

# 제품의 리스크 분석 기법에 관한 연구: HuBRA 기법 개발

박경수<sup>†</sup> · 조일행 · 김운회<sup>\*</sup>

한국과학기술원 산업공학과 · <sup>\*</sup>대덕대학 컴퓨터응용계열  
(2003. 5. 9. 접수 / 2003. 8. 21. 채택)

## A Study on the Risk Analysis Techniques for Products: Development of HuBRA (Human Behavior Risk Analysis)

Kyung S. Park<sup>†</sup> · Il-Haeng Cho · Un-Hoi Kim<sup>\*</sup>

Department of Industrial Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology

<sup>\*</sup>Department of Computer Application Daeduk College

(Received May 9, 2003 / Accepted August 21, 2003)

**Abstract** : Since the introduction of The Product Liability Law, effective since July 2002, more and more companies and end-users have been giving their attention to the safety of products. A number of existing risk analysis techniques are being implemented to manufacturing sites. However, they have certain restrictions such as incurring different techniques that are to be implemented at each stage of the product development. This is due to their domain of the analysis differing from one to another. Moreover, the results of these analyses are not specific enough, and are subject to further revision. This study proceeds to look at various examinations undertaken on the existing risk analysis techniques. Through implementing them on certain products, investigations on the strengths and weaknesses were ascertained. This has allowed improvements on the existing techniques to be achieved as well as the development of a new risk analysis technique, 'HuBRA (Human Behavior Risk Analysis).' Finally the new technique was implemented on products to confirm its effectiveness.

**Key Words** : risk analysis, product liability(PL), FMEA, behavior

### 1. 서 론

제조물 책임(PL; Product Liability)법이 2002년 7월부터 시행되면서 많은 제조회사 및 소비자들이 제품의 안전에 대해 큰 관심을 가지게 되었다. 특히 제품의 다양화 및 고도화로 인하여 소비자는 그 변화에 따라가기 힘들 정도로 이르렀고, 제품의 결함에 대한 인식의 부재로 소비자의 피해는 날로 급증하고 있다.

과거에는 피해자가 가해자(제조업자)의 과실, 손해의 발생과 과실과의 인과관계를 입증하여야만 손해보상이 되었고, 소비자의 능력으로 제조업자의 과실을 입증하기에는 어려움이 많았다<sup>1)</sup>. 하지만, 이제 그 책임이 제조업자에게 결함책임으로 지워지게 되었다. 즉, 제조자가 제품의 결함이 없음을 직접 입증해야 하고, 이에 많은 기업들이 체계적인 안전대

책의 필요성을 인식하고 제품의 결함을 없애고자 많은 노력을 아끼지 않고 있다.

기존에 이런 결함을 없애고자 많은 리스크 분석 기법이 개발되어 있지만, 각 기법마다 적용시기, 적용범위, 수행방법 등이 상이하여 적절한 기법 선택에도 어려움이 있다. 대부분의 리스크 분석 기법을 수행하기 위해서는 이 분야에 경험이 풍부한 전문가의 참여가 절실히 요구된다. 하지만, 중·소기업에서는 이런 리스크 분석을 위한 비용이나 전문인력 확보 면에서 많은 어려움을 맞고 있는 것이 현실이다. 더욱이, 대부분의 기법들이 제품 자체 결함에 대해서 중점을 두는 반면, 사용자의 오작동에 대한 대비가 미약하다. 제조물 책임법이 시행되고 있는 이 시점에서 사용자의 손실 및 피해에 대한 만반의 대비가 필요한 만큼 사용자의 오작동에 대한 충분한 고려가 이뤄져야 한다. 이에, 기존의 리스크 분석 기법들보다도 적용이 수월하고 사용자의 오작동을 충분

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
kspark@mail.kaist.ac.kr

히 고려하여, 제조자가 쉽게 예상하지 못하는 피해를 사전에 방지할 수 있는 포괄적이면서 체계적인 리스크 방지 기법의 개발이 이뤄져야 할 것이다.

본 연구는 기존의 여러 리스크 분석 기법들을 살펴보고, 실제 제품에 직접 기법들을 적용해 봄으로써 개선점을 찾아내어 새로운 리스크 방지 기법 개발에 그 목표를 두었다. 특히 제품의 오작동, 즉 소비자의 잘못된 사용을 방지할 수 있는 제품 디자인을 위한 기법 개발에 연구의 중점을 두었다. 또한, 이렇게 개발된 기법들을 다시 실제 제품에 적용해 봄으로써 그 유효성을 확인하였다.

