

FEA 프레임워크를 적용한 스마트 헬스케어 의류의 유형화 및 제품 특성 분석

김지혜 · 김선우⁺ · 이유리

서울대학교 의류학과 석사 · 서울대학교 생활과학연구소 객원연구원⁺ ·
서울대학교 의류학과/생활과학연구소 교수

Smart Healthcare Clothing: An Analysis of Typology and Product Characteristics Using the FEA Framework

Jihye Kim · Sunwoo Kim⁺ · Yuri Lee

Master, Department of Fashion and Textiles, Seoul National University

Adjunct Researcher, Research Institute of Human Ecology, Seoul National University⁺

Professor, Department of Fashion and Textiles/Research Institute of Human Ecology, Seoul National University

(received date: 2026. 1. 9, revised date: 2026. 2. 12, accepted date: 2026. 2. 23)

ABSTRACT

As the paradigm of healthcare shifts toward prevention and daily management due to an aging population, smart healthcare clothing has emerged as a promising solution for continuous health monitoring. However, despite technological advancements, mass adoption remains limited due to challenges regarding user comfort and aesthetic satisfaction. This study analyzes the characteristics of smart healthcare clothing using the FEA (Functional, Expressive, Aesthetic) model proposed by Lamb and Kallal (1992). Through a comprehensive review of literature and market cases, this study reveals that functional attributes, such as precise bio-signal sensing and washability, are fundamental prerequisites. However, expressive dimensions, which minimize the social stigma of patienthood through invisible technology or project a professional self-manager image, are crucial for user acceptance. Furthermore, aesthetic dimensions, including the use of premium materials and fashion-forward designs that harmonize with daily wear, are essential for bridging the gap between technology and apparel. The findings suggest that for smart healthcare clothing to transition from niche gadgets to sustainable everyday wear, development strategies must holistically integrate technical performance with the wearer's emotional and aesthetic needs. This research provides a strategic framework for developing user-centric smart healthcare clothing that enhances both utility and satisfaction.

Key words: fashion technology(패션 테크놀로지), FEA Model(FEA 모델),
smart healthcare clothing(스마트 헬스케어 의류), wearable technology(웨어러블 기술)

I. 서론

최근 급격한 고령화와 만성 질환의 증가로 인해 건강 관리에 대한 사회적 관심이 증가하면서, 의료 서비스의 핵심 목표가 질병의 치료에서 질병의 예방과 일상 생활의 관리 중심으로 전환되고 있다(Kim et al., 2021). 이러한 변화를 기반으로, 사용자의 생체 정보를 실시간으로 모니터링하여 최적의 건강 상태를 유지하고 급성 질환의 발병에 신속하게 대응하도록 돕는 스마트 헬스케어 의류(smart healthcare clothing)에 대한 소비자의 관심이 증대되고 있다(Iqbal et al., 2021). 의류의 다양한 측면을 아우르는 의류학과와 관련 산업 역시 이러한 변화에 주목하였다. 특히 최근 사물인터넷(internet of things: IoT), 인공지능(artificial intelligence: AI), 빅데이터(big data)로 대변되는 4차 산업 혁명의 급속한 도래로 인해 헬스케어 기술이 다변화되고 고도화되면서, 이들 기술을 의복에 결합시켜 고부가가치 창출을 모색하려는 산업적 시도 역시 가속화되었다(Dehghani & Dangelico, 2008; Hanuska et al., 2022). 스마트 헬스케어 의류 시장 규모에 대한 개별적인 통계 수치는 명확하지 않지만, 웨어러블 기기(wearable device) 시장의 규모를 기반으로 스마트 헬스케어 의류 시장의 규모 역시 유추가 가능하다. 급속한 고령화에 따른 기술 수요의 증대와 원격 환자 모니터링과 같은 의료 시장의 변화를 기반으로 웨어러블 기기 중에서도 헬스케어 기기 시장이 가장 높은 성장 잠재력이 있다고 예측되기 때문이다(Escobar-linero et al., 2023; Woo & Kim, 2022). 세부적으로, 전 세계 웨어러블 기기 시장은 2025년 기준 5억 8천만 달러 규모에 달하였으며, 2029년까지 6억 6천만 달러 규모로 시장이 확대될 것으로 예측되었다(Statista, 2025). 이러한 수치는 스마트 헬스케어 의류 시장의 규모와 성장 가능성을 암시한다.

웨어러블 기기의 건강관리 기능이 중요해짐과 동시에 이들 기기에 내재된 한계 역시 부각되던

서, 스마트 헬스케어 의류는 웨어러블 기기의 장점은 취하면서 단점은 보완하는 대안으로 부상하였다. 실례로, 스마트 워치나 밴드와 같은 액세서리 형태의 웨어러블 기기는 착용이 용이하다는 강점을 기반으로 시장 초입기에 소비자의 관심을 끌었으나, 신체 접촉 면적이 제한적이기 때문에 신체 측정 데이터의 정확도가 떨어지고 사용자가 항상 기기를 소지해야 한다는 휴대성의 문제에 봉착하였다(Han, 2019). 반면, 스마트 헬스케어 의류는 착용자 신체의 넓은 면적에 직접적으로 접촉되기 때문에, 생체 데이터를 센싱(sensing)하는 기술의 정확도가 향상되었다(Iqbal et al., 2021; Lee et al., 2021). 따라서, 스마트 헬스케어 의류는 시장 확대 초기에 소개된 액세서리형 웨어러블 기기 대비 착용자의 심박수, 호흡, 체온, 근전도와 같은 다양한 생체 신호를 보다 정밀하게 측정할 수 있다는 이점이 있다(Iqbal et al., 2021). 더불어, 스마트 헬스케어 의류는 일상생활에서 자연스러운 착용이 가능하기 때문에, 항상 사용자가 기기를 소지해야 하는 액세서리형 웨어러블 기기 대비 사용상의 편의성이 더 높게 평가되고 있다(Ahsan et al., 2022). 이러한 이유로, 시장 조사 기관들은 연평균 높은 성장률을 보이고 있는 스마트 의류 시장이 헬스케어 분야를 중심으로 빠르게 재편될 것으로 전망하였다(Escobar-linero et al., 2023; Hanuska et al., 2022; Howard, 2021).

이와 같은 높은 잠재력과 기술적 진보에도 불구하고, 스마트 헬스케어 의류의 소비자 수용은 아직 기대에 못 미치고 있다(Tsai et al., 2020). 여러 이유가 언급되고 있으나, 기술 강화에 치중한 나머지 의복의 기본 속성인 착용의 편안함, 디자인 요소의 심미성, 관리의 용이성을 충분히 갖추고 있지 못했다는 것이 가장 큰 이유로 지적되고 있다(Kwack et al., 2025b). 특히 고령자나 환자와 같이 건강상 제약이 있는 실사용자들은 기존에 착용하였던 의류 대비 익숙하지 않은 착용감과 관리의 어려움에 대해 심리적 저항감을 느낄 수

있는데, 이는 스마트 헬스케어 의류의 확산을 저해하는 주요 요인으로 알려져 있다(Ju & Lee, 2020; Kwack et al., 2025a). 이러한 소비자 저항의 궁극적 원인은 스마트 헬스케어 의류가 의복으로써 갖추어야 할 본질적인 가치를 충분히 충족하지 못하기 때문이다. 예컨대, 불편한 착용감이나 세탁의 어려움은 의복의 기능적(functional) 요건이 충족되지 못했음을 의미하며, 환자복처럼 보이는 디자인은 착용자의 자존감을 저하시키는 표현적(expressive) 가치의 부재와 시각적 즐거움을 주지 못하는 심미적(aesthetic) 요소의 결여로 연결된다(Ju & Lee, 2020; Lamb & Kallal, 1992; Yusif et al., 2016). 따라서, 스마트 헬스케어 의류가 기술적으로 진보된 혁신 제품을 넘어 일반 소비자에게 널리 수용되는 의복으로 자리 잡기 위해서는 기술적 완성도 뿐만 아니라, 기능적, 표현적, 심미적 차원에 대한 소비자의 복합적인 니즈가 제품 개발 전략에 통합적으로 반영되어야 할 것이다.

그러나, 그간 학계에서 수행된 관련 선행 연구의 다수는 대부분 스마트 헬스케어 의류의 기술적 측면에 집중되어왔고(Hui et al., 2024; Iqbal et al., 2021; Zaman et al., 2022; Zheng et al., 2021), 이에 대한 소비자의 니즈를 심층적으로 파악하는 연구는 상대적으로 부족하였다. 구체적으로, 기존의 선행 연구 흐름을 살펴보면 다수의 관련 연구가 전도성 섬유, 센서의 민감도 향상, 데이터 전송의 안정성 확보와 같은 공학적 및 소재적 관점에서의 기술 구현에 주력해 왔다(Ahsan et al., 2022; Hui et al., 2024; Iqbal et al., 2021; Lee et al., 2021; Zaman et al., 2022; Zheng et al., 2021). 반면, 이를 사용하는 인간 중심의 연구는 주로 기술수용모델(technology acceptance model: TAM)이나 혁신저항모델(model of innovation resistance: MIR)을 적용하여 소비자의 수용 의도나 저항 요인을 파악하려는 시도가 주가 되었다(Chae, 2009; Chen & Ye, 2023; Kwack et al., 2025a; Kwack et al., 2025b; Park

& Noh, 2012; Shin & Lee, 2016; Tsai et al., 2020). 이러한 소비자 관점의 연구들은 대부분 설문조사에 기반한 양적 연구로 진행되어 소비자의 제품 수용 여부를 확인할 수는 있었다. 그러나, 실제 시장에 출시된 스마트 헬스케어 의류 제품들이 소비자의 니즈를 어떠한 제품 특성으로 만족시키고 있는지 그 세부적이고 심층적인 현황을 구체적으로 파악하기는 어려운 상황이다.

이러한 상황을 종합적으로 고려하여, 본 연구는 의복 개발 관련 선행 연구에서 소비자 니즈 파악을 위해 널리 적용되어온 FEA 모델(Functional, Expressive, Aesthetic model)을 스마트 헬스케어 의류의 시장 현황을 파악하기 위한 분석 프레임워크로 활용하고자 한다. Lamb and Kallal(1992)에 의해 제시된 FEA 모델은 의복에 대한 착용자의 요구를 기능적, 표현적, 심미적 차원에서 통합적으로 분석하는 틀로서 지금까지 다양한 의류학 연구에 적용되었으며, 특히 스마트 헬스케어 의류에 대한 소비자의 복합적인 니즈를 규명하는 이론적 기틀을 제공하였다(Orzada & Kallal, 2021). 기존 선행 연구들에서 FEA 모델은 소비자의 수용 의도나 요구도를 측정하는 양적 연구의 도구로 활용되기도 하였으나(Arachchi & Samarasinghe, 2025; Orzada & Kallal, 2021), 본 연구에서는 실제 시장에 상용화된 스마트 헬스케어 의류를 분석하는 질적 평가의 틀로 확장하여 적용하고자 한다. 이는 시장에서 생존하여 소비자에게 수용된 제품들은 소비자의 니즈가 기술적, 디자인적으로 구현되었다는 것을 암시하기 때문이다. 따라서 FEA 모델을 통해 현존하는 제품들의 특성을 분석하는 것은, 패션 기업이 제안하는 가치가 소비자의 기능적, 표현적, 심미적 욕구와 어떻게 맞닿아 있는지 객관적으로 진단할 수 있는 방법이 될 것이다.

이상의 논의를 기반으로 도출된 본 연구의 연구 목적은 다음과 같다. 본 연구는 문헌고찰과 실제 시장에 상용화된 스마트 헬스케어 제품 사례분석을 병행하는 질적 연구 방법을 채택하여, 스마

트 헬스케어 의류에 대한 기술 발전 및 관련 연구의 동향을 이해하고 FEA 모델을 기반으로 현재 시장에서 상용화된 제품의 특성을 분석하고자 한다. 이를 통해, 향후 스마트 헬스케어 의류가 나아가야 할 디자인 및 기술 개발의 방향성을 제안하는 것이 본 연구의 궁극적 목적이다. 본 연구의 결과는 기술 공급자 중심의 시각에서 벗어나 소비자의 니즈를 충족시킬 수 있는 관점의 전환 모색에 기여할 수 있을 것이며, 사용자의 가치 창출에 기여할 수 있는 스마트 헬스케어 의류 개발을 위한 기초 자료를 제공할 수 있으리라 기대된다.

