

건강관리 지원형 스마트 의류 제품 개발을 위한 가능성 탐색*

An Investigation on the Development of Healthcare Smart Clothing

문희성** · 조현승*** · 이주현**** · 정효일**†

Hui-Sung Moon** · Hyun-Seung Cho*** · Joo-Hyeon Lee**** · Hyo-Il Jung**†

연세대학교 기계공학부**

School of Mechanical Engineering, Yonsei University

연세대학교 의류과학연구소***

Research Institute of Clothing & Textile Sciences, Yonsei University

연세대학교 의류환경학과****

Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei University

Abstract : In this study, there was emphasis in presenting a basic direction for the development of a healthcare smart clothing that could monitor diseases. It was also important that the clothing be user-friendly, for everyday life. For achieving this purpose, we studied major health indicators and essential technologies for developing healthcare smart clothing, and carried out the consumer research regarding healthcare smart clothing so it would appeal to consumers. As a result, there was a high demand for clothing that could diagnose diseases such as hypertension, diabetes and metabolic diseases, for all age groups. Thus, its marketability was predicted to be high. The results of this study will become an important index in developing future healthcare smart clothing.

Key words : Smart clothing, health indicators, monitoring, consumer research

요약 : 본 연구에서는 일상생활에서 진단 및 관리가 가능한 질병들을 모니터링 할 수 있는 스마트 의류의 개발에 목표를 두고, 그 기초적 개발 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위하여 중요 건강 지표 및 요소 기술들을 고찰하고, 일반 소비자들에게 소구(遡求)할 수 있는 건강관리 개념의 스마트 의류에 대한 수요 조사를 실시하였다. 조사 결과 건강관리 지원형 스마트 의류에 대한 소비자들의 관심 및 선호도는 매우 높았고, 남·녀, 그리고 모든 연령대에 걸쳐 당뇨, 고혈압, 뇌졸중 등에 대한 위험성을 높게 인식하는 것으로 나타나, 이러한 질병의 진단 및 실시간 모니터링이 가능한 스마트 의류가 개발된다면 시장 가능성은 매우 높을 것으로 분석되었다. 본 연구에서

* 본 연구는 산업자원부 중기거점 개발사업 연구비 지원으로 수행되었음.

† 교신저자 : 정효일(연세대학교 기계공학부)

E-mail : uridle7@yonsei.ac.kr

TEL : 02-2123-5814

FAX : 02-312-2159

도출된 결과들은 건강관리 지원형 스마트 의류 개발에 있어서 중요한 지표가 될 것이다.

주제어 : 스마트 의류, 건강 지표, 실시간 모니터링, 수요 조사

1. 서론

최근 섬유 패션 분야에서는 IT 및 무선통신 기술 등의 발달에 힘입어 각종 디지털 기능이 부여된 스마트 의류 개발에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히 웰빙 트렌드와 함께 건강에 대한 중요성이 크게 인식됨에 따라 자신의 신체 상태를 진단하고, 효과적으로 관리할 수 있는 스마트 의류 제품 개발의 필요성 또한 커지고 있다. 그러므로 미래 섬유 패션시장 소비자의 라이프스타일과 잠재적 수요를 미리 예측하고, 그에 부응하는 맞춤형 요소기술과 제품군을 개발해 나아갈 필요성이 있다.

본 연구에서는 건강관리 지원형 스마트 의류 개발의 중요 건강 지표 및 요소 기술들을 고찰하는 한편 일반 소비자들에게 소구(遡求)하는 스마트 의류 개발을 위한 수요 조사를 실시하였으며, 수요 조사 결과 분석을 토대로 건강관리 지원형 스마트 의류 개발의 기초적 방향을 제시하였다. 이러한 스마트 의류의 개발은 자신의 신체 상태를 실시간 모니터링 함으로써, 의복을 착용하는 것만으로도 예기치 않은 질병에 대한 조기 진단 및 관리를 가능하게 할 것이다.