## 2. 기존 리스크 분석기법

### 2.1. 개요

기존 리스크 분석기법 중 대표적으로 FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)와 MMEA(Misuse Mode and Effects Analysis) 기법을 선정하여 실제 제품에 적용해 봄으로써 기존 리스크 분석방법의 개선점을 찾아내고, 이 개선점을 반영하여 새로운 리스크 분석기법을 개발하였다.

FMEA는 체계적으로 결함의 인과관계를 규명하고, 각 재료 및 컴포넌트의 결함이 상위 시스템 혹은 제품 자체에 미치는 영향을 구체적으로 분석할 수 있어 많이 사용되고 있다<sup>2)</sup>. FMEA는 귀납적이고 정성적인 분석기법으로 제품의 안전성 및 운용수명 증가를 위하여 어느 부품이 개선되어야 하는지 그 근거를 제시하여 준다. 하지만, 부품의 수가 많아지거나 고장의 영향이 크면 많은 시간과 노력이 소요되고, 제품의 설계와 운용을 잘 아는 제품 공학자나 사용 전문가가 분석에 반드시 참여해야 하는 단점이 있다. MMEA는 제품 부품에 대한 고장모드만을 분석한 FMEA를 인간의 파오나 불안전 행동의 분석에 활용한 것이다.

위의 기법들을 적용하기 위하여 65세 이상의 노인 가정 의료용품 중에서 가장 그 소유비율이 높은<sup>3)</sup> 안마기를 선정하여 연구를 수행하였다.

### 2.2. 제품 분해 및 기능 정의

먼저 각 하부 부품별로 고장모드를 추출하는 FMEA를 수행하기 위하여 안마기를 분해하였다. 이렇게 분해된 제품의 부품을 부분별로 그룹화 (Fig. 1.) 시키고 각 부분의 기본 기능과 하부 부품을 정의하였다(Table 1).

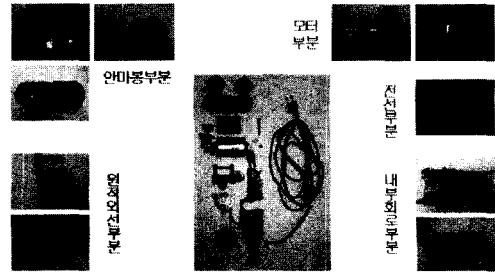


Fig. 1. Disassembly of a massager

Table 1. Function & sub-parts of each group

부분	기능	하부부품
안마봉부분	신체와 접촉하여 안마를 행함	안마봉틀, 고무패드
구동부분	모터와 크랭크를 이용해 안마봉을 상하운동 시킴	모터, 고정대, 크랭크, 고무판, 고정나사
원격의선부분	스위치를 이용 램프를 동작시켜 원격의선을 방출	버튼 스위치, 램프 덮개
내부회로부분	안마기 전반의 전기적 작동 제어, 외부로 들어온 전압조절 및 원격의선램프에 전원 공급. 전원스위치를 통해 강, 약, OFF, 3단계로 모터를 동작시킴	3단 전원스위치, 퓨즈, 회로판(코일, 저항 등), 스위치 덮개
전선부분	전원으로부터 전기 공급	전원플러그, 격인보호대, 전선
케이스부분	안마기 내부부품을 고정 및 제품 형태 구성	윗덮개, 아래덮개, 고무 손잡이, 장식판
기타	스티커와 도장을 통해 제품의 규격, 전자기파위, 스위치, 제품명 등을 표시	스티커, 도장

### 2.3. FMEA, MMEA 수행 결과

FMEA의 수행 방법에 따라 각 부품에 대한 충분한 조사 및 테스트 이후, 4명의 전문가가 난상토론 방법을 이용하여 각 부품에 대하여 고장모드를 나열하였다. 각 고장모드의 인과관계를 고려하여 고장원인을 찾아내고 그것이 상위품목 또는 최종제품에 미치는 고장영향을 추출하였다<sup>4)</sup>. 마지막으로 이 고장모드를 제거할 수 있는 권장조치 혹은 대안을 모색하여 Table 2의 FMEA 결과표를 완성하였다.

MMEA 역시 제품의 충분한 조사 및 사용자 난상토론 방법을 통하여 오용모드를 추출하였다. MMEA의 결과의 예는 Table 3에 제시되어 있다. RPN은 Risk Priority Number의 약자로서 위협의 발생가능성과 그 강도의 곱으로 구해진다. 발생빈도와 강도는 보통 제품의 고장률이나 과거사고 자료를 통해서 결정되어지지만 자료 확보에 어려움이 있어 전문가 4명이 각자 발생빈도와 강도를 Table 4에 보이는 척도에 따라서 정하고 그 값을 종합하여 평균한 값으로 구했다<sup>5)</sup>.

