
Double stance ratio	0.143±0.014	0.145±0.019	0.125±0.019	0.113±0.016	0.141±0.024	0.152±0.036
Maxium knee flexion angle of stance period (°)	19.72±5.54	29.09±4.91	35.02±4.74	48.56±5.21	52.41±4.61	66.58±4.83

〈표 4〉 리듬 오름보행 측정 및 분석결과

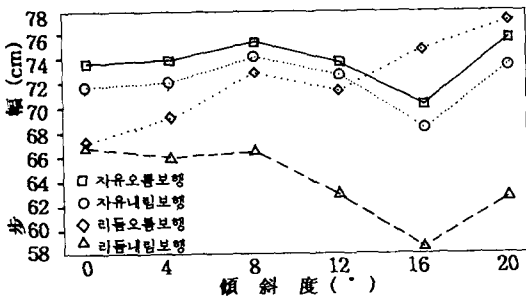
구 분	수 평	4도	8도	12도	16도	20도
Step length (cm)	73.6±4.0	69.2±2.7	72.9±3.3	71.4±3.3	74.8±2.4	77.2±3.2
Stride width (cm)	11.4±1.5	11.9±1.4	12.5±1.2	13.5±1.5	13.5±1.5	13.8±1.7
Cadence (step/min)	94.04±8.86	81.74±6.02	79.31±5.35	78.38±4.40	76.58±7.05	76.14±6.19
Cycle duration (sec)	1.441±0.060	1.468±0.054	1.513±0.051	1.531±0.043	1.567±0.072	1.576±0.064
Walking speed (m/min)	120.6±7.4	118.2±5.7	113.4±4.9	112.1±4.8	102.4±7.2	108.8±7.1
Double stance duration (sec)	0.216±0.028	0.234±0.031	0.263±0.024	0.267±0.039	0.300±0.033	0.306±0.035
Double stance ratio	0.157±0.018	0.159±0.021	0.173±0.017	0.171±0.017	0.187±0.023	0.169±0.024
Maxium knee flexion angle of stance period (°)	19.48±5.23	27.54±4.83	36.39±4.71	46.54±4.66	57.02±5.00	64.40±4.45

〈표 5〉 리듬 내림보행 측정 및 분석결과

구 분	수 평	4도	8도	12도	16도	20도
Step length (cm)	76.9±3.2	66.1±3.5	66.6±4.2	63.0±4.6	58.6±4.7	62.8±5.0
Stride width (cm)	11.7±1.3	12.2±1.3	13.2±1.1	13.5±1.6	14.7±4.6	14.0±1.4
Cadence (step/min)	81.91±6.72	81.91±7.69	81.63±6.01	81.14±5.82	80.86±5.89	81.97±6.28
Cycle duration (sec)	1.465±0.060	1.465±0.071	1.470±0.054	1.479±0.053	1.484±0.054	1.464±0.056
Walking speed (m/min)	112.5±7.6	109.4±6.2	103.9±4.2	97.5±6.0	94.6±5.9	97.1±5.5
Double stance duration (sec)	0.205±0.030	0.201±0.028	0.183±0.022	0.176±0.032	0.182±0.025	0.186±0.033
Double stance ratio	0.142±0.020	0.138±0.027	0.117±0.024	0.112±0.023	0.117±0.018	0.122±0.023
Maxium knee flexion angle of stance period (°)	20.18±5.48	28.87±4.84	36.22±4.76	48.80±4.76	53.06±4.72	63.65±4.82

이 있었다.

그리고, 步幅이라는 측면에서 경사도와 步幅의 分散係數(步幅의 標準偏差/步幅의 平均)와의 상관관계(Cabell, Nayak, 1984)는 나타나지 않았으나, 步幅의 표준편차는 傾斜路의 경사도에 따라서 점차 증가하는 경향을 보였다. (그림 4 참조)



