JESK J Ergon Soc Korea 2017; 36(4): 281-292
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2017.36.4.281
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

목걸이형 웨어러블 디바이스의 인간공학적 설계

Jinsil Lee[1], Kimin Ban[1], Jaeho Choe[2], Eui S. Jung[1]

[1]Korea University, Department of Industrial Management Engineering, Seoul, 02841
[2]Daejin University, Department of Industrial and Management Engineering, Pocheon, 11159

Corresponding Author
Eui S. Jung
Korea University, Department of Industrial Management Engineering, Seoul, 02841
Phone : +82-2-3290-3391
Email : ejung@korea.ac.kr

Received : April 19, 2017
Revised : May 03, 2017
Accepted : May 29, 2017

Copyright@2017 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objective: 본 연구에서는 목걸이형 웨어러블 디바이스를 설계하는 데 있어서 중요한 물리적 설계변수를 밝히고, 사용자가 디바이스를 착용했을 때 느끼는 착용감(Comfort)을 최대화 하기 위한 설계 가이드라인을 밝히고자 한다.

Background: 최근 휘트니스 문화(Fitness Culture)와 개인의 건강(Personal Health)에 대한 관심이 증가하고있다. 이러한 상황에서 목걸이형 웨어러블 디바이스는 사용자의 두 손을 자유롭게 쓸 수 있도록 하고, 모바일 디바이스와 연결되어 다양한 컨텐츠를 즐길 수 있도록 하여 앞으로도 수요가 많을 것으로 예측된다. 하지만 목걸이형 웨어러블 디바이스는 인체의 다른 부위에 착용되는 다양한 디바이스보다 특히 몸이 상하좌우로 움직이는 달리기 상황에서 착용감(Comfort)이 가장 낮게 평가되어 사용성이 낮았다. 따라서 목걸이형 웨어러블 디바이스 착용 시 사용자의 착용감(Comfort)에 영향을 미치는 변수가 무엇인지 알아내고, 착용감(Comfort)을 최대화하여 사용성을 극대화 하는 물리적 설계 방향성에 대한 연구가 필요하다.

Method: 본 연구에서는 목걸이형 웨어러블 디바이스의 설계 방향성를 도출하기 위해 사전연구와 본 연구를 진행하였다. 사전연구에서는 착용감(Comfort)에 영향을 미치는 디바이스의 물리적 설계변수를 도출하기 위해 시장에 출시된 다양한 형태의 디바이스 착용평가를 진행하였고, 분산분석을 통해 디바이스의 착용감(Comfort)에 유의미한 영향을 미치는 변수를 선별하였다. 본 연구에서는 인체측정을 진행하여 사전연구에서 선별된 설계변수와 직접 대응되는 인체항목에 대한 정보를 얻었으며, 사전연구에서 얻은 결과와 인체정보를 바탕으로 동적활동(Dynamic Task) 시 주요설계변수에 대해 목걸이형 웨어러블 디바이스의 착용감(Comfort)을 최대로 하는 설계 가이드라인을 도출하였다.

Results: 사전연구결과 착용감(Comfort)에 영향을 미치는 변수는 좌우점 각도, 가로길이, 그리고 세로길이로 나타났으며, 변수 사이의 교호작용이 존재하여 디바이스 설계 시 이들을 동시에 고려해야 함을 나타내었다. 동적활동(Dynamic Task) 시 디바이스의 좌우점 각도와 가로길이는 평균 인체 승모각도와 목너비보다 작게 설계되어 인체 부착성이 높으며 동시에 세로길이는 평균 목 앞뒤점 너비보다 크게 설계될 때 안정감을 느껴 착용감(Comfort)이 컸다.

Conclusion: 사용자들은 인체의 변곡점에서 착용감(Comfort)에 대한 민감성이 높은 것으로 나타났기 때문에 디바이스는 인체가 이루는 형상에 잘 맞아 특정 부위에 센 압력이 느껴지지 않도록 설계해야 함을 알 수 있고, 추후 연구에서도 사용자의 상황을 고려한 설계가 필요하다.

Keywords: Necklace wearable device, Ergonomic design, Comfort, Dynamic activity

1. Introduction & Literature review

웨어러블 디바이스(Wearable Device)란 몸에 착용하는 형태의 모든 컴퓨팅 기기를 뜻한다. 1960년대 MIT 미디어랩에서 부착형 웨어러블 컴퓨팅에 대한 연구를 시작으로 1980년대에는 더욱 발전된 기술과 함께 입출력이 가능한 형태의 다양한 프로토

타입이 만들어졌다. 1990년대에 유비쿼터스 컴퓨팅이 등장하고 전자기기가 경량화되면서 산업에 본격적으로 적용이 가능해졌다(Kim and Jang, 2013). 2010년 이후 모바일 디바이스가 활성화되면서 웨어러블 디바이스가 Connected Device로 확장되었으며, M2M(Machine to Machine: 사물통신) 방식을 통해 실시간으로 정보를 교환하는 방식으로 이용되었다. 최근 휘트니스 문화(Fitness Culture)와 개인의 건강(Personal Health)에 대한 관심이 증가함에 따라 웨어러블 디바이스에 대한 관심이 증가하고 있으며, 특히 목걸이형 웨어러블 디바이스는 스마트폰과 같은 모바일 디바이스와 연결되어 운동 시 다양한 컨텐츠를 즐길 수 있도록 하여 높은 인지도를 얻었다. 앞으로도 목걸이형 웨어러블 디바이스는 인포테인먼트로서 다양한 기능들이 제공될 것이며, 사용자의 수요가 증가할 것이다(Choi, 2016).