2. 스마트 의류의 수요 예측 및 개발 동향

스마트 의류는 2006년경부터 군사, 의료, 안전, 스포츠 및 레저 산업 분야에서 실질적인 시장이 형성될 것으로 전망되고 있다. 세계적인 테크놀로지 컨설팅 그룹인 Venture Development Corporation(VDC)의 분석가인 Tim Shea는 의료용 목적의 정보 수집을 위한 바이오 모니터링 어플리케이션이 등장할 것으로 보았고, 생체 신호를 모니터링 하는 센서 내장형 의류가 착용감까지도 만족시킬 수 있다면 스마트 의류에 대한 시장 수요는 더욱 커질 것으로 예측하였

다(표 1, 그림 1 참조)[1, 7].

표 1. 스마트 의류의 시장규모[1]

구분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
물량(천개)	4,990	9,340	16,800	33,600	67,100
금액(백만불)	14.1	26.4	47.4	94.8	189.5

* 산출근거 : VDC(Venture Development Corporation, 2002, 2003)의 자료

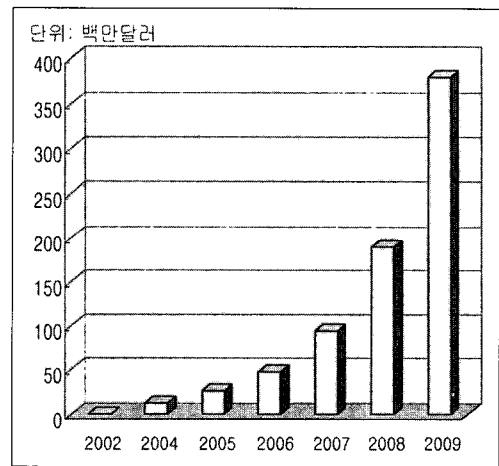


그림 1. 예상되는 시장 수요 및 성장률[1]

* 산출근거 : VDC(2002)의 자료를 근거로 할 때 매년 99.9% 성장률로 산출됨

이러한 바이오 모니터링 기능 스마트 의류의 대표적인 해외 개발 사례로는 VivoMetrics의 'LifeShirt', Philips사의 'Intelligent Biomedical clothing', Sensatex사의 'SIDS(Sudden Infant Death Syndrome) suits' 등을 들 수 있다.

VivoMetrics의 'LifeShirt'는 의복 내의 센서와 휴대용 소형 컴퓨터(PDA)를 통하여 혈압, 피부온, 호흡, 심박수 등 30가지 이상의 바이오 정보를 기록하고, 실시간으로 모니터링 할 수 있다(그림 2-A)[13]. Philips사의 'Intelligent Biomedical clothing'은 브래

