

QFD와 불편도 실험을 통한 겨드랑 목발의 인간공학적 분석 및 디자인*

박희석·옥동민

홍익대학교 정보산업공학과

Ergonomic analysis and Design of an Axilla Crutch Through QFD and Discomfort Experiments

Hee Sok Park, Dong Min Ok

Department of Industrial and Information Engineering, Hongik University, Seoul, 121-791

ABSTRACT

The aim of this paper is to improve the design of a pair of axilla crutches through quality function deployment(QFD) and discomfort experiments. User needs for the crutches, as well as the engineering characteristics which have influence on the ergonomic quality of crutches were determined from the interview with many users. This information was entered in the house of quality, and the results show that the axillary pad and grip are the most important quality factors. And the results from the discomfort experiments confirmed the QFD output. A prototype reflecting the QFD results was proposed. The present study demonstrated how QFD approach can be a methodological tool geared to greater ergonomics consideration in product design.

Keyword: Axilla crutch, QFD, Discomfort

1. 서 론

사람의 손상된 신체부위를 보완해 주는 보조기구는 일상 생활을 수행하는 능력과 재활능력을 제고시키는 중요한 기능을 갖고 있다. 최근 교통사고와 산업재해 등 각종 사고가 빈번해지고 사회가 노령화되면서 보조기구의 중요성이 더욱 커지고 있다. 여러 보조기구 중에서 목발은 경상에서부터 중상에 걸쳐, 그리고 일시적 장애부터 중장기적 장애에 이르기까지 폭넓게 이용되는 보행 보조기구로서, 지팡이(21%) 다음으로 가장 많이 사용되는(9.7%) 보행 보조기구이다(권선진, 2006). 목발은 겨드랑이로 지탱하는 형태와 팔

꿈치로 지탱하는 형태로 구분할 수 있으며, 겨드랑 목발은 다시 고정형과 길이조절형으로 구분된다. 그리고 프레임의 재질로써 나무 또는 알루미늄이 쓰이는 바, 상대적으로 저렴한 가격으로 인하여 나무 목발이 많이 사용된다.

한편, 본 연구에서 실시한 예비조사에서, 겨드랑 목발을 이용해본 경험자들은 그 대표적 문제점으로서 i) 겨드랑이 지지 부분과 손잡이 부분의 불편함, ii) 바닥접촉 부위의 마모가 빠른 점, iii) 목발의 종류가 한정되어 있어 선택의 폭이 좁다는 점들을 꼽았다. 그리고 목발에 관한 KS규격이 존재하고 있으나(겨드랑 목발 KS P 8401 2007; 팔꿈치형 목발 KS P ISO 11334-1), 시중에서 판매되고 있는 목발의 대부분은 그 규격을 충족하고 있지 않음을 발견하였다. 그 이

*본 연구는 2008년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

교신저자: 박희석

주 소: 121-791 서울시 마포구 상수동 72-1, 전화: 02-320-1473, E-mail: hspark@hongik.ac.kr

유는 국내 목발 제조업체 대부분이 영세한 소규모 업체이므로 KS규격에 대한 개념 없이 생산하고 있으며, 그로 인하여 사용자의 불편함이 가중되고 있는 현실이라고 사료된다.

목발에 대한 인간공학적 연구는 국내외를 통하여 그리 활발하지는 않으며, 상당수는 역학적 분석기법을 사용하고 있다. Spek et al.(2003)은 목발사용 시 걸음걸이에 대한 인체역학적 모형을 제시하였다. Ulkar et al.(2003)은 목발사용 시 에너지 소비량의 변화를 연구하였다. Clark et al.(2004)은 근전도를 사용하여 목발사용 시 하지 근육들의 근력 변화를 측정하였다. Raquejo et al.(2005)은 목발사용 시 상지의 움직임을 설명하는 3차원 인체역학적 모형을 개발하고, 동작분석기를 사용한 실험을 통하여 그 모형의 타당성을 검증하였다. Bacik et al.(2006)은 목발사용 시 지면과 발과의 접촉면에 부과되는 반작용힘(reaction force)에 대하여 힘판(force plate)과 보행분석(gait analysis) 기법을 사용하여 분석하였다. 구분언과 박근상(2000)은 한국과 일본 양국의 인체 측정 자료와 휠체어와 목발에 대한 규격을 상호 비교하여 KS규격의 문제점을 지적하고, 올바른 치수를 제시한 바 있다.

