

u-헬스케어 응용을 위한 전도성 섬유 심전도 전극의 섬유적 특성 시험 연구

A Study on Fabric Material Test of Conductive-Fabric Type ECG Electrode for u-Healthcare Application

강보규*, 황인호, 유선국

B. K. Kang, I. H. Hwang, S. K. Yoo

요 약

의료기기의 발전과 IT융합기술의 접목으로 때와 장소에 관계없이 생체신호의 측정이 가능하게 되었으며, 다양한 형태의 u-헬스케어 기기가 개발되어 일상생활과 가정에서 불편함이 없이 건강변수 측정이 가능하게 되었다. 또한 사용자를 고려해 의복처럼 착용하고 생활하며 생체 신호를 측정할 수 있는 스마트 의류에 전도성 섬유의 활용이 이루어지고 있다. 하지만 이러한 u-헬스케어 기기에 대한 연구 및 개발이 우선되고 있는 반면 성능평가 기준 마련은 미흡한 실정이다. 이에 시판전의 시험검사나 시판후의 수거 검사 시에 성능평가를 위한 표준시험방법 개발 등에 따른 가이드라인 마련에 힘을 쓰고 있는 실정이다. 본 논문에서는 섬유적 특성 시험을 통해 전도성 섬유의 착용형 u-헬스케어 기기에 전극으로 접목 가능성 여부를 연구하였다.

ABSTRACT

The combination of developed medical devices and the convergence of IT fusion technologies, health variables became to can be measured without discomfort in everyday life regardless of wherever and whenever. because various types of u-Health medical devices have been developed. Also, by considering the users, biological signals can be measured without difference with wearing general clothing, that conductive fabric is being used as smart clothing. However, considering that there is a growing prevalence of the devices and a great interest in the development of u-Health devices, it is urgent to establish performance evaluation. Accordingly, writing guidelines by force to raise checking before marketed or collecting checks after at the market for standard test methods for evaluating the performance. In this paper, it was studied that the possibility of using conductive fabric as electrodes for Wearable u-Health Devices through the material test of the ffabric.

Keyword : Conductive Fabric, ECG Electrode, Material Test, u-Healthcare

접 수 일 : 2012.11.16

심사완료일 : 2012.12.05

게재확정일 : 2012.12.18

* 강보규 : 연세대학교 생체공학협동과정 석사과정
b2k82@hanmail.net (주저자)

황인호 : 연세대학교 생체공학협동과정 박사과정

유선국 : 연세대학교 의과대학 의공학교실 교수
sunkyo@yuhs.ac (교신저자)

※ 본 연구는 2012년 정부(교육과학기술부) 한국연구재단 (NO. 2010-0023833), 지식경제부 한국 산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업 그리고 지식경제부 산업융합원천기술(10031977) 개발 사업의 지원으로 이루어진 연구임.

1. 서론

u-헬스케어는 정보통신 기술을 의료산업에 접목함으로써 “언제나, 어디서나”이용 가능한 건강관리 및 의료서비스로서 건강상태를 언제 어디서나 파악할 수 있게 하는 개념으로 설명 될 수 있으며 u-헬스케어는 시간적, 공간적 영역에서 새로운 부가 가치를 창출이 가능하다[2]. u-헬스케어는 생체정보의 측정기술, 측정된 정보의 전송, 수집, 처리 및 관리 기술, 응용 서비스 기술로 구성되는데, 이중 생체정보의 안정적인 측정이 매우 중요한 핵심기술 중 하

나이다[2]. u-헬스케어는 기존의 유비쿼터스 컴퓨팅 서비스에 비해 환자의 생명 및 안전에 매우 민감한 영향을 미칠 수 있게 때문에 서비스를 구성하는 시스템 및 응용 서비스에 대한 안전성 및 성능평가는 매우 중요한 작업으로 환자의 건강 상태 및 생명 위협 영향을 기준으로 제검토된 u-헬스케어 시스템의 안전성 평가 기준이 매우 중요하다[2]. 생체 모니터링을 위한 착용형 u-헬스케어 시스템은 주로 심박동 모니터링 기기 위주로 형성되어 있으며 생체신호 모니터링 용도, 체중관리 용도, 운동평가 용도, 건강 및 안전 감시용 등으로 다양하게 구분되어 성장하고 있다. 이 중에서 착용형 u-헬스케어 디바이스라 함은 시간과 공간의 제약 없이 언제, 어디서나 생체신호와 건강 변수의 측정을 가능하도록 도와줄 수 있는 디바이스를 의미한다.

IEC60601-1-11[17]에 제시되어 있는 정의 3.1에 의하면 'Body Worn' 즉 "환자가 의료전자 장비 전체를 입은 상태에서 사용 가능한 기구"를 뜻하며, 현재에는 인체에 부착된 상태에서 사용 가능한 벨트형, 웨어형, 스마트 의류 등의 형태로 사용되어지고 있다[1,2]. 착용형 u-헬스케어 디바이스는 의료, 인체 작용 가능한 물품, 그리고 다양한 패치 등으로 구성되며, 진단용 생체신호 측정이 가장 큰 목적으로 이용되고, 특히, 안전성이 요구된다[2]. 착용형 u-헬스케어 디바이스는 오동작이나 부작용에 대한 예방으로 품질향상과 안전성 확보가 필요하며 이를 위해 사용자가 착용을 한 후, 혹은 일회성이 아닌 재사용함에 있어서 전도성 섬유가 전극으로써 삽입됨에 인체에 미치는 영향과 환경적인 요인을 분석하여 사용이 가능한지 판단하기 위한 시험을 하였다.