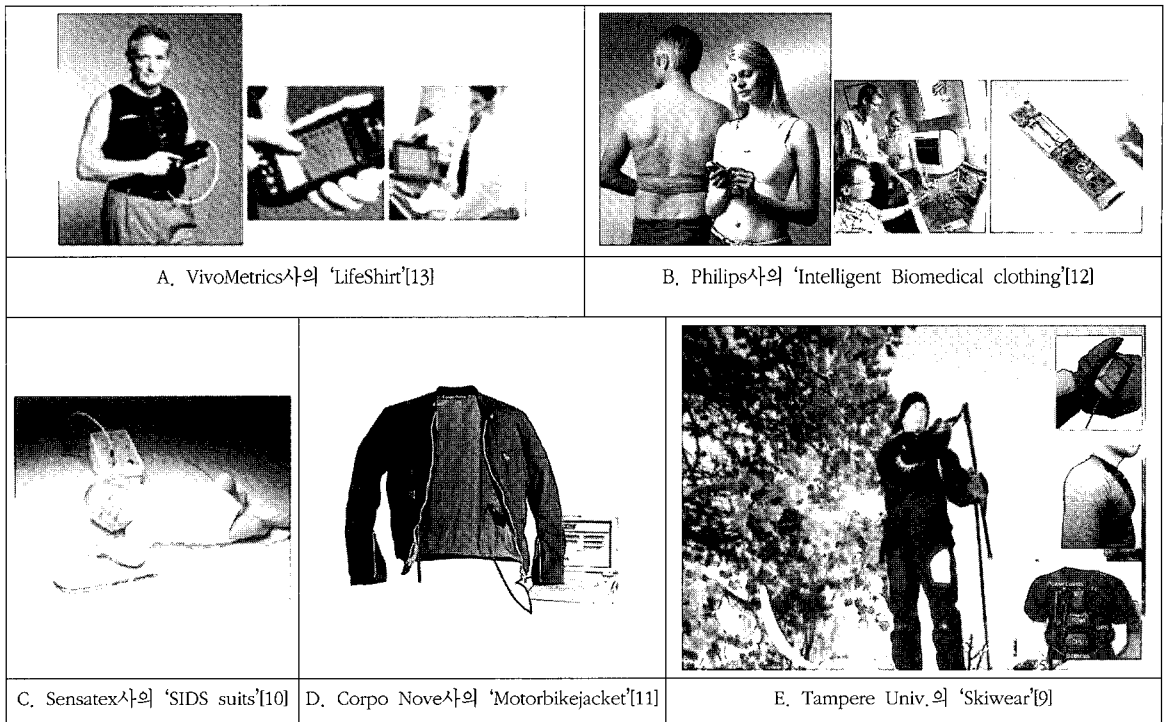


그림 2. 바이오 모니터링 기능 의류 개발 사례

지어 안이나 허리벨트의 형태로 착용할 수 있도록 고안된 일종의 생체신호 모니터링 속옷이며, 이는 착용자의 바이오 정보를 무선 전송하여 평소의 건강 상태를 체크하고 위급한 상황 시 경보를 올려주는 기능을 지니도록 설계되었다(그림 2-B)[12]. Sensatex사의 'SIDS(Sudden Infant Death Syndrome) suits'는 아기의 돌연사를 방지하기 위하여 생체신호를 지속적으로 체크하며 갑작스런 신체의 이상이 생기면 경보를 올려주는 기능을 가지고 있다(그림 2-C)[10]. 이 밖에도, Corpo Nove에서는 온도센서를 통하여 오토바이 운전 시 부위별 체온을 감지하고, 필요할 때 운전자의 신체에 열을 공급 해 주는 기능의 '오토바이 운전자용 재킷'을 개발하였다(그림 2-D)[11]. Tampere 대학에서는 의복에 fabric sensor를 내장시킴으로써 착용자의 맥박, 혈압, 체온 등을 모니터링 하여 디스플레이 되는 기능과 라디오 수신 기능 등을 지닌 스마트 스키복형 디자인 프로토타입을 제안하였다(그림 2-E)[9].

이상의 바이오 모니터링 기능 의류 뿐 아니라 현재까지 개발된 모든 용도의 스마트 의류는 주로 고기능성 섬유 소재의 의복에 디지털 센서나 GPS, 초소형 통신기기와 소형 MP3 플레이어 등을 내장하는 것이 대표적인 개발 방식이었다. 최근 국내에서도 학계와 연구소 등이 중심이 되어 스마트 의류에 관심을 갖고 본격적인 연구 개발을 진행하고 있으며, 초기 시제품 개발이 이루어지고 있다. 이 또한 상용화된 소형의 센서, MP3 플레이어, PDA 및 이동전화 등을 기존의 의복에 장착하는 수준이지만, 다른 한편으로는 디지털 기기나 반도체칩 등을 의복이나 섬유에 통합시키려는 시도도 이루어지고 있다.

