Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 4 pp.681-686, August 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.4.681

경사로의 기울기와 높이에 따른 휠체어 사용자의 사용성 및 생리적 특성 분석

김충식 · 이동훈 · 이지혜 · 권성혁 · 정민근

포항공과대학교 산업경영공학과

Effects of Ramp Slope and Height on Usability and Physiology during Wheelchair Driving

Chungsik Kim, Donghun Lee, Jeehea Lee, Sunghyuk Kwon, Min K. Chung

Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784

ABSTRACT

Although the height of a ramp is an important design element, it has not been considered in prior studies. Therefore, in this study, the ramp slope and height are considered as independent variables. To analyze the effects of the slope and height, five levels of slope (1:6, 1:8, 1:10, 1:12 and 1:14) and three levels of height (15cm, 30cm and 45cm) are considered. For the dependent variables, the total time, velocity and perceived discomfort were considered as usability measures, pulse rate changes and EMG signals of four related muscles (extensor carpi radialis, triceps brachii, anterior deltoid and posterior deltoid) were considered as physiology measures. As a result, differences among usability and physiological characteristic for the five slopes increased as the height increased. Additionally, slope effects were minor when the height was low (15cm). Almost domestic/international regulations and guidelines related to ramp recommended 1:12 slope for the ramp design, however, there was no significant difference between 1:10 and 1:12 according to result of this study. In addition, slope effects were minor at a low height; thus, a slope of 1:8 can be recommended if the installation space for a gentler ramp is not sufficient.

Keywords: Ramp slope, Ramp height, Wheelchair driving, Ramp usability

1. 서 론

교통사고, 산업재해 및 환경 변화로 인해 장애인의 수가 증가함에 따라(McNeil, 1997), 휠체어 사용자의 수 역시 점차 늘고 있다. 이들은 일상생활활동에 있어 휠체어가 필수적으로 필요하기 때문에 이동과 같이 기초적인 활동을 포함한 다양한 활동에서 불편함을 겪고 있다. 특히 건물 입구와 같이 높이 차가 있는 공간에서의 수직방향 이동을 위해서는 경사로와 같은 보조도구가 필수적이다.

경사로는 경사로 기울기, 표면 길이, 높이, 너비 등의 다양한 요소에 의해 설계되며, 이 중 경사로 기울기는 가장 대표적인 설계요소이다. 기존의 경사로 관련 연구들은 주로 휠체어 사용자에게 적절한 경사로 기울기를 제안하는데 중점을 두고 있었다. 휠체어 사용자를 고려한 설계지침 중 가장 대표적인 Americans with Disabilities Act Accessibility Guidelines(ADAAG, 1998)은 1:12(높이: 밑면 길이)를 적합한 경사로 기울기로 제안하였다. 반면 Elmer(1957) 및

*이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 학술연구조성사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-0000216).
교신저자: 정민근
주 소: 790-784 경북 포항시 남구 효자동 산 31, 전화: 054-279-2192, E-mail: mkc@postech.ac.kr

Canale et al.(1991)은 1:6~1:6.7을, Steinfeld et al.(1979)은 1:16~1:20 기울기를 제안하였다. 또한, Walter(1971)은 1:10이 적당하다 하였으며, Sanford et al.(1997) 및 '장애인 · 노인 · 임산부 등의 편의 증진 보장에 관한 법률(보건복지가족부, 1997)'은 1:12를 제시하였다.

이처럼 기존 연구에서 제시하는 경사로 기울기가 다양한 이유는, 각 연구에서 사용된 실험 조건이 다르기 때문이다. 우선, 각 연구에 참여한 피실험자의 특성이 다양했다. Elmer(1957)와 Canale et al.(1991)은 젊고 건강한 청년을 대상으로 하였으며, 반면 Steinfeld et al.(1979)은 신체 기능이 감퇴한 고령자를 대상으로 하였다. 또한 기존 연구들의 서로 다른 경사로 표면 길이에 의해서도 서로 다른 경사로 기울기가 도출되었다. Sanford et al.(1997)은 900cm(30foot) 길이의 경사로를 사용한 반면, Walter(1971)은 300cm(10foot)를, Steinfeld et al.(1979)은 1200cm(40 foot)를 사용하였다.