과거부터 패션학에서는 인간이 착용하는 의복을 디자인하는데 있어서 인간이 느끼는 착용감(Comfort)을 높이고자 하는 연구를 수행해왔으며, 불편도를 줄이고자 하는 노력은 웨어러블 디바이스에서도 마찬가지로 중요하게 여겨졌다. 국내외 인간공학, 디자인 전문가들은 웨어러블 디바이스의 설계 및 평가에 관한 다양한 연구를 진행하였다. 특히 웨어러블 디바이스 착용 시 사용자가 착용감(Comfort)을 느껴야 하며 동시에 인체의 형태에 잘 맞는 형태를 하여 이질감이 느껴지지 않고, 인체의 움직임을 어색하게 느껴지지 않도록 설계하는 것이 필요하다(Kang, 2015; Hong, 2007; Knight et al., 2002; Gemperle et al., 1998).

설계하고자 하는 디바이스나 시스템에 따라 필요한 인체측정정보는 매우 다양하며, 인체에 관한 정보를 제공하는 인체측정은 인간이 사용하는 디바이스나 시스템의 설계에 있어서 매우 중요한 역할을 한다(Michod and Herron, 2006; Kroemer, 2006). 따라서 과거부터 여러 연구자는 머리, 귀 등 인체 특정 부위를 모델링하여 관련된 분야에 활용될 수 있도록 하였으며(Luximon et al., 2012; Zulkifli et al., 2014), 인체측정을 진행하여 인체의 형태에 대한 정보를 제품 설계에 활용한 연구도 다양하다(Goonetilleke and Feizhou, 2001; Jung, 2016). 웨어러블 디바이스 설계 시 인체측정을 통해 인체의 형상에 관한 정보를 얻어 설계에 반영하는 것이 요구된다.

목걸이형 웨어러블 디바이스가 인포테인먼트로서 역할을 하며 동시에 목에서 얻을 수 있는 다양한 생체정보들로 인해 목걸이형 웨어러블 디바이스가 하나의 폼팩터로서 여러 연구에서 빠짐없이 소개되며 인포테인먼트로서 높은 인지도를 얻음에도 불구하고 사용자들은 착용 시 불편함을 느끼는 것으로 나타났다(Motti and Caine, 2014; Nagae and Suzuki, 2011; Rofouei et al., 2011). 특히 Dynamic Task에서 목걸이형 웨어러블 디바이스는 머리, 손목, 가슴 등 인체의 다른 부위에 착용하는 디바이스보다 안정성(오랜 시간 착용하여도 피로하지 않고 편한가), 부착성(기기가 몸에서 잘 움직이지 않도록 설계되었는가), 인체의 동작(인체의 움직임이 쉽도록 하였는가)에 대한 평가가 가장 낮아 이를 개선하는 인간공학적 설계에 관한 연구가 필요하다(Kang, 2015). 또한, 목에 관련된 국가기술표준원의 인체측정항목은 의류를 디자인할 때 활용되는 남성의 목둘레와 여성의 목밑둘레로 한정되어 있어 디바이스 설계에 활용하기에는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 높은 인지도를 얻음에도 불구하고 착용 시 불편함을 느껴 상품성이 낮은 목걸이형 웨어러블 디바이스를 설계하는 데 있어서 중요한 설계변수가 무엇인지 밝히고, 인체측정을 통해 디바이스 설계에 필요한 인체정보를 얻고자 하였으며, 최종적으로 사용자의 동적활동 시 착용감(Comfort)을 최대로 하는 설계 가이드라인을 밝히고자 한다.

본 연구는 사전연구와 본 연구로 나누어 실험을 진행하였다. 사전연구에서는 목걸이형 웨어러블 디바이스의 주요설계변수가 무엇인지 밝혔다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 착용감(Comfort)을 최대로 하는 설계 가이드라인을 밝히고자 인체측정을 통해 변수별 수준을 정의하고, 착용평가를 통해 설계 가이드라인을 도출하였다. 선행연구에서 목걸이형 웨어러블 디바이스는 동적활동(Dynamic Task)을 수행할 때 인체의 다른 부위에 착용되는 웨어러블 디바이스보다 착용감(Comfort)이 가장 낮게 평가되었고, 앞으로 휘트니스 문화를 즐기는 사용자들에게 수요가 있다고 밝혔다. 따라서 착용평가 시 사용자의 착용 상황에 맞는 설계를 하기 위하여 걷기와 뛰기를 수행하는 동적활동(Dynamic Task)을 Task로 할당하였다(Kang, 2015; Knight and Baber, 2005).

2. Pretest

사전연구에서는 목걸이형 웨어러블 디바이스 설계에 있어서 중요한 설계 변수는 무엇인지 밝혀내고자 하였다. 따라서 선행연구 스터디 기반 전문가 토론으로 목걸이형 웨어러블 디바이스 설계에서 중요한 설계변수를 도출하였고, 시장에 출시된 다양한 형

태의 목걸이형 웨어러블 디바이스의 착용평가한 후 반복측정 분산분석으로 착용감(Comfort)에 유의한 영향을 미치는 디바이스 주요설계변수를 선별하였다.

먼저 인간공학 전문가들의 전문가 집단토론을 통하여 주요설계변수 후보를 도출하였다. 웨어러블 디바이스는 인체의 형상에 맞게 설계되어야 착용감을 최대화할 수 있기 때문에 인체의 구조 중 골격계, 근육계, 신경계, 그리고 순환기계에서 목걸이형 웨어러블 디바이스가 착용되는 목과 어깨 부분에 위치하는 기관들의 특징을 살펴보았다. 골격계에서는 경추, 근육계에서는 등세모근과 흉쇄유돌근, 신경계에서는 팔신경얼기, 그리고 순환기계에서는 목동맥과 목정맥을 고려하기로 하였으며, 인간공학 전문가 5명이 시장에 출시된 다양한 제품들을 직접 착용해보며 목걸이형 웨어러블 디바이스의 주요설계변수의 후보를 도출하였다. 도출된 6개 설계변수 후보들은 1. 좌우점 각도(Angle of the side point), 2. 세로길이(Height), 3. 가로길이(Width), 4. 하단부 가로길이(Width of lower part), 5. 상단부 각도(Angle of upper part), 그리고 6. 전체 둘레(Circumference)이며 나열한 순서대로 Figure 1에 나타냈다.