II. 선행 연구 고찰

1. 스마트 헬스케어 의류의 정의: 유관 개념과의 비교 고찰

스마트 헬스케어 의류는 스마트 의류(smart clothing) 중 착용자의 건강 관리, 유지, 보완 및 향상 기능이 강화된 것으로, 다양한 용어와 혼용되어 사용되어 왔다(Han, 2019; Woo & Kim, 2022). 본 연구에서는 개념적 혼동을 방지하기 위해, 연구의 핵심 개념인 스마트 헬스케어 의류의 개념을 관련 개념과 비교분석하여 제시하고자 한다. 우선, 스마트 의류는 패션에 첨단 기술이 융합된 것으로, 의류 제품 고유의 감성과 기능은 유지하면서 동시에 첨단 정보 통신 기술(information communication technology: ICT)을 접목하였다는 특징을 갖고 있다(Han, 2019; Woo & Kim, 2022). 이를 통해, 스마트 헬스케어 의류는 착용자의 생체 정보와 이들을 둘러싸고 있는 환경 자극을 감지하고 반응하는 기능을 수행한다(Lee & Lee, 2023). 이들 제품에 적용된 기술은 단순히 전자기기를 의복에 부착하는 것을 넘어서, 전도성 섬유나 유연 센서를 섬유에 내장하거나 부착함으로써 의복이 그 자체로 정보통신 기술 시스템의 일부로 작동되는 수준으로 발전하였다(Lee & Lee, 2023). 의류학계와 의류패션 산업에서는 스

마트 의류를 '전자 섬유(e-textiles)', '스마트 가먼트(smart garments)', '텍스트로닉스(textronics)' 등 다양한 용어로 혼용해왔으나, 이러한 용어들은 모두 섬유 또는 의복의 구조 내부에 전자적 기능이 통합되어 있다는 공통점이 있다는 점에서 모두 스마트 의류로 간주될 수 있다(Zaman et al., 2022).

스마트 의류는 웨어러블 디바이스와도 구분된다. 스마트 의류는 광의의 관점에서 웨어러블 디바이스에 포함될 수 있지만, 액세서리형 웨어러블 기기와 비교하였을 때 뚜렷한 차이가 있다(Hanuska et al., 2022). 웨어러블 디바이스는 신체에 착용 가능한 모든 전자기기를 포함하는데, 특히 스마트 워치, 스마트 글래스, 피트니스 밴드 같은 기기들은 의복이 아닌 액세서리형 디바이스의 대표적 사례로 언급될 수 있다(Lim & Ju, 2023). 반면 스마트 의류는 '입는 행위' 자체에 초점이 맞춰지며, 신체의 넓은 부위를 감싸는 의복의 형태를 갖고 있다는 점에서 차별점이 있다(Hanuska et al., 2022). 이처럼, 입는 형태의 스마트 의류는 내장된 센서가 피부에 직접적으로 넓게 접촉되기 때문에 착용자의 생체 신호를 보다 정확하게 측정할 수 있다는 이점이 있다(Iqbal et al., 2021). 또한, 소비자에게 일상적으로 착용되는 의복의 일상성으로 인해 별도로 기기를 착용해야만 하는 액세서리형 스마트 기기 대비 착용상의 이질감을 줄일 수 있다는 것 역시 장점으로 언급된다(Iqbal et al., 2021). 종합하면, 스마트 의류는 '입는 컴퓨터'로서의 기능과 의복으로써 '일상적인 착용성'을 동시에 추구할 수 있다는 점에서 웨어러블, 그중에서도 액세서리형 기기와 차이가 있다.

스마트 헬스케어 의류는 스마트 의류 중에서도 내재된 기술을 의료 및 건강 관리 목적에 특화한 것을 의미한다(Han, 2019; Woo & Kim, 2022). 이에 내장된 기술은 착용자의 심박수, 호흡, 체온, 근전도와 같은 생체 신호를 실시간으로 측정하여 모니터링하거나, 급성 질환이 발병하는 위급 상황이 발생하였을 때 의료기관이나 보호자에게 알람

기능을 제공하여 빠른 대응을 돕는다(Kwack et al., 2025b). 스마트 헬스케어 의류 분야의 최근 연구 동향을 살펴보면, 초기에는 생체 신호를 일차적으로 측정하는 것에 치중하였으나, 점차 수집된 데이터를 바탕으로 질병을 예측하거나 재활을 돕는 치료 기능(therapeutic function)까지 기술의 효능이 확장되고 있다(Zaman et al., 2022). 또한, 의료 취약 계층인 독거노인이나 만성 질환자를 소비자로서 포용하기 위해, 관련 산업은 원격 모니터링 기능을 기반으로 수집되는 생체 정보 분석의 신뢰성과 전문성을 강화할 수 있는 기술 개발에 주력하고 있다(Escobar-linero et al., 2023). 더불어 의복 자체의 기능에도 주목하여, 세탁과 같은 관리적 측면의 편의성을 개선하려는 연구 역시 수행되고 있다(Zaman et al., 2022).

2. 스마트 의류 소재 및 스마트 헬스케어 의류 기술의 발전 현황

스마트 의류 및 스마트 헬스케어 의류 관련 연구의 큰 비중을 차지하는 기술 측면의 연구들은 시기 별로 뚜렷한 발전 양상을 보이며 성장해왔는데, Hui et al.(2024)의 연구를 기반으로 스마트 의류 소재의 기술 발전 단계를 크게 세 시기로 구분할 수 있다. 스마트 의류 관련 연구가 시작된 1996년부터 2006년까지의 초기 단계에서는 광섬유나 전도성 고분자를 활용한 기초적인 헬스케어 모니터링 연구가 주를 이루었다. 2007년부터 2012년까지는 관련 연구가 안정기에 접어들었으며, 나노 섬유, 상변환 물질 등을 활용한 소재 연구가 강화되어 보다 다양한 신소재가 개발되었다. 2013년 이후에는 스마트 의류에 적용 가능한 소재의 기술이 비약적으로 발전하면서, 유연 센서, 신축성 전자소자, 나노 발전기(nanogenerators)와 같은 기술이 연구되었으며, 이를 기반으로 실제 착용이 가능한 형태의 스마트 의류의 개발이 본격화되었다.

스마트 의류 소재가 다양화되고 고도화되면서 스마트 헬스케어 의류 기술 역시 함께 진보하였

다. 스마트 의류와 스마트 헬스케어 기술의 궁극적인 목표는 시공간의 제약 없이 사용자의 건강 상태를 모니터링하고 질병의 예방 및 조기 진단을 가능하게 하여 인간 삶의 질을 향상하는 것이다(Han, 2019; Woo & Kim, 2022). 이러한 목표 달성을 위해, 스마트 헬스케어 의류 기술은 다양한 방식으로 의복에 탑재되어왔는데, 그 근간에는 스마트 의류 소재의 기술 발전에 큰 기여를 하였다(Zheng et al., 2021). 스마트 헬스케어 의류 개발 초기에는 센서나 기기를 의복에 부착하는 형태가 주를 이루었으나, 최근에는 전도성 섬유를 자수(embroidery), 편직(knitting), 제직(weaving) 등의 형태로 가공하여 센서를 직물 자체에 삽입하는 기술 개발에 주력하고 있다(Ahsan et al., 2022). 또한, 스크린 프린팅이나 잉크젯 프린팅을 이용해 전도성 잉크를 직물 표면에 인쇄하는 방식도 활발히 연구되고 있다(Ahsan et al., 2022).

스마트 헬스케어 의류의 소재를 넘어 핵심 기술이 작동하는 방식은 크게 센싱, 액추에이팅(actuating), 통신 및 전원 기술로 세분화될 수 있다(Hui et al., 2024). 센싱 기술로는 의복 착용자의 심전도(ECG)나 근전도(EMG)를 측정하는 섬유 전극, 착용자의 관절 움직임을 감지하는 스트레인 센서(strain sensor) 등이 있으며(Hui et al., 2024), 탄소나노튜브(CNT)나 그래핀(graphene)과 같은 나노 소재를 활용하여 높은 민감도와 신축성을 동시에 가진 센서들이 개발되고 있다(Ahsan et al., 2022). 액추에이팅 기술로는 발열 소재나 형상 기억 합금을 이용해 의복 착용자의 체온을 조절하거나 자세를 교정하는 기술이 대표적이며(Lee et al., 2021), 블루투스나 근거리 무선 통신 기술, 에너지 수확(energy harvesting) 기술을 기반으로 스마트 헬스케어 의류의 지속적이고 안정적인 작동을 지원할 수 있다(Ahsan et al., 2022).

3. 스마트 의류 및 스마트 헬스케어 의류의 소비자 및 시장 관점의 연구 동향

스마트 의류와 스마트 헬스케어 의류를 소비자 및 시장 관점에서 접근한 선행 연구는 관련 기술을 다룬 연구 대비 크게 활성화된 것은 아니다. 그러나, 고령화의 급속한 진행과 관련 기술의 현격한 발전을 기반으로 스마트 헬스케어 의류에 대한 요구가 증대됨에 따라, 의류학계에서도 소비자 및 시장 관점의 선행 연구가 수행되고 있다. 관련 연구들은 크게 소비자의 제품 수용 양상을 다룬 연구, 혁신 저항 관점의 연구, 관련 시장의 현황과 정책적 제안을 다룬 연구로 구분될 수 있다.

스마트 의류 및 스마트 헬스케어 의류의 소비자 수용 양상을 고찰한 연구들은 주로 TAM을 연구의 기본 틀로 삼았다는 공통점이 있다. 그러나, 시장의 상황을 보다 현실적으로 반영하기 위한 제품의 기능성, 표현성, 심미성과 관련 변수가 추가되면서 연구가 점차 고도화되는 양상이 나타났다. Chen and Ye(2023)는 TAM과 FEA 모형을 통합하여 중국 소비자를 대상으로 착용자의 자기 이미지와 라이프스타일 적합성과 같은 의복의 표현적 요소와 심미성 및 기능성이 지각된 사용용이성과 유용성을 거쳐 스마트 의류 구매 의도에 미치는 영향력을 확인하였다. 국내 연구의 경우, Kwack et al.(2025)은 고령 소비자의 혁신 기술 수용 검증에 특화된 시니어 기술수용모델(senior technology acceptance model: STAM)을 적용하여 스마트 헬스케어 의류의 핵심 소비자 집단으로 부상하고 있는 고령 소비자의 제품 수용 양상을 분석하였다. 또한, 스마트 의류의 시장 진입 초기에 수행된 Chae(2009)의 연구에서는 스마트 의류의 시장 초기 수용 양상이 확인되었다. Park and Noh(2012)는 센서 기반 스마트 의류에 대해 기술혁신성, 정보혁신성, 신뢰를 외생변수로 추가한 확장된 기술수용모델(extended technology acceptance model: ETAM)을 통해, 소비자의 혁신성과 신뢰 수준이 지각된 유용성과 즐거움을 매개로 제품에 대한 태

도와 수용 의도에 유의한 영향을 미친다고 보고하였다.

스마트 의류 및 헬스케어 의류의 제품 수용과는 반대의 관점에서, 이들 제품을 혁신 제품으로 간주하고 이에 대한 소비자의 저항 양상을 살펴본 연구도 수행되었다. 이들 연구들은 스마트 의류 및 헬스케어 의류의 확산을 MIR의 관점으로 조망하여, 성과 기대, 노력 기대, 쾌락적 동기, 가격 가치, 지각된 위험과 혁신 저항이 수용 의도에 미치는 영향을 규명하였다. 구체적으로, Shin and Lee(2016)는 혁신저항모델을 적용하여 스마트 의류의 수용 저항 요인을 분석하였으며, 유용성과 사회적 영향, 쾌락적 동기가 저항을 낮추는 요인임을 입증하였다. Tsai et al.(2020)은 고령자를 대상으로 연구를 통해 기술 불안감과 변화에 대한 저항이 제품 수용에 부정적 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 더불어, Ju and Lee(2020)은 비용, 수집 및 처리된 데이터의 정확성과 신뢰성, 개인정보보호, 착용의 편안함 부족, 기기 관리의 부담을 채택의 장벽으로 언급하였다.

이상과 같이 살펴본 소비자 관점의 연구와 더불어, 시장의 상황을 분석한 연구도 수행되었다. 구체적으로, Hanuska et al.(2022)은 글로벌 시장 분석을 통해 건강에 대한 인식 고조, 예방 중심 의료 시스템으로의 전환, 인구 고령화 및 스포츠 여가 인구의 증가가 스마트 헬스케어 의류의 핵심 수요 견인 요소임을 규명하였다. 한국 시장의 경우, Kim(2025)은 코로나19 이후 비대면 진료와 4P(예측, 예방, 개인 맞춤, 참여; predictive, preventive, personalized, participatory; Collatuzzo & Boffetta, 2022)로 대변되는 의료 산업의 담론 변화가 스마트 헬스케어 의류에 대한 관심을 고조시키고 있다고 분석하였다. 특히, Busan Metropolitan City(2021)의 보고에 따르면, 국내 산업은 공공 및 지자체의 노인복지 사업과 연계하여 고령자 대상의 시장을 확대하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 성장세에도 불구하고, Kwack et

al.(2025b)은 국내외 고령층 및 디지털 취약계층의 낮은 채택률과 의료 시스템 내 데이터 표준화 및 규제 문제가 여전히 시장 확대의 주요 장벽으로 작용하고 있음을 지적하였다.