Table 2. Result of FMEA (partial)

	기능	고장 모드	고장원인	고장영향			
				다음 상위품목	최종품목/제품	사후 또는 권장조치	
안마봉부분	상하운동으로 안마기능 부분과 고정	플라스틱 변형/파손	한쪽으로만 강한 힘으로 계속적으로 가해짐	안마기능상실	강도가 높은 플라스틱 혹은 다른 재질로 교체	강도가 높은 플라스틱 혹은 다른 재질로 교체	
	고무패드	안마봉의 충격을 완화	본질	고정불량	안마기능저하	접착고정 및 고정홈 설계	내구성 좋은 고무패드 사용
구동부분	모터	안마를 위한 회전운동 발생	모터 파열/정지	장시간 사용으로 인한 과부하	구동부분 기능저하/상실	안마기능저하/상실	발열이 적은 양질의 모터 사용
	고정대	모터를 덮개에 고정	고정부품 거위침/파손	반복되는 진동	구동부분 소음 및 떨림 발생	안마기능저하(소음, 떨림)	나사홈을 깊게 설계, 덮개와 고정대 밀착시킴
	크랭크	모터의 회전운동을 안마봉으로 전환	플라스틱 변형/파손	지속적인 힘의 가해짐	구동부분 진동/기능상실	안마기능저하/상실	충분한 강도를 지닌 재질 사용
	고무판	모터의 진동흡수	떨거위침	고무의 노후화	구동부분 소음, 진동발생	안마기능저하	내구성 좋은 고무패드 사용

Table 3. Result of MMEA (partial)

부품/기능	잠재적 오용모드	오용의 영향	오용의 원인	최초평가		취해진 조치	
				발생	강도 RPN		
안마봉부분	안마봉에 과도한 힘을 주면서 신체에 사용	옷이 봉 사이에 끼임, 살이 집힘	봉이 높고 안마봉 부분과 본체와의 연결부분에 힘이 큼	4	5	20	안마봉과 본체와의 연결부분의 틈을 좁힘, 봉의 높이를 낮춤, 옷 및 살이 끼지 않도록 고무막 설계
원적외선부분	원적외선 부분 피부와 접촉	타박상, 고통, 화상	설명/주의사항 표기 부실	8	7	56	본체에 경고 스티커 표시, 안마봉 고무의 보안을 통해 충격 완화
안마기 본체	무리한 자세로 사용 (노약자나 어린이가 등 부위에 사용 시)	팔이 무리함	어깨 같은 부위에 원적외선을 할 때 피부에 직접 접촉됨	8	8	64	직접 피부에 닿지 않도록 돌기 혹은 홈을 설계
				4	8	32	안마기 무게를 줄임, 경량의 모터 사용

Table 4. RPN (Risk Priority Number)<sup>6)</sup>

발생가능성		강도	
0	오용 없음	0	안전에 영향 없음
1	오용이 있을 것 같지 않음	1	주목할 만한 영향 없음
2-3	비교적 오용이 거의 없음	2-3	중요하지 않은 고장
4-6	가끔 오용	4-6	보통의 고장
7-8	반복되는 오용	7-8	심각한 고장
9-10	거의 불가피한 오용	9-10	매우 심각한 고장

RPN = 발생가능성 × 강도

### 2.4. 기존 리스크 분석기법의 평가

FMEA와 MMEA를 실제 제품에 적용을 해봄으로써 두 기법의 장·단점을 파악해 보았다. FMEA는 하부 부품레벨에서 세밀한 리스크 분석을 수행할 수 있고, 각 하부부품이 상위 부품 또는 최종 제품에 미치는 영향을 파악함으로써 제품 운용의 치명적인 고장모드를 찾을 수 있는 것이 이 기법의 장점이라 할 수 있다.

하지만, FMEA의 가장 두드러지는 보완점은 체계적인 고장모드 추출방법이 없다는 것이다. 고장모드 추출과정을 오직 분석자의 난상토론에만 의존하기 때문에 분석자의 재량에 따라서 FMEA의 결과는 다를 것이다. 아무리 전문가라 하더라도 난상토론으로 고장모드를 추출한다면 분석자가 예상하지 못하는 고장모드가 존재할 것이다. 또한, FMEA는 제품의 최하위 부품들에 대한 분석이므로 개발 초기단계, 즉, 아직 구체적인 설계가 이루어지지 않은 단계에서는 적용하기가 힘들며, 부품수가 너무 많아지면 분석이 방대해져 많은 시간과 노력이 필요하게 된다. 특히, 여러 부품이 관련된 결합에 대해서는 부품간의 복잡한 상호작용이나 다중 중속성을 고려하기 힘들다.