경사로 설계의 가장 대표적 설계요소인 경사로 기울기는 경사로 높이와 경사로 표면 길이 간의 관계에 의해 결정된다. 따라서 적합한 경사로 기울기 도출을 위해서는 경사로 높이 및 표면 길이에 대한 고려가 동반되어야 한다. 특히 경사로 높이는 일반적으로 경사로 설치에 앞서 결정됨에도 불구하고 이를 고려한 기존 연구는 드물었다.

따라서 본 연구에서는 경사로 기울기 및 높이가 휠체어 사용자에게 주는 영향을 파악했다. 이를 위해 경사로 기울기 및 경사로 높이를 변화시키며 휠체어를 이용해 경사로를 오르는 작업을 수행시켰으며, 이에 따른 피실험자의 사용성 및 생리적 특성을 측정하였다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

총 30명(남성 11명, 여성 19명)의 남, 녀 대학생 및 대학원생이 피실험자로 참여하였다. 피실험자의 평균 나이는 25.4세(표준편차: 2.10)이었으며, 모두 상지에 근골격계 질환이 없었다. 피실험자의 선정은, 피실험자의 힘을 기준으로 선별하여 다양한 힘을 가진 사람을 포함할 수 있도록 하였다. 이를 위해, 앉은 자세에서의 주 사용손의 미는 힘을 측정하였으며, 자세한 측정 프로토콜은 '한국인에 대한 근력 측정조사사업 보고서(기술표준원, 2007)'를 참고하였다. 선별된 피실험자의 힘은 57.8N(20세 이상 성인의 9.5%ile)에서 180.8N(20세 이상 성인의 98.5%ile)까지 다양하였으며, 평균은 110.8N(표준편차: 39.4N)이었다.

2.2 실험 장비

본 실험을 위해 총 15개의 경사로를 목재로 제작하였으며, 과도한 미끄러짐을 방지하기 위해 경사로 표면에 15cm 간격으로 샌드 페이퍼를 부착하였다(그림 1). 실험에는 전폭 700mm, 전장 1040mm, 전고 875mm의 일반적인 수동 휠체어를 사용하였다. 근전도(EMG) 신호 측정을 위해, 주 사용팔의 요측 수근신근, 상완 삼두근, 전삼각근, 후삼각근에 측정 전극을, 팔꿈치뼈에 참조 전극을 부착하였다. 상기 근육의 선정 및 근육의 위치는 기존 연구를 참고하였다(Chow et al., 2009; Dubowsky et al., 2009). 근전도 활동 측정에는 Noraxon Telemyo 900이 사용되었으며, 맥박 변화의 측정에는 Polar RS 400 pulsemeter가 사용되었다. 전체 실험 장면은 피실험자의 시상면에서 Sony DCR HC 40 캠코더를 사용하여 기록되었다.

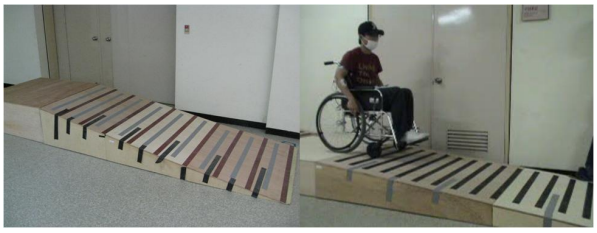

그림 1. 실험 프로토타입 및 실험 장면

2.3 실험 디자인

본 실험에는 2 factor within-subject design이 사용되었다. 독립 변수로는 경사로 기울기(5 수준)와 경사로 높이(3 수준)가 고려되었으며, 15개의 실험 조건은 balanced Latin square presentation order를 이용하여 제시되었다. 경사로 기울기는 기존 연구 및 설계지침을 참고하여, 1:6, 1:8, 1:10, 1:12, 1:14의 다섯 수준을 고려하였다. 경사로 높이는 계단 한단의 높이와 건물 입구의 높이를 고려하여, 15cm, 30cm, 45cm의 세 수준을 고려하였다.

