

Study on Deriving Design Improvement Factors by Quality Function Deployment

Joohyun Sim¹, Jonghyun Kim¹, Jaesoo Hong¹, Keyoungjin Chun¹, Kwangtae Jung²

¹Gerontechnology Center, Korea Institute of Industrial Technology, Cheon-an

²KUT, Department of Industrial Design Engineering, Cheon-an

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is improving design of upper body ergometer by Quality Function Deployment (QFD). **Background:** Although many factors for usability including muscle activity, fatigue, breath and pressure were considered to improve upper body ergometer, design of ergometer that is one of the main factors for usability has not been fully investigated. **Method:** In this study, we asked to experts about requirement derived from users and gained weighting of valuation attributes using Expert choice 2000. From these data, we analyzed the correlation between weighting of valuation attributes weighting and engineering characteristics. **Results:** The results showed that the priority improvement factors are armrest, link-structure of actuator and gap width of under frames. **Conclusion:** From this study, we expect that these quantified data can be proposed to develop the design of upper body ergometer **Application:** Priority design improvement factors were derived by QFD method. We have a plan for developing additional design improvement factors of upper body ergometer based on this study.

Keywords: Upper body ergometer, AHP, QFD, In-depth Interview

1. Introduction

근래에 서구화된 식단과 운동부족으로 인해 동맥경화를 비롯한 뇌경색 등 뇌졸중 환자가 급격하게 늘어나고 있는 추세이다. 뇌졸중이나 외상성 뇌손상 환자들의 경우 환측에서 나타나는 경직(spasticity), 근력 및 감각의 저하, 체간의 불균형 등의 상지 기능손상은 일상생활을 어렵게 만드는 주된 원인이 된다(Kim et al., 2010). 따라서 편마비 환자의 재활훈련은 원활한 일상생활을 영위하기 위해서도 중요하다. 상지 에르고미터는 뇌졸중에 의한 편마비 환자들의 재활운동장비의 하나로 이용된다(Yoon et al., 2008). 현재까지 상지 에르고미터에 대한 연구는 운동 시 근 활성화도, 근 피로도, 호흡, 혈압, 등에 대한 분석들이 진행되어 왔으며, 하지에 대한 자전거 에르고미터 개발연구 등이 있었다(Yoon et al., 2010), (Kim et al., 2010). 그러나 상지 에르고미터의 개발을 위한 디자인요소에 대한 연구나, 상지 에르

고미터의 사용성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 1:1 인터뷰(In-depth Interview), 전문가 집단의 설문을 통한 계층 분석 의사결정방법(Analytic Hierarchy Process: AHP) 그리고 품질기능전개(Quality Function Deployment: QFD) 등의 방법을 사용하여 상지 에르고미터의 디자인개발방향을 설정하는 데 있어 중요한 디자인 개선요소 도출을 연구목적으로 한다.

2. Method

2.1 In-depth Interview

사용자의 요구사항 조사하기 위해 상지 에르고미터를 이용한 재활치료를 하는 강남성모병원 재활의학과를 2011년 4월 11일 오후 2시에 방문하였다. 작업치료사와 재활치료

를 받는 사용자에게 상지 에르고미터 사용과 관련된 In-depth Interview를 진행하였고, Interview 와 동시에 영상 촬영을 진행하였다.

사용자 요구사항의 중요도 설정하기 위해서 인간공학자 2인, 의공학자 1인, 기계공학자 2인 총 다섯 명의 전문가를 통해 요소간의 쌍대비교를 통한 상대적중요도를 추정할 수 있는 AHP를 진행하였다. 중요도 결과는 AHP를 프로그램화한 Expert Choice 2000을 사용하여 요구사항들 간의 중요도를 파악하였다. 결과값은 Inconsistency 값이 0.1 이내 포함되는 결과만을 활용하였다.

2.2 Importance of requirements



Figure 1. In-depth Interview

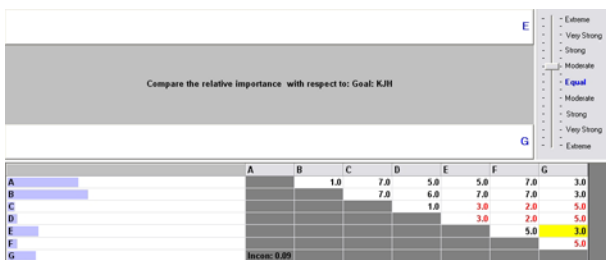


Figure 2. Analysis by Expert Choice

Table 1. Requirement analysis

	요구사항	중요도
A	끼임사고 예방, 재질 및 구조의 안전성	0.279
B	휠체어의 접근성	0.252
C	기기의 각도, 높이, 길이 변경용 이성	0.113
D	기기작동 시 외력지지	0.093
E	신체 접촉부의 위생, 청결 및 때	0.049

	타지 않는 색	
F	컨트롤러 조작용 이성	0.095
G	효과증진을 위한 운동모드의 다변화	0.120

인터뷰 결과 7가지의 요구사항이 도출 되었으며, 각 중요도는 A. 끼임사고 예방 및 재질 및 구조 안전성: 0.279, B. 휠체어의 접근성: 0.252, C. 기기의 각도, 높이 길이 변경 용이성: 0.113, D. 기기의 작동 시 외력지지: 0.093, E. 신체 접촉부의 위생, 청결 및 때 타지 않는 색: 0.049, F. 컨트롤러 작동 용이성: 0.095, G. 효과증진을 위한 운동모드의 다변화: 0.038 로 도출 되었다.