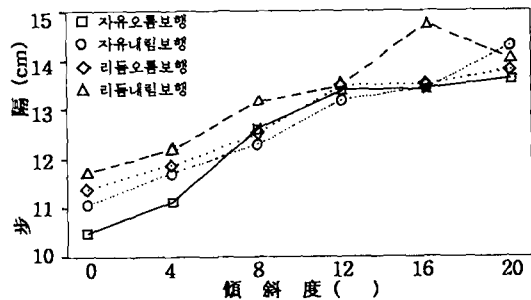
(그림 4) 傾斜도와 步幅

② 步隔

수평자유보행에서의 平均步隔은 12.5cm였으며, 피험자 그룹 즉 老人(10.1cm)과 青年(12.9cm), 青年女子(12.6cm)와 青年男子(13.2cm)間에는 差가 나타났다. 그리고 平均적으로 보면 경사로의 경사가 가파를수록 대체로 步隔이 증가하였으며, 그 중에서 자유오름과 리듬내림 보행시의 4°와 8°間, 자유내림 및 리듬오름 보행시의 8°와 12°間은 더욱 두드러졌다. 이는 步隔의 측면에서 보면 傾斜가 가파르면 가파를수록 보행시 균형을 유지하기 힘들다는 것을 시사한다. 하지만 平均차 검정결과 자유오름보행시의 4°와 12°, 16°, 20°間, 자유내림보행시의 수평과 20°間, 4°와 20°間, 8°와 20°間만 통계적 유의성 ($p < 0.01, 0.05$)이 있었다.

그룹간에 차이를 보면 老人의 경우는 경사로의 경사도와 步隔間에는 별다른 상관관계를 보이지 않았는데, 青年의 경우는 경사로의 경사도가 증가함에 따라 步隔이 증가하였으며, 그 중에서 자유오름과 리듬내림 보행시의 4°와 8°間, 자유내림 및 리듬오름 보행시의 8°와 12°間에는 더욱 두드러졌다. 하지만 平均차 검정결과 자유오름보행시의 4°와 12°, 16°, 20°間, 자유내림보행시의 4°

와 16°, 20°間만 통계적 유의성 ($p < 0.01, 0.05$)이 있었다. 그리고 短身의 경우는 자유오름 및 자유내림보행시의 4°와 8°間에는 상대적으로 큰 변화를 보였다. 하지만 平均차 검정결과 자유오름보행시의 4°와 12°, 16°, 20°間, 자유내림보행시의 4°와 20°間만 통계적 유의성 ($p < 0.01, 0.05$)이 있었다. (그림 5 참조)



(그림 5) 傾斜도와 步隔

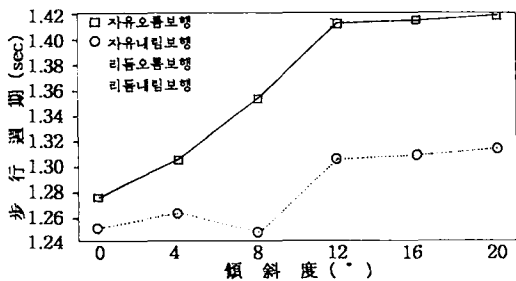
2) 步行時間因子

① 步行週期

수평자유보행시의 平均步行週期는 1.30sec였으며, 老人(1.312sec)이나 女子(1.297sec)와 青年(1.293sec)이나 男子(1.283sec)사이에는 근소한 차를 보였으나, 中身(1.396sec)과 短身(1.212sec)사이에는 상대적으로 큰 차를 나타냈다. 자유오름보행에 있어서는 경사도의 증가에 따라 대체적으로 증가하는 현상을 보였으며, 그 중에서 4°와 8°間, 8°와 12°間에는 더욱 두드러졌다. 자유내림보행에 있어서는 8°와 12°間에 그 현상이 두드러졌다. 平均차 검정결과 통계적 유의성 ($p < 0.01, 0.05$)을 가진 것은 자유오름보행시의 水乎과 12°, 16°, 20°사이 그리고 4°와 12°, 16°, 20°사이이다. 그리고 메트로놈의 리듬에 맞춰 보행을 하는 경우에는 경사도별 步行週期가 동일하여야 마땅하나, 오름보행에 있어서는 8°이상의 경사로 보행시 경사도에 영향을 받아 步行週期가 증가하는 현상을 보였다.

그룹간의 차이를 보면 자유오름보행에 있어서 경사로의 경사도에 따라 步行週期가 老人(1.294-1.390sec), 青年(1.296-1.423sec), 青年男子(1.352-1.48sec), 青年女子(1.258-1.401sec), 短身(1.19-1.401sec), 中身(1.371-1.512sec)間에는 다소의 차를 나타냈다. 그리고 경사도별 步行週期는 老人은 8°와 12°間, 青年은 4°와 8°間, 8°와 12°間, 青年男子는 4°와 8°間, 青年女子는 8°와 12°間, 短身은 4°와 8°間에 상대적으로 큰 차를 나타냈다. 자유내림보행에서는 青年과 青年女子의 경우에는 8°와 12°사이에서 상대적으로 큰 차를 보였다. 하지만 평균차 검정결과 통계적 유의성(p<0.01, 0.05)을 가진 것은 青年, 青年男子, 短身の 자유오름보행시의 수평, 8°와 12°, 16°, 20° 사이 뿐이다.