이상에서 알 수 있듯이, 목발사용자가 느끼는 불편점과 개선요망사항을 직접적으로 반영하여 개선된 목발 디자인을 제시한 연구는 찾아보기 힘들다고 하겠다. 이에 본 연구에서는 성인용 목발 중에서 널리 사용되고 있는 겨드랑 목발을 대상으로 그 문제점을 분석하고, 품질기능전개(Quality Function Deployment, QFD)기법과 불편도 실험을 통하여 사용자의 요구를 반영한 새로운 개선안을 도출하였다. 일시적 장애를 겪었던 사람들을 중심으로 목발에 대한 VOC를 조사하고 그들 간의 중요도를 결정하였으며, 이와 관련이 있는 EC를 선정하였다. VOC와 EC간의 상관관계를 파악하여 우선적으로 개선되어야 할 CTQ(Critical To Quality)를 도출하여 목발을 다시 디자인하였다.

QFD는 사용자의 요구를 제품 개발에 반영하는 기법 중에서 널리 이용되는 방법이다. QFD는 품질의 집(House of Quality, HOQ)을 통하여 고객의 요구사항(Voice of Customer, VOC)과 그들의 우선순위를 파악하고, VOC를 만족시키기 위해서 어떤 기술적 특성(Engineering Characteristics, EC)들이 관련이 있는지를 분석한다(Akao, 1990). QFD를 통해 CTQ 즉, 제품 개발을 위해 우선적으로 노력을 기울여야 할 요소를 결정할 수 있기 때문에 제품의 개발 기간을 단축시킬 수 있다. 인간공학적인 관점에서 볼 때, QFD는 디자인 프로세스 전반에 걸쳐 고객의 요구를 반영하며 제품 디자인 관련자들(엔지니어, 인간공학자, 사용자 등)간의 의사소통을 원활하게 하고, 나아가 다양한 디자인 변수들간의 관계를 잘 이해할 수 있기 때문에 인간공학과 제품 디자인을 통합하는 데 좋은 방법이 된다. QFD는 Kalivas

et al.(1996), Haapalainen et al.(1999/2000), Marsot(2005), 박희석과 이미란(2007), 송미진 외(2007), 진범석 외(2007) 등에서 여러 소비자 제품에 대하여 적용된 바 있다.

본 연구는 주로 역학적 접근방법을 취해온 기존의 목발 관련 연구방법을 보완하여 QFD 기법을 사용하여 보다 사용자 중심적인 결과를 도출하려 하였으며, 본 결과는 목발 디자인 및 제조에 보다 현실적인 기여를 할 것으로 기대한다.

2. 방 법

2.1 VOC 조사

목발 판매자와 구매자의 의견을 수집하기 위하여 2007년 4월경 서울 종로 5,6가 일대의 의료기 상가에서 시장조사와 인터뷰를 실시하였으며, 목발사용에 있어서의 불편한 점과 개선요망사항 등을 알아보았다. 또한 목발을 해 본 경험이 있는 20대(평균 연령 22.3 ± 2.1 세) 대학생 12명(남 8, 여 4)을 대상으로 사용 시기, 불편 부위, 개선요망사항 등을 주제로 한 Focus Group Interview(FGI)를 실시하여 정보를 수집하였다. FGI 참여자들의 목발사용 기간은 2주~2개월이었으며, 현재 목발을 이용 중인 사람은 없었다.

2.2 QFD 전개

상기 과정을 통하여 총 11개 항목의 VOC와 15개 항목의 EC가 도출되었으며, FGI에 참여했던 사람들간의 토론을 통해 VOC의 중요도로서 각각 1, 3, 7점 가중치를 부과하였다. 다음은 EC간의 관계와 방향성을 추출하였다. 두 EC가 양의 상관관계일 경우, +, ++의 기호를 이용하여 표기하였으며, 음의 상관관계일 경우 -, --를 기입하고 서로 상관관계가 없을 경우에는 공란으로 남겨두었다.

VOC와 EC간의 관계 파악을 위하여 7점 척도를 이용하였다. 각각의 VOC와 EC가 만나는 셀에 서로 간의 관계 정도에 따라 0, 1, 3, 7점을 부여하도록 하였다. 0점이면 상관관계가 없는 것이고, 7점이면 관련성이 강한 것이다.