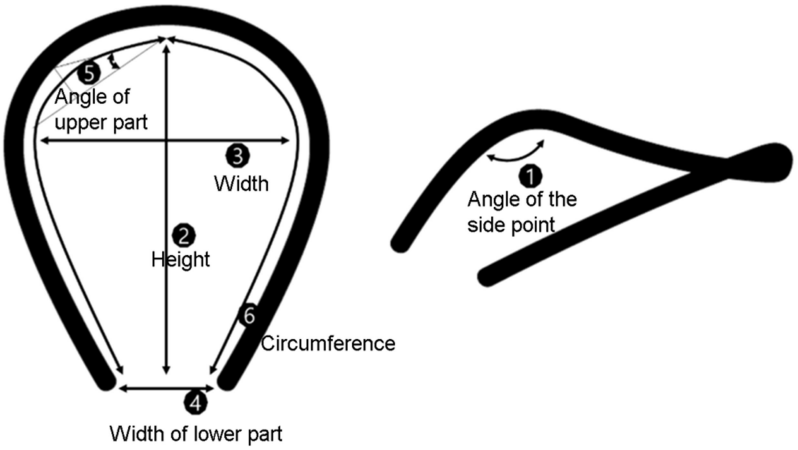


Figure 1. Design variables of necklace type wearable device

그 후 다양한 형태를 가진 디바이스의 착용평가를 통해 착용감에 유의한 영향을 끼치는 주요설계변수를 선별하였다. 10개의 다양한 형태를 가진 목걸이형 웨어러블 디바이스(Figure 2)의 착용평가를 통해 앞서 인간공학 전문가들이 도출한 6개 설계변수 중 착용감(Comfort)에 유의한 영향을 끼치는 변수를 주요설계변수로 선별하였다. 디바이스가 줄로 이루어져 형태가 자유로운 제품은 평가 대상에서 제외하였으며, 브랜드가 새겨져 있는 디바이스에는 견출지를 부착하여 평가에 영향을 주지 않도록 통제하였다.

착용평가는 실험실에서 진행되었으며, 활동성 있는 Task를 수행할 수 있도록 충분한 공간을 준비하였다. 평가는 평가준비, 평가연습, 그리고 착용평가 총 세 단계를 거쳐 진행하였다. 첫 번째 평가준비단계에서는 본 실험의 목적을 설명하였다. 또한, 본 실험의 종속변수인 착용감(Comfort)의 정의를 설명하여 충분하게 이해할 수 있도록 하였으며, 시각적인 디자인은 배제하고 디바이스가 착용된 인체 부위에서 오는 촉각적 감각으로 느껴지는 착용감(Comfort)에 대하여 평가하도록 하였다. 본 실험에서 활용된 7점 척도(7 point bipolar Numeric Rating Scale)의 각 항목에 관하여 설명하였다(Pearson, 2009; Agarwal, 2006; Parent et al., 2000). 목 Size에 대한 균형화된 표본추출을 위해 국가기술표준원의 목과 관련된 대표 인체측정항목인 남성의 목둘레, 여성의 목밑둘레를 Martin식 줄자로 측정하여 기록하였다. 두 번째 평가연습단계에서는 10개의 디바이스를 충분히 착용하여 각 디바이스가 서로 다른 형태를 보이고 있음을 인지할 수 있도록 하였고, 10개의 후보설계변수에 관하여 설명과 함께 추후 ANOVA 분석에 활용될 수 있도록 변수별 동질그룹에 대한 인터뷰하였으며, 가장 빈도가 높았던 그룹으로 구분하여 분석하였다. Dynamic Task는 선행연구를 참고하여 구성하였으며(Kang, 2015) (Table 1), '60m 걷기'와 몸이 상하좌우로 움직이는 '80m 달리기'로 할당하였다(Kang, 2015; Knight and Baber, 2005). 세 번째 착용평가단계에서 평가 순서는 평가 중 발생할 수 있는 외생변수를 통제하기 위해 Latin Square

Randomization 실험계획법에 따라 구성하였다. 본 실험에서 피실험자들은 순서에 맞게 먼저 디바이스를 착용, Dynamic Task 수행, 그리고 착용감(Comfort) 평가를 10번 반복하였으며, 3개의 제품을 평가한 후 3분에서 5분간 충분한 휴식을 취하도록 하여 촉각적 감각의 둔화를 막아 정확하게 평가하고자 하였다.



Figure 2. 10 Products launched in the market

Table 1. Descriptions for dynamic task

Task	Descriptions
Dynamic task	Walking 60 meters per minute (=3.6km/h)
	Running 80 meters per 30 seconds (=9.6km/h)

피실험자들은 웨어러블 기기에 대한 관심도가 높고 피트니스 헬스에 관심이 많고 추후 웨어러블 기기를 구매할 의향이 다른 세대에 비해 높다고 판단되는 20대 중반부터 30대까지 사용자를 대상으로 선정하였다(Kang, 2015). 따라서 본 실험에 참여한 피실험자들은 20~30대 한국인으로 총 25명으로 평균연령은 27.6세(SD=3.9)세였으며, 남자 13명, 여자 12명으로 성비균형을 맞췄다. 또한, 목둘레(남자)와 목밑둘레(여자)를 대표인체측정항목으로 선정하여 피실험자들의 목 Size에 대하여 균형화 하였고, 5%ile에 해당하는 남자 2명, 여자 2명, 25%ile 남자 2명, 여자 3명, 50%ile 남자 3명, 여자 3명, 75%ile 남자 3명, 여자 2명, 그리고 95%ile 남자 3명, 여자 2명이었다.