FMEA가 제품 자체 및 하부부품의 결합만을 분석할 수 있는 반면에 인간의 과오나 정상적인 작동 중에서도 발생할 수 있는 위험성에 대한 분석을 위해 MMEA가 수행되었다. MMEA역시 분석자의 난상토론방법으로 오용모드를 찾기 때문에 완전한 분석이 수행되기 어려우며, 제품의 각가지 기능에 대한 위험성을 유발할 수 있는 인간의 모든 행위를 고려하기 힘들다.

### 3. HuBRA (Human Behavior Risk Analysis)

#### 3.1. 새로운 리스크 분석기법 개발

기존 기법들의 보완점은 새로운 리스크 분석기법 개발에 토대를 이루었다. 제품 개발 초기 단계에서부터 결함 및 사용자의 오작동 등의 위험요소를 찾아낼 수 있도록 하였고, 인간-기계(Man-Machine) 시스템적 접근을 하였기에 새로 개발된 기법을 HuBRA (Human Behavior Risk Analysis)로 명명하였다. HuBRA기법은 제품 개발 초기에 수행할 수 있는 HuBRA I 단계와 부품정도가 끝나고 수행되는 HuBRA II 단계로 나뉜다.

#### 3.2. HuBRA의 목적 및 특징

HuBRA의 목적은 제조자가 쉽게 예상하지 못하는 사용자 행위 중 위험성을 내재하고 있는 부분을 찾아내어 적절한 조치를 취할 수 있게 하는 것이다. HuBRA의 가장 큰 특징은 제조자가 예측하기 어려운 인간의 행위를 고려할 수 있도록 인간행위 분석 지침어를 제공하여, 이를 제품 기능들의 상태와의 조합을 통해서 제품의 고장모드 뿐 아니라 사용자의 위험모드를 모두 고려할 수 있다는 점이다<sup>7)</sup>.

#### HuBRA의 특징

- 인간행위 분석지침어 제공
- 인간-기계(Man-Machine) 시스템적 접근 기법 : 제품 기능의 상태 혹은 하부부품 기능의 상태와 인간행위를 복합적으로 고려하여 사용자의 위험모드 추출
- 기존의 FMEA를 포함하여 제품 부품의 고장모드를 추출
- 제품 개발 초기 단계에서 HuBRA I 단계 수행 가능
- 제품의 하부 부품 설계가 이뤄진 후에 각 부품의 상태에 대한 정밀한 분석 가능
- 대책 혹은 권장조치를 위험의 정도와 대책의 종류로 분류하여 추후 의사결정자가 쉽게 분석 결과를 파악할 수 있도록 함

#### 3.3. 제품 설계과정에서의 HuBRA 수행 단계

FMEA는 하부부품 레벨에서의 분석이기 때문에 제품의 설계 후반부이나 기법 수행이 가능했지만, 새로운 기법은 제품 개발 단계에서 제품의 기본적인 기능 정의만 이뤄지면 HuBRA I 단계를 통해서

리스크 분석이 가능하다(Fig. 2). 설계가 이루어지기 전에 리스크 분석을 수행함으로써 추후 안전성을 위한 불가피한 디자인 변경을 방지하고 제품 개발 비용도 줄일 수 있을 것이다<sup>8)</sup>. 그 후 구체적인 하부 부품이 정의되고 제품의 설계가 모두 이루어지면 본격적인 HuBRA II 단계를 수행할 수 있다.

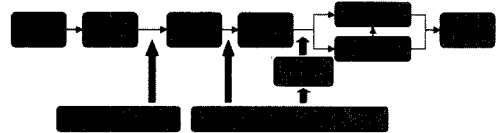


Fig. 2. Execution of HuBRA during the development process of a product<sup>9)</sup>

#### 3.4. HuBRA 수행 절차

##### 3.4.1. HuBRA I 단계 수행 절차

#### HuBRA I 단계

- 1) 제품의 기능 및 상태 나열표를 작성한다.
  - 제품의 기본적인 기능과 그에 상응하는 제품 동작 상태(state)를 나열한 표
  - 가능한 중요한 순서로 나열

#### 제품의 기능 및 상태 나열표


- 2) 앞서 나열된 각각의 상태에 대하여 인간행위 분석지침어의 단어를 하나씩 대입하면서, 제품의 고장이나 사용자에게 생길 수 있는 위험 모드를 찾아낸다.