2. Conductive Fabric

2.1 무전해 도금

Polyester fabric위에 니켈과 구리분말이 코팅되어 있으며 우수한 전도성과 차폐효과, 내식성을 가지고 있다. 심하게 세탁할 경우 코팅된 분말이 떨어져 나올 수 있기 때문에 가볍게 세탁해야 한다.

2.2 전도성 섬유

Stainless Steel과 같은 금속을 매우 얇은 두께로 쪼개어 만든 Conductive Yarn으로 직물을 짜서 구성한 방식으로, 무전해 도금에 비해서 유연성이 떨어지지만 땀과 같은 전해질에 의해서 코팅 분말이 유리되는 무전해 도금의 단점이 없고, 인체에 부착

용이 없기 때문에 의복에 적용 가능성이 있다.

Resistance : 2~3Ω

2.3 Embroidered in Cloth

전도성 실도 전도성 섬유와 마찬가지로 폴리에스테르 실위에 금속 분말을 코팅하는 방식이나 금속을 쪼개는 방식에 의해 제작이 되는데 이러한 전도성 실로 직접 옷감위에 자수를 놓는 방식이 있으나, 이는 전도성 섬유를 직접 부착하는 사용하는 것보다 전도성이 떨어진다.



(a) 무전해 도금 (b) 전도성 섬유 (c) Embroidered in Cloth

그림1. Conductive Fabric의 종류

3. 섬유적 특성 시험항목

표 1. 특성 시험에 사용된 시료

시료구분	S1 전도성섬유	S2 일반섬유
시료사진		

3.1 섬유조성 및 정량 분석 시험

3.1.1 수분율 시험

1. 시험목적

자연 상태 이상으로 건조한 섬유를 표준온도 습도의 대기 속에 방치할 때, 자연히 흡수하는 수분량을 의미하며 수분율에 따른 착용 시 쾌적성을 보기 위함이다.

2. 시험장비

105 °C ~ 110 °C를 유지할 수 있는 온도 조절 장치 달린 건조기, 0.001 g까지 측정할 수 있는 정밀저울, 무게 다는 병 (100 ml), 데시케이터 : 건조제(무수 염화칼슘, 무수 황산칼슘 등)가 담긴 것.

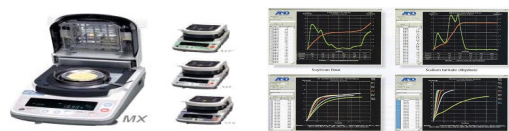


그림 2. 시험 장비 - Win CT-Moisture

Win CT-Moisture 프로그램을 기본으로 제공하여 실시간 수분율의 변동을 확인이 가능하며 데이터의 저장, 일괄출력, 자료제공이 가능하다.

3. 시험방법

KS K 0220 : 2011(텍스타일의 수분 측정방법 : 오븐법)에 따라 주위환경의 표준상태 (18 °C ~ 22 °C, 상대습도 63 % ~ 67 %)에서 보존 전처리 하고, 105 °C ~ 110 °C 오븐에서 최소 1시간 30분 건조시킨 후, 전 무게와 비교하여 계산하며. 시험결과와의 계산은 다음과 같이 한다[4].

$$\text{수분율(moisture regain)(\%)} = \frac{O-D}{D} \times 100$$

(O : 건조 전 시험편의 무게, D : 건조 후 시험편의 무게)

3.1.2 PH 시험

1. 시험목적

제조과정에서 사용되는 염료 및 가공제가 인체에 미치는 정도를 보기 위함이며, Potential of Hydrogen으로써, 수소이온지수라고도 한다. 즉, 다시 말해 용액을 추출하여 그 용액 속에 수소농도가 얼마나 있는지 알아보기 위한 시험이다.

2. 시험장비

제출시험편, 100 mL 추출용액, 진탕기, PH측정기

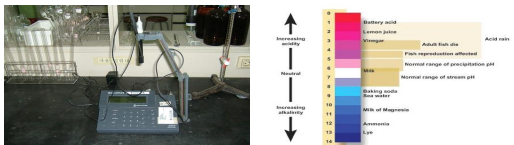


그림 3. 시험 장비 - PH 측정기 및 PH 상태도

3. 시험방법

KS K ISO 3071 : 2009 (수성 추출액의 pH측정)에 따라 시험편을 100 mL 추출용액에 넣고, 2시간 ±5분 동안 기계진탕한 후 pH 측정기로 측정한다[5]. (막전극의 일종으로 유리전극의 pH측정기를 사용하여야 한다. 그 이유는 유리전극은 수소이온선택성이 높으며, 측정 범위가 매우 넓기 때문이다.)

3.2 견뢰도 시험

3.2.1 세탁 견뢰도 시험

1. 시험목적

세탁했을 시의 색상이 변하는 정보(변퇴색)와 다

른 섬유와 염료가 이염(오염)되는 정도를 알아보기 위함과 성능의 질을 평가하고, 이에 따른 섬유전극의 재사용성을 평가하기 위함이다.