3. 건강 지표 및 요소 기술

일반적으로 센서는 크게 세 가지로 분류되는데, 길이, 질량, 온도, 압력 등의 물리량을 측정하는 물리센서(physical sensor), 화학반응의 부산물인 화학

물질을 검침하는 화학 센서(chemical sensor), 생체 물질간의 상호작용 및 효소 활성 측정을 위한 바이오센서(biosensor) 등이다. 이러한 센서를 의복에 장착 하였을 때 측정할 수 있는 부분은 크게 체내와 체외 환경 검침, 두 부분으로 나눌 수 있다. 체내 검침 인자는 심박수, pH, 당분, 마약 등의 약물 농도, 체온 등이고, 체외적인 검침인자로는 자외선, 공기 중 부유 세균, 바이러스, 미세분진을 들 수 있다.

3.1 체내 환경 검침

3.1.1 인체 분비 체액

체내의 생리적 상태를 모니터링 하는 것은 암, 심근경색, 당뇨 등과 같은 난치병을 예방할 수 있어 실시간, 고감도 바이오센서 기술과 맞물려 그 중요성이 배가 되고 있는 실정이다. 그렇지만 혈액 같은 체내의 대사 물질을 직접 채취하거나 암과 같은 질병의 경우 암세포를 직접 얻는 것은 환자에게 고통과 시간을 요하는 것이다. 따라서 무통 진단, 즉 비침습적(non-invasive) 및 최소침습적(minimally invasive) 방법을 통한 실시간 진단이 현대 진단 시스템의 전반적인 추세이다. 소변, 대변, 침, 땀, 질액 등의 체외 분비액을 통한 질병 진단/검침이 중요한 이유는 이러한 비침습적 진단이 가능하기 때문이다. 표 2는 체외 분비액과 이를 통해 가능한 진단을 요약한 것이다.

표 2. 체외 분비액에 의해 진단 가능한 질병[2, 3, 4, 6, 8]

체외분비액	진단
땀(sweat)	마약류와 운동 약물 검침
질액	질염, 임신, 당뇨 진단
소변	방광암, 자궁암, 전립선암 진단
대변	대장암 진단
타액	폐암 진단

3.1.2 인체 피부의 산성도

정상적인 인간의 몸은 외부 환경적 영향에도 불구하고 일정 온도, pH 등을 유지함으로써 항상성을 유지한다. 인체가 체외 표면으로 분비하는 땀과 피지의

산성/알칼리 정도는 박테리아에 의한 감염 여부를 판별할 수 있는 건강 지표가 될 수 있다. 피부 표면은 pH 4.5~6.5로 약산성을 유지해야 하는데, 이는 미생물의 최적의 성장 조건인 pH 7.0~7.5인 것과 무관하지 않다. 즉, 질병 유발 미생물들의 번식을 막기 위해 피부의 pH를 약산성으로 유지해야 하는 것이다. 여성의 경우 질액을 pH 4.5 정도로 유지함으로써 미생물 번식을 막고 질염 등의 질병을 방지할 수 있다[6].

3.1.3 체온

체온은 신체의 주요 내장의 온도로서, 의미 없는 우연한 변화를 하지 않는 곳의 온도이다. 의학적으로는 항문(肛門)에서 6cm 이상 들어간 곳에서 측정된 직장(直腸)의 온도를 표준 체온으로 한다. 하지만 측정의 어려움 때문에 임상적으로 겨드랑이, 구강, 항문에서 체온을 측정하고 있다. 주요 열 생산 기관은 골격근, 간, 심장 등이고, 체온이 1℃ 상승하면 체내 대사율은 10~12% 증가하며 그에 따른 수분 손실은 500~1000ml에 이른다고 알려져 있다.