- 3) 이것을 HuBRA I 단계 표에 기입하고, 그것의 영향, 대책, 빈도, 강도, 그리고 그에 따른 RPN을 구하고, 대책분류를 표에 기입한다.

#### HuBRA I 단계 표


3.4.2. HuBRA II 단계 수행 절차

**HuBRA II 단계**

- 1) 부품의 기능 및 상태 나열표를 작성한다.
  - 각 기능 수행에 관련되는 모든 부품을 나열하고 각 부품의 기능을 기입한다.
  - 관련부품 중 기능 수행을 함으로써 변하는 상태를 기입한다.
  - 가능한 중요한 순서로 나열하되 제품의 모든 하부부품이 포함되도록 한다.

**부품의 기능 및 상태 나열표**

부품의 기능 및 상태 나열표			

- 2) HuBRA II 단계 표에서 제품의 고장부분을 FMEA와 같은 방법으로 각 하부부품에 대하여 고장모드를 정의하고, 그것의 영향 및 대책을 기입한다.
- 3) HuBRA II 단계 표의 사용자의 위험부분은 앞서 작성한 부품의 기능 및 상태 나열표와 인간행위 분석지침어의 조합으로 아이디어를 도출, 가능한 사용자의 위험 모드를 정의한다.
- 4) 이후는 HuBRA I 단계와 동일하게 영향, 대책, 빈도, 강도, 그리고 그에 따른 RPN을 구하고 대책분류를 표에 기입한다.

**대책분류**

대책분류	대책
WS	경고 표시
CS	재질 변경
PS	기능/부품 제거
AS	기능/부품 추가
MS	디자인 변경
DS	디자인 가이드

위험의 강도	
파괴적 위험	제품의 파괴, 완전한 물성 변화, 소비자의 사망을 야기하는 위험
중요 위험	소비자에게 중상을 입힐 수 있는 위험
한계 위험	소비자에게 경상을 입힐 수 있는 위험
무시 가능한 위험	소비자에게 경미한 피해를 주는 위험

**HuBRA II 단계 표**

기능	부품	기능/부품/제품	대책	대책분류	고장/위험 모드	사용자의 위험				
						영향	빈도	강도	APN	대책분류

**인간행위 분석지침어**

소형 기성용 제품 리스크 분석용	소형 기성용 제품 리스크 분석용
잡다	서다
달기다	앉다
밀다	놓다
누르다	엎드리다
건드리다	감싸다
쓰다듬다	입다
뒹다	걸다
놓다	뛰다
놓치다	뛰어 오르다
돌리다	뺨다
흔들다	기대다
던지다	방치하다
찌르다	보다
휘두르다	듣다
치다	냄새를 맡다
널다	맛을 보다
빠다	먹다
분리/분해하다	마시다
결합/조립하다	빨다
기울이다	핥다
뒤집다	깨물다
굴리다	불다
굽다	내쉬다
걸다	들이마시다
켜다	말하다
끄다	땀을 흘리다
미끄러지다	침을 빨다
발다	그 외 생리배출
발로 차다	

### 3.5. 인간행위 분석지침어

인간행위 분석지침어의 주 목적은 HuBRA의 분석 과정 중 위험모드를 추출할 때, 제품 사용 시 발생하는 인간의 행위를 모두 고려할 수 있도록 아이디어를 제시하는 것이다. 이는 Therblig<sup>10)</sup>을 기반으로 하여 난상도론으로 추출한 행위들과 소형 가정용 제품의 사용 모습을 촬영한 video를 비교·분석하여 사용자의 행위를 체계적으로 정리한 리스크 분석용 인간행위 분석지침어이다.

인간행위 분석지침어는 제품을 사용함에 있어서 사용자의 행위를 모두 포함할 수 있도록 크게 손/발 조작, 몸 동작, 인간의 감각 및 기타, 그리고 생리 배출로 나누어 인간의 기본적인 행위를 나열하였다. 그러므로 제품의 위험모드를 추출할 때는 융통성을 가지고 각 단어의 의미를 크게 생각할 필요가 있으며 두개 이상의 단어의 조합도 고려해보아야 한다.

HuBRA의 위험모드를 추출하기 전에 분석 대상 제품에 따라서 인간행위 분석지침어를 발생 빈도가 높은 행위와 발생 빈도가 낮은 행위로 나누어, 빈도가 높은 행위는 빈도가 낮은 행위보다 세심한 주의를 기울여서 집중적으로 분석을 수행한다.