2. 시험장비

드럼세탁기, 전용 세제 (0.5 % ISO SOAP)

표 2. 세탁 견뢰도 시험 시험 기준

시험항목	시험 기준
세탁 견뢰도 (급)	변퇴색 : 4급 이상 오염 : 3~4급 이상

3. 시험방법

변퇴색과 오염, 세탁 후 전도성 섬유 고유 저항값 측정한다. 단, 국내의 실제 실생활의 환경을 맞추기 위하여, 드럼 세탁기를 이용하였으며, 국내표준은 30분으로 설정되어있으나, 드럼세탁기의 시간설정된 경우 29분, 34분 Random Time인 관계로 규정된 30분보다 강화조건인 34분을 선택하였다. 시험에서 규정한 0.5 % ISO SOAP와 동등한 약알칼리성 제1종 의류용 합성세제인 드럼세탁기 전용세제를 선택하였으며, 저항값과 변형에 따른 유무를 확인하기 위하여 10번 측정하였으며, 자연건조 시 오래 걸리므로 강제건조를 통하여 저항값을 측정 비교하였다.

3.2.2 마찰 견뢰도 시험방법

1. 시험목적

마찰시켰을 때의 염료가 이염(문어나는 정도) 되는 정도로 인한 인체에 미치는 영향을 알아보기 위한 시험이다.

2. 시험장비

900 g 하중시험편, 백면포, 크로크미터



그림 4. 시험 장비 - 크로크미터

3. 시험방법

KS K 0650 : 2011 (염색물의 마찰 견뢰도 시험 방법 : 크로크미터법)에 따르며, 900 g 하중 시험편을 하얀 백면포로 싼 다음 시험편위에서 10 0mm 사이를 10초간에 10초 반복한다[6].

표 3. 마찰 건뢰도 시험 기준

시험항목	시험 기준
마찰 건뢰도 (급)	건 조 : 4급 이상 습 율 : 3~4급 이상

3.2.3 땀 건뢰도 시험

1. 시험목적

땀에 의한 이염(색이 묻어나는 정도) 또는 염색되는 정도를 되는 정도를 알아보고, 이에 따른 인체에 대한 유해성을 알아보고자 하는 시험이다.

2. 시험장비

땀용액, 침수조

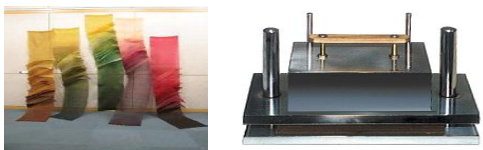


그림 5. 땀 건뢰도 시험 장비

3. 시험방법

KS K ISO 105-E04 : 2010 (땀에 대한 염색건뢰도)에 따라, 시험편은 6.4 × 6.4 cm의 크기로 맞추고, 37 ± 2 °C의 산성 땀용액 및 알칼리 땀용액에 4시간 침적시킨 다음 스펙트럼분석을 통해 급수를 측정한다[7].

3.3 역학 특성 시험

3.3.1 인장강도 시험

1. 시험목적

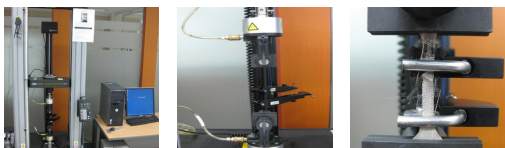
섬유를 끊기 위해 단위면적당 필요한 최대 힘을 측정하기 위함이다.

2. 시험장비

인장강도 시험기, jaw



(a) 시험용 칼



(b) 시험용 장비 : INSTRON 5565

그림 6. 시험장비-(a) 시험용 칼, (b) INSTRON 5565

3. 시험방법

KS K 0520 : 2009 (직물의 인장성질 - 강도 및 신도측정 : 그래브법)과 KS K 0815 : 2008 (편성물의 시험방법)에 따라, 시험 장치는 ± 10 %의 정확도로 50 mm/min의 일정속도로 시험편의 중앙부분에 조(jaw)에 파지하여 인장한 후 단위면적당 끊어질 때 필요한 최대 힘을 측정한다. 시험편의 채취 제작은 비교적 평평한 면의 직각 방향으로 시험편을 선택하여 채취하고, 시험편의 수는 3개 이상으로 한다[8].

표 4. 인장강도 시험 기준

시험항목	시험 기준
인장강도 (N)	177 N 이상

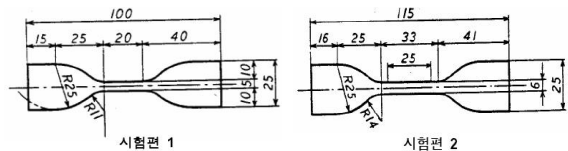


그림 7. 시험용 시편 제작 기준

3.3.2 인열강도 시험

1. 시험목적

직물이 찢기는데 필요한 힘의 정도를 알아보기 위함이다.

2. 시험장비

인열강도 시험기, jaw

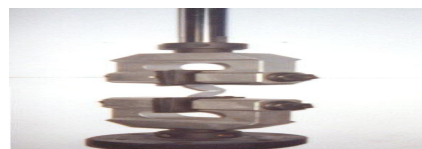


그림 8. 인열 강도 시험 장비

3. 시험방법

KS K ISO 13937-1 : 2009 (직물의 인열성질 - 팬들럼법)과 KS K 0815 : 2008 (편성물의 시험방법 - A법 팬들럼법)에 따라, 검연기를 사용하여 25cm 거리에 초하중을 가하고 해연 후 다시 동일 방향으로 회전시킨다[9,12].(해연하는 이유 : 직물과 편물의 짜여진 울을 풀림으로써 한 번의 직물의 조그만 부분 즉, 단지 실의 1울, 2울, 3울...에 급격한 힘이 집중되는 것.)