어떠한 설계변수가 목걸이형 웨어러블 디바이스의 착용감(Comfort)에 유의한 영향을 미치는지 살펴보기 위해 IBM SPSS Statics 24를 이용하여 반복측정 분산분석을 실시하였다. 유의수준 0.05에서 좌우점 각도, 세로길이, 그리고 가로길이가 디바이스의 착용감(Comfort)에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 2).

Table 2. *F*-value and *p*-value of necklace type wearable device design variables

Variable	*F*-value	*p*-value
Angle of the side point	$F(1, 299)=8.611$	0.004^{**}
Height	$F(1, 299)=9.154$	0.003^{**}

Table 2. *F*-value and *p*-value of necklace type wearable device design variables (Continued)

Variable	*F*-value	*p*-value
Width	$F(2, 298)=3.344$	0.037*
Width of lower part	$F(1, 299)=1.415$	0.235
Angle of upper part	$F(1, 299)=2.563$	0.110
Circumference	$F(1, 299)=0.303$	0.582

*$p<.05$, **$p<.01$

3. Main Test

본 연구에서는 동적활동 시 목걸이형 웨어러블 디바이스의 착용감(Comfort)을 최대화 하는 설계 가이드라인을 도출하고자 하였다. 본 연구를 수행하기에 앞서 인체측정을 통해 디바이스의 주요설계변수의 수준을 정의하였고, 직접 제작한 프로토타입으로 착용평가를 진행하여 목걸이형 웨어러블 디바이스의 착용감(Comfort)을 최대로 하는 설계 가이드라인을 도출하였다. 평가 시 사용자의 착용 상황에 맞는 설계를 하기 위하여 걷기, 뛰기 등을 수행하는 동적활동(Dynamic Task)을 수행하도록 하였다(Kang, 2015; Knight and Baber, 2005).

인체측정단계에서는 인체 기준점을 통해 디바이스 주요설계변수와 직접적으로 대응되는 인체측정항목을 정의하였고, 3D Scanner를 이용하여 측정을 진행하였다.

인체 기준점은 국가기술표준원의 직접측정 기준점 중 목과 어깨에 위치한 1. 목뒤점(x1, y1, z1), 2. 목앞점(x2, y2, z2), 3. 오른쪽 목옆점(x3, y3, z3), 그리고 4. 왼쪽 목옆점(x4, y4, z4)을 참고하였으며, 오른쪽 목옆점과 왼쪽 목옆점의 중앙점인 5. 목옆 중앙점 ((x3+x4)/2, (y3+y4)/2, (z3+z4)/2)을 새로운 기준점으로 정의하였다(Figure 3). 설계변수 좌우점 각도는 인체의 목뒤점과 목옆 중앙점 그리고 목앞점이 이루는 승모근 각도(Angle of trapezius muscle)와 대응되고, 설계변수 세로길이는 목뒤점과 목앞점 사이의 거리인 목앞뒤점 너비(Width between neck front and rear point)와 대응되고, 가로길이는 인체의 오른쪽 목옆점과 왼쪽 목옆점 사이의 거리인 목너비(Width between neck side points)와 짝을 이룬다. 정확성을 높이고자 3D Scanner를 이용해 인체측정을 진행하였으며, 이로부터 앞서 정의한 인체측정항목에 대한 정보를 얻었다.

본 측정은 인체측정학적 앉은 자세에서 측정하였으며, 측정오차를 줄여 정확성을 높일 수 있도록 3D Scanner를 이용하여 측정을 진행하였으며, 3D Systems의 Sense (Spatial x/y resolution at 0.5m is 0.9mm and Depth resolution at 0.5m is 1mm)를 이용하여 ISO15535의 기준에 적합한 인체측정치를 도출하고자 하였다(Figure 3). 또한, Martin식 인체측정기의 줄자를 이용해 직접측정을

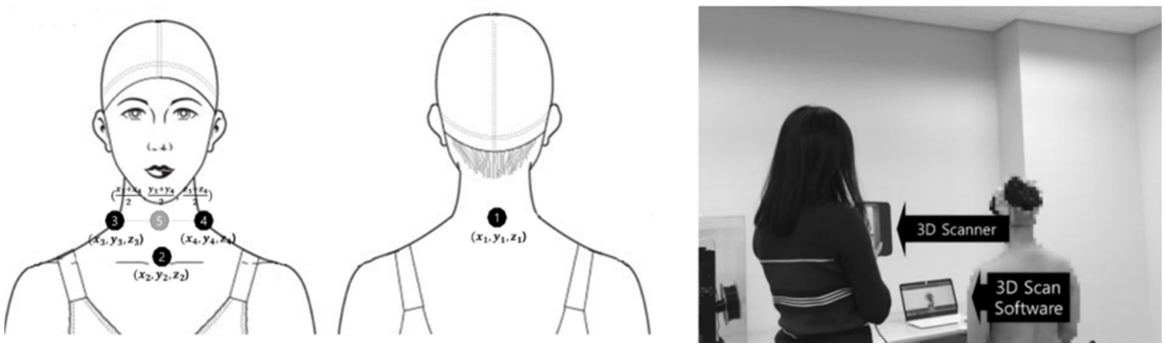


Figure 3. Reference points of neck measurements and the picture of 3D scanning

동시에 진행하여 층화 표본추출을 위하여 남성의 목둘레와 여성의 목밑둘레를 측정하였다.