그리고 오름보행시의 步行週期(1.19-1.512sec) 보다는 내림보행시의 步行週期(1.145-1.358sec)가 상대적으로 짧게 나타났으며, 이를 步調로 환산하면 오름보행은 80-100회/分, 내림보행은 87회-105회/分으로 나타났다. (그림 6 참조)



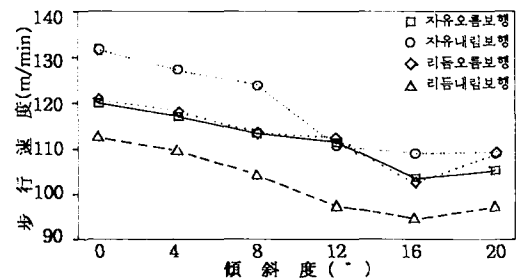
(그림 6) 傾斜度와 步行週期

② 步行速度

수평 자유보행에서의 平均步行速度는 110.6m/min였으며, 老人(59.8m/min)과 青年(120.9m/min)사이 그리고 中身(125.1m/min)과 短身(105.0m/min)사이에는 현저한 차를 나타냈다. 경사로의 경사도가 증가하면 증가할수록 步行速度는 감소하는 것으로 나타났으나, 20°가 되면 오히려 步行速度가 증가한다. 이는 16°까지의 경사도는 보행의 제약요인으로 작용하다가, 20°의

경사로는 보행을 제어할 수 있는 경사한계를 넘어서 무리한 보행자세를 취하기 때문이라 생각된다. 하지만 경사로 보행거리가 5m이상일 경우에도 적용될 수 있는지에 대해서는 향후의 연구가 요구되어지는 부분이다. 자유내림 및 리듬내림보행시의 8°와 12°間에는 步行速度가 상대적으로 현저한 변화를 나타냈으나 평균차 검정결과 통계적인 유의성(p<0.01, 0.05)은 없었다.

그룹간의 차이를 보면 老人의 경우에는 경사로의 경사도와 步行速度間에 일정한 상관관계를 나타내지 않았는데, 青年의 경우는 자유오름 및 리듬오름 보행시의 4°와 8°間, 12°와 16°間, 자유내림보행시의 8°와 12°間에 상대적으로 큰 차를 보였으며, 短身の 경우는 자유내림보행시의 水平과 4°間, 4°와 8°間에 상대적으로 큰 차를 보였다. (그림 7 참조)



(그림 7) 傾斜度와 步行速度

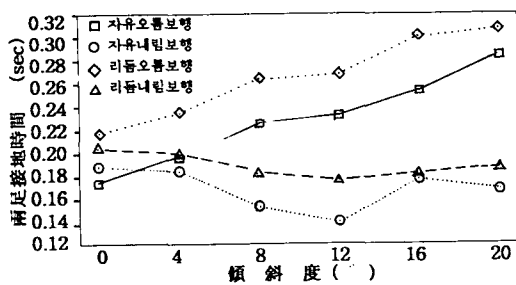
③ 兩足接持時間

步行週期內的 兩足接地時間은 수평자유보행에서 0.1683초였으며, 老人의 兩足接地時間(0.214sec)은 青年(0.149sec)에 비해, 青年女子(0.155sec)는 青年男子(0.135sec)보다 다소 길게 나타났다. 이는 老人이나 青年女子는 보행시 안정성을 확보하기 위하여 보다 많은 兩足接地時間을 가지기 때문이라고 생각되어진다. 오름보행에서는 경사로의 경사도가 증가하면 증가할수록 兩足接地時間은 증가하나, 내림보행에서는 12°까지는 감소하다가 16°이상이 되면 오히려 증가한다. 이는 兩足接地時間의 관점에서 보면, 내림보

행시는 12°까지의 경사도는 보행의 장애요인으로 작용하지 않으나, 16°가 되면서부터는 보행시 균형을 유지하기 위하여, 무의식적으로 兩足接地時間을 많이 확보하기 때문이라 생각되어진다. 그리고 자유오름보행시 4°와 8°間, 16°와 20°間에서 상대적으로 현저한 차를 보이고 있다. 평균차 검정결과 수평과 8°, 12°, 16°, 20°間, 4°와 20°間, 8°와 20°間에서 통계적 유의성 ($p < 0.01, 0.05$)을 가진 것으로 나타났다.