표 5. 인열강도 시험 기준

시험항목	시험 기준
인열강도 (N)	148 N 이상

3.3.3 마모 시험

1. 시험목적

파괴, 절단 혹은 섬유의 제거에 의한 옷감의 퇴화의 정보를 보기 위함이다. 시험 전 시편에 대해 저항값(초기값)을 측정 하고, 마르틴테일법 20,000회 후 반출된 시료에 대해서 시험 후 저항값을 측정함으로써, 전도성섬유의 고유 저항값의 변화유무를 판단하기 위함이다

2. 시험장비

마모홀더, 595 g 하중



그림 9. 시험 장비 - 마모홀더

3. 시험방법

KS K 0604 : 2006 (직물의 마모 강도 시험 방법 : 마르틴테일법)에 따라 모홀더에 시편을 물린후 595g 의 하중을 건 후 시험편의 실 2가닥이 절단될 때까지 20,000회 반복 마찰한다[10].

표 6. 마모 시험 기준

시험항목	시험 기준
인열강도 (회)	20,000회 이상

3.4 착용감 시험

3.4.1 투습도 시험

1. 시험목적

수증기를 통과시키는 성질을 보기 위함이다.

2. 시험장비

투습컵, 흡습제, 정밀저울



그림 10. 투습도 시험 장비

3. 시험방법

KS K 0594 : 2008 (섬유제품의 투습도 시험방법)에 따라 40 °C로 전처리한 투습컵에 흡습제를 33 g 넣은 다음 흡습제 쪽으로 3 mm 되도록 놓은 후, 시험편의 무게변화를 측정 한 후 계산한다[11].

3.4.2 흡수도 시험

1. 시험목적

쾌적한 의복은 인체로부터 발산하는 수분을 적당하게 흡수해서 발산한다. 이와 같은 기능을 보기 위함이다.

2. 시험장비

27 ± 2 °C 증류수, 비이커



그림 11. 흡수도 시험 장비

3. 시험방법

KS K 0815, 6, 27.1 : 2008 B법 (mm-10분)에 따라 40 °C로 전처리한 투습컵에 흡습제를 33 g 넣은 다음 흡습제 쪽으로 3 mm 되도록 놓은 후 시험편의 무게변화를 측정 한 후 계산한다[12].

3.4.3 건조속도 시험

1. 시험목적

건조되는 속도를 측정하기 위하여 인체의 쾌적성을 확보하기 위함이다.

2. 시험장비

30 % 증류수, 정밀시계



그림 12. 건조속도 시험 장비

3. 시험방법

KS K 0815, 6, 27.1 : 2008 A법(분)에 따라 30 %의 증류수에 침지, 습윤 시킨 시험편이 건조될 때까지의 시간을 측정한다[12].

3.4.4 대전압 시험

1. 시험목적

제품의 마찰에 의해 발생하는 정전기의 대전위를 인위적으로 일으켜 그 발생량을 측정하기 위함이다.

2. 시험장비

마찰대전압 측정기, 오실로스코프, 기록계, 마찰포, 4903 N 하중

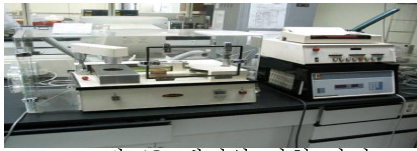


그림 13. 대전압 시험 장비

3. 시험방법

KS K 0555 : 2010 B법 (마찰대전압 측정법)에 따라서 마찰대전압 측정기, 오실로스코프, 기록계를 접속시킨 후 전극판과 먼거리를 약 15 mm로 한다. 마찰포를 부착시키고, 4,903 N의 하중을 가해 마찰한 후 60초 후에 대전압을 측정한다[14].

3.5 기능성 시험

3.5.1 방화도 시험

1. 시험목적

섬유가 불꽃에 접촉되었을 때의 연소방지 되는 정도를 알아보는 데에 목적이 있다.

2. 시험장비

연소시험상자, 버너 (버너는 순도 95% 이상의 부탄가스), 불꽃 침

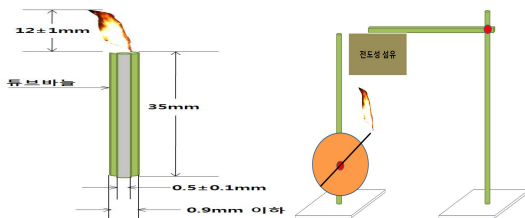


그림 14. 방화도 시험 개략도

3. 시험방법

KS K 0585 : 2008 (니들 플레임 - 수직법)에 따라서 연소시험상자 안에 버너를 장착하고 버너의 끝으로부터 19mm 높이가 되도록 시험편을 장착한다. 12초 동안 불꽃을 인가 한 후 제거하여 잔염시간과 잔진시간을 측정한다[15].

- 잔염시간 : 시험종료 후 불꽃이 지속되는 시간
- 잔진시간 : 시험종료 후 연소가 지속되는 시간
- 탄화거리 : 탄화부분의 최대거리

3.6 안전 위해 시험

3.6.1 PBBs & PBDEs (브롬계 난연제)

1. 시험목적

제품의 인체에 유해물질이 나오는가의 유무정도를 판단하고 분석한다.

2. 시험장비

GC-MS(기체크로마토 그래피)

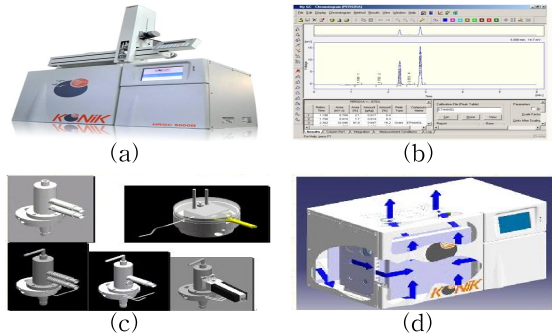


그림 15. PBBs&PBDEs 시험장비-(a) GC-MS(기체 크로마토 그래피), (b) 직관적 유저 인터페이스, (c) 검출기, (d) 가열 및 냉각 오븐

3. 시험방법

KS C IEC 62321 Ed. 1.0b : 2009 (섬유제품의 방염제 시험방법)에 따라서 시료를 용출하여 액상으로 만든 용출액을 분석 장치에 넣은 후 증류시켜 kg 당 mg으로 분석한다.