4. FEA 모델과 스마트 헬스케어 의류

FEA 모델은 의복에 대한 소비자의 니즈를 기능성, 표현성, 심미성의 세 가지 차원에서 분석하는 분석 틀로 Lamb and Kallal(1992)에 의해 제시되었는데, 세 차원은 모두 소비자를 만족시킬 수 있는 제품 개발을 위해 충족되어야 할 의복 제품의 특성으로 간주된다. 세부적으로, 기능성은 의복의 신체 보호 기능, 착용 후 소비자가 느끼는 활동의 용이성, 착의 및 탈의의 용이성 등의 속성을 의미하며, 표현성은 의복이 전달하는 착용자의 사회적 지위나 역할, 자아 존중감 등과 같은 메시지를 의미한다. 마지막으로, 심미성은 디자인 원리에 따른 의복의 조형적 아름다움을 뜻한다. 이 모델은 장애인이나 특수 목적 의류와 같이 기능성이 강조되는 의복 디자인 과정에서 사용자의 다양한 욕구를 균형 있게 반영하기 위해 개발되었기 때문에, 스마트 헬스케어 의류에 대한 소비자 니즈를 다면적으로 파악하고자 하는 본 연구에 적합한 분석틀이라 판단되었다(Orzada & Kallal, 2021).

기존의 FEA 모델 관련 연구들은 주로 설문조사를 통한 양적 연구에 치중되어 있어, 실제 시장에 출시된 제품들이 FEA의 각 요소를 어떻게 구현하고 있는지를 구체적으로 파악하는 데에는 한계가 있었다(Arachchi & Samarasinghe, 2025; Chen & Ye, 2023; Hwang et al., 2016). 그러나, 최근에는 FEA 모델을 제품 개발을 위한 디자인 가이드라인 도출이나 사용성 평가를 위한 질적 분석의 틀로 활용하려는 시도가 나타나고 있다. 특히, FEA 모델의 활용 동향을 분석한 Orzada and Kallal(2021)의 연구에 따르면, FEA 모델은 소비자의 설문 조사뿐만 아니라 의류 제품의 디자인 속성 분석, 프로토타입 평가, 디자인 프로세스 규

명 등 다양한 질적 연구의 분석 프레임워크로 확장되어 활용되고 있음이 확인되었다. 또한, 최근 An et al.(2024)의 연구에서도 빅데이터 분석을 통해 FEA 기준에 따라 패션 제품을 분류하여 속성을 도출하는 시도가 이루어진 바 있다. 본 연구는 이러한 선행 연구들의 방법론적 확장에 기초하여, 시장에 출시된 제품 사례를 분석하는 질적 도구로 FEA 모델을 적용하였다.

FEA 모델을 기반으로 스마트 의류 및 스마트 헬스케어 의류를 분석한 선행 연구들은 스마트 의류가 단순히 기술적 기능성에만 치중할 경우 시장에서 외면 받을 수 있다고 주장하였다. 예컨대, Hwang et al.(2016)은 스마트 의류의 수용에 있어 심미적 속성과 표현적 속성이 기능적 속성만큼 중요하다는 것을 실증적으로 분석하였다. 또한, Koo et al.(2017)은 고령 소비자를 위한 심박 측정 의류 개발 연구에서는 FEA 모델을 통해, 신체적 약점을 보완하는 기능성 뿐만 아니라 일상복과 구별되지 않는 심미성과 착용자의 자존감을 높여주는 표현성을 고려한 디자인 가이드라인을 제시하였다. 이러한 연구 흐름은 스마트 헬스케어 의류가 '의료기기'가 아닌 '의복'으로 소비자에게 수용되기 위해서 FEA의 세 가지 요소가 통합적으로 고려되어야 함을 시사하며, FEA 모델을 제품 사례 분석의 틀로 적용하고자 하는 본 연구의 방법론적 타당성을 뒷받침한다(Lamb & Kallal, 1992; Orzada & Kallal, 2021).

III. 연구방법

본 연구는 스마트 헬스케어 의류의 시장 현황과 제품 특성을 다각도로 조망하기 위해 문헌 고찰과 사례 분석을 병행하는 질적 연구 방법을 채택하였다. 연구의 절차는 자료 수집, 연구 대상 선정, FEA 프레임워크 기반 특성 분석의 3단계로 수행되었으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

1. 자료수집 절차 및 범위

스마트 헬스케어 의류의 기술적 동향과 시장 현황을 파악하기 위해 학술 문헌과 시장 자료가 포괄적으로 수집되었다. 학술 문헌의 경우 Google Scholar, Web of Science, SCOPUS, KISS, Dbpia 등의 학술 데이터베이스가 활용되었으며, 시장 보고서는 Statista 등의 글로벌 리서치 기관의 공개 자료가 참조되었다. 실제 상용화된 제품의 사례 수집을 위한 온라인 데이터 검색은 시장의 최신성을 반영하기 위해 두 차례에 걸쳐 수행되었다. 1차 검색은 2024년 9월부터 11월까지 집중적으로 이루어졌으며, 이후 시장의 변동 사항을 반영하기 위해 2025년 12월에 2차 보완 검색이 실시되었다. 검색 엔진으로는 구글(Google)과 네이버(Naver)를, 커머스 채널로는 아마존(Amazon)이 주로 활용되었다. 검색 키워드는 국문과 영문을 병행하여 적용되었으며, '스마트 헬스케어 의류/의복(smart healthcare apparel/clothing/garment)', '스마트 패션(smart fashion)', '스마트 의류/의복(smart apparel/clothing/garment)', '웨어러블 디바이스(wearable device)', '웨어러블 헬스케어(wearable healthcare)' 등의 단어가 검색에 사용되었다.

2. 연구 대상 선정 기준

수집된 방대한 자료 중 본 연구의 목적에 부합하는 분석 대상을 선별하기 위해 명확한 선정 및 제외 기준이 수립되었으며, 세부 내용은 다음과 같다. 첫째로 형태적 기준의 경우, 스마트 워치나 밴드와 같은 액세서리형 웨어러블 기기는 제외되었고, 상의, 하의, 양말, 신발 등 '의복(clothing)'의 형태를 갖춘 제품만이 선정되었다. 이는 기존 웨어러블 기기와 차별화된 스마트 헬스케어 의류만의 고유한 특성을 분석하기 위함이었다. 둘째, 기능적 기준으로, 단순한 발열 조끼나 패션 목적의 LED 의류는 배제하고, 심박수, 근전도(EMG), 체온, 호흡과 같이 착용자의 생체 신호를 모니터링

하거나 건강 관리 기능을 제공하는 제품만이 분석에 포함되었다. 마지막 기준은 상용화 여부로, 시제품(prototype) 단계에 머물러 있는 연구용 제품보다는 실제 시장에 출시되어 가격 정보와 소비자 리뷰 확인이 가능한 상용화 제품만이 분석에 활용되었다. 이러한 선정 기준을 기반으로, 연구의 실증성이 확보되었다.

3. FEA 모델 기반 분석 방법

선정된 제품들의 특성을 체계적으로 분석하기 위해 Lamb and Kallal(1992)의 FEA 모델이 핵심 분석 프레임워크로 적용되었다. 본 연구에서는 스마트 헬스케어 의류의 기술적 특성과 패션 제품 속성을 모두 포괄할 수 있도록, 각 차원의 분석 기준을 Orzada and Kallal(2021)의 연구에서 제시된 내용을 기준으로 다음과 같이 세분화하여 정의하였다.

첫째로, 기능적 차원은 스마트 헬스케어 의류의 본질적인 목적과 관련된 제품의 효용성이 분석되었다. 제품의 본질인 헬스케어 기능의 경우, 심박수, 호흡, 체온 등 생체 신호의 측정과 피드백 기능, 이를 통한 질병의 완화, 나아가 위험 상황 발생 시 신체를 보호하는 제품의 기능이 분석되었다. 더불어, 의료기기를 넘어서 의복으로서 갖추어야 하는 기능적 특성도 함께 분석되었다. 세부적으로, 장시간 착용 가능성, 일상적 관리를 위한 편의성 및 세탁 용이성과 같은 특성이 분석되었다. 둘째로, 표현적 차원에서는 의복 착용을 통해 전달되는 사용자의 사회적 정체성과 심리적 상징성이 분석되었다. 특히, 스마트 헬스케어 의류에 내재된 의료기기적 특성으로 인해 발생할 수 있는 환자라는 사회적 낙인을 최소화하기 위한 기술의 은폐, 착용자가 본인의 건강을 능동적으로 관리하는 자기 관리의 이미지나 최신 기술을 수용하는 초기 수용자의 정체성을 상징할 수 있는 표현적 요소 역시 중점적으로 고찰되었다. 마지막으로, 심미적 차원에서는 착용자의 시각적, 감각적 만족을

유발하는 제품의 의복디자인 요소가 분석되었다. 기술적 요소가 의복디자인을 저해하지 않고 융합되는 융합적 패션디자인, 피부에 닿는 센서나 직물의 촉감을 개선한 소재와 텍스처의 고급화, 특수복이 아닌 이질감 없이 일상복으로 착용 가능한 디자인 특성을 기준으로 스마트 웨어러블 의류 제품의 심미적 가치가 분석되었다.

분석 과정에서 연구자의 주관적 해석을 최소화하고 연구 결과의 타당성과 신뢰성을 확보하기 위해 연구자 삼각검증(investigator triangulation)과 동료 검토법(peer examination)을 적용하였으며(Denzin, 2012), 구체적인 분석 절차는 다음과 같다. 첫째, 본 연구의 주저자 2인이 1차적으로 수집된 사례들에 대해 독립적인 코딩을 수행하여 FEA 차원 기준에 따른 분류 작업을 진행하였다. 이때, 분류의 정확성을 높이기 위해 온라인상에 공개된 시각적 이미지 뿐만 아니라 제조사가 제공하는 공식 제품 사양서와 기술 설명서를 상호 보완적으로 활용하였으며, 이를 통해 시각적으로 판별하기 어려운 소재의 질감이나 세부 기술 사양까지 면밀히 검토하였다. 이 과정에서 제품의 핵심 사양이나 적용 기술에 대한 정보가 불충분하여 객관적 판단이 불가능한 사례는 분석 대상에서 제외하여 자료 분석의 엄밀성을 확보하였다. 둘째, 2인 연구자의 독립적 분석 이후 연구자 간 코딩 결과가 불일치하는 사례에 대해서는 반복적인 교차 검토와 심층적인 논의를 거쳐 최종 합의에 도달하였다. 셋째, 분석 결과의 객관성을 보완하기 위해 패션 산업 실무 및 의류학 연구 경력 합산 7년 이상의 외부 전문가 1인에게 동료 검토를 의뢰하였다. 해당 전문가는 분류된 사례들의 타당성을 제3자의 관점에서 재검토하고, 각 차원별 사례 선정의 적합성에 대해 자문하였다. 마지막으로, 본 연구진은 전문가의 검토 의견을 종합적으로 반영하여 최종 분석 결과를 확정하였다.

VI. 스마트 헬스케어 의류의 제품 특성 분석: FEA 모델을 중심으로

본 장에서는 Lamb과 Kallal(1992)의 FEA 모델을 분석틀로 삼아 현재 시장에 출시되어 소비자에게 판매되고 있는 스마트 헬스케어 의류의 특성을 분석하였다. 이를 통해 각 제품에 대한 소비자의 기능적, 표현적, 심미적 요구가 어떻게 충족되고 있는지 파악하고, 향후의 제품 개발의 방향성을 모색하고자 한다.

1. 기능적 특성

의류 시장에 출시된 스마트 헬스케어 의류의 기능적 특성은 관련 제품이 소비자에게 전달할 수 있는 가장 근원적인 가치였으며, 크게 착용자의 생체 신호 감지를 통한 피드백 제공, 질병 치료 및 신체 보호 기능, 의복으로서의 편의성 강화 기능이 포함되었다. 다음의 <Table 1>은 의복의 기능적 특성이 강화된 스마트 헬스케어 의류의 사례이다.