이상의 단계들을 거쳐 HOQ를 완성하였고, VOC와 EC의 관계 점수에 VOC의 중요도를 곱하여 EC별 점수를 구하였다. 점수의 크기가 가장 큰 것이 가장 먼저 개선되어야 할 품질요인인 CTQ이다. CTQ를 도출한 뒤 점수에 따라 개선순위를 결정하였다.

2.3 불편도 실험

손바닥과 팔의 세부 부위별 불편도 차이와 나무 목발과 알루미늄 목발 간 불편도의 차이를 알아보기로 실험을 실시하였다. 피실험자로서 20대(평균 연령 24.5 ± 3.3 세) 대학생 10명(남 6, 여 4)이 참여하였다.

손바닥의 세부 부위는 선행 연구(Groenesteijn, 2004)를 참고로 하여 본 연구에 맞게 수정하여 10개의 지점으로 구분하였다(그림 1). 팔은 주요 근육을 참고로 하여 6개 지점으로 나누었다(그림 2). 그림에서 A는 손목, B는 굴근, C는 요근, D와 E는 상완이두근, F는 삼각근에 해당하는 지점이다. 실험방법은 나무 목발과 알루미늄 목발 각각을 30분씩 사용하여 보행하게 한 후, 10cm의 연속 scale 상에 사용자가 느끼는 주관적 불편도를 표시하게 하였다.

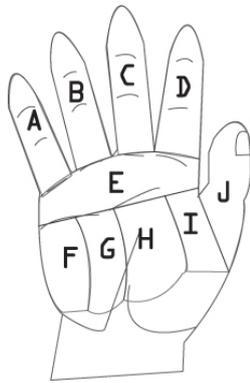


그림 1. 손바닥의 세부 부위

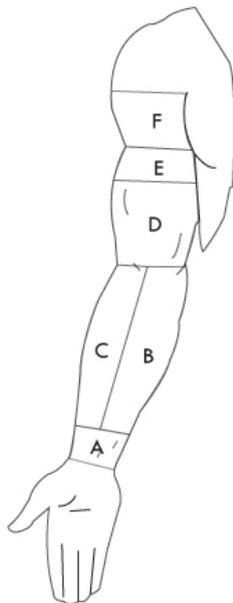


그림 2. 팔의 세부 부위

2.4 프로토타이핑과 감성평가

이상의 연구결과를 바탕으로 개선안을 도출하였다. Illustrator를 이용한 2D설계 과정을 거쳐 플라스틱 소재의 프로토타입을 실제로 제작하였다.

또한 SD법(Semantic Differential)을 이용하여 기존의 나무 목발, 알루미늄 목발과 제안된 프로토타입 등 3가지 목발에 대한 사용자의 감성을 평가하였다. 피실험자로 20대(평균 연령 22.67 ± 2.5 세) 대학생 15명(남 10, 여 5)이 참여하였다. 먼저, 수집된 목발과 관련 있는 형용사를 28개의 쌍으로 요약하였다. 이를 해당 목발의 이미지에 대해 7점 척도로 1차 평가하게 하고, 그 결과를 요인분석 후 성분행렬 값에 따라 구분되는 형용사 집합 중 그 집합을 대표할 수 있는 어휘를 선별하였다. 선별된 어휘는 심미성, 희소성, 사용성, 간결성, 견고함이었다. 2차 평가로 각 목발을 30분씩 사용하게 한 후 7점 척도로 평가하게 하였다. 수집된 데이터는 다차원척도법을 이용해 분석하였다.

3. 결 과

3.1 QFD

시장조사와 FGI를 통하여 도출된 VOC는 표 1과 같다. 표 2에는 VOC에 대응하는 EC가 정리되어 있으며, VOC와 EC간의 관계를 종합하여 그림 3과 같이 HOQ가 완성되었다. 도출된 CTQ로서 가장 중요한 것은 거드랑이를 떠받치는 가로대의 재질 개선이었다. 다음 우선순위로 전체 무게의 개선, 손잡이의 재질 개선, 손잡이의 모양 개선이었다.