종속 변수로는 사용성과 생리적 특성을 고려하였다(표 1). 사용성을 평가하기 위해 작업 수행 시간, 속도, 물리적 불편도를 측정하였으며, 생리적 특성을 파악하기 위해 맥박 변화와 네 근육(요측 수근신근, 상완 삼두근, 전삼각근, 후삼삭근)의 근전도 활동을 측정하였다. 작업 수행 시간은 휠체어의 앞바퀴가 경사로 표면의 최하단을 지날 때부터 최상단을 지난 시점까지를 측정하였으며, 속도는 경사로 표면 길이와 작업 수행 시간을 통해 도출하였다. 물리적 불편도는 Borg's CR 10 scale(Borg, 1998)을 사용하여 측정되었다. 맥박 변화는 작업 수행 전후의 맥박 차이를 의미하며, 근전도 활동

은 maximum voluntary force 대비 해당 경사로에서의 근전도 활동량인 % MVC(Maximum Voluntary Contraction)로 측정하였다.

표 1. 종속 변수

분류	종속 변수		단위
사용성	작업 수행 시간		sec
	속도		m/sec
	물리적 불편도		점
생리적 특성	근전도 활동	요측 수근신근	% MVC
		상완 삼두근	% MVC
		전삼각근	% MVC
		후삼각근	% MVC
	맥박 변화		회/min

2.4 실험 절차

본 실험은 준비 단계, 연습 단계, 실험 단계의 세 단계로 이루어졌다. 준비 단계에서는 실험 목적, 실험 조건, 실험 자세, 유의 사항 등 실험 전반에 대해 설명하였으며, 힘 측정기를 사용하여 피실험자의 앉은 자세에서 주 사용손의 미는 힘을 측정하였다. 이후, 피실험자에게 전극을 부착하고, 각 근육의 maximum voluntary force를 측정하였으며, 휴지 상태에서의 맥박을 측정하였다. 연습 단계에서는 휠체어를 타고 가능한 자연스럽게 경사로를 이동할 수 있도록 충분한 연습을 수행하였다.

본 실험 단계에서 피실험자는 counter balancing된 실험 순서에 해당하는 경사로 앞에 대기하였으며, 맥박을 안정화 시키기 위해 충분한 휴식을 취하였다. 이후, 피실험자는 경사로를 올라가는 작업을 수행하였으며, 이 때 실험자는 근전도 활동과 작업 수행 시간을 측정하였다. 작업 완료 후, 실험자는 피실험자의 맥박을 측정하였으며, 피실험자는 물리적 불편도를 평가하였다. 상기 작업을 15개의 경사로에 대해 모두 수행하였으며, 모든 실험 과정을 동영상으로 기록하였다.

3. 연구결과

실험을 통해 얻어진 데이터에 대해 SAS 9.1 package를 이용하여 분산분석을 실시하였다(α=0.05). 유의한 차이를 보인 종속 변수에 대하여 SNK(Student-Newman-Keuls) 검정을 실시하였으며, 교호작용이 나타난 경우에 대해서는 simple effect 분석을 수행하였다.

분산분석 결과(표 2) 경사로 기울기에 따라, 전삼각근과 후삼각근의 근전도 활동을 제외한 모든 종속 변수가 유의한 차이를, 경사로 높이에 따라서는 속도를 제외하고 모두 유의한 차이를 보였다. 교호작용은 작업 수행 시간, 속도, 물리적 불편도, 상완 삼두근 및 전삼각근의 근전도 활동에서 유의하였다.

경사로 높이에 따른 SNK 검정 결과, 높이가 증가함에 따라 속도를 제외한 사용성 및 생리적 특성 변화가 증가하였으며, 높이 간에 모두 서로 유의한 차이를 보였다. 다만 요측 수근신근의 EMG 활동의 경우는 15cm와 30cm, 30cm와 45cm 간에서 유의한 차이가 없었다.

표 2. 분산분석 결과

종속 변수		경사로 기울기	경사로 높이	교호 작용
작업 수행 시간		**<0.0001**	**<0.0001**	**0.0006**
속도		**<0.0001**	0.1866	**0.0043**
물리적 불편도		**<0.0001**	**<0.0001**	**0.0118**
근전도 활동	요측 수근신근	**<0.0001**	**0.0134**	0.1558
	상완 삼두근	**<0.0001**	**<0.0001**	**<0.0001**
	전삼각근	0.2658	**<0.0001**	**0.0003**
	후삼각근	0.8763	**<0.0001**	0.5272
맥박 변화		**<0.0001**	**<0.0001**	0.0984

※ **Bold** 표시는 통계적으로 유의함을 의미

3.1 작업 수행 시간 및 속도

작업 수행 시간은 1:8, 1:6, 1:10, 1:12, 1:14 경사로 기울기 순으로 증가하는 경향을 보였으며, 1:6, 1:8, 1:10 간에, 1:12, 1:14 간에는 유의한 차이가 없었다. 속도는 경사로 기울기가 완만해짐에 따라 증가하는 경향을 보였다.