본 실험에 참여한 피실험자들은 20~30대 한국인 총 30명으로 평균연령은 27.1세(SD=2.2)세였으며, 1st Study에서와 마찬가지로 남자 15명, 여자 15명으로 성비균형을 맞췄다. 또한 직접측정을 통해 목 Size에 대해 균형화 하였다. 남자 15명, 여자 15명으로 5%ile(남자 3명, 여자 3명), 25%ile(남자 3명, 여자 3명), 50%ile(남자 3명, 여자 3명), 75%ile(남자 3명, 여자 3명), 그리고 95%ile(남자 3명, 여자 3명)이었다.

3D Scan Data는 세 단계를 거쳐 분석하였다. 첫 번째 3D MAX로 3D Scan Data를 불러들여 각 기준점 좌표를 얻었다. 두 번째 Excel Sheet에 좌표를 붙여 넣었으며, 마지막으로 좌표로부터 인체측정항목에 대한 수치를 얻었다(Table 3).

Table 3. Information about the human neck (N=30)

Anthropometric item (unit)	M ± SD	5%ile	50%ile	95%ile
Angle of trapezius muscle (°)	157.7±11.4 (°)	139.4°	159.1°	179.5°
Width between neck front and rear point (mm)	135.4±8.9 (mm)	121.2mm	134.5mm	149.6mm
Width between neck side points (mm)	124.5±5.4 (mm)	115.7mm	124.2mm	134.8mm

사전연구에서 도출한 디바이스의 주요설계변수와 인체측정을 통해 도출한 인체정보를 바탕으로 실험계획을 진행하였다. 완전요인 실험 설계를 통해 변수 사이의 관계를 고려한 설계 가이드라인을 도출하고자 하였다. 주요설계변수의 수준은 인체측정결과를 바탕으로 정의하였다. 좌우점 각도를 인체측정항목 중 전체 피실험자들의 승모근 각도 5%ile인 140도, 50%ile인 160도, 마지막으로 95%ile인 180도로 선정하여 3개 수준을 갖도록 하였다. 세로길이에 대하여 인체측정항목 중 전체 피실험자의 목앞뒤점너비의 5%ile인 120mm, 50%ile인 135mm, 95%ile인 150mm로 정의하였다. 가로길이는 인체측정항목 중 전체 피실험자의 목너비의 5%ile인 115mm, 50%ile인 125mm, 95%ile인 135mm로 정의하였으며, 이외의 설계변수는 사전실험에서 가장 높은 착용감(Comfort) 점수를 얻은 10번 제품의 설계스펙으로 통제하였으며, 총 27개의 프로토타입이 설계되었다(Table 4).

Table 4. Levels of necklace type wearable device design variables

Level	Angle of side point (°)	Height (mm)	Width (mm)
Low	140°	120mm	115mm
Middle	160°	135mm	125mm
High	180°	150mm	135mm

프로토타입을 제작할 때에는 크게 세 단계를 거쳤다. 첫 번째로 실제로 착용할 수 있도록 탄성이 있는 와이어로 뼈대를 만들었다. 두 번째로 뼈대 와이어에 납으로 만들어진 와이어를 등간격으로 둘러 무게를 통제하였고, 무게가 고르게 분포하도록 하였다. 무게는 제품 설계에 있어서 중요한 변수지만 특정 무게 이하로 줄이기 위해서는 기술적인 제약이 있어 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 시장에 출시된 10개의 다양한 제품의 무게를 조사하여 중앙값인 36.4g으로 통제하였고, 이를 통해 본 연구에서 도출한 가이드라인이 실제 제품 무게에서 적용될 수 있도록 하였다. 세 번째로 실제 제품들에서 사용한 광택도가 낮은 플라스틱 재질과 유사한 마찰력이 높은 재질의 점토인 아모스 아이클레이를 부착하여 실험대안의 형태를 구성하였다(Jeong et al., 1999). 이때, 주요설계변수 이외의 형태는 1st Study에서 10개의 착용평가 대상 중 가장 착용감이 우수하였던 10번 제품의 형태와 동일하게 구성하여 다른 형태로 인한 외생변수를 통제하였다(Figure 4).

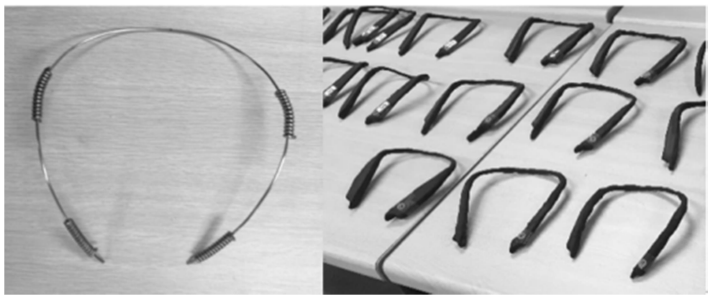


Figure 4. Frame of the prototype wrapped with a thin wire and clay having high friction force

착용평가 방식과 장소는 사전연구와 동일하게 진행하였다. 평가를 하는 도중에 발생할 수 있는 외생변수를 통제하기 위해 Latin Square Randomization 실험계획법에 따라 구성하였다. 본 실험에 참가한 피실험자들은 20~30대 한국인 총 26명으로 평균연령은 28.5(SD=4.3)세였으며, 남자 14명, 여자 12명으로 5%ile(남자 3명, 여자 2명), 25%ile(남자 3명, 여자 3명), 50%ile(남자 3명, 여자 3명), 75%ile(남자 3명, 여자 2명), 그리고 95%ile(남자 2명, 여자 2명)이었다.