인간의 정상 체온은 겨드랑이 온도로 36.9℃이고 동양인·서양인, 남·녀의 차이가 거의 없다. 체온은 심부 체온과 표면 체온으로 구분되는데 10℃ 이상 차이가 날 수 있다. 식사와 운동에 의해서도 체온은 올라갈 수 있지만 비정상적인 체온의 상승은 병균에 대한 인체의 방어 작용이자 발병의 징후가 되기도 한다. 바이러스나 균이 침입하면 병원균의 독성이 혈액 속의 발열 물질 생성을 자극시켜 열이 발생하게 된다. 체온 상승의 원인은 감기 등 바이러스에서부터 암, 심근경색, 내분비질환 등에 이르기까지 다양하다. 당뇨, 심장병 같은 만성질환자의 급성 발열은 합병증을 예고하기도 하며, 소아의 경우 발열과 함께 두통을 호소하고, 토할 때는 우선 뇌막염을 의심해야 한다. 따라서 체온에 관한 정보는 병원 진료 시에 기초 자료로 중요하게 쓰일 수 있으며, 환자 스스로 전진단(pre-diagnosis)을 가능하게 하는 중요한 정보라고 할 수 있다.

3.2 체외 환경 검침

3.2.1 자외선

자외선은 생체내의 화학반응에 활발하게 관여한다. 비타민 D의 합성이나 항우울 작용과 같은 긍정적인 효과도 발휘하지만 주로 각종 피부 질환과 피부 노화의 원인으로 작용한다. 기미, 주근깨, 검버섯, 피부암, 피부 노화의 주된 원인은 바로 자외선이다. 적외선(0.75 μ m~1 μ m)은 가시광선(400nm~750nm)의 적색 영역보다 파장이 길어서 열작용이 크므로 열선이라고 하는 반면 자외선(100nm~400nm)은 가시광선보다 짧은 보이지 않는 광선으로 화학선이라고 불리기도 한다. 아직까지는 이러한 자외선에 대응하는 방법으로 자외선 차단제를 사용하거나 불필요한 자외선 노출을 피하는 것이 최선의 방법이다.

3.2.2 공기 중 부유 세균과 분진

공기중에는 20~200nm 크기의 바이러스와 1~20 μ m 크기의 박테리아들이 떠다니고 있다. 이들은 각종 질병을 유발하는 등 인간의 건강을 해치고 있다. 면역력이 약한 환자나 노약자 혹은 생화학 무기에 노출될 위험이 있는 군사들에게는 이러한 공기 중 부유 세균, 바이러스, 분진 등을 모니터링 할 필요가 있다. 현재로서는 박테리아나 바이러스를 검침하는데 칩 기반의 PCR를 쓰지만 이는 중량과 크기가 크고, 검침 시간이 매우 오래 걸리기 때문에 환자나 군사용으로는 부적합하다. 따라서 중량을 대폭 감소시키고 민감도와 반응 속도는 향상시킨 바이오센서가 요구되고 있다.

최근에는 분자수준의 감지기능을 가진 나노 바이오센서에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. Harvard 대학의 Charles Lieber 그룹은 나노선을 이용하여 바이러스를 검침할 수 있다고 보고하였다[5]. 나노 바이오센서란 10^{-9} m 즉, 나노미터(nm) 크기의 생체 고분자를 이용하여 암을 지시하는 항원, 효소 또는 물, 토양, 공기 중에 부유하는 병원성 미생물, 바이러스를 포획 검침하는 device를 말한다. 이러한

나노 바이오센서를 군사용 의복에 장착하게 된다면 생물학적으로 오염된 지역에 군사를 파견할 경우 탄저균등과 같은 병원성 세균을 검침할 수 있게 될 것이다.

요컨대, 진단 및 건강관리 개념의 스마트 의류 개발은 연속적인 진단이 필요한 당뇨나 심혈관 질환, 수면 장애와 같은 만성 질환과 임산부의 건강 진단 등에 효과적일 것이다. 땀이나 질액과 같은 체액은 일차적으로 의복과 접촉이 일어나므로 의복에 진단용 센서를 부착함으로써 조기 진단 및 실시간 모니터링을 가능하게 할 수 있다. 또한 체온의 경우 여성의 배란일을 찾아내는 기초 체온법에서도 잘 쓰이고 있지만 감염 혹은 염증의 여부를 판단하는 자료로도 쓰일 수 있으며, 측정도 쉬운 편이기 때문에 분석 기법만 뒷받침된다면 전 진단 자료로 유용하게 활용될 것이다. 한편 나노 바이오센서는 고전적인 바이오센서에 비해 지나치게 민감하므로 활동성 있는 의복에의 적용 방안에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다.