교호작용을 분석한 결과, 경사로 높이가 15cm와 30cm일 때, 작업 수행 시간은 경사로 기울기가 완만해짐에 따라 증가하는 경향을 보였다(그림 2). 그러나 높이가 45cm일 때는, 1:6 기울기가 1:8 기울기에 비해 더 긴 작업 수행 시간을 보였다.

속도는 같은 경사로 높이에서 경사로 기울기가 급해짐에 따라 느려지는 경향을 보였으며, 모든 높이에서 1:6과 1:8 기울기에서의 속도는 다른 기울기에서의 속도보다 느렸다(그림 3). 같은 경사로 기울기에서 경사로 높이에 따른 속도 변화를 살펴봤을 때, 1:6 기울기에서만 경사로 높이가 증가함에 따라 속도가 느려졌으며, 1:6을 제외한 다른 경사로 기울기에 대해서는 경사로 높이간에 속도차이가 유의하지 않았다(그림 4).

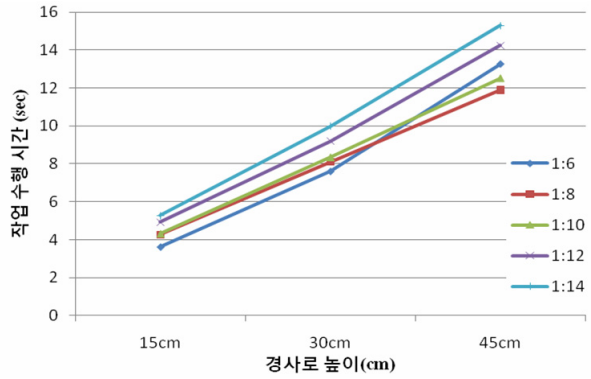

그림 2. 경사로 높이가 같을 때, 경사로 기울기에 따른 작업 수행 시간

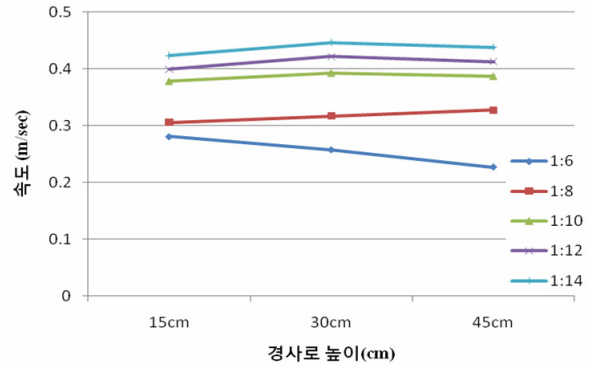

그림 3. 경사로 높이가 같을 때, 경사로 기울기에 따른 속도

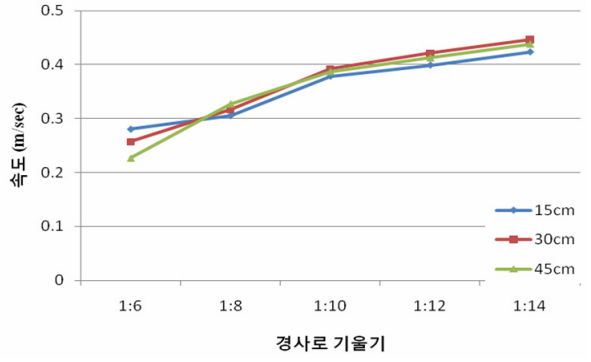

그림 4. 경사로 기울기가 같을 때, 경사로 높이에 따른 속도

3.2 맥박 변화

분산분석 결과, 경사로 기울기와 경사로 높이가 맥박 변화에 통계적으로 유의한 영향을 미침을 알 수 있었다. 경사로 기울기가 급해짐에 따라 맥박 변화량이 증가하는 경향을 보였으며, 1:10, 1:12, 1:14 기울기 간에는 유의한 차이가 없었다.

3.3 근전도 활동

1:6 기울기에서의 요측 수근신근의 근전도 활동은 다른 기울기에 비해 많았다. 상완 삼두근의 경우, 경사로 기울기가 감소함에 따라 근전도 활동이 줄어드는 경향을 보였으며, 1:8, 1:10, 1:12 기울기 간에는 유의한 차이가 없었다.