표 7. PBBs & PBDEs 시험 기준

유해 물질명	검출 한계
Monobrominated biphenyl I	1
Dibrominated biphenyl I	1
Tribrominated biphenyl I	1
Tetrabrominated biphenyl I	1
Pentabrominated biphenyl I	1
Hexabrominated biphenyl I	1
Heptabrominated biphenyl I	1
Octabrominated biphenyl I	5
Nonabrominated biphenyl I	5
Decabrominated biphenyl I	5

3.6 심전도 측정 확인

3.6.1 전도성 섬유 전극의 신호측정 확인 시험

1. 시험목적

전도성 섬유가 스마트 의류에 접목 되었을 경우 위치에 따른 심전도 신호 파형에 대한 확인을 하고자 함이다.

2. 시험장비

전도성 섬유 전극을 사용한 스마트 의류, 심전도 측정 장치

3. 시험방법

전도성 섬유가 전극으로써 사용된 스마트 의류를 착용한 상태에서 움직임 의한 위치를 인위적으로 변경하여 변경된 상태에 따른 심전도 신호를 측정한다[16].

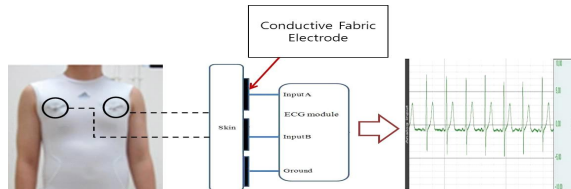


그림 16. 전도성 섬유의 심전도 측정 시 사용 방법

표 8. 전도성 섬유전극의 심전도 측정 내용

자세 변화	서있을 때
	편안하게 앉을 때
	누워 있을 때
	앞으로 90° 굽혔을 때

4. 섬유적 특성 평가 시험 항목 결과

4.1 수분율 시험

수분율 시험은 섬유자체의 수분 함유량을 보는 것이 목적이며, 시험결과 전도성섬유의 경우 일반섬유와 비교 시에도 매우 낮은 수분율을 보이고 있다. 이는 곧 일상 의복 생활시 그 특성과 착용에 있어서 인체에 착용하고 인체와 접촉하게 되므로 착용하기 위한 용도가 되기 위해서는 인체를 보호하고 쾌적하게 할 수 있는 위생적 성능이 요구된다.

표 9. 수분율 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
수분율 (%)	0.46 %	0.46 %

4.2 PH 시험

pH의 범위는 0~7이하를 강산성, 7을 중성, 7이상부터 14까지를 약산성 즉, 알칼리성이라 한다. 각각의 섬유를 시험한 결과 전도성섬유는 7.8로써 약산성 쪽에 강하며, 일반섬유는 7.0으로써 중성이다. 이는 일상생활에서 의복착용 시 수소이온 농도지수가 높으면 인체의 피부가 약산성에 가깝기 때문에 세균의 발육, 증식이 되기 어렵다. 또한, 그 반대로 강산성일수록 피부에 세균의 발육, 증식이 왕성함으로, 각질유발 및 피부노화를 촉진시킬 수 있다.

표 10. PH 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
pH	7.8	7.0

4.3 세탁 견뢰도

환경에 따른 저항값과 변형유무 변화 비교 - (세탁후 전도성 섬유 고유 저항값 측정)

자연건조(주위온도: 20±5°C, 습도: 44±10%)한 상태에서 초기값 저항과 측정결과를 비교 검토한 결과 많게는 최고 10배 이상 차이를 보였으며, 이는 주위환경에 대한 영향(습도가 낮은 저녁시간 때)으로 건조가 느려 저항이 높아짐을 위의 실험데이터를 통해서 알 수 있었다.

표 11. 세탁견뢰도 자연건조 시험 결과

회차	건조 시간	건조기	저항값
초기 저항값	해당 없음	해당 없음	0.5Ω
1	10분	바람,, 햇빛	5.5Ω
2	20분	바람,, 햇빛	5.3Ω
3	30분	바람,, 햇빛	4.5Ω
4	40분	바람,, 햇빛	4.3Ω
5	50분	바람,, 햇빛	3.5Ω
6	60분	바람,, 햇빛	3.1Ω
7	70분	바람,, 햇빛	3.0Ω
8	80분	바람,, 햇빛	2.4Ω
9	90분	바람,, 햇빛	2.0Ω
10	100분	바람,, 햇빛	1.7Ω

강제건조(헤어드라이기, 주위온도: 20±5 °C, 습도: 44±10 %), 자연건조와 헤어드라이기를 통한 강제건조는 위의 표를 보는 것과 같이 상이한 차이를 보이고 있으며, 이는 곧 전도성섬유의 일상생활에서 사용시 수분에 따른 건조속도가 느림을 짐작할 수 있다.