그룹간의 차이를 보면 자유오름보행시 老人은 수평과 4°間, 青年은 4°와 8°間에서 상대적으로 큰 변화를 나타냈고, 자유내림보행시는 老人 및 青年은 4°와 8°間에 상대적으로 큰 변화를 나타냈다. 평균차 검정결과 통계적 유의성 ($p < 0.01, 0.05$)을 가진 것은 자유오름보행시의 青年, 青年男子, 短身의 경우는 수평과 8°, 12°, 16°, 20°間, 青年女子는 수평과 16°, 20°間이며, 리듬오름보행시의 青年女子, 青年의 경우는 수평과 8°, 12°, 16°, 20°間이며, 青年男子의 경우는 수평과 12°, 16°, 20°間이다.

그리고 자유오름보행시 (0.195-0.284sec) 보다 자유내림보행시의 兩足接地時間 (0.140-0.183sec) 이 짧게 나타났다. (그림 8 참조)

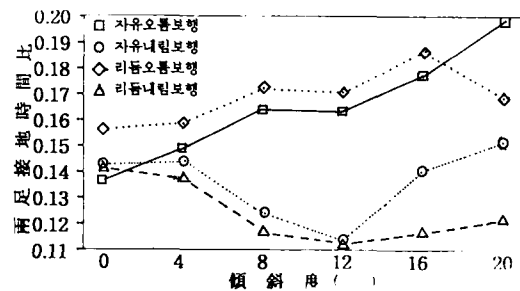


(그림 8) 傾斜도와 兩足接地時間

④ 兩足接地時間比

步行週期에 대한 兩足接地時間의 比를 兩足接地時間比라 한다. 兩足接地時間比는 수평자유보행시의 青年 (0.1081)과 老人 (0.1665)間에는 큰 차를 보였으며, 자유오름보행시는 0.1335-0.2292, 자유내림보행시는 0.0978-0.1782였으며, 리듬보행시

는 자유보행시보다 다소 큰 값을 나타내고 있다. 그리고 경사도에 따른 兩足接地時間比의 변화추세는 兩足接地時間과 거의 비슷하게 나타났다. (그림 9 참조)



(그림 9) 傾斜도와 兩足接地時間比

3) 接地期の 最大膝屈折角度

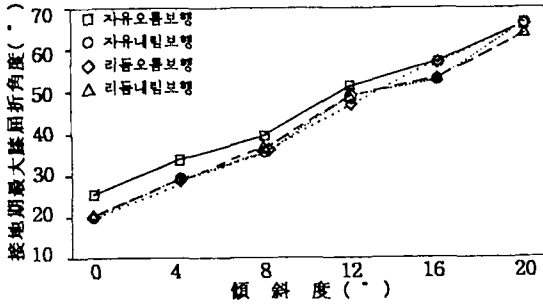
무릎과 발목에서의 接地期の 最大屈折角度는 동시에 생기며, 이 때는 체중이동시기의 바로 직전이다. 경사로의 最大許容傾斜角은 발목의 最大屈折可能角度이다. 따라서 接地期の 最大膝屈折角度는 步行性에 중요한 의미를 가진다. 最大屈折角度는 노령이나 신체장애자에 있어서는 더욱 더 중요하다. 왜냐하면 같은 경사도에 있어서, 계단보다 경사도가 훨씬 걷기 쉽기 때문이다. (Corlett, Hutcheson, DeLugan and Rogozenski, 1972)

수평자유보행시 接地期の 最大屈折角度는 평균 22.5°였으며, 老人 (27.4°)과 青年 (20.1°), 男子 (15.9°)와 女子 (29.1°)간에는 다소의 차를 보이고 있다. 경사로의 경사도가 증가할수록 接地期の 最大屈折角度는 증가하고 있으며, 그 중에서 8°와 12°間的 변화가 상대적으로 컸다. 평균차 검정결과 수평, 4°, 8°, 12°와 12°, 16°, 20°間에는 통계적 유의성 ($p < 0.01, 0.05$)이 있었다.

그룹간에는 각도의 크기에 差를 보였으나, 경사도에 따른 接地期の 最大屈折角度의 변화추세는 유사하게 나타났다. (그림 10 참조)

老人의 경우는 20°의 경사로에서의 보행실험은 포기를 하였지만, 青年女子의 경우는 20°의 경사로

에서 가끔 미끄러지는 현상이 나타났다. 이는 20°라는 경사도는 정상적인 보행이 가능한 경사한계를 넘어섰기 때문이라 생각되어진다.



(그림 10) 傾斜度와 接地期 最大膝屈折角度

Ⅲ. 요약 및 결론

경사로의 경사도(4°, 8°, 12°, 16°, 20°)에 따른 歩行性を 평가하기 위하여, 18명의 피험자(老人 6명, 青年 12명, 男子 9명, 女子 9명)를 대상으로 歩行姿勢(步幅, 步隔, 歩行週期, 歩行速度, 兩足接地時間, 兩足接地時間比, 接地期 最大膝屈折角度)를 측정 및 해석한 결과는 아래와 같다.