### 3.6. 대책의 분류

대책분류는 위험의 정도<sup>11)</sup>와 대책의 종류에 따라 기호화되어 표시된다. 위험의 정도는 발생 빈도와는 관계없이 소비자에 미치는 피해 강도에 의해서 결정된다. 대책의 종류는 리스크 분석을 통해 찾아낸 고장/위험모드에 대한 대책 혹은 권장조치를 경고 표시, 재질 변경, 디자인 변경, 디자인 가이드, 기능/부품 추가, 기능/부품 제거 등으로 구분하여 추후 리스크 분석의 결과를 의사결정자가 빨리 파악할 수 있게 해준다.

## 4. 실제 제품에 HuBRA 적용

### 4.1. HuBRA I 단계 수행

#### 4.1.1. 제품의 기능 및 상태 나열표

HuBRA의 유효성을 확인하기 위해서 FMEA와 MMEA를 수행하였던 안마기에 HuBRA를 수행하였다. HuBRA I 단계를 수행하기 위해서 제품의 기능 및 상태 나열표를 작성하였다(Table 5). HuBRA I 단계는 제품의 구체적인 설계가 이루어지기 이전에, 즉 제품의 기능 정의만 이루어진 후 수행되는 기법이므로 본 연구에서는 하부 부품이 설계되기 전이라고 가정하고 제품의 기본적인 기능만을 포함시켰다.

Table 5. Table of function & status of product

제품의 기능 및 상태 나열표		
제품 순서	기능	상태
1	안마 수행	작동시킴
		작동 중
		작동 정지시킴
		대기 상태
2	원격의선	작동시킴
		작동 중
		작동 정지시킴
		대기 상태

#### 4.1.2. HuBRA I 단계 결과

안마기의 고장/위험모드를 추출하기 위해서 인간 행위 분석지침어를 발생 빈도가 높은 행위와 발생 빈도가 낮은 행위로 분류하였다. 그리하여, 안마기의 기능 및 상태 나열표와 인간 행위들의 조합으로 고장/위험모드가 추출되면, HuBRA의 절차에 따라 분석을 수행하였다(Table 6).

Table 6. Result of HuBRA I on the massager (partial)

제품 기능	사용자 상태	행위	고장/위험 모드	영향	빈도	R	P	N	대책	대책 분류
안마수행	작동시킴	피부에 누르다	뼈마디에 안마기를 대고 작동시킴	뼈 타박/골절상	8	8	64		뼈마디에 과도하게 안마하지 않도록 경고 표시	*** WS
		미끄러지다/놓치다	안마기 작동 중에 미끄러지거나 무게를 못 이겨 떨어트림	안마기 운동력에 의해 심하게 요동치면서 안마기 파손 및 사용자 부상 가능	3	8	24		안마기 무게를 적정 수준으로 설계 및 손잡이 그립효과 최대화	*** GD
		건다/돌리다	안마기를 사용 중에 이동하거나 몸을 돌려 전선이 감김	전원플러그 및 전선 파손 우려	5	6	30		전선의 길이 여유 있게 설계, 튼튼한 전선 사용	** AF
안마수행	대기상태	짜르다/휘두르다	안마기를 손에 잡고 흥기로 사용 어린이 장난	무게에 의하여 심한 부상 가능	2	8	16		너무 무겁지 않게 제작 및 날카로운 부위 없도록 설계	*** GD
		방치하다	켜져 있는 상태에서 오랜 시간 방치	램프 과열로 인한 제품 파손 및 화재	5	9	45		특정시간 후 자동 전원차단기능 추가	**** AF
원격의선	작동중	피부에 누르다/건드리다	가열되어 있는 상태에서 램프부위를 피부에	가열되어 있기 때문에 화상 가능	7	7	49		피부에 직접 닿지 않도록 설계 및 경고표시	*** GD/WS

Table 7. Table of function & status of sub-parts (partial)

부품의 기능 및 상태 나열표			
제품	안마기		
기능	관련부품	부품기능	상태
안마수행	모터	안마를 위한 회전움직임 발생	회전 중 대기상태
		안마봉틀	안마기 기능 수행. 나사 흡을 통해 구동부분과 고정
	3단 전원 스위치	모터 구동을 강, 약, OFF로 조절	강 ON 약 ON OFF
원적외선	램프	스위치 On/Off에 따라 전원이 공급 시 원적외선 발생	ON OFF
	버튼스위치	원적외선의 전원을 On/Off 제어	램프전원 공급 램프전원 차단
기타	덮개	램프의 파손 방지 및 붉은 빛으로 투영, 램프의 직접 접촉 방지	
	회로판	외부전원을 구동부분 및 원적외선 부분에 공급. 전기적 기능 수행	
기타	퓨즈	과전류 발생시 전원을 차단	퓨즈 연결 퓨즈 절단
	전원플러그	콘센트와 결합	전원 공급 전원 차단