표 1. VOC와 중요도

번호	VOC	중요도
1	키에 따라 높이가 맞아야 함	7
2	장시간 사용해도 어깨 또는 손이 접촉하는 지점에 습기가 차지 않아야 함	7
3	가로대의 쿠션이 폭신할 것	7
4	무겁지 않아야 함	7
5	팔목에 힘이 들어가지 않도록 해야 함	7
6	가로대 모양이 다양해야 함	3
7	손잡이의 모양이 다양해야 함	3
8	휴대성이 높을 것	3
9	세련된 디자인일 것	1
10	경사가 있는 곳을 오르내릴 때 편해야 함	1
11	잘 미끄러지지 않아야 함	1

표 2. EC

번호	구분	세부 내용
1	길이	전체 길이
2		가로대부터 손잡이까지의 길이
3	무게	전체 무게
4	재질	가로대의 재질
5		손잡이의 재질
6		바닥 고무의 재질
7		프레임의 재질
8	둘레	가로대의 둘레
9		손잡이의 둘레
10		가로대부터 손잡이까지 활대의 둘레
11		손잡이부터 바닥 고무까지 활대의 둘레
12	가격	
13	외관	가로대의 모양
14		손잡이의 모양
15	색상	

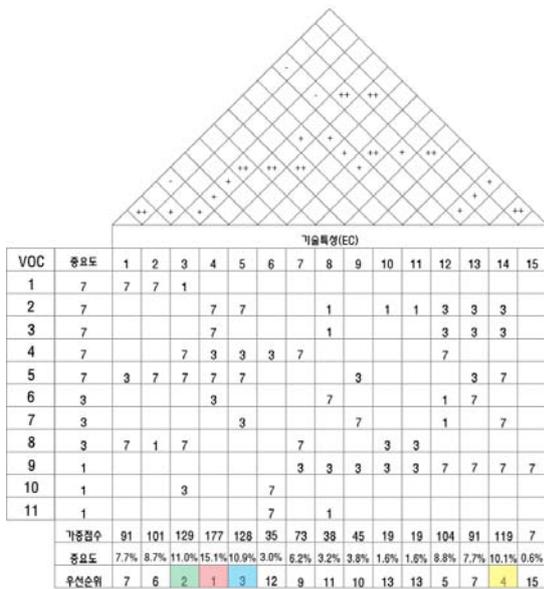


그림 3. 완성된 HOQ

3.2 불편도

손바닥의 경우, 나무 목발의 불편도는 그림 1의 G-F-E 부위 순서로, 알루미늄 목발은 E-I-F 순으로 높은 것으로 나타나 손가락에서 보다 손바닥에서 느끼는 불편함이 더 크다는 것을 알 수 있었다(유의수준 5%). 그리고 나무 목발의 불편도가 알루미늄 목발의 불편도보다 높음을 알 수 있었다($p < 0.0001$).

팔의 경우, 나무 목발의 불편도는 그림 2의 F-D-A 부위 순서로, 알루미늄 목발은 F-E-D 순으로 높은 것으로 나타나 양 목발 모두 F지점(삼각근)에서의 불편도가 가장 높았다(유의수준 5%). 그리고 팔의 경우에도 나무 목발의 불편도가 알루미늄 목발의 불편도보다 높음을 알 수 있었다($p < 0.0001$).

3.3 프로토타입

이상의 결과를 토대로 가로대와 손잡이를 중심으로 개선안을 제시하였다. 가로대는 2가지 부분을 개선하였다. 첫째, 좌우측 길이를 10mm씩 늘여서 목발의 안정성을 높여서 팔이 잘 빠지지 않도록 하였다. 현재 거드랑 목발의 가로대 길이에 대한 KS P 8401 규정은 180mm이고, 본 연구에 사용된 목발의 가로대 길이는 190mm이었다. 가로대와 관련한 인체 제원인 거드랑 두께의 20~60세 사이 남녀 평균은 107.99mm이며, 여성의 5퍼센타일 값은 80mm, 남성의 95퍼센타일 값은 137.55m이다(Size Korea, 2006). 따라서 현재 가로대 길이의 치수적인 문제점은 없으나, 사용자를 대상으로 한 인터뷰나 실험 과정에서 가로대 길이가 짧음으로 인해 팔이 목발에서 빠져 나온다는 의견이 상당수 있었다. 이에 현재 목발의 가로대 길이 190mm에서 10mm를 더 늘리게 된 것이다. 둘째, 목발을 좌 또는 우 한쪽만 쓰는 사람들이 반대편 손으로 목발을 더욱 쉽게 지탱할 수 있도록 가로대 끝에 엄지손가락을 걸어 힘을 실을 수 있는 홈을 제공하였다. 그리고 손잡이는 검지로 쥐는 부분에 홈을 만들어 손잡이를 편하게 쥘 수 있도록 하였다.