4. Results

Minitab 16을 이용하여 분산분석과 사후분석을 실시하여 설계변수의 유의성을 살펴본 후 착용감(Comfort)을 최대로 하는 설계 가이드라인을 도출하였다. 또한, 사후분석 결과를 참고하여 회귀분석을 통해 착용감과 주요설계변수 사이의 관계를 도출하였다.

분산분석 결과, 좌우점 각도, 세로길이, 그리고 가로길이 주효과, 가로길이와 세로길이의 2차 교호작용, 변수들의 3차 교호작용이 유의수준 0.05에서 목걸이형 웨어러블 디바이스의 착용감(Comfort)에 유의한 영향을 끼치는 것으로 나타났다(Table 5). 각 변수에 대한 착용감 점수와 2차 교호작용이 존재하였던 목옆너비와 목앞너비의 교호작용 도표는 Figure 5에 나타내었다(Figure 5). 또한 좌우점 각도 140°, 가로길이 115mm, 세로길이 150mm인 프로토타입이 가장 높은 착용감(Comfort) 점수를 얻었다.

Table 5. ANOVA Results

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	*F*	*p*
Angle of side point	2	134.283	134.283	67.141	131.75	0.000***
Height	2	16.094	16.094	8.047	15.79	0.000***
Width	2	60.84	60.84	30.42	59.69	0.000***
Angle of side point*Height	4	3.961	3.961	0.99	1.94	0.102
Angle of side point*Width	4	1.37	1.37	0.342	0.67	0.612
Height*Width	4	59.038	59.038	14.76	28.96	0.000***
Angle of side point*Height*Width	8	230.082	230.082	28.76	56.44	0.000***
Error	675	343.98	343.98	0.51		
Total	701	849.648				

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

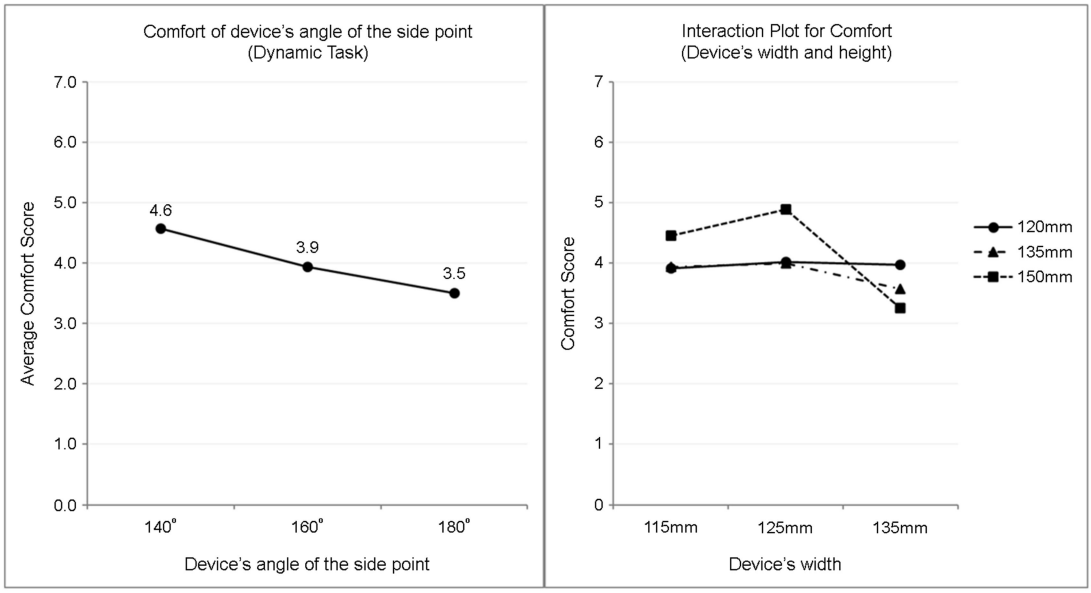


Figure 5. Average comfort score for device's angle of the side point in dynamic task and interaction plot for comfort of the device's width and height

사후분석 결과를 참고하여 3개의 주요설계변수에 대한 2차항, 1차항, 그리고 2차 상호작용항을 모두 포함하여 초기 회귀모델을 구축하였으며, 설명력이 크고 Mellow's Cp값이 낮은 회귀모델을 본 연구의 최종 회귀모델로 선택하였다. 착용감과 주요설계변수들 사이의 관계는 다음 식과 같이 나타낼 수 있으며, 모든 계수는 유의수준 0.05에서 유의하였고 수정된 설명력은 0.58이었다.

$$\text{착용감(Comfort)} = -0.005 \times \text{가로길이}^{2} + 0.001 \times \text{세로길이}^{2} - 0.002 \times \text{가로길이} \times \text{세로길이} - 0.031 \times \text{좌우점각도} + 1.482 \times \text{가로길이} - 83.578$$

5. Discussion and Conclusion

웨어러블 디바이스의 수요가 증가하는 상황에서 다양한 폼팩터를 가진 기기에 관한 연구들이 수행되었다. 그 중 목걸이형 웨어러블 디바이스는 하나의 폼팩터로서 여러 연구에서 빠짐없이 소개됨에도 불구하고 관련된 연구가 부족하고, 설계에 활용할 수 있는 인체에 관한 정보도 부족한 실정이었다. 이에 따라 사전연구에서 목걸이형 웨어러블 디바이스의 설계에 있어서 중요한 설계변수를 밝혔다. 본 연구에서는 설계변수와 대응되는 인체측정항목에 대하여 인체측정을 수행하여 설계에 활용할 수 있도록 수치화 하였으며, 직접 제작한 프로토타입으로 착용평가를 진행하여 동적활동(Dynamic Task) 시 착용감(Comfort)을 최대로 하는 최적형태를 제시하였다. Discussion & Conclusion에서는 연구를 통해 알아본 결과들을 요약하며, 이를 통해 목걸이형 웨어러블 디바이스의 설계할 때 고려해야 하는 중요한 사항을 논하고 결론을 도출하고자 한다.