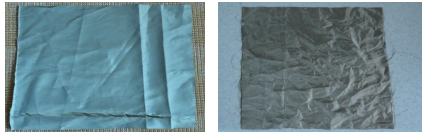
표 12. 세탁견뢰도 강제건조 시험 결과

회차	건조 시간	건조기	저항값
초기 저항값	해당 없음	해당 없음	0.5Ω
1	1분	헤어 드라이기	2.0Ω
2	2분		1.7Ω
3	3분		1.4Ω
4	4분		1.2Ω
5	5분		0.8 ~0.9Ω
6	6분		0.8 ~0.9Ω
7	7분		0.8Ω
8	8분		0.8Ω
9	9분		0.7Ω
10	10분		0.7Ω

변형에 따른 비교

초기상태와 시험 후 상태를 비교한 결과, 크게 차이는 없지만 잦은 세탁의 반복으로 인해 구김과 울

이 지지분하게 풀린 상태를 확인할 수 있었다.



(a) 초기상태 (b) 시험후 상태
그림 17. 시험 전 후의 상태 비교

4.4 마찰 견뢰도

전도성 섬유는 일반섬유에 비해 마찰에 의한 염료의 이염이 있을 수 있음. 이는 일상생활에서 의복을 착용 시 피부와 섬유 또는 내의와 섬유에 의한 마찰에 따른 염료의 이염이 있을 수 있을 것이다.

표 13. 마찰 견뢰도 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
측정 급	(건조) 3~4급 (습윤) 3급	(건조) 5급 (습윤) 5급

4.5 땀 견뢰도

일반섬유에 비해 전도성 섬유는 땀에 의한 오염정도가 약간 있을 수 있다. 이 시험은 인체의 땀에 의해 섬유가 이염 또는 염색되는 정도를 측정하기 위한 시험으로 인체와 접촉하는 속옷 류에 해당하며, 염료 중에는 금속을 함유하는 것이 상당수 있으므로 염색된 직물에 땀이 배이면 금속이 아미노산을 물들여 염료로부터 변퇴색 등 견뢰도를 가능하게 한다.

표 14. 땀 견뢰도 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
시험기준	3급 이상	
측정 급	(산성:변퇴색) 2~3급 (오염:폴리에스터) 4~5 (오염:모) 4~5급	4~5급 5급 5급

4.6 인장강도

두 섬유가 기준치 보다 양호하며, 이는 일상생활에서 옷을 잡거나 무리하게 당길 때 찢어지는 힘정도가 많이 필요하므로, 섬유자체의 인장강도가 양호하다 말할 수 있다.

표 15. 마찰 견뢰도 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
측정 N	경사방향 : 600 N 위사방향 : 420 N	웨일방향 : 240 N 코스방향 : 240 N

4.7 인열강도

일반섬유가 전도성 섬유보다 더 촘촘하게 짜여져 있다는 것 알 수 있으며, 착용 후 일상생활에서 인위적으로 잡아당기거나 물리적인 힘으로 당길 때 찢기 쉬운 정도를 의미한다.

표 16. 인열강도 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
측정 N	경사방향 : 16.6 N 위사방향 : 11.6 N	웨일방향 : 25.5 N 코스방향 : 31.8 N

4.8 마모

두 섬유 모두 마찰에 대한 결과가 기준치에 만족하였다. 이는 실생활에 의복착용 시 피부에 마찰, 거친 표면에 마찰에도 어느 정도(20,000회 이상) 견딘다고 볼 수 있다. - 마모시험을 통해서 저항값이 변화하는 지 시험 : 초기값(0.5Ω)과 시험후값(0.6Ω)의 저항값을 비교한 결과 값은 차이가 나지만 이는 실생활에서 의복착용 시 피부에 마찰, 거친 표면에 마찰에도 어느 정도(20000회 이상) 견딘다고 볼 수 있으며, 전도성섬유의 특성인 고유 저항값은 별 차이가 없다는 것을 실험을 통하여 알 수 있었다.

표 17. 마모 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
측정 마모횟수	20,000회 이상	20,000회 이상

4.9 투습도

규정된 온습도 하에서 직물 1m² 를 통과하는 수증기의 무게로써 의복을 착용했을 시 신체에서 발생하는 열과 땀이 밖으로 배출되는 정도.

표 18. 투습도 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
측정 투습도	318	364

4.10 흡수속도

일반 섬유에 비해 전도성섬유는 흡수속도가 1 mm이다. 이는 전도성섬유 고유의 코팅으로 인해 수분이 올라가지 못하는 것으로 확인되었다.

표 19. 흡수속도 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
측정 mm	경사방향 : 1 mm 위사방향 : 1 mm	웨일방향(장) : 110 mm 코스방향(폭) : 109 mm

4.11 건조속도

시중에 유통되고 있는 쿨맥스 양말은 완전히 건조되는데 60분, 면양말은 200분, 울양말은 120분이 걸린다고 한다. 이에 비해 전도성 섬유는 빨리 건조되는 편이며, 일상생활에서 환경(비 또는 땀)에 의한 제약이 있어도 무려 면소재 보다 7배에 달하는 속도로 흡수하여, 신속하게 증발시켜 건조함을 유지시켜 준다. 또한 통풍이 뛰어나 시원하고 쉽게 마르는 만큼 곰팡이나 악취를 품을 우려가 없다.

표 20. 건조 속도 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
측정 min	45 min	340 min

4.12 대전압

마찰 대전압은 낮을수록 좋으며, 전도성임에도 불구하고 전압발생이 낮은 이유는 직물이며, 시편 자체가 섬유의 특성상 구멍이 많고, Open Loop라서 전기발생이 되지 않는다. 이 시험은 주로, 정전기가 많이 발생할 우려가 있는 양복의 안감에 시험을 많이 한다.