프로토타입의 평면 설계는 그림 4와 같다. 가로대와 손잡이 부분의 재질로서 보다 부드러운 실리콘 재질이 바람직하나, 프로토타입은 비용과 절차상의 문제로 ABS(플라스틱 주형)로 제작하였다.

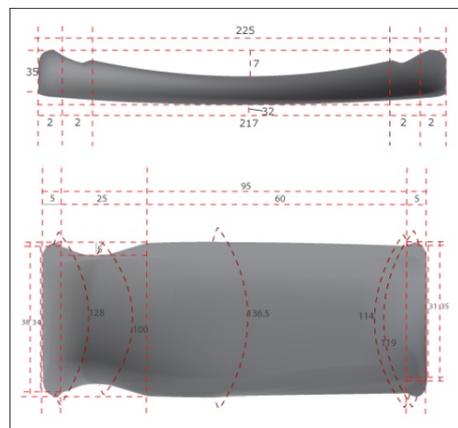


그림 4. 목발 개선부(위: 가로대 아래: 손잡이)의 평면 설계도

3.4 감성평가

목발에 대한 감성평가의 결과는 그림 5와 같다. 프로토타입의 심미성, 희소성과 사용성이 다른 목발에 비해 높으며, 견고함도 알루미늄 목발에 비해 뒤지지 않는 것으로 나타났다. 그러나 나무 목발은 알루미늄, 프로토타입 두 목발에 비해 그리 좋은 평가를 받지 못했다.

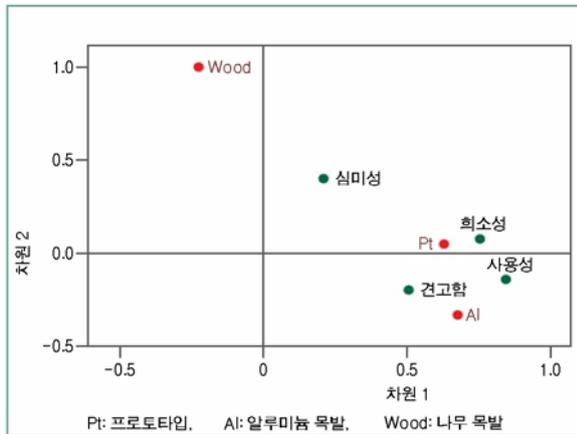


그림 5. 포지셔닝 맵

감성평가 과정 중, 가로대에 대한 평가 결과가 기대에 미치지 못했다. 즉, 피실험자들은 새로운 가로대가 기존 가로대에 비해 크게 개선된 점이 없으며, 가로대에서 어깨가 빠져나가는 현상을 제대로 해결하지 못했다는 의견을 제시하였다. 피실험자들의 의견과 브레인 스토밍 과정을 거쳐서 새로운 가로대 디자인이 제시되었다. 새로운 가로대는 'ㄷ'자 형태로서(그림 6), 어깨가 목발에서 미끄러지거나 빠지지 않도록 고려하였다. 또한 새 가로대의 뒷부분에서 어깨를 지탱해 줄 수 있기 때문에 무게 중심이 안정되는 효과가 있을 것이다.



그림 6. 새 거드랑이 견착부 디자인

새로운 거드랑이 견착부 디자인에 대하여 산업디자이너 및 목발사용자를 대상으로 외형에 대한 평가를 다시 하였다. 그 결과 새로운 디자인이 다소 딱딱해 보이며, 어깨가 빠지지 않도록 하기 위한 것이라는 기능적인 느낌을 주기 때문에 추후에는 'ㄷ'자보다 더 부드러운 느낌의 'U'자 형으로 설계할 것을 제시하였다. 또한, 'ㄷ'자 형 견착부가 어깨 부분의 확실한 지지는 되나, 어깨 관절을 움직이는 데 있어 불편함을 초래할 것이라는 의견도 있어 이에 대한 재평가 및 force plate를 이용한 역학적 평가의 필요성도 제기되었다.