4. 건강관리 지원형 스마트 의류 개발을 위한 수요 조사

본 연구에서는 체내, 체외 검침 인자들로부터 진단 가능한 질병에 관해 조기 진단 및 실시간 모니터링을 요하는 질병과, 이에 따라 개발의 필요성이 있는 스마트 의류 제품군은 무엇인가 등 건강관리 개념의 스마트 의류 개발을 위한 설문 문항을 구성하여 수요 조사를 실시하였다.

조사는 2005년 7~8월 중에 실시되었고, 응답자는 성별과 연령대를 고려하여 총 120명의 30대 이상 일반 소비자를 편의표집 하였으며, 각 설문 문항에 응답하게 한 후 불성실한 응답을 제외한 총 114명의 설문지를 분석에 사용하였다.

5. 결과 및 논의

본 연구에서는 건강 진단 및 생체 모니터링 스마트 의류 개발을 위한 이론적 고찰과 더불어 수요 조사를 실시함으로써 이러한 스마트 의류에 대한 잠재적 수요 및 시장 가능성을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 건강관리를 지원하는 바이오 모니터링 스마트 의류에 대한 관심 및 선호도는 5점의 Likert 척도에 응답한 전체 응답자 중 약 70%가 평균값 이상의 많은 관심을 보였으며(그림 3), 자답식 설문조사 결과 의류의 형태로 구현될 경우 따로 휴대할 필요가 없고, 옷을 입는 것만으로도 자신의 건강 상태를 실시간 모니터링 하고 관리할 수 있다는 점에 대해서 응답자의 약 80%가 긍정적으로 생각하는 것으로 나타났다(그림 4). 병원에 가지 않고도 지속적으로 건강 상태를 체크할 수 있으며, 신체에 이상이 발생했을 때 즉시 조치를 취하여 조기에 치료할 수 있다는 것이 큰 장점이라고 응답하였다.

둘째, 조기 진단 및 실시간 모니터링을 요하는 질병으로는 남·녀, 모든 연령대에 걸쳐 당뇨나 고혈압, 뇌졸중 등 심혈관계 질환이 높게 나타났고, 특히 여성의 경우에는 자궁암에 대한 위험도도 높게 인식되었다(그림 5, 6).