표 21. 대전압 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
측정전압	면 마찰포 10 V 미만 모 마찰포 10 V 미만	1400 V 1500 V

4.13 방화도

잔염시간과 잔진 시간, 탄화거리 모두 낮을수록 좋다.

표 22. 방화도 시험 결과

시료구분	S1(전도성섬유)	S2(일반섬유)
측정 sec	경사(4),위사(4)	웨일(61),코스(127)
측정 sec	경사(0),위사(0)	웨일(0),코스(0)
측정 cm	경사(30),위사(30)	웨일(16),코스(30)

4.14 PBBs & PBDEs

브롬계 난연제(PBBs & PBDEs)의 경우 플라스틱이나 코팅도료나 각종폴리머, 기타 첨가제에 화재에 대한 방지차원에서 많이 쓰이고 있으나, 이런 좋은 반면에 단점으로는 인체에 유해한 유해물질이 검출된다는 것이며, 유해물질이 직접적으로 피부를 통해 축적되므로 탈모, 중추신경 마비, 간, 갑상선, 신경계통에 이상을 유발과 면역계의 손상을 초래할 수 있다. 이에 문제될 소지의 야기 시키지 않기 위해 분석의뢰 하여 분석시험결과 전도성 섬유는 환

경유해물질로부터 Free하다는 결과가 나왔다.

표 23. PBBs & PBDEs 시험 결과

시료구분	S1	S2
	전도성 섬유	일반 섬유
Monobrominated bipheny I	< 1	< 1
Dibrominated biphent I	< 1	< 1
Tribrominated bipheny I	< 1	< 1
Tetrabrominated bipheny I	< 1	< 1
Pentabrominated bipheny I	< 1	< 1
Hexabrominated bipheny I	< 1	< 1
Heptabrominated bipheny I	< 1	< 1
Octabrominated bipheny I	< 5	< 5
Nonabrominated bipheny I	< 5	< 5
Decabrominated bipheny I	< 5	< 5

4.15 심전도 전극으로의 사용성 확인

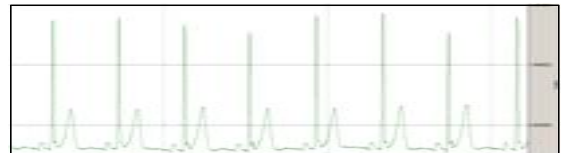
본 연구실에서 제작된 스마트 의류에 전도성 섬유 전극을 삽입하여 표준유도 방식으로 흉부에서 유도하여 심전도 신호를 측정할 결과 움직임에 따른 심전도 신호의 변화를 확인 할 수 있었으나, 정 위치에서는 유의적인 심전도 신호를 확인 할 수 있었다.



(a) 움직임 없이 정자세로 서있을 때



(b) 상체를 오른쪽으로 돌렸을 때



(c) 상체를 왼쪽으로 돌렸을 때



(d) 상체를 앞으로 90도 숙였을 때

그림 18. 전도성 섬유 전극의 사용성 확인을 위한 심전도 측정 스마트 의류 움직임에 따른 전극 위치 변화 시의 심전도 파형

5. 성능 필수항목 결과

전도성 섬유의 섬유 조성 및 정량적 시험, 건뢰도, 역학특성 시험, 착용감, 안전위해, 기능성 시험 및 섬유적 특성평가에 대한 필수 세부시험항목 평가는 표 24와 같이 요약될 수 있다.

표 24. 필수 세부시험항목

번호	시험항목	구분	
		전도성 섬유	일반섬유 (도포포함)
1	인장	○	○
2	마모	○	○
3	굴곡	×	×
4	섬유조성 및 정량분석	○	○
5	염색 건뢰도	세탁	○
6		마찰	○
7		땀	○
8		드라이클리닝	○
9		일광	○
10		물	○
11		물방울	○
12		아이론	○
13		해수	○
14	형태변화율	○	○
15	구조특성	○	○
16	역학 특성	인장강신도	○
17		인열강도	○
18		파열강도	○
19		마모강도	○
20		박리강도	○
21		봉합강도	○
22		블로킹	×
23		광폭인장	×
24		케틀림	×
25	착용감	투습도	○
26		흡수도	○
27		대전압	○
28	섬유적 특성	수분율	○
29	특성	pH	○
30	안전 위해	PBBs & PBDEs	○

6. 결론

본 시험 연구는 전도성 섬유를 전극으로 사용함에 있어서 스마트 의류에 접목이 가능한지에 대한 가능성을 타진하고자 진행되었으며, 이는 전도성 섬유 전극이 스마트 의류에 접목이 될 경우, 일반적인 의복과 같은 착용성 및 재 사용성을 고려하여 진행되었다. 현재 전도성 섬유를 전기 및 전자 적인 목적으로 사용하기 위한 성능평가는 다수 존재하지만,

전극으로 사용하기 위하여 일반적 섬유와 비교실험한 데이터의 존재는 발견하지 못하였다.