4. 토의 및 결론

본 연구에서는 널리 사용되는 보행 보조기구인 목발에 대하여 QFD 기법을 이용하여 인간공학적으로 재설계하였다. 11개의 VOC와 15개의 EC가 추출되었으며, 그들간의 관계를 기초로 HOQ를 완성하였다. 도출된 주요 품질요인은 거드랑이 지지대(가로대)의 재질 개선, 전체 무게 개선, 손잡이의 재질 개선, 손잡이의 모양 개선 등으로 나타났다. 또한 불편도 실험에서 손바닥과 팔 모두 나무 목발의 불편도가 알루미늄 목발의 불편도보다 높음을 알 수 있었다. 특히 팔에 대한 불편도 측정에서 삼각근 지점에 대한 불편도가 다른 부분보다 높아 개선이 요망됨을 발견할 수 있었는데, 이는 QFD의 결과와도 일치하였다.

개선된 디자인에서는 가로대와 손잡이의 개선에 초점을 맞추었는데, 가로대의 길이는 팔이 잘 빠지지 않도록 하기 위해 좌우 길이를 10mm씩 늘이고, 한 손으로 목발을 사용할 때 다른 한 손을 목발에 쉽게 기댈 수 있도록 가로대 양쪽 끝부분에 홈을 팠다. 손잡이는 검지로 쥐는 부분에 홈을 만들어 보다 작은 힘으로 편안하게 잡을 수 있도록 하였다. 개선된 디자인을 바탕으로 실제로 플라스틱 소재의 프로토타입을 제작하였다. SD법을 이용하여 기존의 나무 목발, 알루미늄 목발과 프로토타입 등 3가지 목발에 대한 사용자의 감성을 평가하였는 바, 프로토타입이 기존 목발들에 비해 심미성, 희소성, 사용성이 높으며 견고함 또한 알루미늄 목발에 뒤지지 않는 것으로 나타났다. 평가 후 가로대에 대한 재개선이 요구되어 'ㄷ'자 형태의 가로대를 새로 제시하였다. 'ㄷ'자 형태의 가로대는 어깨가 쉽게 빠지지 않도록 하며 무게 중심이 안정되는 효과를 가져올 것이다.

본 연구에서는 주로 가로대와 손잡이를 중심으로 분석하였지만 그 외, 목발의 체원 또한 많은 개선이 필요함을 알 수 있었다. 선행 연구(구본연과 박근상, 2000)에서 지적되었던 가로대 커버 중심에서 손잡이 밑부분까지의 길이, 가로대 커버 중심에서 고무 받침대 밑까지의 길이 등도 여전

히 개선이 필요한 부분이다. 현행 거드랑 목발에 관한 KS 규격에서 손잡이 길이에 대한 규정은 M형이 91mm, L형이 101mm이다. 그리고 Size Korea의 손너비는 20~60세 성인 남녀의 평균은 79.5mm, 여성의 5퍼센타일 값은 70.5mm, 남성의 95퍼센타일 값은 89.5mm로 손잡이의 길이는 우리나라 사람들의 신체 조건을 만족시키는데 문제점이 없다고 하겠다. 반면에 가로대 커버 중심에서 손잡이 밑부분까지의 길이는 KS규격에서는 고정형과 조절형 모두 아울러 볼 때, 220~455mm를 권장하고 있다. 그러나 Size Korea의 팔길이는 20~60세 성인 남녀의 평균은 549.5mm, 여성의 5퍼센타일 값은 489.5mm, 남성의 95퍼센타일 값은 617.5mm로서, 사용자가 목발을 견착 후 손잡이를 쥘 때 팔꿈치를 구부려 쥐는 것을 감안하더라도 현 KS규격이 우리나라 사람들의 신체 조건을 충족시키기에는 문제가 있는 것으로 사료된다. 마지막으로 가로대 커버 중심에서 바닥 고무까지의 길이에 관한 KS규격에서는 고정형과 조절형 모두 감안할 때 915~1325mm의 길이를 권장하고 있다. 이는 20~60세의 성인남자 95퍼센타일의 거드랑 높이 값인 1349mm를 만족시키지 못하고 있으므로 목발 전체의 높이의 상한값을 제고할 필요가 있다.