또한 그림 7에서 볼 수 있듯이 전반적으로 혈압계, 혈당측정계 장착에 대한 요구가 높았고, 심전도계,

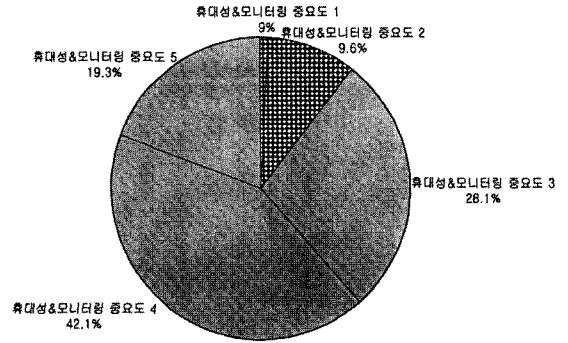


그림 4. 휴대성 및 모니터링 중요도

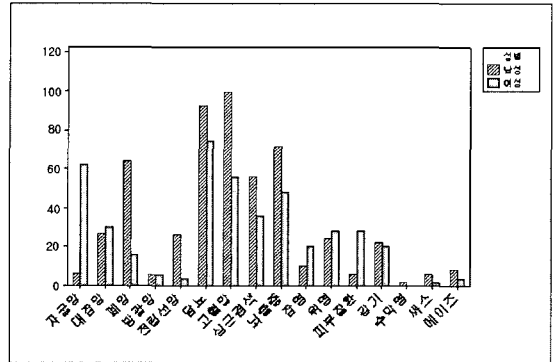


그림 5. 성별에 따른 조기진단 및 모니터링을 요하는 병명

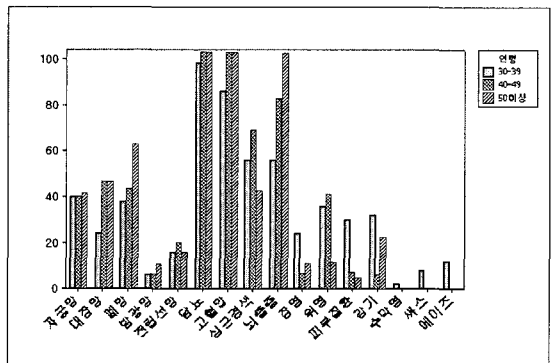


그림 6. 연령대 별 조기진단 및 모니터링을 요하는 병명

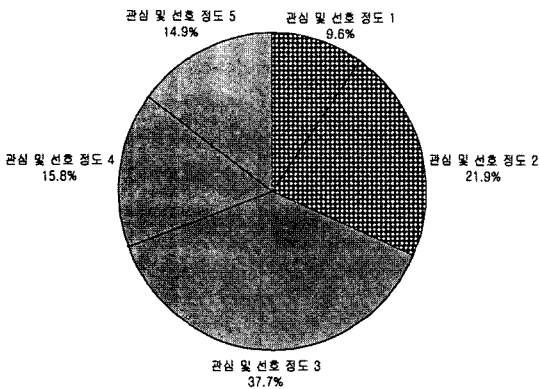


그림 3. 바이오 모니터링 스마트 의류의 관심 및 선호도

체지방분석계, 체온계 등이 의복에 장착될 필요가 있는 것으로 응답하였다. 즉 시간·상황에 따라 계속적인 추적이 필요한 것으로 응답한 혈압, 혈당, 심전도 등을 지속적으로 체크할 수 있는 스마트 의류가 개발된다면 많은 수요가 있을 것으로 예측되었다. 한편 연령대별 분석에서 30대 여성의 경우 체지

방 분석계 장착에 대한 수요가 높게 나타났는데, 체지방 분석계 등이 운동복에 적용된다면 운동 시 소비 열량을 측정함으로써 적정 운동량을 알 수 있고, 체중조절 및 건강관리에 도움을 줄 것이라고 응답하였다.

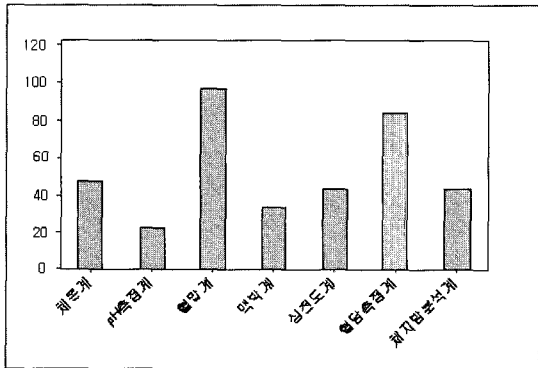


그림 7. 스마트 의류 장착 기기 중요도

셋째, 건강관리 지원형 스마트 의류 개발은 일반적으로 정장류 보다는 속옷이나 운동복의 형태로 개발될 경우 소비자 수요가 더 높을 것으로 나타났으며, 특히 아동복에 적용되었을 때 아동을 자녀로 둔 30대 소비자들의 수요가 높을 것으로 분석되었다. 이처럼 스마트 의류는 타겟 소비자를 정하고, 타겟 소비자 별 수요와 요구에 적합한 형태로 개발되어야 할 것이다. 또한 소비자들은 스마트 의류를 장시간 착용하더라도 일상적으로 활동하기에 불편하지 않고, 기기들이 눈에 띄지 않도록 장착되어야 할 것이라고 응답하였는데, 이러한 조사 결과에 기초하여 의복에 적용 가능한 형태로 센서를 개발하고, 이를 효과적으로 의복에 통합시킬 수 있는 디자인 및 설계 방안을 모색해야 할 것이다.