## 4.2. HuBRA II 단계 수행

### 4.2.1. 부품의 기능 및 상태 나열표

제품의 구체적인 설계가 끝나 하루 부품들이 정해지면 HuBRA II 단계를 수행할 수 있다. HuBRA II 단계의 수행절차에 따라 먼저, 안마기의 부품의 기능 및 상태 나열표를 작성하였다(Table 7). 이때 관련 부품간의 각 상태에 따른 다중속성을 고려하여 여러 가지 부품에서 같은 상태가 중복되지 않도록 한다. 또한, 두개 이상의 기능에 관련된 부품은 가능한 주 기능 부분에 한번만 포함하도록 한다.

### 4.2.2. HuBRA II 단계 결과

부품의 기능 및 상태 나열표 (Table 7)에서 나오는 상태와 안마기 분석용으로 정리한 인간행위 분석지침어를 이용, 위험모드를 추출하고, HuBRA II 단계의 수행 절차에 따라 이후 분석을 진행하였다. 최종적으로, 안마기의 HuBRA II 단계 분석결과는 FMEA의 결과와 동일한 "부품기능"과 "제품의 고장" 부분을 제외하고 Table 8에 제시되어 있다.

## 4.3. HuBRA의 유효성

이상 제시된 HuBRA의 결과를 기존의 리스크 분석기법인 FMEA와 MMEA의 결과와 비교하면 다음

Table 8. Result of HuBRA II on the massager (partial)

기능	관련부품	사용자의 위험						
		위험모드	영향	빈도	RPN	대책	대책분류	
안마수행	모터	회전을 시켜 놓고 방치	모터 과열로 인한 파손 및 화재	8	9	72	내구성 강한 모터 사용 혹은 특정시간 후 자동 전원 차단기능 추가	*** CM /AF
		안마봉틀이 움직일 때 잡음	손가락뼈에 부상 가능	3	4	12	경고 혹은 주의사항 표시	* WS
	안마봉틀	안마봉틀이 움직일 때 심하게 몸에 안마기를 꺾듯이 이용	봉틀과 케이스의 틈에 피부가 끼임	5	5	25	봉틀과 케이스의 틈을 줄일 수 있는 설계	** MD
원적외선	램프	안마봉틀이 위로 향하고 그 위에 이불 등으로 가려져 있는 상태에서 눕거나 앉음	파손 및 타박/골절상	2	7	14	안전한 보관 등의 경고 혹은 주의사항 표시	*** AF
		3단 전원 스위치	강/약/off 전환시 날카로워서 베임	손가락 베임	10	3	30	작동에 무리 없도록 무디게 제작
기타	3단 전원 스위치	강 상태에서 무릎과 같은 딱딱한 뼈마디에 직접	뼈마디 타박/골절상	8	8	64	뼈마디에 과도하게 안마하지 않도록 경고표시	*** WS
		크랭크	상하운동 중 견드림	피부에 찰과상	1	5	5	기술사 외 분해하지 않도록 경고 표시
원적외선	램프	켜져 있는 상태(과열된 상태에서 분해함)	감전/화상	1	7	7	기술사 외 분해하지 않도록 경고표시	*** WS
		켜져 있는 상태에서 오랜 시간 방치	화재	5	9	45	특정시간 후 자동 전원차단기능 추가	**** AF
기타	덮개	오래도록 켜져 있는 덮개를 덮거나 견드림	피부에 화상	7	7	49	특정시간 후 자동 전원차단기능 추가 및 과열 시 접촉 금지 경고표시	*** AF /WS
		전원 플러그	젖은 손으로 전원이 연결되어 있는 플러그를 견드림	감전	3	7	21	경고 혹은 주의사항 표시
기타	전선	안마봉틀이 아래로 향하게 바닥에 놓고 전원 공급 (스위치 ON상태)	안마기 전체가 심하게 요동치면서 부상가능	4	8	32	스위치가 꺼져있는지 확인하고 전원공급 하도록 경고표시	*** WS
		전원이 연결된 상태에서 어린이들이 깨움	감전	2	7	14	견고한 재질 사용	*** CM
기타	전선	어린이들에 의해 휘둘림	타박상	2	7	14	경고 혹은 주의사항 표시	*** WS
		전선을 잡고 안마기를 손이 닿지 않는 등 부위에 사용	전선 절단, 감전	5	8	40	견고한 재질 사용 및 비정상적인 안마사용 경고표시	*** CM /WS