상완 삼두근의 근전도 활동량은 같은 경사로 높이에서 경사로 기울기가 증가함에 따라 많아지는 경향을 보였다(그림 5). 모든 경사로 높이에서, 1:6 기울기는 다른 기울기에 비해 많은 근전도 활동을 보였으며, 1:10과 1:12 기울기 간에는 유의한 차이가 없었다. 또한, 경사로 높이가 높아짐에 따라 기울기 변화에 따른 근전도 활동 편차가 증가하는 경향도 나타났다.

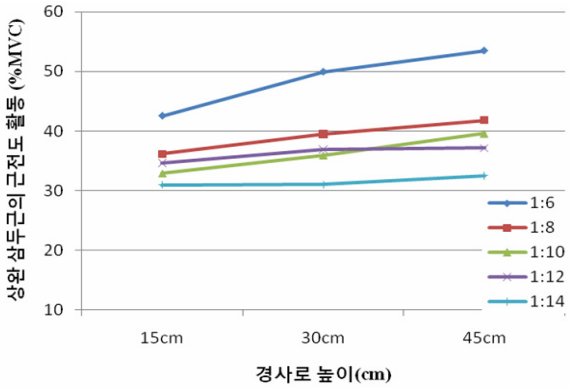

그림 5. 경사로 높이가 같을 때, 경사로 기울기에 따른 상완 삼두근의 근전도 활동

경사로 높이가 15cm일 때, 전삼각근의 근전도 활동은 다른 종속 변수에서의 경향과는 다르게 1:6 기울기에서 생리적 특성 변화량이 가장 많지는 않았다(그림 6). 그러나 경사로 높이가 30cm, 45cm일 때에는 1:6 기울기에서의 전삼각근의 근전도 활동이 다른 기울기에서 보다 높았다.

3.4 물리적 불편도

물리적 불편도는 기울기가 급해짐에 따라 높아지는 경향을 보였으며, 1:10과 1:12 기울기 간에는 유의한 차이가 없었다.

물리적 불편도는 같은 경사로 높이에서 경사로 기울기가 급해짐에 따라 높아지는 경향을 보였으며, 경사로 높이가 높아짐에 따라 경사로 기울기 간의 물리적 불편도 편차가 커지는 경향을 보였다(그림 7). 또한 모든 경사로 높이에서 1:6 기울기가 가장 높은 물리적 불편도를 보였으며, 1:10과 1:12 기울기 간에는 유의한 차이가 없었다.