6. 결론 및 제언

스마트 의류는 그 기능적 요구뿐만 아니라 의류 제품 고유의 속성인 감성적 요구를 만족시켜야만 한다. 이를 위한 건강관리 지원형 스마트 의류 개발의

전제 조건은 센서를 작고, 가볍고, 유연하게 만드는 것이며, 마이크로, 바이오, 나노 테크놀로지 및 전자 패키징 기술이 발달하면서 가능해지고 있다.

수요 조사 결과 응답자들은 건강관리를 지원하는 바이오 모니터링 스마트 의류에 대해 높은 관심을 보였고, 당뇨, 고혈압, 뇌졸중 등 심혈관계 질환에 대한 위험도를 높게 인식하였으므로 이러한 질병들을 모니터링 할 수 있는 스마트 의류가 개발된다면 그 시장가능성은 매우 높을 것으로 예측되었다. 그리고 성별, 연령대 별로 선호하는 스마트 의류 제품군이 다르게 나타났으므로, 각각의 수요와 요구에 맞는 기능과 형태(복종)로 개발되어야 할 것이다.

한편, 스마트 의류에 대한 관심과 수요가 증가하게 됨에 따라 전기적 성능을 띤 직물형 부품 및 부자재의 생산과 수요도 함께 증가할 것으로 예측된다. 특히 스마트 의류의 다양한 기능과 용도를 고려할 때 각종 장치에 대해 호환성이 있고 필요에 따라 탈부착이 용이한 신호 입력 장치의 개발이나 신호 및 전력 전달을 위한 전도성 부자재, 그리고 각 전자장치나 부품이 의복과 용이하게 결합되기 위한 연결장치 등에 대한 수요도 함께 증가할 것이므로 전도성 섬유 소재 및 의류 부자재 등의 개발 또한 향후 연구해 나아갈 중요한 과제이다.

참고문헌

- [1] 연세대학교 (2004). 산업자원부 중기거점개발사업 연구기획보고서.
- [2] Davis, P. B., Schluchter, M. D., & Konstan, M. W. (2004). Relation of sweat chloride concentration to severity of lung disease in cystic fibrosis, *Pediatric Pulmonology*, 38(3), 204-209.
- [3] Dolan, K., Rouen, D., & Kimber, J. (2004). An overview of the use of urine, hair, sweat and saliva to detect drug use, *Drug and Alcohol Review*, 23(2), 213-217.
- [4] Kintz, p., Brenneisen, R., Bundeli, P., & Mangin,

- P. (1997). Sweat testing for heroin and metabolites in a heroin maintenance program, *Clinical Chemistry*, 43(5), 736-739.
- [5] Patolsky, F., Zheng, G., Hayden, O., Lakadamyali, M., Zhuang, X., & Lieber, C. M. (2004). Electrical detection of single viruses, *Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America*, 101(39), 14017-14022.
- [6] Priestley, C. J., & Kinghorn, G. R. (1996). Bacterial Vaginosis, *British Journal of Clinical Practice*, 50(6), 331-334.
- [7] Shea, T. (2002). *The Global Market For Wearable Computers: The Quest For Killer Applications*, Venture Development Corporation, Massachusetts.
- [8] Sidransky, D. (2002). Emerging Molecular Markers of Cancer, *Nature Reviews : Cancer*, 2(3), 210-219.
- [9] Tao, X. (2001). *Smart Fibers, Fabrics and Clothing*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- [10] http://flatrock.org.nz/topics/info_and_tech/this_is_unreal.htm
- [11] <http://www.i-wear.com/motorbikejacket.htm>
- [12] <http://www.research.philips.com/newscenter/archive/2003/pershealth.html>
- [13] www.pdacortex.com/guidant_vivometrics.htm

원고접수 : 2005. 12. 20

수정접수 : 2006. 3. 6

게재확정 : 2006. 3. 15