2.3 Engineering Characteristics: EC

Table 2. Engineering Characteristics

	변수	상세설명	번호
기술적 특성 (EC)	길이	구동부 높이 (바닥면부터 손잡이까지의 길이)	1
		구동부 너비 (구동부의 라운드 부분 지름)	2
		구동부 길이 (수평방향 운동 일 때 구동부 라운드 끝점 부터 전원 버튼이 있는 반대편 모서리 까지의 길이)	3
		구동부 두께 (수평방향 운동 일 때 전원 연결부의 수직 길이)	4
		팔 받침대 길이 (손잡이 바 2개의 직각 연결 면 세로길이)	5
		팔 받침대 폭 (손잡이 바 2개의 직각 연결 면 가로길이)	6
		팔 받침대 손잡이의 길이	7
		구동부 받침대 세로 프레임 길이	8
		구동부 받침대 바닥프레임 사이 폭	9
		바퀴의 직경	10
		바퀴의 너비	11
	위치	본체 높이조절 위치	12
		틸팅 각도 조절 위치	13
		조절 패널의 위치	14
		전원 연결부의 위치	15
	각도	본체의 틸팅 각도	16
		팔 받침대의 재질, 프레임의 재질	17
	재질	구동부의 재질	18
		바퀴의 재질	19
		패널(버튼)의 재질	20
	형태	팔 받침대와 구동부의 링크구조	21
		손잡이의 형태	22
		높이조절 장치의 형태	23
		패널UI [User Interface]	24
		바닥 프레임의 형태	25
	무게	에르고미터의 전체적인 무게	26

상지 에르고미터의 기술적 특성들은 사용자 분석 결과 파악된 Needs를 충족시키고, 사용상의 문제점들을 해결할 수 있는 공학적 특성들을 위주로 정리하였다. 또한 기술적

특성들은 객관적이고 측정 가능하며, 정량적인 특성들이어야만 한다. 따라서 길이, 위치, 각도, 재질, 형태, 무게 등 총 6가지의 요소를 기준으로 총 26가지로 세분화하여 정의 하였다.

2.4 House of Quality

품질의 집(House Of Quality)에서는 각각의 기술적 특성과 요구사항들이 제품의 속성에 어떤 영향을 주는가를 매트릭스를 이루는 칸들을 통해서 검토하였다. 어떤 기술적 특성은 어떤 속성에 큰 영향을 주는 반면에, 다른 특성들은 작은 영향을 줄 수도 있을 것이다. 그런 상관관계의 정도를 매트릭스에 정리 하였다.

2.5 Method of HOQ

품질의 집을 전개하기 위하여 기술적 특성과 사용자 요구사항 간의 상관관계 정리는 관련 재활기기 개발자 전문가 3명의 의견을 조합하여 정리되어졌다. 상관관계정도는 숫자를 대신한 기호를 사용 하였다. ●: 강한 상관관계를 나타내는 기호로 9점, ○: 보통의 상관관계를 나타내는 기호로 3점, ▽: 약한 상관관계를 나타내는 기호로 1점을 부여하였다. 또한 상관관계가 없다고 판단되는 칸에는 아무것도 표시하지 않고, 0점을 부여하였다. 이러한 기호를 표시한 매트릭스를 1~9번까지의 EC와 각 요구사항을 HOQ 로 요약 작성하였다.

품질의 집을 통한 상관관계의 정도와 사용상의 문제점, 요구사항들의 중요도를 토대로 기술적 특성들 중에서 어떤 항목이 사용자들의 요구사항을 반영하기에 가장 우선시 되는지에 대한 점수의 합계를 계산하게 되는데 계산 방법은 중요도와 상관관계의 정도(상관관계점수)를 곱하고, 기술적 특성 별로 그 값들의 합계를 내어, 가장 큰 득점을 한 기술적 특성이 가장 우선적으로 설계개선이 필요한 항목이라고 정의 하였다.

3. Results

품질의 집에서 우선개선순위가 도출된 결과를 살펴보면 팔 받침대와 구동부의 링크구조, 구동부 받침대 바닥 프레임 사이 폭, 구동부 높이의 순서로 나타났다(Table 3).