1) 착용자 생체 신호 감지 및 피드백 제공

첫번째 기능적 특성은 착용자의 생체 신호를 모니터링하여 피드백을 제공하는 기능이며, 시장 확대를 기반으로 스마트 기능을 학술적으로 연구한 사례는 헥소스킨(Hexoskin)의 스마트 셔츠가 대표적이다. 이 제품은 셔츠에 내장된 센서를 통해 착용자의 심전도를 측정하여 피드백을 제공하는 스마트 헬스케어 의류 중 가장 널리 알려진 제품 중 하나이다(Hexoskin, n.d.; Lee & Lee, 2023; Fig. 1 참조). 최근 소아를 대상으로 시행된 임상 연구에 의하면, 이 제품의 심박수 측정 정확도가 87.4%(SD=11%)에 달하였으며, 특히 초기 12시간 동안은 94.9%의 높은 정확도를 보였다(Hardon et al., 2025). 이러한 결과는 기존 심전도 측정에 사용되는 의료용 모니터 대비 환자의


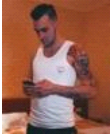

<Table 1> Functional Characteristics of Smart Healthcare Clothing

Category	Image	Sensor Type	Purpose	Application Area	Key Function	Market
Biological Signal monitoring and health management	 <p><Fig. 1> HEXOSKIN Smart Shirts (Hexoskin, n.d.)</p>	Attached and Embedded	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Health management 	Torso	<ul style="list-style-type: none"> Continuous real-time monitoring of key biometric signals Data visualization & analysis through mobile apps and cloud-based dashboards Washable, comfortable design with long battery life 	Global
	 <p><Fig. 2> Siren Socks (Siren, n.d.)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Health management 	Foot	<ul style="list-style-type: none"> Continuous temperature monitoring to detect early signs of inflammation Real-time risk analysis (3 levels) and feedback via mobile app Seamless sensor integration for maximum comfort and skin protection 	Global
Biological Signal monitoring and health promotion	 <p><Fig. 3> Smart Boot (Defender, n.d.)</p>	Attached and Embedded	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Health management Health promotion 	Foot	<ul style="list-style-type: none"> Real-time monitoring of patient compliance (wear time) and activity levels Pressure off-loading design to accelerate diabetic foot ulcer healing Remote data sharing with clinicians via a cloud-based platform 	Global
	 <p><Fig. 4> FIET AI Wear (FIET, n.d.)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Health management Health promotion 	Whole body	<ul style="list-style-type: none"> Smart compression technology to reduce muscle tremor and improve circulation AI-powered customized exercise prescriptions based on user body data Enhancement of muscle recovery and reduction of inflammation 	Domestic

<Table 1> (Continued)

Category	Image	Sensor Type	Purpose	Application Area	Key Function	Market
Biological Signal monitoring and body protection for non-disabled consumers	 <p><Fig. 5> D-Air (Dainese, 2025)</p>	Attached and Embedded	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Accident prevention Body protection 	Torso	<ul style="list-style-type: none"> Intelligent active protection system with ultra-fast airbag inflation (45ms) Real-time hazard detection algorithm analyzing data 1,000 times per second Comprehensive torso protection for high-speed activities (e.g., motorcycling) 	Global
	 <p><Fig. 6> Safewear Airbag Vest (Safewear, n.d.)</p>	Attached and Embedded	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Accident prevention Body protection 	Torso	<ul style="list-style-type: none"> Immediate fall detection and airbag inflation (within 0.2s) for industrial safety Automatic emergency transmission of accident location to contacts Long battery life (approx. 120 hours) optimized for work environments 	Domestic
Biological Signal monitoring and body protection for disabled consumers	 <p><Fig. 7> S-AIRBAG Protective Belt (S-AIRBAG, n.d.)</p>	Attached	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Accident prevention Body protection 	Buttocks Pelvis	<ul style="list-style-type: none"> Reduces ground impact force by 90% and prevents falls. Sends fall alerts to caregivers when the wearer falls. 	Global
	 <p><Fig. 8> S-AIRBAG Intelligent Vest (S-AIRBAG, n.d.)</p>	Attached	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Accident prevention Body protection 	Head Neck Back Buttocks Pelvis	<ul style="list-style-type: none"> 60,000 motion data points/min Real-time elderly movement monitoring Pre-fall detection Execution within 100 ms 	Global
	 <p><Fig. 9> Kkokkasin (Kkokkasin, n.d.)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Accident prevention Body protection 	Foot	<ul style="list-style-type: none"> GPS Location Tracking Solution Accurate user location display using GPS, Wi-Fi, and eMTC (base stations) 	Domestic

<Table 1> (Continued)

Category	Image	Sensor Type	Purpose	Application Area	Key Function	Market
	 <p><Fig. 10> Ontex Smart Diaper (Ontex, 2021)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Body protection 	Hip	<ul style="list-style-type: none"> • Diaper with embedded sensor, clip-on transmitter, and mobile app integration • Up to 50% reduction in leakage • Saves caregiver time and costs, reduces environmental impact 	Global
Biological Signal monitoring and health management /Convenience enhancement as clothing	 <p><Fig. 11> Emglare Smart Undershirt (Emglare, n.d.)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Health management 	Torso	<ul style="list-style-type: none"> • Daily monitoring of heart rate and ECG • Notifications & sharing features for abnormal heart activity • Wireless charging & easy maintenance 	Global
	 <p><Fig. 12> Sensoria Smart Socks (Sensoria, n.d.)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Health management 	Foot	<ul style="list-style-type: none"> • Textile pressure sensors embedded directly into the fabric for comfort • Detachable magnetic anklet to ensure machine washability • Real-time gait analysis and pressure mapping via mobile app 	Global

만족도가 유의미하게 높게 나타났으며(Hardon et al., 2025), 이는 의류 직물 센서에 기반한 심전도 센싱의 신뢰성을 뒷받침한다. 사이렌의 스마트 양말(Siren's Diabetic Socks)은 당뇨병 환자의 족부 궤양 예방을 위해 개발되었으며(Lee & Lee, 2023), 4개의 온도 센서, 4개의 압력 센서, 혈중 산소 센서를 전략적으로 배치하여 족부 궤양의 위험을 실시간으로 모니터링한다(Reyzelman et al., 2022; Siren, n.d.; Fig. 2 참조). 또한, 센서를 통해 수집된 데이터는 모바일 앱을 통해 착용자에게 전송되며, 족부 궤양 발생의 위험도를 3단계로 분류하여 분석하고 착용자에게 피드백을 제공한다(Siren, n.d.). 임상시험 결과에 의하면, 사이렌의

스마트 양말에 내장된 센서는 다양한 활동 중 온도, 압력, 혈중 산소의 변화를 유의미하게 감지하는 것으로 나타났다(Reyzelman et al., 2022).

2) 착용자 생체 신호 모니터링 및 질병 완화

스마트 헬스케어 의류의 기능적 특성은 단순히 착용자의 생체 신호를 감지하는 것에서 한 발 나아가 능동적 치료 기능으로 확장되고 있다. 대표 사례 중 하나인 스마트 부츠(Smart Boot™)는 당뇨병 족부 궤양 환자의 보행 가능성 회복 단계에서 착용 순응도를 모니터링하기 위해 개발된 부츠 형태의 신발이다(Defender, n.d.; Fig. 3 참조). 이 제품은 부츠에 내장된 센서를 통해 착용자의

걸음 수, 활동 시간, 휴식 시간, 부츠 착용 시간을 실시간으로 모니터링하며, 클라우드 기반의 플랫폼을 기반으로 착용자의 생체 정보를 의료진에게 보고한다(Cay et al., 2025). 착용자 역시 스마트 워치와 스마트폰 앱을 통해 자신의 보행 현황을 피드백 받을 수 있어, 치료 계획을 준수할 수 있는 동기 유발이 가능하고 합병증 예방에 도움을 받을 수 있다(Defender, n.d.). 이 제품은 단순히 보행 현황을 보고하는 것에서 나아가, 보행 시 발에 가해지는 압력을 줄여 족부 궤양 부위에 가해지는 부하를 줄이며, 이를 통해 상처 치료를 돕는 기능을 제공한다(Defender, n.d.). 이 제품 역시 임상 실험을 통해 의학적 효과가 검증된 바 있다(Cay et al., 2025). 더불어, 스마트 압박 의류는 혈류 개선, 근육 회복 촉진, 염증 감소와 같은 생리적 효과를 제공하는데, 국내 기술력으로 개발된 FIET의 AI웨어는 원단의 압박으로 근육 떨림을 잡아주는 기술을 섬유에 내장하였다(FIET, n.d.: Fig. 4 참조). 이 제품은 전용 앱과 생체 신호 데이터 연동을 통해 착용자의 신체 상태를 분석하고, 맞춤형 운동 처방을 제공한다(Lee, 2023). 이와 같이 압박 섬유가 내장된 스마트 헬스케어 의류의 효과는 다수의 실증 연구를 통해 확인되었다. 스마트 압박 의류의 의학적 치료 효과를 분석한 메타분석 연구에 따르면, 스마트 압박 의류는 저항 운동 후 근력 회복에서 유의미한 회복 촉진 효과를 검증하였으며 근육통 감소에서 효과 역시 확인되었다(Duarte et al., 2022).

3) 착용자 생체 신호 감지 및 신체 보호

스마트 헬스케어 의류의 기능적 특성 중 세 번째 축인 신체 보호는 제품에 내장된 센서를 통해 수집한 생체 신호를 기반으로 위험 상황에 처한 착용자를 보호하는 역할을 의미한다. 다이네즈(Dainese)의 디에어(D-air)는 모터사이클 라이더를 보호하기 위해 개발된 에어백 조끼, 재킷 및 슈트이며, 초당 1,000번의 데이터 분석을 수행하는

알고리즘을 기반으로 모터사이클 사고 발생 시 45 밀리초(ms)라는 짧은 순간에 에어백을 팽창시켜 착용자를 보호한다(Dainese, 2025; Fig. 5 참조). 이러한 반응력은 인간이 눈을 깜빡이는 속도보다 4배 이상 빠른 것이다(Chicago Sun-Times, 2018). 디에어가 여가 활동에 특화된 제품이라면, 세이프웨어(Safewere)의 에어백 조끼는 산업 현장에서 활발히 활용되고 있다(Safewear, n.d.: Fig. 6 참조). 이 제품은 건설 현장과 같이 높은 곳에서의 작업을 수행하는 노동자의 추락 사고 예방에 특화되어 있다. 건설 현장에서 안전고리를 체결하기 모호한 높이에서 추락 사고가 발생하는데, 조끼에 내장된 센서가 추락을 감지하면 0.2초 이내에 에어백이 팽창되어 착용자의 신체를 보호한다(Safewear, 2023). 동시에 사고 위치 정보를 비상 연락망으로 전송하여 추가적인 대처를 돕는 기능도 탑재되어 있으며, 120시간에 달하는 배터리 수명을 확보하여 현장에서의 사용성을 높였다(Safewear, 2023).

스마트 헬스케어 의류의 신체 보호 기능은 신체적·정신적으로 취약한 환자 및 고령 소비자에게 필요성이 더 크게 요구된다. 에스 에어백(S-AIRBAG)은 고령 소비자의 낙상 방지 목적의 스마트 헬스케어 의류 개발에 주력하여, 낙상을 감지하는 순간에 에어백이 터질 수 있게 설계된 벨트, 조끼 등의 스마트 헬스케어 의복을 통해 고령자의 심각한 부상 위험을 감소시켰다(S-AIRBAG, n.d.: Fig. 7 and Fig. 8 참조). 세부적으로, 에스 에어백의 에어백 조끼는 매분 6만 건의 실시간 인체 움직임 데이터를 수집해 착용자의 낙상을 감지해 에어백을 실행시키는데, 내장된 센서가 낙상을 감지하면 에어백이 0.1초 이내에 터져 낙상 사고 위험을 줄일 수 있다(S-AIRBAG, n.d.). 이와 같이, 사고, 낙상 및 추락을 감지하여 착용자를 보호하는 기능이 장착된 에어백 의류의 경우, 사고 발생 시 운동량의 60%, 머리 외상의 위험은 80% 정도가 감소시킨다는 것이 실증 연구를 통해 검증되었다(Reimer & Pinch, 2021). 스마트 헬스케어 의

류는 정신적으로 취약한 고령 소비자 특화 제품도 포괄하고 있다. 꼬까신은 치매 노인과 발달장애인의 실종을 예방하기 위해 설계된 신발 안에 삽입하는 깔창형 GPS 배회감지기로, 보호자가 실시간으로 가족의 위치를 파악할 수 있도록 도와주어 착용자의 안전을 지키는 보호 기능을 강화하였다(Kkokkasin, n.d.; Fig. 9 참조). 마지막으로, 온텍스(Ontex)가 개발한 스마트 기저귀는 인쇄형 센서와 클립형 송신기를 통해 기저귀의 교체 시기를 모니터링하여 보호자에게 알려주는 기능을 제공한다(Ontex, 2021; Fig. 10 참조). 이를 통해, 불필요한 기저귀 교체로 인한 수면 방해를 줄여 삶의 질을 개선하고, 피부 발진을 예방하며, 대소변 처리 도움을 받는 환자 및 고령자의 존엄성을 유지할 수 있다.