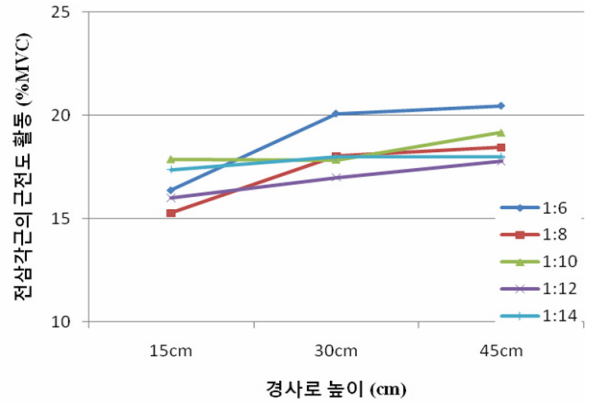

그림 6. 경사로 높이가 같을 때, 경사로 기울기에 따른 전삼각근의 근전도 활동

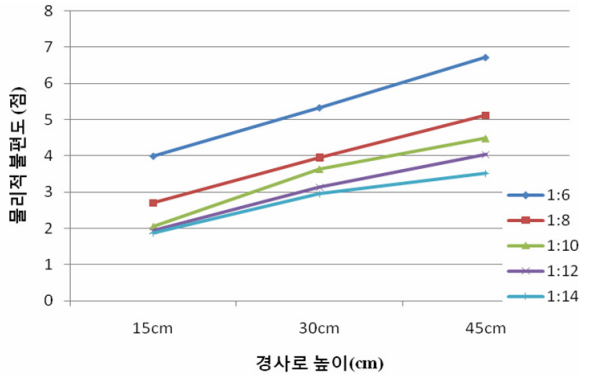

그림 7. 경사로 높이가 같을 때, 경사로 기울기에 따른 물리적 불편도

4. 토의 및 결론

경사로 기울기가 급해짐에 따라, 경사로 높이가 높아짐에 따라 작업 수행 시간을 제외한 사용성은 감소하고, 생리적 특성 변화는 증가하는 경향을 보였다. 또한 사용성 및 생리적 특성 변화 측면에서, 1:10과 1:12 기울기 간에는 유의한 차이가 없었다. 따라서 경사로를 설치할 때, '장애인 · 노인 · 임산부 등의 편의 증진 보장에 관한 법률(보건복지가족부, 1997)'과 ADAAG에서 제안하는 1:12 기울기 대신 1:10 기울기를 적용해도 무방하다고 판단된다. 또한 15cm 높이 이하에 경사로를 설치할 때, 공간이 부족하다면 경사로 기울기를 1:8까지 완화해도 무방하다. 그러나 1:6 기울기는 대부분의 실험 조건에서 다른 기울기에 비해 확연히 낮은 사용성과 높은 생리적 특성 변화를 보였기 때문에, 경사로 설계 시 지양해야 할 것이다.

상기 결과는 본 연구보다 급한 경사로 기울기를 제안한 Elmer(1957) 및 Canale et al.(1991)과는 다른 결과이다. 이러한 차이는 다양한 힘을 가진 피실험자를 고려한 본 연구의 피실험자 선정 특성에 기인한다. 또한 Steinfeld et al.(1979)은 본 연구보다 완만한 기울기를 제안하였는데, 이는 본 연구에서 사용된 경사로의 길이가 더 짧기 때문이다. 반면, 본 연구와 유사한 피실험자 구성을 사용한 Sanford et al.(1997)과는 결과가 유사하였다.

교호작용에 대한 분석 결과, 낮은 높이(15cm)와 높은 높이(45cm) 모두 급한 경사로 기울기에서 낮은 사용성이 나타나고, 생리적 특성 변화가 큰 경향이 나타났다. 그러나 낮은 경사로 높이의 경우, 완만한 경사로와 급한 경사로 간의 사용성 및 생리적 특성 차이가 나타나기는 하나 그 차이가 크지 않았다. 이는 경사로 기울기와 경사로 표면 길이 간의 trade-off에 의한 것이라 생각된다. 경사로 높이가 고정되었을 때 경사로 기울기가 급해질 경우, 동시에 경사로 표면 길이는 짧아진다. 따라서 같은 높이에 대해 작업 수행 시간이 줄어든다. 본 실험 결과 경사로 높이가 15cm일 경우, 작업 수행 시간은 경사로 기울기가 증가함에 따라 줄어드는 경향을 보였다(그림 2). 또한 1:6 기울기에서의 작업 수행 시간은 1:12와 1:14 기울기에 비해 유의하게 짧았다. 이는 급한 경사로 기울기의 단점이 작업 수행 시간의 감소에 의해 줄어들기 때문이라 생각된다.

반면 경사로의 높이가 높을 경우에는, 완만한 경사로와 급한 경사로 간의 사용성과 생리적 특성 차이가, 높이가 낮을 때에 비해 크게 나타났다. 이는 기본적으로 동일 기울기에서 높이 증가에 의한 표면 길이의 증가에 의해 작업 난이도가 상승하였기 때문이라 판단된다. 따라서 기울기가 피실험자에게 미치는 영향이 강화되었다고 생각된다. 또한 표면 길이 증가에 의해 전반적으로 작업 난이도가 상승한 상황에서는, 작업 수행 시간 감소를 통한 이득 보다는 기울기 증가에 의한 작업 난이도 상승이 더 크게 작용했을 것이다.

특히 상기 경향은 1:6 기울기에서 가장 두드러지게 나타났다. 경사로 기울기가 1:6일 때, 45cm 높이에서의 속도는 15cm에서의 속도보다 유의하게 느렸다(그림 4). 이는 경사로 높이가 높아짐에 따라 작업 난이도가 상승하여 피실험자가 일정한 속도를 유지할 수 없었음을 의미한다. 따라서 45cm 높이에서는 1:6 경사로의 표면 길이가 1:8 경사로보다 짧음에도 불구하고, 1:6 경사로에서의 작업 수행 시간이 더 길게 나타난 것이다. 이처럼 45cm 높이에서는 경사로 표면 길이가 길어지기 때문에 trade-off 효과가 줄어들게 되고, 따라서 사용성 및 생리적 특성에 대해 경사로 기울기가 미치는 영향이 15cm 높이에 비해 증가한 것으로 판단된다.