사전연구 결과 목걸이형 웨어러블 디바이스의 착용감(Comfort)에 대하여 유의한 영향을 끼치는 설계변수는 좌우점 각도, 세로길이, 가로길이로로 나타났다. 이 설계변수들은 목과 어깨에 존재하는 인체의 직접측정기준점을 통해 직접적으로 설명될 수 있는 변수들이다. 사용자들이 이러한 인체의 변곡점에서 착용감(Comfort)에 대한 민감성이 높았고, 목걸이형 웨어러블 디바이스는 인체가 이루는 형상에 잘 맞아 특정 부위에 센 압력이 느껴지지 않도록 설계해야 함을 알 수 있다. 이는 인체공학적 설계에서는 사용자의 인체 치수와 여유공간을 고려하여 결정될 필요가 있다는 선행연구의 주장과 일치한다(Jung, 2016).

본 연구에서 Dynamic Task는 사람이 걷거나 뛰어 인체가 물리적으로 이동하거나 몸이 상하좌우로 움직이는 것으로 정의되는데, 이 상황에서는 디바이스의 좌우점 각도는 인체보다 작게 설계되었을 때 착용감(Comfort)이 높은 경향이 있었다. 좌우점 각도가 충분히 작은 각을 이뤄 사용자들이 인체에 부착된다는 것을 느낄 때 착용감이 좋다고 느끼는 것을 알 수 있다(Kang, 2015; Kang and Kim, 2012; Chae et al., 2006).

2차 교호작용이 존재하였던 세로길이와 가로길이는 동시에 고려되어야 한다. 가로길이는 평균인체에 맞으며 동시에 세로길이가 인체보다 큰 수준을 가질 때 착용감이 높았다. 하지만 세로길이와 가로길이가 모두 큰 수준일 때에 착용감(Comfort) 점수가 급격하게 감소한다는 결과가 도출되었고, 이를 통해 동적활동 시 디바이스의 인체 부착성이 매우 중요한 사항임을 알 수 있다. 또한 3개 주요설계변수 사이에 3차 교호작용이 존재하여 최적 설계 가이드라인을 도출할 때에는 3개의 변수를 동시에 고려해야 한다. 좌우점 각도가 평균 인체 치수보다 작을 때, 세로길이는 클 때, 가로길이는 작을 때 가장 착용감(Comfort) 점수가 높았다. 이는 회귀분석과도 일치하는 결과이다. 디바이스 설계에 있어서 좌우점 각도와 가로길이는 평균 승모각도와 목너비보다 작게 설계되어 충분히 인체에 부착되어야 하며, 동시에 세로길이는 평균 목앞뒤점 너비보다 크게 설계되어 안정성 있게 착용할 수 있을 때 착용감(Comfort)이 높음을 알 수 있다. 디바이스 설계에 있어서 인체 디바이스의 인체 부착성, 착용감(Comfort)에 대한 민감성, 사용자의 상황을 동시에 고려하여 변수별로 인체에 밀착되는 정도를 다르게 해야한다는 것을 알 수 있다.

본 연구는 목걸이형 웨어러블 디바이스를 설계하는데 있어서 중요하게 고려해야 하는 주요설계변수를 정량적으로 밝혔으며, 3D Scanner를 이용하여 인체측정을 수행하였다. 또한 이러한 정보들을 바탕으로 동적활동(Dynamic Task) 시 설계 가이드라인을 제시하였다. 본 연구가 제시한 정보들은 제품 설계 등 다양한 분야에서 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 웨어러블 헬스케어 기기 폼팩터의 유형별 사용편의성에 관한 선행연구에서 목걸이형 웨어러블 디바이스가 Dynamic Task에서 착용 시 피로하지 않으며 편한 정도로 정의되는 안정성에 대한 점수가 낮음을 보였는데(Kang, 2015), 본 연구의 결과를 통해 설계한다면 디바이스의 착용감(Comfort)을 높여 사용자들에게 더 높은 만족도를 줄 수 있을 것으로 기대된다.

하지만 인체의 형태와 관련이 없거나 현실적인 기술 제약을 고려하여 일정하게 통제하였던 무게, 디바이스 무게의 분배, 균형, 그리고 촉각적 감각을 통해 착용감을 야기할 수 있는 재질 등 다양한 설계변수를 고려하지 못한 점이 본 연구의 한계이다. 또한, 본 연구에서는 주 사용자로 예측이 되는 20~30대 남녀로 사용자 집단을 정하고자 성별을 통제하였지만, 설계변수와 관련된 인체측정변수가 성별이나 나이에 따라 다른 집단으로 구분될 수 있다. 추후 연구가 진행된다면 연구 목적에 맞게 집단을 구분하여 최적 설계치를 도출할 수 있을 것이다. 그리고 본 연구에서는 인체가 상하좌우로 움직이는 '달리기'를 수행할 때 목걸이형 웨어러블 디바이스의 착용감(Wearability)을 개선하기 위하여 동적활동(Dynamic Task)을 뛰거나 걷는 활동을 Task로 할당하였지만, 추후 연구에서는 동적활동(Dynamic Task)에 대한 일반화를 위하여 고도의 변동이 일어나는 계단 오르기/내리기와 같은 Task도 고려해야 한다. 마지막으로 웨어러블 디바이스의 설계에 있어서 중요하게 고려되어야 할 사항은 착용감(Comfort) 이외에도 기기가 몸에서 잘 움직이지 않도록 잘 설계되었는지에 대한 부착성과 인체의 움직임이 쉽도록 하였는지에 대한 인체의 동작 등 여러 연구에서 다양하게 제시되고 있다(Kang, 2015; Hong, 2007; Knight et al., 2002; Gemperle et al., 1998). 추후 연구에서 다차원적 척도를 기반으로 평가하여 최적설계를 제시한다면 인간의 다차원적 요구사항을 만족시킬 수 있을 것이다.

