

체성분 측정용 스마트 의류 개발의 가능성 탐색

(An Exploratory Study on the Development of a Healthcare Smart Clothing for Measurement of Body Composition)

문희성, 조현승*, 박선형**, 이주현**, 정효일

연세대학교 기계공학부, *연세대학교 의류과학연구소, **연세대학교 의류환경학과

ABSTRACT

본 연구에서는 체성분 측정용 스마트 의류의 프로토타입을 개발하고 평가함으로써 헬스케어 의류로서의 개발 가능성을 탐색하고자 하였다. 직물 전극을 사용하여 두 가지 타입으로 개발된 실험의복을 피험자에게 착용하도록 한 후 자세의 변화 및 1차 착용, 탈의 후 2차 착용에 따른 체성분을 측정할 결과, 동일 자세 내에서는 의복 타입 및 1, 2차 반복 착용에 관계없이 비교적 일관성 있는 임피던스 측정치를 얻을 수 있었으며, 착용자의 신체 부위별 측정도 가능한 것으로 분석되었다.

Keyword: 생체 임피던스, 스마트 의류, 직물 전극, 센서 의류, 센싱 의류, 헬스케어 의류

1. 서론

최근 웰빙 트렌드와 헬스케어에 대한 관심이 높아짐에 따라 실시간 모니터링이 가능한 스마트 의류 개발의 필요성이 증가하고 있으며, 고도화된 센서 기술과 무선 정보통신 기술은 이러한 스마트 의류 개발을 가속화 하고 있다. 최근 유명한 스포츠 웨어 업체인 Adidas사는 Polar사와의 협업을 통해 셔츠에 텍스타일 센서가 통합 구성되어 심박동수를 측정할 수 있고, 운동화에는 운동량을 체크하는 센서가 내장되어 시계형태의 디스플레이 장치에 무선 송신하는 키트 개념의 헬스케어 제품을 출시한 바 있으며[1], 심전도, 호흡량 등을 실시간 모니터링하여 위급 상황에 대비할 수 있도록 한 스마트 의류들이 심도있게 개발되고 있는 추세이다[2][3].

한편 건강의 지표 중 하나인 체성분 측정이 가능한 의류를 개발하려는 시도는 아직 전세계적으로 태동기에 있다. 체성분 분석을 통해 인체의 부위별 지방량을 측정할 수 있는 의류의 개발은 현대인들의 건강 뿐 아니라 궁극적으로 예방의학의 차원에서 국민 복지향상에 기여할 수 있다. 본 연구에서는 직물전극을 사용하여 체성분 측정용 스마트 의류의 프로토타입을 개발하고 평가함으로써 헬스케어 의류로서의 개발 가능성을 탐색하고자 하였다.

2. 이론적 고찰

'생체임피던스법 (Bioelectric Impedance Analysis)'은 인체에 미세한 전류를 흘려 임피던스를 측정하는 기술이다. 인체에 전극을 접촉시켜 전류를 흘려 주면 전류는 체수분을 따라 흐르게 된다. 이를 통해 몸 속에 있는 물의 부피를 알아낼 수 있고, 몸 속의 물 부피를 알아내면 지방을 제외한 근육량

을 산출할 수 있다. 다음으로 몸무게에서 수분, 근육(단백질+무기질)을 모두 빼면 체지방량을 구할 수 있다. 과거 이 분야에서는 신체를 여러 체성분들이 혼합된 원통형의 도체라고 가정하고 측정을 하는 방식을 취해왔다. 많은 연구 그룹들이 체수분과 체지방을 계산해 내기 위한 공식을 경험적으로 도출해 왔고, 이를 통해 나이, 성별, 인종에 따른 체성분 값을 도출해왔다. 그러나 인체는 실제로 간단한 원통형 모양이 아니어서 측정값이 팔, 다리, 몸통 각 부분의 특성을 제대로 반영하지 못해 측정값이 부정확하다는 단점이 있었다. 그렇기 때문에 신체 부위별로 측정을 달리 하여 정확도를 크게 높이는 방법이 개발되었다[4]. 이 방법은 인체 성분의 절반을 차지하는 몸통을 초정밀로 측정할 수 있고 신체 특정 부위만의 체성분 변화도 정확히 짚어 낼 수 있다. 또한 single-frequency impedance analysis보다 multifrequency impedance analysis가 더욱 정확하고 더 많은 정보를 나타낼 수 있다는 것도 밝혀졌다[5].

생체임피던스는 체성분 뿐만 아니라 세포 내수분과 세포 외수분을 측정함으로써 탈수와 부종을 진단할 수 있고[4], 심박동 기록[6], 호흡 등도 측정할 수 있어 많은 응용이 가능하다.