4) 의복으로서의 편의성 강화: 착용과 관리의 용이성

스마트 헬스케어 의류의 혁신적인 기술 발전에도 불구하고, 이들 제품이 의복으로 갖추어야 하는 착용과 관리의 용이성 부족은 대중적 확산을 저해하는 주요 원인이었다 (Ju & Lee, 2020). 최근에는 이러한 점을 보완한 제품이 시장에 등장하여 대중적 확산이 모색되고 있다. 첫번째 보완 사항은 센싱 기술을 섬유에 내장시켜 외관상으로 일반 의류 제품과의 차이를 최소화한 것이다(Zaman et al., 2022). 기존의 센싱 기술 탑재 방식은 의류 제품 표면에 센서를 부착하는 방식이 주를 이루었으나, 최근에는 이를 직물의 구조 내에 직조, 편직, 자수의 형태로 삽입하는 방식으로 진화되었다(Han et al., 2020). 이러한 내장 방식을 적용한 스마트 헬스케어 의류는 시각적, 물리적으로 일반 의류와 차이가 적어 착용자의 수용 저항을 줄이는데 기여하였다. 두번째 보완 사항은 세탁성 강화를 통한 의복 관리의 용이성 증대이다. 스마트 헬스케어 의류의 지속적 사용을 위해서는 세탁이 용이해야 한다(Ju & Lee, 2020). 개선된 제품은 방

수 처리된 센서를 사용하거나, 세탁 시 전자 모듈을 분리할 수 있도록 설계되어 관리의 편의성이 증대되었다(Ahsan et al., 2022; Iqbal et al., 2021; Zaman et al., 2022). 세번째 사항은 탈착의 용이성 개선이다. 초기 스마트 헬스케어 의류는 딱딱한 센서와 전선으로 인해 착용감이 떨어졌으나, 최근 제품들은 유연한 직물 센서 기술을 통해 이를 개선하고 있다(Zaman et al., 2022). 예컨대, 시니어를 위한 심박 측정 의류 연구에서는 착용 시 신체를 압박하는 구속감을 줄일 수 있는 직물 전극을 사용하고 착탈의가 쉬운 라글란 소매와 지퍼 여밈을 적용하여, 신체 기능이 저하된 고령자의 기능적 니즈를 반영하였다(Koo et al., 2017). 이와 같은 유연한 센서 소재는 높은 민감도와 신속성을 동시에 구현하기 때문에, 배터리 없이도 에너지 수확이 가능하다는 이점도 있다(Cesarelli et al., 2021). 이상과 같이 의복 편의성을 강화한 스마트 헬스케어 의류의 사례는 다음과 같다.

엠글레어(Emglare)는 헥소스킨의 스마트 셔츠와 같이 심전도와 심박수 측정 센서가 내장된 언더웨어를 출시하여 착용의 편의성을 증대시켰으며(Zaman et al., 2022; Fig. 11 참조), 남성용 제품으로 언더웨어 셔츠와 스포츠 티셔츠를, 여성용 제품으로는 일반 브라와 스포츠 브라를 출시하였다(Emglare, n.d.). 엠글레어는 다양한 기술 개발을 통해 의복 편의성을 강화하였는데, 무선 충전과 배터리 수명 연장 기술, 자동 작동과 연결 기술, 일반 의류 수준의 편안한 착용감을 위한 e-textile이 기술 혁신의 핵심이 되었다(Emglare, n.d.; Sayem et al., 2020; Zaman et al., 2022). 헥소스킨의 스마트 셔츠 역시 방수 처리된 센서와 분리 가능한 무선 모듈 설계를 통해 일상적인 세탁 이후에도 심전도 신호 정확도의 저하가 나타나지 않아 내구성이 입증되었으며(Iqbal et al., 2021; Villar et al., 2015). 당뇨병 환자의 족부 궤양 치료를 돕는 센소리아(Sensoria)의 양말 역시 센서가 분리 가능하게 설계되어 세탁 편의성이 확

보되었다(Zaman et al., 2022; Fig. 12 참조)

2. 표현적 특성





FEA 모델에서의 표현적 특성은 의복이 착용자의 자아, 사회적 지위, 가치관을 표출하는 기능을 의미한다(Lamb & Kallal, 1992). 현재 시장에 출시되어 소비자에게 선보이고 있는 스마트 헬스케어 의류의 특성을 분석해본 결과, 본 연구는 이러한 제품군에서의 표현성을 특별한 건강 관리가 필요한 환자라는 사회적 낙인은 피하고 최신 기술의 제품을 조기에 수용하는 조기수용자, 혹은 자기관리를 성실하게 수행하는 사람이라는 긍정적 이미지를 전달하는 제품의 속성으로 파악하였다. 다음의 <Table 2>는 표현적 특성이 강화된 스마트 헬스케어 의류의 사례이다.

스마트 헬스케어 의류 제품의 대중적 확대를 위해서 제품 착용자의 사회적 낙인 효과를 최소화하는 정상성(normality)의 표현과 보이지 않는 기술(invisible technology)이 중요하였다(Brzeziński, 2025; Yusif et al., 2016). 의료용 기기를 착용하는 것은 착용자에게 자신이 환자이거나 약자라는 인식을 심어줄 수 있다(Kwack et al., 2025b). 따라서 최근 스마트 헬스케어 의류에서는 겉으로 보기에 일반 의류와 구별되지 않도록 기술을 은폐하는 경향이 나타났다. 예를 들어, 고품 소비자용 스마트 의류 디자인에서는 전극과 측정 모듈을 주머니 안쪽으로 숨기거나 패치 포켓으로 가려, 착용자가 일반인과 다름없다는 심리적 안정감을 느끼도록 설계되었다(Yusif et al., 2016). 예컨대, 일본의 웨어러블 기업 제노마(Xenoma)가 개발한 스마트 파자마 이스킨(e-skin)은 겉보기에는 평범한 잠옷과 차이가 없으나, 직물 내에 신축성 있는 회로를 내장하여 수면 상태와 낙상을 감지함으로써 환자복이 아닌 일상복으로서의 정상성을 구현하였다(Kraus, 2020; Maslakovic, 2020; Fig. 13 참조). 이러한 제품 특성은 사용자의 신체적 특성이나 조건에 구애 없이 누구나 쉽게 입고 벗을 수 있게

설계된 유니버설 디자인 의복의 원리라도 일치하며(Brzeziński, 2025), 정신적 혹은 육체적으로 취약해진 착용자의 자존감을 보호하는 역할을 수행한다.

스마트 헬스케어 의류의 두 번째 표현적 특성은 자기관리에 능한 전문적인 이미지로 착용자의 사회적 자아를 표현하는 기능이다. 최근 일상 생활에서 레저와 스포츠를 즐기는 소비자 집단이 확대되면서, 스마트 헬스케어 의류는 착용자가 자신의 신체 능력을 과학적으로 관리하고 있다는 이미지를 전달하고 있다. 특히, 패션 트렌드를 선도하는 글로벌 패션 브랜드가 최신의 기술력을 가진 기업과 협업하여 스마트 헬스케어 의류를 선보이면서, 이러한 착용자의 이미지는 광고 및 마케팅 캠페인 주요 전략으로 부상하였다. 대표적인 사례로, 랄프로렌이 바이오 센싱 기술 스타트업인 음시그널과 협업하여 출시한 폴로테크 셔츠가 있다(Eadicicco, 2014; Fig. 14 참조). 랄프로렌은 US 오픈 테니스 선수권 대회를 통해 제품을 공식적으로 런칭하였으며, 이 제품을 착용한 선수와 볼보이들의 역동적인 모습을 노출시키는 마케팅 전략을 수립하였다. 이를 통해, 랄프로렌은 스마트 헬스케어 제품을 단순한 기능성 기기가 아닌 '신체 데이터를 과학적으로 관리하는 세련된 스포츠맨의 이미지'로 포지셔닝하는 데 성공하였다(Ralph Lauren Investor Relations, n.d.). 또한, 언더아머(Under Armour)는 'Rest. Win. Repeat.(수면도 훈련의 일부)'라는 메시지와 함께 바이오세라믹 소재가 적용된 리커버리 의류를 출시하여, 착용자를 과학적으로 자기 관리를 하는 전문가로 포지셔닝하였다(Snider, 2017; Fig. 15 참조). 마지막으로, 리바이스(Levi's)는 구글과의 협업을 통해 스마트 재킷을 역동적인 도시 탐험가의 필수품으로 마케팅하였고, 이를 통해 브랜드 이미지를 기술적으로 세련된 라이프스타일 이미지로 전환으로 데 성공하였다(Levi's, 2020; Fig. 16 참조).

<Table 2> Expressive Characteristics of Smart Healthcare Clothing

Category	Image	Sensor Type	Purpose	Application Area	Key Function	Market
Invisible Technology / Universal Design	 <p><Fig. 13> Xenoma's Smart Pajamas (Maslakovic, 2020)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Health management 	Whole body	<ul style="list-style-type: none"> • Invisible technology with sensors embedded in fabric to look like normal pajamas • Monitoring of sleep quality and fall detection for elderly care • Maintenance of user dignity by avoiding the patient stigma 	Global
Admirable social self image	 <p><Fig. 14> Polo Tech Shirt (Ralph Lauren, 2014)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Health management 	Torso	<ul style="list-style-type: none"> • Integration of bio-sensing silver fibers into a stylish compression shirt • Real-time tracking of heart rate, breathing, and stress levels via mobile app • Projection of a scientifically managed athlete image 	Global
	 <p><Fig. 15> Under Armour Athlete Recovery Sleepwear (Snider, 2017)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Health management 	Upper Body	<ul style="list-style-type: none"> • Bioceramic print technology that reflects Far Infrared to restore muscles • Promotion of sleep as part of training for professional self-management • Design focused on comfort and recovery without intrusive electronics 	Global
	 <p><Fig. 16> Levi's Trucker Jacket (Levi's, 2020)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Health management 	Upper Body	<ul style="list-style-type: none"> • Jacquard by Google technology woven directly into denim fabric • Gesture-based control of digital services (music, calls, navigation) • Seamless blend of iconic fashion style with modern connectivity 	Global

3. 심미적 특성

FEA 모델에서 심미적 특성은 스마트 헬스케어 의류가 시각적, 혹은 감각적 만족감을 제공하는

방식을 의미한다(Lamb & Kallal, 1992). 스마트 헬스케어 의류가 특수복의 낙인을 벗고 일상적 패션 아이템으로 수용되기 위해서는 기술적 완성도


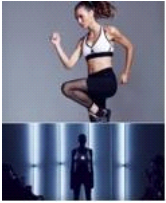
만큼이나 심미적 특성을 강화할 필요가 있다 (Hwang et al., 2016; Ju & Lee, 2020). 이러한 특성을 반영하여 시장에 출시된 스마트 헬스케어 의류는 기술과 패션을 융합하되 의복의 조형적 아름다움을 고려하며, 소재와 질감의 고급화를 추구하고, 일상복과의 조화를 고려한 디자인 전략을 수립하고 있다는 점이 확인되었다. 다음의 <Table 3>은 심미적 특성이 강화된 스마트 헬스케어 의류의 사례이다.

스마트 헬스케어 의류의 심미적 특성으로 고려된 특성은 기술과 패션의 융합 디자인이었다. 이들 제품이 처음 시장에 소개되었을 당시에 만연하였던 투박한 기기 중심의 디자인에서 벗어나, 최근에 출시된 제품에는 인체의 곡선을 고려한 패턴과 세련된 컬러가 적용되는 추세이다. 예컨대, 웨어러블 엑스(Wearable X)의 나디 X(Nadi X) 요




가 팬츠는 요가 동작의 정확성을 햅틱 피드백으로 알려주는 기능을 수행하면서도, 세련된 절개 라인과 패턴 디자인을 통해 미적인 만족감을 제공한다 (Wearable X, n.d.; Fig. 17 참조). 이는 기술이 디자인을 해치지 않고 오히려 디자인 요소로 승화된 사례이다. 인텔(Intel)과 크로맷(Chromat)의 에어로 스포츠 브라(Aero Sports Bra)는 체온 조절 기능을 제공하면서도, LED 조명을 의도적인 디자인 요소로 활용하여 미래지향적이고 고급스러운 미적 이미지를 구현하였다(Kwack, 2015; Fig. 18 참조). 이처럼 센서나 발광 요소가 기술의 부담으로 인식되지 않고, 오히려 제품의 개성을 드러내는 시각적 특징으로 전환되는 것이 최근에 등장한 스마트 헬스케어 의류의 트렌드이다.