우선개선순위의 결과를 종합하면 안전성과 접근성의 특성임을 알 수 있다. 따라서 QFD의 결과로 가장 중요

한 우선 디자인 개선요소는 끼임 사고 및 구조에 대한 안전성, 다음으로는 휠체어를 비롯한 사용자의 접근성으로 도출되었다.

Table 3. Improve ranking results

	우선개선순위	합계
구동부 높이	3	2.025
구동부 너비	19	0.458
구동부 길이	15	0.737
구동부 두께	14	0.739
팔 받침대 길이	6	1.364
팔 받침대 폭	4	1.801
팔 받침대 손잡이의 길이	17	0.531
구동부 받침대 세로 프레임 길이	7	1.241
구동부 받침대 바닥 프레임 사이 폭	2	2.547
바퀴의 직경	24	0.301
바퀴의 너비	19	0.458
본체 높이 조절 위치	11	0.965
틸팅 각도 조절 위치	5	1.763
조절패널의 위치	18	0.518
전원 연결부의 위치	22	0.347
본체의 틸팅 각도	21	0.399
팔 받침대의 재질, 프레임의 재질	10	0.984
구동부의 재질	23	0.328
바퀴의 재질	26	0.095
패달(버튼)의 재질	25	0.257
팔 받침대와 구동부의 링크구조	1	2.604
손잡이의 형태	16	0.543
높이조절 장치의 형태	13	0.773
패널의 UI (User Interface)	8	1.215
바닥 프레임의 형태	9	1.128
에르고미터의 전체적인 무게	12	0.837

4. Conclusion

본 연구의 목적인 디자인 개선요소 도출은 기술적 특성의 상관관계와 사용자의 요구사항 분석을 활용한 품질기능전개(Quality Function Deployment)를 통하여 정리 하였다. 그 결과 팔 받침대와 구동부의 링크구조, 구동부 받침대, 바닥 프레임 사이 폭의 순서로 우선개선순위가 높은 설계요소로 도출되었다. 이를 참고하여 그 동안 미흡하였던 상지

에르고미터 개발에 유용하게 사용될 수 있는 기초자료를 제시할 수 있을 것으로 기대 된다. 향후 QFD를 통해 도출된 팔 받침대와 구동부의 링크구조와 구동부 받침대 바닥 프레임 사이 폭의 디자인 개선방향에 대한 연구를 진행할 계획이다.

Acknowledgements

본 연구는 보건복지부, 보건의료연구개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Kim, K. S., Yoo, H. S., Jung, D. H., Jeon, H. S., "Analysis of Movement Time and Trunk Motions According to Target Distances and Use of Sound and Affected Side During Upper Limb Reaching Task in PATIENTS With Hemiplegia", *Korean Academy of University Trained Physical Therapists*, 17 (pp. 36-42), 2010.
- Yoon, Y. I., Kwon, T. K., Kim, J. J., Kim, D. W., Kim, N. K., "Study on the Development of a Cycle Ergometer for Rehabilitating Hemiplegia", *The Korean Society of Mechanical Engineers*, (pp. 249-250), 2008.
- Yoon, C. J., Chae, W. S., Kang, N. J., "Comparative Aanalysis of Fatigue on Muscle Activities and Physiological Variables during Ergometer Test", *Korean Society of Sport Biomechanics*, 20 (pp. 303-310), 2010.
- Kim, Y. J., Han, G. H., Kim, J. H., Lee, E. H., Moon, S. J., Choi J. G., Chang, S. D., Hong, M. Y., "The Study on Cardiorespiratory Function and Vascular Compliance in Wheelchair Basketball Athletes", *Korean Society of Sport and Lesure studies*, 31 (pp. 943-952), 2010.

Author listings

Joohyun Sim: nandeh@kitech.re.kr

Highest degree: BS, Department of Industrial Engineering, KUT

Position title: Researcher, Gerontechnology Center, KITECH

Areas of interest: Development of senior friendly product, Usability test

Jonghyun Kim: ddalki@kitech.re.kr

Highest degree: MS, Department of Industrial Design Engineering, KUT

Position title: Researcher, Gerontechnology Center, KITECH

Areas of interest: User Analysis, Usability test

Kwangtae Jung: ktjung@kut.ac.kr

Highest degree: Ph. D, Industrial Engineering, KAIST

Position title: Professor, Department of Industrial Design Engineering, KUT

Areas of interest: Applied Ergonomics and Design, HCI, Emotional Design

Jaesoo Hong: jshong94@kitech.re.kr

Highest degree: MS, Department of Mechatronics Engineering, KUT

Position title: Researcher, Gerontechnology Center, KITECH

Areas of interest: Development of senior friendly product, Usability test

Keyoungjin Chun: chun@kitech.re.kr

Highest degree: Ph. D, Department of Biomechanics, Michigan State Univ.

Position title: Senior Researcher, Gerontechnology Center, KITECH

Areas of interest: Development of senior friendly product