3. 연구 방법 및 절차

3.1 체성분 측정용 실험의복 개발

체성분 측정을 위한 실험의복은 착용자의 신체 부위별 측정이 가능하도록 두 가지 타입으로 개발되었다. 두 가지 타입 모두에 직물 전극을 사용하였고, 긴소매의 긴바지 형태, 반소매의 무릎 위까지 오는 반바지 형태의 상·하의 일체형(one-piece)이며, 인체의 곡면에 따른 커팅(cutting)방식을 취함으로써 착

용자의 인체에 직물 전극이 밀착될 수 있도록 설계되었다. 특히 사지의 직물 전극이 부착되는 측정부위에는 동작에 따른 전극의 움직임이 최소화 될 수 있도록 실험의복을 구성하였다.

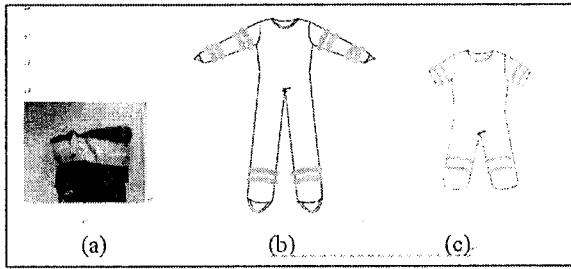


그림 1. 직물 전극의 부착 및 실험의복 구성 ((a) 의복에 사용된 직물 전극, (b) 긴소매의 긴바지 형태 실험의복, (c) 반소매의 반바지 형태 실험의복 (부위별 측정이 가능하도록 팔, 다리에 전극을 각각 부착함))

3.2 생체임피던스의 측정

직물 전극을 이용하여 개발한 의복이 기존의 기계형 체성분 분석기처럼 체성분을 측정하는지를 알아보기 위해 다음을 수행하였다. 임피던스의 측정은 임피던스 측정기 (모델명 : RJL BIA-101A (RJL Systems Inc.))를 이용하였고 50kHz의 주파수를 이용하였다. 50kHz의 주파수대를 이용한 이유는 이 주파수대의 리액턴스가 가장 커서 인체의 특성을 보기에 가장 좋고, 기술적으로 다루기 쉽기 때문이다 [7]. 체성분 측정용 의류와 임피던스 측정기는 케이블로 연결되었고, 의류의 각 위치에 배치된 전극을 이용하여 부위별 측정을 시도하였다(그림 2).



그림 2. 체성분 측정용 실험의복을 이용한 생체임피던스의 측정 장면

의복을 착용할 때 마다 신체상 전극의 상대적 위치가 조금씩 변할 수 있는데 이러한 전극위치 이동으로 인한 영향을 측정하기 위해 피험자의 임피던스를 1회 측정 후(1차) 탈의 하도록 하였으며, 이후 다시 의복을 입게 하고 재차 측정하였다(2차). 또한 착용자의 자세가 측정값에 미치는 영향을 측정하기 위해 팔 다리를 벌리거나 굽히는 등의 다양한 자세에서 측정을 시도하였다.

4. 결과 및 논의

의류 type 1을 이용해 (a)부터 (f)까지의 측정 방식을 취했을 때 측정된 임피던스 값은 표 1과 같다. 이때 자세에 따른 측정값의 변화를 알아보기 위해 차렷 자세, 정자세, 기마자세, 팔 올리기, 다리 벌리기 등 다양한 자세를 취하게 한 후 각각에 대해 임피던스 값을 측정하였다.

표 1. 의복 type 1의 임피던스 측정 결과

(a)오른팔+몸통(우)+오른다리			
	정자세	팔 90도 올리기	팔 180도 올리기
1차	267Ω	270Ω	281Ω
2차	263Ω	259Ω	274Ω
(b)왼팔+몸통(좌)+왼다리			
	정자세	팔 90도 올리기	팔 180도 올리기
1차	272Ω	272Ω	289Ω
2차	272Ω	274Ω	288Ω
(c)양팔+상체			
	차렷자세	정자세	양팔 벌리기
1차	306Ω	298Ω	324Ω
2차	303Ω	297Ω	320Ω
(d)오른팔			
	정자세	팔 굽히기	
1차	56Ω	40Ω	
2차	55Ω	40Ω	
(e)왼팔			
	정자세	팔 굽히기	
1차	58Ω	40Ω	
2차	58Ω	40Ω	
(f)하체			
	기마자세	정자세	다리 벌리기
1차	179Ω	186Ω	194Ω
2차	175Ω	185Ω	193Ω

마찬가지로 의류 type 2를 이용해 (a)부터 (d)까지의 측정 방식을 취했을 때 측정된 임피던스 값은 표 2와 같다. 이때 역시 자세에 따른 측정값의 변화를 알아보기 위해 차렷 자세, 정자세, 기마자세, 팔 올리기, 다리 벌리기 등 다양한 자세를 취하게 한 후 임피던스 값을 측정하였다.