최근 스마트 헬스케어 의류는 심미적 특성의 강화를 위해 소재와 질감의 고급화를 모색하고 있

<Table 3> Aesthetic Characteristics of Smart Healthcare Clothing

Category	Image	Sensor Type	Purpose	Application Area	Key Function	Market
Integration of technology and aesthetic fashion design	 <p><Fig. 17> Nadi X Yoga Pants (Wearable X, n.d.)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Health management 	Lower Body	<ul style="list-style-type: none"> Haptic feedback system guiding yoga postures while maintaining a sleek, minimal design Fashion-forward aesthetics with stylish cut-lines that conceal embedded technology Seamless integration of sensors to enhance body silhouette without bulkiness 	Global
	 <p><Fig. 18> Aero Sport Bra by Intel and Chromat (Kwack, 2015)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> Biological signal monitoring Health management 	Torso	<ul style="list-style-type: none"> Futuristic aesthetic utilizing LED lights as a deliberate design element Responsive cooling vents activated by body temperature and perspiration Visual expression of technology transforming biometric data into light patterns 	Global

<Table 3> (Continued)

Category	Image	Sensor Type	Purpose	Applica-tion Area	Key Function	Market
Advanced materials and textures	 <p><Fig. 19> Myant Skiin (Myant Health, 2022)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Health management 	Torso	<ul style="list-style-type: none"> • Use of premium bamboo-based viscose (95%) for superior softness and comfort • Invisible textile computing sensors knitted directly into the fabric • Hypoallergenic material suitable for sensitive skin, indistinguishable from luxury underwear 	Global
	 <p><Fig. 20> Prevayl Smartwear (Prevayl, n.d.)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Health management 	Torso	<ul style="list-style-type: none"> • Seamless integration of conductive graphene electrodes for a smooth, irritation-free feel • High-performance aesthetic comparable to top-tier activewear brands • Lightweight design that eliminates the “stiffness” of traditional smart clothing 	Global
Harmony with daily wear	 <p><Fig. 21> Prospects Smart Shoes (Lee, 2018)</p>	Embedded	<ul style="list-style-type: none"> • Biological signal monitoring • Health management 	Foot	<ul style="list-style-type: none"> • Exterior design identical to standard walking shoes for effortless daily adoption • Embedded gait analysis sensors that do not compromise style or comfort • Invisible tech approach allowing users to blend into everyday social settings 	Domestic

다. 이들 제품은 생체 신호 센싱을 위해 피부에 직접 밀착되는 경우가 많아, 소재의 촉감이 착용자의 심미적 만족에 큰 영향을 미친다. 최근에는 전도성 섬유(conductive yarn)를 일반 실과 혼방하거나 직조하여 이질감을 줄이고, 일반 원단과 유사한 텍스처를 구현하려는 노력이 계속되고 있다. 또한, 고가 라인의 스마트 의류는 메리노 울,

고가의 합성 소재와 같은 프리미엄 원단에 생체 신호 감지 센서를 통합하여, 부드럽고 편안한 질감을 유지하면서 첨단 기술이 적용된 헬스케어 기능을 제공한다. 이는 기술을 의류의 기본 속성인 착용감과 조화시키려는 노력으로 해석될 수 있다. 실례로, 마이안트(Myant)가 런칭한 스킨(Skiin)은 일반적인 합성 소재 대신 대나무에서 추출한

비스코스를 95% 함유한 프리미엄 원단을 사용하여, 민감한 피부에도 자극이 없는 부드러운 텍스처를 구현하였다(Myant Health, 2022; Textile Web, 2021; Fig. 19 참조). 헥소스킨은 이탈리아산 고기능성 마이크로 폴리아미드(Italian micro-polyamide) 원단을 사용하여 착용자에게 '제2의 피부(Second skin)'와 같은 밀착감과 고급스러운 촉감을 제공하며(Hexoskin, n.d.; Fig. 1 참조), 프리베일(Prevayl)은 전도성 섬유를 원사에 배합하는 방식을 통해 전극의 이질감을 제거하고 의복의 심미적 완성도를 높였다(Smith, 2021; Fig. 20 참조).

마지막 심미적 특성으로 일상복과의 조화를 언급할 수 있다. 스마트 헬스케어 의복이 건강상의 문제가 있거나 신체 장애가 있는 소수자만을 위한 의복이 아닌 대중에게 수용되는 일상복이 되기 위해서는, 제품이 착용자가 기존에 소유하고 있는 일상복과 어울릴 수 있도록 조화롭게 디자인되어야 할 것이다(Hwang et al., 2016; Ju & Lee, 2020). 대중성이 있는 패션 브랜드들을 이러한 특성의 중요성을 인식하여 제품 개발에 반영하고 있다. 구체적으로, 프로스펙스의 스마트 슈즈(Fig.

21 참조)와 리바이스의 스마트 재킷(Fig. 16 참조)은 겉보기에는 일반적인 운동화나 데님 재킷과 다를 바 없는 디자인을 채택하여, 착용자가 거부감 없이 일상 패션에 기술을 통합할 수 있도록 설계되었다(Lee, 2018; Levi's, 2020). 이러한 특성은 스마트 헬스케어 의류가 특수복이 아닌 일상적인 패션 아이템으로 소비자의 심미적 기준을 충족시키고 있음을 보여준다.

4. FEA 모델 기반 스마트 헬스케어 의류 사례 분석 종합

FEA 모델의 세 가지 차원에 따른 스마트 헬스케어 의류 사례들을 종합적으로 분석한 결과, 각 차원 별로 뚜렷한 기술적, 디자인적 구현 패턴이 도출되었다. FEA 모델의 기능적 차원에서는 의료적 정확성과 일상적 편의성의 조화가 핵심 특성으로 나타났다. 초기 스마트 의류가 단순히 센서를 부착하는 형태였다면, 최근 사례들은 헥소스킨과 같이 세탁이 가능한 전도성 섬유를 사용하거나 모듈 분리형 구조를 채택하여 의복 본연의 관리 용이성을 확보하고 있다. 이러한 진화는 스마트 헬

<Table 4> Comprehensive Analysis of Smart Healthcare Clothing Cases based on FEA Model

FEA Dimension	Key Patterns & Core Types	Implications & Theoretical Connections
Functional	1. Seamless Integration: <ul style="list-style-type: none"> Utilization of conductive fibers and flexible sensors for unobtrusive monitoring. 2. Care Convenience: <ul style="list-style-type: none"> Washability and modular detachability to ensure ease of maintenance. 	<ul style="list-style-type: none"> Achieving a balance between medical data accuracy and daily wearability. Evolution from 'wearable devices' to 'functional clothing'.
Expressive	1. Invisible Technology: <ul style="list-style-type: none"> Visual concealment of technical elements to protect privacy. 2. Stigma Reduction: <ul style="list-style-type: none"> Deviation from patient-like appearance to everyday fashion. 	<ul style="list-style-type: none"> Prioritizing user privacy and dignity over technological display. Reinforcement of the wearer's social identity and self-esteem.
Aesthetic	1. Fashion-Forward Design: <ul style="list-style-type: none"> Application of trendy patterns and silhouettes. 2. Sensory Satisfaction: <ul style="list-style-type: none"> Use of premium materials and tactile pleasure. 	<ul style="list-style-type: none"> Pursuit of 'emotional design' beyond 'mechanical aesthetics'. Enhancing visual and tactile appeal to encourage continuous usage.

스캐어 의류가 일회성 측정 도구가 아닌, 지속 가능한 데일리 헬스케어 솔루션으로 진화하고 있음을 시사한다. 표현적(Expressive) 차원의 핵심은 기술의 은폐를 통한 사회적 낙인 제거로 유형화할 수 있다. 사이렌의 스마트 양말이나 리바이스의 스마트 재킷과 같은 사례는 겉으로 보기에 일반 의류와 구분이 되지 않는 디자인을 통해, 착용자가 환자나 특수 관리 대상자로 비취지는 심리적 거부감을 최소화하였다. 이는 기술적 과시보다는 착용자의 자존감과 사회적 정체성을 보호하는 방향으로 스마트 헬스케어 의류 제품 개발의 방향성이 이동하고 있음을 암시한다. 심미적 차원에서는 패션 트렌드의 반영과 감각적 만족이 중요 특징으로 파악되었다. 나디 X와 같은 제품들은 기계적인 차가움을 배제하고, 과감한 패턴이나 인체 공학적 라인을 적용하여 시각적 즐거움을 제공한다. 또한, 피부에 닿는 소재의 촉감을 개선하여 착용자에게 심리적 안정감을 주는 감성적 접근이 강화되고 있다. 결론적으로, 성공적인 스마트 헬스케어 의류 사례들은 FEA의 어느 한 차원에만 집중하는 것이 아닌, 기능적 완결성을 토대로 표현적 가치와 심미적 만족을 통합적으로 구현하고 있다는 공통점이 확인되었다. 본 연구의 분석 결과를 요약하고 이에 따른 시사점을 정리한 내용은 <Table 4>과 같다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 4차 산업혁명 기술의 도래와 인구 고령화라는 시대적 흐름 속에서 급부상하고 있는 스마트 헬스케어 의류의 시장 현황과 제품 특성을 Lamb과 Kallal(1992)의 FEA 모델을 기반으로 심층 분석하였다. 기능성, 표현성, 심미성의 세 가지 차원에서 수행된 다각적인 분석을 통해 도출된 결론과 이를 바탕으로 한 제언은 다음과 같다.

1. 연구 요약 및 논의

현재 시장에 출시된 스마트 헬스케어 의류는 초기 기술 중심의 개발 단계에서 벗어나, FEA의 세 가지 속성을 통합적으로 구현하는 방향으로 진화하고 있음이 확인되었다. 각 차원별 분석 결과와 이에 대한 논의는 다음과 같다.

기능적 차원에서 스마트 헬스케어 의류는 의료적 정밀성과 일상적 건강관리의 편의성을 동시에 확보하는 경향이 뚜렷하였다. 초기 제품이 생체 신호의 단순 모니터링에 그쳤다면, 최근 제품들은 실질적인 질병 관리와 안전 보호 기능을 수행하고 있었다. 특히 주목할 점은, 기존 기술 중심 선행 연구들(e.g., Hui et al., 2024; Zheng et al., 2021)에서 주로 다루었던 센싱 민감도를 넘어, 세탁 내구성과 모듈 분리 구조가 상용화의 핵심 경쟁력으로 부상하였다는 점이다. 이러한 변화는 스마트 헬스케어 의류가 실험실 환경이 아닌 실제 소비자의 생활 공간에서 지속 가능한 의복의 역할을 수행하기 위해서는 사용자의 관리 부담을 줄여주는 사용 편의성이 기술적 효용성만큼이나 중요한 요소임을 시사한다.

표현적 차원에서 스마트 헬스케어 의류는 타겟 사용자의 특성에 따라 이중적인 전략을 취함으로써 소비자 저항을 극복하고 있었다. 의료적 도움이 필요한 고령자나 환자 집단을 위해서는 기술을 시각적으로 은폐하는 전략을 통해 환자라는 사회적 낙인을 최소화하고 정상성을 부여하는 데 주력하였다. 반면, 일반 소비자나 레저 스포츠를 즐기는 소비자를 타겟으로 한 제품에서는 생체 데이터를 과학적으로 관리하는 전문가 혹은 얼리어답터라는 긍정적이고 진취적인 이미지를 표출하는 전략이 주를 이루었다. 이러한 이원화는 스마트 헬스케어 의류의 수용에 대한 심리적 거부감을 줄이기 위해서는 제품이 착용자의 자존감을 보호하거나 사회적 지위를 표현하는 상징적 매개체 역할을 해야한다는 선행연구의 주장(e.g., Ju & Lee, 2020; Shin & Lee, 2016)을 지지하는 것이다.

심미적 차원에서 스마트 헬스케어 의류는 기술과 패션의 융합을 통해 기계적 이질감을 감각적 즐거움으로 전환시키고 있었다. 과거의 투박한 디자인은 인체 공학적 패턴과 세련된 절개 라인으로 대체되었으며, 특히 전도성 섬유와 프리미엄 소재의 결합을 통해 구현된 고급스러운 촉감은 의복 본연의 감각적 만족감을 제공하고 있었다. 결과적으로, 성공적인 스마트 헬스케어 의류는 기능적 우수성만으로 완성되는 것이 아니라, 사용자의 심리적 만족(표현성)과 감각적 즐거움(심미성)이 기술과 조화롭게 융합될 때 비로소 혁신 저항을 넘어 수용으로 이어질 수 있다는 결론이 도출되었다.