추후 연구에서는 더욱 현실성이 높은 재질로 제작하여 그 타당성을 검증해 보아야 할 것이다. 또한 목발의 가로대, 손잡이의 2부분의 개선에만 그쳤던 것을 목발 전체로 확대해 목발 프레임이나 바닥 고무 등에 대한 고려도 함께 이루어져야 하겠다. 마지막으로 본 실험에서 주로 적용된 주관적인 평가법을 보완하여 보행분석 등을 이용한 객관적인 역학적 평가도 이루어져야 할 것이다. 나아가, 다양한 형태의 장애에 대하여 확대 적용될 필요가 있겠다.

참고 문헌

- 권선진, 장애인의 재활보조기구 활용실태와 정책과제, *보건복지포럼*, 4월호, 44-48, 2006.
- 구본연, 박근상, 후천성 장애인을 위한 휠체어와 목발의 인간공학 적 고찰, *산업경영시스템학회지*, 23(57), 77-85, 2000.
- 박희석, 이미란, 품질기능전개를 이용한 플라이어의 인간공학 적 디자인, *대한인간공학회지*, 26(4), 85-90, 2007.
- 송미진, 심정훈, 허춘욱, 윤훈용, 소비자 감성을 고려한 소파 설계 DB 및 Interface 개발, *대한인간공학회지*, 26(3), 81-89, 2007.
- 진범석, 최계연, 지용구, 조길수, 김경록, 이창희, QFD를 이용한 식기세척기의 감성기반 사용성 평가 연구, *대한인간공학회지*, 26(3), 101-109, 2007.
- Akao, Y., *An introduction to quality function deployment in: Integration customer requirements into product design*, Productivity Press, Cambridge, 1990.

- Bacik, B., Saulicz, E. and Gnat, R., Ground-foot reaction forces in hemiplegic gait patterns with and without orthopedic aids, *International journal of rehabilitation research*, 29(3), 255-259, 2006.
- Clark, B. C., Manini, T. M., Ordway, N. R. and Ploutz-Snyder, L. L., Leg muscle activity during walking with assistive devices at varying levels of weight bearing, *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(9), 1555-1560, 2004.
- Groenesteijn, L., Eikhout, S. M. and Vink, P., One set of pliers for more tasks in installation work: the effects on (dis)comfort and productivity, *Applied ergonomics*, 35(5), 485-492, 2004.
- Haapalainen, M., Kivistö-Rehnasto, J. and Mattila, M., Ergonomic design of non-powered hand tools: An application of quality function deployment (QFD), *Occupational Ergonomics*, 2(3), 179-189, 1999/2000.
- Kalivas, J. H., Lang, P. M., Forch, G., Garbe, F., Jensen, J., Bergquist, K. and Abeysekera, J., Quality Function Deployment(QFD)-A means for developing usable products, *International journal of industrial ergonomics*, 18(4), 269-275, 1996.
- Marsot, J., QFD: a methodological tool for integration of ergonomics at the design stage, *Applied Ergonomics*, 36(2), 185-192, 2004.
- Requejo, P. S., Wahl, D. P., Bontrager, E., Newsam, C., Gronley, J., Mulroy, S. and Perry, J., Upper extremity kinetics during Lofstrand crutch-assisted gait, *Medical engineering & physics*, 27, 19-29, 2005.
- Size Korea, <http://sizekorea.kats.go.kr/>, 2006.
- Spek, J. H., Veltink, P. H., Hermens, H. J., Koopman, B. F. J. M. and Boom, H. B. K., A model-based approach to stabilizing crutch supported paraplegic standing by artificial hip joint stiffness, *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 11(4), 443-451, 2003.
- Ulkar, B., Yavuzer, G., Guner, R. and Ergin, S., Energy expenditure of the paraplegic gait: comparison between different walking aids and normal subjects, *International journal of rehabilitation research*, 26(3), 213-207, 2003.

○ 저자 소개 ○

❖ 박 희 석 ❖ hspark@hongik.ac.kr

미시간대학교 산업공학과 박사

현 재: 홍익대학교 정보산업공학과 교수

관심분야: 근골격계질환, HCI 등

❖ 옥 동 민 ❖ jamiroquais@naver.com

홍익대학교 정보산업공학과 학사

현 재: 홍익대학교 대학원 정보산업공학과 석사과정

관심분야: 근골격계질환, HCI 등

논문 접수 일 (Date Received) : 2008년 07월 01일

논문 수정 일 (Date Revised) : 2008년 08월 26일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2008년 09월 09일