표 2. 의복 type 2의 임피던스 측정 결과

(a)몸통(우)			
	차렷자세	정자세	팔 90도 올리기
1차	80Ω	88Ω	93Ω
2차	81Ω	81Ω	92Ω
(b)몸통(좌)			
	차렷자세	정자세	팔 90도 올리기
1차	79Ω	83Ω	90Ω
2차	79Ω	79Ω	88Ω
(c)몸통(우)			
	정자세	팔 90도 올리기	
1차	81Ω	88Ω	
2차	79Ω	85Ω	
(d)몸통(좌)			
	기마자세	정자세	다리 벌리기
1차	42Ω	37Ω	39Ω
2차	38Ω	36Ω	39Ω

인체의 부위별 체성분을 측정한 결과 표 1과 표 2에서 알 수 있듯이 1차 측정과 2차 측정의 결과 값은 표 1(a)의 결과를 제외하고는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 동일한 의복을 착용한 경우에는 탈의 후 재착용으로 인한 의복상 전극 위치의 변동이 측정값의 재현성에 큰 영향을 주지 않음을 시사한다. 의류 type 1과 type 2의 경우 모두 이러한 경향이 나타났다. 이는 인체공학적으로 제작된 체성분 측정용 실험의복이 신체상에서 전극 위치를 안정적으로 잡아주었기 때문인 것으로 풀이된다. 또한 자세의 변화에는 일관되게 측정값이 변화한 것을 볼 수 있는데 이는 전류가 흐르는 경로의 단면이 줄어들고 길이가 늘어나면 저항이 늘어난다는 물리적 법칙과 일치하는 것이다. 따라서 임피던스 값의 측정시 착용자의 자세는 일관되게 유지해야 한다는 사실을 도출할 수 있다. 본 연구에서는 각 동작에 따른 측정치는 차이가 있었으나, 같은 동작에서는 동작에서는 1, 2차

착의 간에 일관된 임피던스 값을 얻음으로써, 본 연구의 체성분 측정 의류를 사용하고 피험자가 동일한 자세를 유지한다면 안정적인 체성분 측정치를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구 계획

본 연구를 통해 직물 전극을 이용해 개발한 체성분 측정용 의복이 안정적으로 생체임피던스를 측정하는 것을 확인하였다. 직물 전극을 이용하면 착용시 이질감이 거의 없고 세탁도 용이하다는 장점이 있다. 본 연구진이 개발한 의복은 신체상에서의 전극 위치를 일관되게 유지시켜주어 탈의후 재착용을 해도 위치 변화가 적었다. 또한 의복상의 전극위치를 조절함으로써 인체 부위별 측정이 가능하다는 것도 알게 되었으며 이는 의복을 통해 생체임피던스를 측정하고 이를 통해 체성분을 비롯한 각종 정보를 안정적으로 얻을 수 있다는 것을 의미한다.

향후에는 좀더 다양한 의류타입과 다양한 동작을 통한 임피던스 측정실험을 진행할 예정이며, 이를 통해 체성분 측정의류, 넓게는 생체임피던스 측정으로 생체정보를 모니터링 하는 스마트 의류를 개발해 나갈 것이다.

참고문헌

- [1] www.adidas-polar.com
- [2] www.textronicsinc.com
- [3] www.wealthy-ist.com
- [4] Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F. (1989). Estimation of body composition from bioelectrical impedance of body segments, *The American journal of clinical nutrition*, 50, 221-226.
- [5] Cha, K. C., Chertow, G. M, Gonzalez, J., Lazarus, J. M., & Wilmore, D. W. (1995). Multifrequency bioelectrical impedance estimates the distribution of body water, *Journal of Applied Physiology*, 79(4), 1316-1319.
- [6] Grimnes, S., & Martinsen, Ø. G. (2000). *Bioimpedance & Bioelectricity Basic*, Academic Press, London.

감사의 글

본 연구는 2004~2006년도 산업자원부 중기거점 과제의 연구비 지원으로 수행되었으며, 실험은 ㈜바 이오스페이스의 도움을 통해 이루어 졌습니다.