2. 학문적, 산업적 의의

본 연구 결과를 바탕으로 관련 산업의 지속 가능한 성장과 학문적 발전을 위해 다음과 같이 제안하고자 한다.

학문적 측면에서 본 연구는 기존 선행 연구에서 나타난 공학적 기술 구현 연구와 사회과학적 소비자 행동 연구 간의 간극을 FEA 분석을 통해 메우는 통합적 시각을 제시하였다. 기존의 기술 관점의 연구들(e.g., Hui et al., 2024; Zheng et al., 2021)은 센서의 민감도나 전도성 섬유의 내구성 등 기술적 성능 향상에 주력하였고, 소비자 관점의 연구들(e.g., Park & Noh, 2012; Shin & Lee, 2016)은 설문조사를 통해 소비자의 심리적 요인에 주목하였다. 본 연구는 이 두 흐름 사이에서 실제 상용화된 제품이 어떠한 기술적 속성으로 소비자의 사용 편의성을 확보하고, 어떠한 디자인적 전략으로 심리적 저항을 해소하는지를 구체적으로 규명하였다. 이러한 접근은 기술 중심의 헬스케어 연구에 디자인적 통찰을 융합하여 학제 간 연구의 범주를 확장하였다는 점에서 의의가 있다. 더불어, 본 연구는 의류학 연구 방법론의 측면에서 FEA 모델의 질적 적용 가능성을 입증하고 이론적 활용 범위를 확장하였다. Lamb and Kallal (1992)의 FEA 모델은 그간 주로 소비자의 요구

도를 측정하는 양적 연구의 도구로 활용되어 왔다. 그러나, 본 연구는 이를 실제 시장에 출시된 제품의 속성을 분석하고 유형화하는 질적 연구의 프레임워크로 재해석하여 적용하였다. 이를 통해, 본 연구는 FEA 모델의 적용 메커니즘을 질적 연구로 확장하였다는 점에서 의의를 갖는다.

산업적 측면에서 타겟 사용자 별로 차별화된 표현적 가치 제안 전략이 필요하다. 고령자 및 만성 질환자를 타겟으로 하는 제품에서는 기술의 은폐가 우선시되어, 첨단 기술의 과시가 아닌 평범한 일상을 영위할 수 있다는 심리적 안정감을 제공할 필요가 있다. 이를 위해서는 센서의 소형화와 유연화가 필요할 것이다. 반면, MZ세대나 액티브 시니어를 타겟으로 하는 웰니스 제품군에서는 기술을 세련된 라이프스타일의 상징으로 마케팅해야 할 것이다. 글로벌 스포츠 브랜드들이 가능성을 넘어 문화를 마케팅하는 것처럼, 스마트 헬스케어 의류 역시 스마트한 자기 관리라는 가치를 마케팅의 전면에 내세워야 할 것이다. 더불어, 기술 기업과 패션 기업 간의 심미적 융합을 위한 협업 생태계가 강화되어야 한다. 본 연구의 사례 분석에서 확인된 바와 같이, 시장에서 성공한 제품들은 기술의 신뢰성과 패션의 감성을 성공적으로 결합하고 있었다. 기술 중심의 접근만으로는 소비자의 심미적 기준을 충족시킬 수 없으며, 패션 중심의 접근만으로는 헬스케어 기술 신뢰성을 담보할 수 없다. 따라서, 기획 단계에서부터 패션 디자이너, 섬유 공학자, 데이터 과학자, 의료 전문가가 함께 참여하는 다학제적 협업 프로세스가 구축되어야 한다. 마지막으로, 제품 판매를 넘어선 통합 헬스케어 서비스 모델로의 전환이 필요하다. 소비자가 구매하는 것은 단순히 센서가 달린 의복이 아니라, 그 옷을 통해 얻을 수 있는 건강한 삶이다. 따라서, 하드웨어인 의류의 판매에 그치지 않고 수집된 데이터를 분석하여 맞춤형 운동 처방, 식단 관리, 병원 연계 진료 등을 제공하는 구독형 서비스 모델이 구축될 필요가 있다. 이는 일

회성 구매에 그치는 스마트 헬스케어 의류의 한계를 극복하고, 소비자를 서비스 생태계 내부로 유인하는 강력한 비즈니스 전략이 될 수 있을 것이다.

3. 연구의 한계 및 후속연구를 위한 제언

본 연구는 문헌 고찰과 사례 분석을 통해 스마트 헬스케어 의류의 시장 현황과 특성을 체계적으로 규명하였으나, 다음과 같은 한계점을 지니고 있다. 첫째, 본 연구는 온라인상에 공개된 제품 정보와 문헌 자료에 기반한 분석을 수행하였기에, 실제 사용자가 제품을 착용하면서 느끼는 경험과 불만 요인을 심층적으로 파악하는 데에는 한계가 있었다. 특히, 세탁 후의 센서 내구성 변화나 장시간 착용 시의 피부 트러블과 같은 실증적 문제는 문헌만으로는 파악하기 어렵다. 따라서, 후속 연구에서는 실제 스마트 헬스케어 의류 사용자를 대상으로 한 착용 실험이나 심층 인터뷰를 통해, 사용 단계에서 발생하는 구체적인 FEA 니즈를 발굴할 필요가 있다. 둘째, 본 연구는 분석 대상을 상용화된 제품으로 한정하였으나, 스마트 헬스케어 기술은 연구실 단계에서 더욱 빠르게 발전하고 있다. 현재 개발 중인 다양한 스마트 헬스케어 의류의 프로토타입들은 미래 시장의 판도를 바꿀 잠재력을 가지고 있으므로, 스마트 헬스케어 의류의 기술적 진화 방향을 예측하는 미래지향적 연구도 수행되어야 할 것이다. 셋째, 본 연구는 글로벌 시장의 제품들을 포괄적으로 분석하였으나, 국가별 문화 별 수용 특성의 차이를 구체적으로 비교 분석하지는 못하였다. 헬스케어에 대한 인식과 의복을 통해 자신을 표현하는 방식은 문화권마다 다를 수 있으므로, 후속연구에서는 비교문화연구를 통해 문화적 맥락에 따른 제품 개발 및 마케팅 전략이 도출되어야 할 것이다. 결론적으로, 스마트 헬스케어 의류는 단순한 기술적 산물이 아니라, 인간의 건강 욕구와 미적 본능, 사회적 상호작용이 교차하는 지점에서 탄생한 융합의 결정체이다. 본 연구가 제시한 FEA 모델 기반의 분석과 제언이,

향후 기술적 차가움을 넘어 인간의 삶을 따뜻하게 감싸는 스마트 헬스케어 의류를 개발하는 데 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

References

- Ahsan, M., Teay, S. H., Sayem, A. S. M., & Sayem, M. (2022). Smart clothing framework for health monitoring applications. *Signals*, 3, 113-145. <https://doi.org/10.3390/signals3010009>
- An, H., Kim, S., & Choi, Y. (2024). Application of FEA consumer needs model in real practice, e-commerce: Chatbot for fashion product recommendation. In *International textile and apparel association annual conference proceedings* (Vol. 80, No. 1). Iowa State University Digital Press. <https://doi.org/10.31274/itaa.17692>
- Arachchi, H. D. M., & Samarasinghe, G. D. (2025). Perceived product attributes towards actual usage of smart jewellery: Extending the UTAUT theory with EFA consumer needs model. *Journal of Global Scholars of Marketing Science*, 35(4), 481-515. <https://doi.org/10.1080/21639159.2025.2553565>
- Brzeziński, M. (2025, August 15). Smart fabrics with sensors: The wearable tech revolution you didn't see coming. *Bez Kabli*. https://www.bez-kabli.pl/smart-fabrics-with-sensors-the-wearable-tech-revolution-you-didnt-see-coming/#google_vignette
- Busan Metropolitan City. (2021, December 16). Busan launches smart healthcare service demonstration for integrated care [Press release]. *Smart City Korea*. <https://smartcity.go.kr/2021/12/16/%EB%B6%80%EC%82%B0%EC%8B%9C-%ED%86%B5%ED%95%A9%EB%8F%8C%EB%B4%84%EC%9D%84-%EC%9C%84%ED%95%9C-%EC%8A%A4%EB%A7%88%ED%8A%B8-%ED%97%AC%EC%8A%A4%EC%BC%80%EC%96%B4-%EC%84%9C%EB%B9%84%EC%8A%A4-%EC%8B%A4/>
- Cay, G., Lee, M., Armstrong, D. G., & Najafi, B. (2025). SmartBoot: Real-time monitoring of patient activity via remote edge computing technologies. *Sensors*, 25(14), 4490. <https://doi.org/10.3390/s25144490>
- Cesarelli, G., Donisi, L., Coccia, A., Amitrano, F., D'Addio, G., & Ricciardi, C. (2021). The E-textile for biomedical applications: A systematic review of literature. *Diagnostics*, 11(12), 2263. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11122263>
- Chae, J.-M. (2009). Consumer acceptance model of smart clothing according to innovation. *International Journal of Human Ecology*, 10(1), 23-33.

- <https://koreascience.kr/article/JAKO200919038650384.page>
- Chen, S. & Ye, J. (2023). Understanding consumers' intentions to purchase smart clothing using PLS-SEM and fsQCA. *PLoS One*, 18(9), e0291870. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291870>
- Chicago Sun-Times. (2018, February 8). *Demonstration of the D-air system, a wearable airbag* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=891N9-9u9Uk&t=42s>
- Collatuzzo, G. & Boffetta, P. (2022). Application of P4 (predictive, preventive, personalized, participatory) approach to occupational medicine. *La Medicina Del Lavoro*, 113(1), e2022009. <https://doi.org/10.23749/mdl.v113i1.12622>
- Dainese. (2025, April 1). *Dainese smart air: How does the lightest motorcycle airbag vest work?* <https://www.dainese.com/us/en/demonerosso/moto/sport/dainese-smart-air-motorcycle-airbag-vest-frequently-asked-questions/682237814.html>
- Defender. (n.d.). *Smart Boot with sensoria technology: A starter solution*. Retrieved from <https://footdefender.com/pages/smart-boot?srsltid=AfmBOorempM8PYGMip9ei5GGWz1io6gMHm3qocX3LGjshUTgZ05YRL>
- Dehghani, M. & Dangelico, R. M. (2008). Smart wearable technologies: Current status and market orientation through a patent analysis. In *2017 IEEE International Conference on Industrial Technology*, 1570-1575. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2017.7915602>
- Denzin, N. K. (2012). Triangulation 2.0. *Journal of Mixed Methods Research*, 6(2), 80-88. <https://doi.org/10.1177/1558689812437186>
- Duarte, J. P., Fernandes, R. J., Silva, G., Sousa, F., Machado, L., Pereira, J. R., & Vilas-Boas, J. P. (2022). Lower limbs wearable sports garments for muscle recovery: An umbrella review. *Healthcare*, 10(8), 1552. <https://doi.org/10.3390/healthcare10081552>
- Eadicicco, L. (2014, August 26). Ralph Lauren's new smart shirt knows when you get nervous and how many calories you're burning. *Business Insider*. <https://www.businessinsider.com/ralph-lauren-smart-shirt-2014-8>
- Emglare. (n.d.). *Undershirt: Daily monitoring of your health with a unique undershirt is now a reality*. Retrieved December 28, 2025, from <https://emglare.com/products/undershirt>
- Escobar-linero, E., Muñoz-saavedra, L., Luna-perejón, F., Sevillano, J. L., & Domínguez-Morales, M. (2023). Wearable health devices for diagnosis support: Evolution and future tendencies. *Sensors*, 23, 1678. <https://doi.org/10.3390/s23031678>
- FIET. (n.d.). *From now on, let's do it properly! It's a wellness product that completes the harmony of physical, mental and social health* [이제부터는 제대로! 신체적, 정신적, 사회적 건강을 조화로움으로 완성하는 웰니스 제품입니다.]. Retrieved December 20, 2025, from <https://www.fiet.net/product/loopwear>
- Han, H. (2019). Influencing factors on purchase intention for smart healthcare clothing by gender and age: Focused on TAM, clothing attributes, health-lifestyle, and fashion innovativeness. *The Research Journal of the Costume Culture*, 27(6), 615-631. <https://doi.org/10.29049/rjcc.2019.27.6.615>
- Han, H., Jang, M., & Lee, Y. (2020). Analysis on the development trend of flexible materials and platforms for wearable devices based on fiber: Based on domestic & international patent data. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 22(1), 33-44. <https://doi.org/10.30751/kfcd.2020.22.1.33>
- Hanuska, A., Chandramohan, B., Bellamy, L., Burke, P., Ramanathan, R., & Balakrishnan, V. (2022). *Smart clothing market analysis*. *Sutardja Center for Entrepreneurship*. <https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/Smart-Clothing-Market-Analysis-Presentation.pdf>
- Hardon, H. J., Kerkhof, Y. N. Van, Bartelds, B., Kammeraad, J. A. E., & Deutekom, A. W. Van. (2025). The validation and accuracy of wearable heart rate trackers in children with heart disease: Prospective cohort study. *JMIR Formative Research*, 30(9), e70835. <https://doi.org/10.2196/70835>
- Hexoskin. (n.d.). *Hexoskin: Health sensors and AI*. Retrieved December 28, 2025, from <https://hexoskin.com>
- Howard, M. (2021). Wearables, the marketplace and efficiency in healthcare: How will I know that you're thinking of me? *Philosophy & Technology*, 34(4), 1545-1568. <https://doi.org/10.1007/s13347-021-00473-4>
- Hui, Z., Pei, L., & Chen, J. (2024). Evaluation and trend of smart clothing research: Visualization analysis based on bibliometric analysis and quantitative statistics. *Fibers and Polymers*, 25(4), 1479-1511. <https://doi.org/10.1007/s12221-024-00521-8>
- Hwang, C., Chung, T. L., & Sanders, E. A. (2016). Attitudes and purchase intentions for smart clothing: Examining U.S. consumers' functional, expressive, and aesthetic needs for solar-powered clothing. *Clothing and Textiles Research Journal*, 34(3), 207-222. <https://doi.org/10.1177/0887302X16646447>
- Iqbal, S. M. A., Mahgoub, I., Du, E., Leavitt, M. A., & Asghar, W. (2021). Advances in healthcare wearable devices. *Flexible Electronics*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.1038/s41528-021-00107-x>
- Ju, N. & Lee, K. H. (2020). Consumer resistance to