1. 자유내림보행시는 피험자 그룹별로 12° 내지는 16° 경사로 보행시 步幅의 차가 나타났으며, 16° 내지 20° 경사로 보행시는 무리한 步幅을 취하는 것으로 나타났다.
2. 자유오름 및 자유내림 보행시는 피험자 그룹별로 12° 내지는 16° 경사로 보행시 步隔의 차가 나타났다.
3. 자유오름보행시는 피험자 그룹별로 12° 경사로 보행시 歩行週期の 차가 나타났다.
4. 자유오름 및 리듬오름보행시는 피험자 그룹별로 8°, 12° 내지는 16° 경사로 보행시 兩足接地時間 및 兩足接地時間比의 차가 나타났다.

5. 자유오르내림 및 리듬오르내림보행시 12° 경사로 보행시 接地期의 最大膝屈折角度의 차가 나타났다.
6. 평균차 검정결과 통계적인 유의성은 없었지만, 대부분의 보행성 평가인자들은 4°와 8° 내지는 8°와 12° 경사로間에 그 수치에 큰 변화를 나타냈다.
7. 경사로 보행시의 歩行姿勢를 종합하여 해석을 하면, 경사로의 경사도는 이용자 그룹에 따라 차이는 있지만 8° (14%) - 12° (21%) 以內로 하는 것이 바람직하며, 부득이 한 경우에도 16°-20° 이상의 傾斜路로 피하여야 한다.

본 연구결과중에서 경사로의 歩行性を 보행 시간 및 거리인자의 피험자 總平均値로 검토한 부분은, 피험자 그룹의 특성을 무시한 보편화일 수도 있다. 또한 본 연구는 길이 5m의 경사로에 대한 실험적 연구이므로, 5m이상의 경사로 나아가서 경사로 일반에 대한 설계지침(경사로침의 설치간격 등)을 제시하기 위해서는 향후 추가적인 연구가 필요하다.

인용문헌

1. 교육부(1992) 교육통계연보:840-841.
2. 韓國人口保健研究院(1984) 人口 保健指標 및 統計:68-69
3. 한태륜, 김진호(1984) Pologon Gonimeter를 이용한 보행 분석(1), 大韓再活醫學會誌 8(1):74-81.
4. 雨宮 悠他(1991) 歩行姿勢解析からみた園路路材としての砂礫の歩き易さについて, 造 園雜誌 54(5):131-136.
5. Corlett, E. N., C. Hutcherson, M. A. DeLugan, & J. Rogozenski(1972) "Ramps or stairs -the choice using physiological and biomechanics criteria", Applied Ergonomics, 3:195-2011.
6. Fitch, J. M., J. A. Templer, & P. Corcoran(1974) "The dimensions of stairs", Scientific American, 231:82-90.
7. Gabell, A. Nayak, (1984) "The effect of age on variability in gait", Journal of Gerontology, 39(6):662-666.
8. Hirokawa, S. (1989) "Normal gait characteristics under temporal and distance constraints", Journal of Biomedical Engineering, 2:449-456.

9. Irvine, C. H., S. H. Snook, & J. H. Sparshatt (1990) "Stairway risers and treads: acceptable and preferred dimensions", *Applied Ergonomics*, 21:215-225.
10. Kawamura, K. A. Tokuhira, & Takechi, H. (1991) "Gait Analysis of Slope Walking: A Study on Step Length, Stride Width, Time Factors and Deviation in the Center of Pressure", *Acta Med Okayama*, 45(3):179-184.
11. 臨床歩行分析懇談會(1989) 臨床歩行分析入門, 東京, 醫齒藥出版株式會社:14-23
12. Ramanathan, N, L, Kamon, E. :The Application of stair climbing to ergometry, *Ergonomics*, 17:13~22
13. 柳南馨他(1992) 歩行姿勢からみた木材園路の歩行性, *造園雜誌* 55(5):127-132.
14. 柳南馨他(1993) 歩行姿勢解析による園路階段の歩行性, *造園雜誌* 56(5):127-132.
15. Templer, J. A, P. J. Cororan(1974) Energy cost and stair design:a preliminary report, *Proc. of Conference of Man Transportation Interface(USA)*:67-86.
16. Ward, J. S., P. Randall(1967) Optimum dimensions for domestic stairways:a preliminary study, *Architects J*, 5:29-34.