실험결과에 따르면 전도성 섬유가 일반 섬유와 접촉되어 스마트 의류로써 제작되어 사용자가 착용하고 접촉되는 것에 전혀 문제가 되지 않으며 인체를 쾌적하게 보호하는 것에 문제가 없을 것으로 사료된다. 시험에 사용된 전도성 섬유는 중산성을 띠어 피부에 세균의 발육, 증식, 각질유발 및 피부노화를 촉진 시킬 수 있지만 강산성이 아닌 중산성이므로 산성도가 낮은 전도성 섬유를 사용하면 이러한 부분에 있어 예방이 가능하며, 세탁 및 건조에 있어서 전도성 섬유의 저항이 높아짐이 있을 수 있지만, 건조과정에 대한 확실한 가이드가 주어진다 면 세탁 후 재사용에 대한 문제점이 발생하지 않을 것으로 생각된다. 단, 전극으로 사용되면 인체에 직접적으로 접촉이 되므로 전도성 섬유가 일반섬유에 비해 마찰에 의한 염료의 이염이 있을 수 있고 땀에 의한 오염정도가 존재할 수 있는 만큼 이에 대한 가이드가 반드시 필요할 것이다. 가장 중요한 인체에 대한 유해물질이 검출이 되는가의 시험인 시험 3.6.1 PBBs & PBDEs에서 인체에 유해한 물질이 발생하지 않았다는 점에서 인체에 직접적으로 접촉되는 전극으로써의 사용됨에는 문제가 없다고 판단된다. 단, 표 24의 세부시험항목 중에서 22, 23, 24번 항목이 전도성 섬유에 적용되지 않은 전도성 섬유는 의복의 내부에 부착되어 전극의 대응으로 사용되어 지기에 외부의 충격과는 거리가 있어 필수 항목에서 제외 되었다.

본 시험은 단지 전도성 섬유의 섬유적 특성에 한하여 내려진 결론이기에 향후 전도성 섬유를 사용한 스마트 의류를 사용하여 사용상의 문제점 혹은 섬유 전극으로써의 실제 전기적 성능, 인체와의 접촉 시에 발생할 수 있는 문제점에 대한 부분에 하여 시험이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] H. J. Cho, T. Hori, I. Tabata, K. Hisada, K. Hirogaki, "Preparation and Characterization of Copper Plated Synthetic Fibers using Supercritical Carbon Dioxide," Theories and Applications of Chem. Eng., Vol. 16, No. 1, pp719-722, 2010

[2] I. H. Hwang, B. K. Kang, S. K. Yoo, "A study of the Guideline in the Electrical and Mechanical Safety of the Wearable U-Health

Devices,” Journal of Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of Korea, Vol. 4, No. 1, pp.1-8, 2010.

[3] 김영민, “도전사의 배열형태에 따른 전도성 직물의 전기적 물성 변화,” 한국의류학회 학술대회 논문집, pp. 109, 2004.

[4] KS K 0220 : 2011 Measuring method for moisture in textiles : Oven method (텍스타일의 수분 측정방법 : 오븐법)

[5] KS K ISO 3071 : 2009 Textiles – Determination of pH of aqueous extract (텍스타일 - 수성 추출액의 pH측정) - ISO 3071 : 2005

[6] KS K 0650 : 2011 Test method for color fastness to rubbing : Crock meter method (염색물의 마찰 견뢰도 시험방법 : 크로크미터법)

[7] KS K ISO 105-E04 : 2010 Textiles – Tests for colour fastness – Part E04 : Colour fastness to perspiration (섬유 - 염색 견뢰도 시험방법 - E04부: 땀에 대한 염색견뢰도) - ISO 105-E04 : 1994

[8] KS K 0520 : 2009 Textiles – Tensile properties of fabrics – Determination of strength and elongation : Grab method (텍스타일 - 직물의 인장 성질 - 강도 및 신도측정 : 그라브법) - ISO 13934-2 : 1999

[9] KS K ISO 13937-1 : 2009 Textiles – Tear properties of fabrics – Part 1 : Determination of tear force using ballistic pendulum method (Elmendorf) (텍스타일 - 직물의 인열 성질 - 제1부 : 팬듈럼법에 의한 인열 강도 측정(엘멘도르프) - ISO 13937-1 : 2000

[10] KS K 0604 : 2006 - 2011 폐지 (직물의 마모 강도 시험 방법: 마르틴테일법)

[11] KS K 0594 : 2008 Test methods for water vapour permeability of textile fabrics (섬유제품의 투습도 시험방법)

[12] KS K 0815 : 2008 (편성물의 시험방법 - A법 팬듈럼법, A법(분), B법(mm-10분))

[13] KS K 0815 : 2008 Test methods for knitted fabrics (편성물의 시험방법)

[14] KS K 0555 : 2010 B법 Test method for electrostatic propensity of woven and knitted fabrics (직물 및 편성물의 대전성 시험방법 : 마찰 대전압 측정법)

[15] KS K 0585 : 2008 Test method for flammability of textiles(vertical method) (섬유

제품의 연소성 시험방법 니들 플래임 - 수직법)

[16] KS C IEC 62321 Ed. 1.0b : 2009 Electrotechnical products – Determination of levels of six regulated substances (lead, mercury, cadmium, hexavalent chromium, polybrominated biphenyls, polybrominated diphenyl ethers) (섬유제품의 방염제 시험방법) - IEC 62321:2008

[17] IEC60601-1-11 Medical electrical equipment - Part 1-11: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral Standard: Requirements for medical electrical equipment and medical electrical systems used in the home healthcare environment



강 보 규

2009년 연세대학교 의용전자공학과 졸업 (공학사)
2009년 - 현재 연세대학교 생체공학협동과정 석사과정

관심분야 : u-헬스케어 의료기기 시험평가



황 인 호

2006년 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학석사)
2007년 - 현재 재활공학연구소 책임연구원
2009년 - 현재 연세대학교 생체공학협동과정 박사과정

관심분야 : 의료기기 시험평가 및 인증



유 선 국

1989년 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학학사)
1995년 - 현재 연세대학교 의과대학 의공학 교실 교수

관심분야 : 의료영상처리 및 유헬스케어