- innovation: Smart clothing. *Fashion and Textiles*, 7, 21. <https://doi.org/10.1186/s40691-020-00210-z>
- Kim, J. (2025, March 22). Wearables become the standard for out-of-hospital health. *The Chosun Daily*. https://digitalchosun.dizzo.com/site/data/html_dir/2025/05/21/2025052180123.html
- Kim, K. J., Kim, C. O., & Park, J.-W. (2021). The prospect of geriatric medicine-Road to comprehensive elderly care. *The Korean Journal of Medicine*, 96(2), 65-75. <https://doi.org/10.3904/kjm.2021.96.2.65>
- Kkokkasin. (n.d.). Korea's only insole type roaming sensor: My family's safety guard. *Kkokkasin*. Retrieved November 10, 2024, from <http://smd21.com/%ea%bc%ac%ea%b9%8c%ec%8b%a0/>
- Koo, H. R., Jeon, D. J., & Lee, J. H. (2017). Research on heart rate sensing clothing design for seniors based on universal fashion. *Fashion and Textiles Research Journal*, 19(6), 692-700. <https://doi.org/10.5805/SFTI.2017.19.6.692>
- Kraus, R. (2020, January 5). Smart pajamas are the only wearable we care about: The one true wearable. *Mashable*. <https://in.mashable.com/tech/10112/smart-pajamas-are-the-only-wearable-we-care-about>
- Kwack, Samin., Kim, S., & Lee, Y. (2025b). Understanding older adults' acceptance of smart clothing: Moderated moderation effects of psychological influence and recommender age. *Journal of the Korean Society of Costume*, 75(6), 127-149. <https://doi.org/10.7233/jksc.2025.75.6.127>
- Kwack, Sanim., Kim, J., Kim, S., & Lee, Y. (2025a). Understanding elderly consumers' intention to use smart clothing: Psychological influences and the role of introducers. 2025 *International Textile and Apparel Association Annual Conference*. <https://www.iastatedigitalpress.com/itaa/article/id/21401/>
- Kwack, Sunmi. (2015, November 11). Intel X Chromat whizzes New York fashion week! [인텔X크로맷, 뉴욕 패션위크 휘젓다!]. *Fashionbiz*. <https://fashionbiz.co.kr/article/151052>
- Lamb, J. M. & Kallal, M. J. (1992). A conceptual framework for apparel design. *Clothing and Textiles Research Journal*, 10(2), 42-47. <https://doi.org/10.1177/0887302X9201000207>
- Lee, G. (2023, February 22). If you wear clothes, it's a 'customized exercise' prescription: The Evolution of Wearables [옷 입으면 '맞춤 운동' 처방: 웨어러블의 진화]. *Health Chosun*. https://m.health.chosun.com/svc/news_view.html?contid=2023022102023
- Lee, Jaekyong., & Lee, H. K. (2023). Understanding the consumer experience about smart clothing using the critical incident technique. *Fashion and Textiles Research Journal*, 25(3), 304-314. <https://doi.org/10.5805/SFTI.2023.25.3.304>
- Lee, Jaekyong., Choo, H., & Kim, H. (2021). A study on smart clothing products based on smart clothing patent application technology. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 45(1), 28-45. <https://doi.org/10.5850/JKSC.2021.45.1.28>
- Lee, Jinhan. (2018, March 8). Prospects to launch 'Smart Shoes' [프로스펙스, '스마트슈즈' 출시]. *Maeil Business Newspaper*. <https://www.mk.co.kr/news/business/8221047>
- Levi's. (2020, April). *Levi's® Trucker Jacket with jacquard by Google*. https://www.levi.com/US/en_US/blog/article/levi-s-trucker-jacket-with-jacquard-by-google?srsId=AfmBOOaaNvn4FOPaKkXzA_xo0yWHUf93GbKNsbq2bv2fBKyyGsAd2Z1F
- Lim, S. E., & Ju, H. (2023). Types and esthetic characteristics by function in portable smart fashion design. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 47(1), 1-16. <https://doi.org/10.5850/JKSC.2023.47.1.1>
- Maslakovic, M. (2020, January 6). CES 2020: Xenoma's smart pajamas are for well-being of the elderly. *Gadgets & Wearables*. <https://gadgetsandwearables.com/2020/01/06/xenoma-smart-pajamas/>
- Myant Health. (2022, December 14). *How SKIIN supports women's heart health*. https://shop.myanthealth.com/blogs/education/how-skiin-supports-women-s-heart-health?srsId=AfmBOopeYoydHPQEJOzSB_wWYfcnXVoSCWUUw16JGFCKQMLbsj_X8TLi
- Ontex. (2021, February 18). *Ontex develops new smart diaper solution for incontinence*. <https://ontex.com/news/innovation/ontex-develops-new-smart-diaper-solution-for-incontinence/>
- Orzada, B. T. & Kallal, M. J. (2021). FEA consumer needs model: 25 years later. *Clothing and Textiles Research Journal*, 39(1), 24-38. <https://doi.org/10.1177/0887302X19881211>
- Park, H. H., & Noh, M. J. (2012). The influence of consumers' innovativeness and trust on acceptance intention of sensor-based smart clothing. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 14(1), 24-36. <https://doi.org/10.5805/ksci.2012.14.1.024>
- Prevayl. (n.d.). *Men's SmartWear™ single items*. Retrieved December 28, 2025, from <https://shop.prevayl.com/collection/mens-smartwear>
- Ralph Lauren Investor Relations. (n.d.). *Ralph Lauren introduces the next evolution of wearable technology*. Retrieved December 29, 2025, from <https://investor.ralphlauren.com/news-releases/news-release-details/ralph-lauren-introduces-next-evolution-wearable-technology>
- Ralph Lauren. (2014, August 26). *Introducing: The Polo Tech Shirt* [Video]. YouTube. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=zipGvqasJiE>
- Reimer, S. & Pinch, P. (2021). Sites of qualification: The motorcycle rider airbag and the production of safety. *Journal of Cultural Economy*, 14(1), 26-40. <https://doi.org/10.1080/17530350.2020.1788624>

- Reyzelman, A. M., Shih, C.-D., Tovmassian, G., Nathan, M., Ma, R., Scholten, H. J., Malhotra, K., & Armstrong, D. G. (2022). An evaluation of real-world smart sock-based temperature monitoring data as a physiological indicator of early diabetic foot injury: Case-control study. *JMIR Formative Research*, 6(4), e31870. <https://doi.org/10.2196/31870>
- Safewear. (2023, January 13). *Industrial Smart Airbag C3 Review Video* [산업용 스마트 에어백 C3 리뷰 영상] [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=WQXpbF_nV6Q
- Safewear. (n.d.). *Safe world and happiness: Safeware is a high-tech, smart human protection solution company* [안전한 세상완전한 행복: 세이프웨어는 첨단기술 기반 개인형 스마트 인체보호 솔루션 기업입니다.]. Retrieved December 30, 2025, from <https://safeware.co.kr>
- S-AIRBAG. (n.d.). *S-AIRBAG Protective belt S10*. Retrieved November 10, 2024, from <https://www.s-airbag.com/product/showproduct.php?id=22&lang=en>
- Sayem, A. S. M., Teay, S. H., Shahariar, H., Fink, P. L., & Albarbar, A. (2020). Review on smart electro-clothing systems (SeCSs). *Sensors*, 20(3), 587. <https://doi.org/10.3390/s20030587>
- Sensoria. (n.d.). *Sensoria core pair*. Retrieved December 28, 2025, from <https://store.sensoriafitness.com/sensoria-core-pair/>
- Shin, J.-G., & Lee, S.-W. (2016). A study of intention to use wrist-worn wearable devices based on innovation resistance model: Focusing on the relationship between innovation characteristics, consumer characteristics, and innovation resistance. *The Journal of the Korea Contents Association*, 16(6), 123-134. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2016.16.06.123>
- Siren. (n.d.). *The next step in foot care*. Retrieved December 28, 2025, from <https://www.siren.care>
- Smith, M. (2021, November 23). A little-known company made smart fitness clothing you might actually wear at the gym: It has lots of potential, but it's expensive and only available in the UK for now. *engadget*. <https://www.engadget.com/prevayl-smartwear-smart-shirt-fitness-workout-150040128.html>
- Snider, M. (2017, January 6). Under Armour launches Tom Brady pajamas, with tech weaved in. *USA Today*. <https://www.usatoday.com/story/tech/news/2017/01/06/under-armour-launches-tom-brady-pajamas-tech-weaved/96264738/>
- Statista. (2025, December 15). *Wearables unit shipments worldwide from 2014 to 2029*. https://www.statista.com/statistics/437871/wearables-worldwide-shipments/?srsltid=AfmBOoo_vDtLlg-1o2OYgzjGchEaCTJRoKENj517YjfdtUvtqiglz1xi
- Textile Web. (2021, March 18). *Myant's connected clothing brand SKIIN announces open beta launch for garments enabling connected care*. <https://www.textileweb.com/doc/myant-s-connected-clothing-brand-skiin-announces-open-beta-garments-enabling-connected-care-0001>
- Tsai, T.-H., Lin, W.-Y., Chang, Y.-S., Chang, P.-C., & Lee, M.-Y. (2020). Technology anxiety and resistance to change behavioral study of a wearable cardiac warming system using an extended TAM for older adults. *PLoS One*, 15(1), e0227270. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227270>
- Villar, R., Beltrame, T., & Hughson, R. L. (2015). Validation of the Hexoskin wearable vest during lying, sitting, standing, and walking activities. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(1), 1019-1024. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0140>
- Wearable X. (n.d.). *Nadi X solid black*. Retrieved December 29, 2025, from <https://www.wearablex.com/collections/nadi-x-smart-yoga-pants/products/nadi-x-solid-black?variant=12279249567834>
- Woo, H., & Kim, S. (2022). An expansion of the brand and message framing effects on smart health-care clothing. *Journal of Product & Brand Management*, 31(4), 622-636. <https://doi.org/10.1108/JPBm-11-2020-3199>
- Yusuf, S., Soar, J., & Hafeez-Baig, A. (2016). Older people, assistive technologies, and the barriers to adoption: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 94, 112-116. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2016.07.004>
- Zaman, S. uz, Tao, X., Cochrane, C., & Koncar, V. (2022). Smart E-textile systems: A review for healthcare applications. *Electronics*, 11, 99. <https://doi.org/10.3390/electronics11010099>
- Zheng, Y., Tang, N., Omar, R., Hu, Z., Duong, T., Wang, J., Wu, W., & Haick, H. (2021). Smart materials enabled with artificial intelligence for healthcare wearables. *Advanced Functional Materials*, 31(51), 2105482. <https://doi.org/10.1002/adfm.202105482>