References

Agarwal, A., Volumetric Deformation: A New Objective Measure to Study Chair Comfort Using 3D Body Scanning Technology *[Honors Thesis]. Cornell University*, 2006, http://ecommons.cornell.edu/handle/1813/3130.

Chae, H., Hong, J., Cho, H., Lee, Y., Park, S., Han, K. and Lee, J., The Development of Usability Evaluation for Wearable Computer: An Investigation of Smart Clothing, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 9(3), pp. 265-272, 2006.

Choi, J., How should we prepare for the super-connected society that is made by smart new people?, *42th KISTEP Forum*, http://www.ictconference.kr/sub/pdf/day2/004(%EC%B5%9C%EC%9E%AC%EB%B6%95).pdf (2016)

Gemperle, F., Kasabach, C., Stivoric, J., Bauer, M. and Martin, R., Design for Wearability, *Digest of Papers. Second International Symposium on Wearable Computers (Cat. No.98EX215), Pittsburgh, PA, USA*, pp. 116-122, 1998.

Goonetilleke, R.S. and Feizhou, S., A Methodology to Determine the Optimum Seat Depth, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27(4), pp. 207-217, 2001.

Hong, J.Y., Study on Requirement Investigation and Development of Usability Evaluation for Wearable Computers: Toward Smartwear, *Doctoral thesis of Yonsei University*, 94(24), 2007.

Jeong, Y.D., Hwang, S.H. and Lee, M.H., The Effects of Molding Conditions on the Surface Gloss of ABS Molding. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 16(4), 110-115, 1999.

Jung, H., An Ergonomic Vehicle Moving Handle Design and Evaluation Method for Grip Comfort, *Master's thesis of Pohang University of Science and Technology*, 2016.

Kang, D., (A) Study on Form Factor of Heart Rate Measurement Wearable Fitness Tracker in Human Factor Perspective, *Master's thesis of Kookmin University,* 2015.

Kang, S. and Kim, E., Design Process for Improving the Wearability of Wearable Computers: A Guideline based on the integration of HCI and Fashion Design, *the Conference on The HCI Society of Korea*, pp. 787-789, 2012.

Kim, D. and Jang, J., A Study on Pattern Development of Men's Slim-fit Dress Shirt: Focus on the 25-35 aged men, *Journal of the Korean Society of Clothing Industry*, 15(6), pp. 950-962, 2013.

Knight, J.F. and Baber, C., A Tool to Assess the Comfort of Wearable Computers, *Human Factors*, 47(1), pp. 77-91, 2005 Spring.

Knight, J.F., Baber, C., Schwirtz, A. and Bristow, H.W., The Comfort Assessment of Wearable Computers. Proceedings, *Sixth International Symposium on Wearable Computers*, pp. 65-72, 2002.

Kroemer, K.H.E., *Anthropometry*, International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors., Edited by Waldemar Karwowski, 2nd Edition, p. 242, 2006.

Luximon, Y., Ball, R. and Justice, L., The 3D Chinese Head and Face Modeling, *Computer-Aided Design*, 44(1), pp. 40-47, 2012.

Michod, R.E. and Herron, M.D., Cooperation and Conflict during Evolutionary Transitions in Individuality, *Journal of Evolutionary Biology*, 19(5), pp. 1406-1409, 2006.

Motti, V.G. and Caine, K., Human Factors Considerations in the Design of Wearable Devices, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 58th Annual Meeting*, pp. 1820-1824, 2014.

Nagae, M. and Suzuki, K., "A neck mounted interface for sensing the swallowing activity based on swallowing sound," *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Boston, MA, pp. 5224-5227, 2011.

Parent, F., Dansereau, J., Lacoste, M. and Aissaoui, R., Evaluation of the New Flexible Contour Backrest for Wheelchairs. *J Rehabil Res Dev*, 37, pp. 325-333, 2000.

Pearson, E.J., Comfort and its measurement - a literature review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 4(5), pp. 301-310, 2009.

Rofouei, M., Sinclairm, M., Bittner, R., Blank, T., Saw, N., DeJean, G. and Heffron, J., A Non-invasive Wearable Neck-Cuff System for Real-Time Sleep Monitoring, *2011 International Conference on Body Sensor Networks, Dallas, TX*, pp. 156-161, 2011.

Zulkifli, N., Yusof, F. and Rashid, R., Anthropometric Comparison of Cross-Sectional External Ear between Monozygotic Twin. *Ann Forensic Res Anal*, 1(2), pp. 1010-1015, 2014.

Author listings

Jinsil Lee: leejinsil52@korea.ac.kr
Highest degree: BA, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Position title: Master's Student, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Areas of interest: Product Development and UX Design

Kimin Ban: kmban@korea.ac.kr
Highest degree: MA, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Position title: Doctoral Student, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Areas of interest: Product Development and UX Design

Jaeho Choe: jhchoe@daejin.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Pohang University of Science and Technology
Position title: Professor, Department of Industrial Management Engineering, Daejin University
Areas of interest: Product Development

Eui S. Jung: ejung@korea.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Pennsylvania State University
Position title: Professor, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Areas of interest: Product Development