본 연구는 경사로 기울기뿐만 아니라, 기존 연구에서 다

루지 않았던 경사로 높이도 고려하여 이에 의한 사용성 및 생리적 특성의 변화를 분석하였다. 경사로 높이는 경사로를 설계하는데 있어 중요한 설계요소로, 이를 고려한 본 연구의 결과는 중요한 자료로 참고될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 피실험자의 힘을 측정하기는 하였으나 피실험자의 힘과 적합한 경사로 기울기 간의 영향은 살펴보지 못한 한계가 있다. 또한 실제 사용 상황과는 다르게 경사로를 내려가는 작업을 고려하지 않았으며, 경사로 사용에 있어 휠체어 사용자의 심리적인 불안감을 측정하지 않은 한계가 있다. 따라서 후속 연구에서 피실험자의 힘을 독립 변수로 고려할 필요가 있으며, 경사로를 내려가는 작업을 고려할 필요가 있다. 또한 심리적 불안감의 평가도 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

기술표준원, 한국인에 대한 근력 측정조사사업 보고서, *기술표준원*, 2007.

보건복지가족부, 장애인, 노인, 임산부 등의 편의 증진 보장에 관한 법률, *보건복지가족부*, 1997.

Architectural and Transportation barriers Compliance Board, Americans with Disabilities Act accessibility guidelines for buildings and facilities (ADAAG), *Washington (DC) US Access Board*, 1998.

Borg, G., Borg's perceived exertion and pain scales, 1st ed., *Human Kinetics*, 1998.

Canale, I., Felici, F., Marchetti, M. and Ricii, B., Ramp length/grade prescriptions for wheelchair dependent individuals. *Paraplegia*, Vol. 29, 479-485, 1991.

Chow, J. W., Millikan, T. A., Carlton, L. G., Chae, W., Lim, Y. and Morse M. I., Kinematic and Electromyographic analysis of wheelchair propulsion on ramps of different slopes for young men with paraplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 90, No. 2, 2009.

Dubowsky, S. R., Sisto, S. A. and Langrana, N. A., Comparison of kinematics, kinetics, and EMG throughout wheelchair propulsion in able-bodied and persons with paraplegia: an integrative approach. *Journal of Biomechanical Engineering*, Vol. 131, No. 2, 2009.

Elmer, C. D., A study to determine the specifications of wheelchair ramps. *Master's thesis*, University of Iowa, 1957.

McNeil, J., Americans with Disabilities: 1994-95, U.S. Bureau of the Census, Current Population Reports, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 1997., cited in Wolfgang, F. E., Elaine, O., (2001), *Universal design handbook*, McGraw-Hill, 1997.

Sanford, J. A., Story, M. F. and Jones, M. L., An analysis of the effects of ramp slope on people with mobility impairments. *Assist Technology*, Vol. 9, No. 1, 22-33, 1997.

Steinfeld, E., Schroeder, S. and Bishop, M., Accessible buildings for people with walking and reaching limitations. *Washington, DC: U.S. Department of Housing and Urban Development*, U.S. Government Printing Office, 1979.

Walter, F., Four architectural movement studies for the wheelchair and ambulant disabled. Part3-Ramp gradients. *London: Disabled Living Foundation*, 1971.

저자 소개

김 충 식 hahapius@postech.ac.kr
포항공과대학교 산업경영공학과 학사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 박사과정
관심분야: Universal Design, User Experience Design, 인체역학

이 동 훈 bell7738@postech.ac.kr
연세대학교 의공학과 학사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 박사과정
관심분야: Universal Design, User Experience Design, 인체역학

이 지 혜 citrus@postech.ac.kr
포항공과대학교 화학공학과 학사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 석사과정
관심분야: Universal Design, UI Design, HCI

권 성 혁 samdolee@postech.ac.kr
한국정보통신대학교 경영학부 석사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 박사과정
관심분야: HCI, UI Design, Product Design

정 민 근 mkc@postech.ac.kr
University of Michigan 산업공학과 박사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 교수
관심분야: Universal Design, 인체역학, 응용 통계 및 실험 계획

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 05월 29일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 07월 12일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 07월 12일