과 같다. 먼저, HuBRA I 단계의 경우, 기본적인 기능의 정의만으로도 제품의 리스크에 관한 심도 있는 분석이 가능했음을 알 수 있다. 이는 설계가 이루어지기 전에 리스크 분석을 통한 추후 불가피한 디자인 변경 등에 필요한 개발비용을 절감할 수 있는 효과를 가지고 있다. 아울러, HuBRA II 단계는 각 하부 부품이 기능을 수행함에 있어서 변하는 상태에 대한 고찰을 통하여 보다 구체적이고 정밀한 분석을 가능케 했다. 특히, MMEA의 결과와 비교하여 보다 다양한 사용자의 위험성이 규명된 것과, 인간행위 분석지침어를 통한 수월한 위험모드 규명방법은 HuBRA의 유효성을 입증하는 충분한 자료가 될 것이다.

### 5. 결론

본 연구에서는 기존의 리스크 분석 기법들을 살펴보고, 그 중 대표적인 FMEA와 MMEA를 실제 제품에 수행해 봄으로써 기존 기법들의 개선안을 찾아보았다. 이것을 바탕으로 HuBRA라는 새로운 기법을 개발하였으며, HuBRA를 실제 제품에 수행해 봄으로써 그 유효성을 확인하였다.

HuBRA의 가장 큰 장점으로는 리스크 분석 전문가 없이도 누구나 인간행위 분석지침어를 이용하여 세심한 분석을 수행할 수 있다는 것을 들 수 있다. 또한, 기존의 리스크 분석기법보다 적용 절차 및 방법을 보다 쉽고 명확하게 하여, 전문가 인력난 등으로 리스크 분석을 어려워하고 있는 중소기업들에게 큰 보탬이 될 수 있으리라 생각한다.

HuBRA는 제품의 결함과 인간의 오작동을 함께 고려하여 고장뿐 아니라 사용자의 위험모드도 발견할 수 있다. 인간행위 분석지침어를 통해 아이디어를 도출하여 제조자 혹은 분석자가 쉽게 예상하지 못하는 인간의 의도하거나 의도하지 않은 행동을 예측 가능케 하며, 이를 통해 위험성에 대하여 대비할 수 있다는데 이 기법의 의의가 있을 것이다. 하지만, 전기합선, 누수, 저온, 고온, 고습, 직사광선 노출, 고압, 저압, 전자파 등과 같은 제 3의 환경적

인 요소에 인한 제품안전사고 분석은 추후 연구를 통해 보완되어야 할 것이다.

본 연구는 최근 시행된 PL법과 관련하여 체계적인 리스크 분석 기법의 개발을 통한 사용자의 위험성을 최소화하고 안전을 도모하는데 큰 기여를 할 것이라고 기대된다.

**감사의 글 :** 본 연구는 과학기술부 선도기술개발사업 중 기간고유사업의 일환으로 차세대 품질혁신 기법의 개발 연구로 수행되었습니다.

### 참고문헌

- 1) 권영일, “제품안전과 신뢰성”, 한국표준협회, PL 대응 제품안전표준 세미나, 2001.
- 2) ISO 60812, Failure Mode and Effect Analysis, 1985.
- 3) 한국소비자보호원 (<http://www.cpb.or.kr/>).
- 4) DFSS; Design for Six Sigma Academy Korea (<http://www.dfss.co.kr/>)
- 5) Franceschini, F., Galetto, M., “A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in FMEA”, International Journal of Production Research, Taylor & Francis, Vol. 39, No. 13, (pp. 2991-3002), 2001.
- 6) 한국표준협회, “제품안전을 위한 리스크 평가기법 및 소프트웨어 활용지침”, 2001.
- 7) Jambon, F., “Taxonomy for Human Error and System Fault Recovery from the Engineering Perspective”, HCI-Aero, (pp. 55-60), 1998.
- 8) Roozenburg, N. F. M., Eekels, J., “Product Design Fundamentals & Methods”, John Wiley & Sons, 1995.
- 9) Hammer, W., Product Safety Management and Engineering, American Society of Safety Engineers, 2nd Edition, 1993.
- 10) Gilbreth, F., “Motion Study”, Hive Pub Co., 1972.
- 11) 이동하, “제품 리스크 평가와 안전정보 체계 구축 방안”, 수원대학교, 2002.