
웨어러블 디바이스를 활용한 운동 중 피드백 방식 연구

- 근력 운동에 대한 멀티 모달 피드백 적용을 중심으로 -

Designing a Feedback for Exercises Using a Wearable Device

유현진, Hyunjin Yoo*, 맹옥재, Wookjae Maeng**, 이중식, Joongseek Lee***

요약 현재 피트니스 트래커(fitness tracker)시장은 유산소 운동에만 초점을 맞춰 근력 운동 분야는 상대적으로 소외되어 있다. 최근 근력 운동 피트니스 트래커가 소수 출시되고 있으나, 운동 상황에 대한 고려가 부족하여 사람-기기 간 인터랙션에 불편함을 초래한다. 특히, 운동 중에는 신체의 움직임이 활발하므로, 손으로 기기를 휴대하거나 기기를 조작하는 상황은 사용자에게 부정적 경험을 유발한다. 웨어러블 디바이스는 항시적인 착용이 가능하므로, 손과 발의 사용이 자유로워 운동 중 피드백 제공에 효과적이다. 따라서, 이 연구에서는 웨어러블 디바이스를 통해 피드백을 감각하게 함으로써, 운동 수행자가 효과적인 운동을 할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 이 연구에서는 다음 세 가지 연구 문제를 검증하였다. 1) 운동 상황에서 필요한 정보는 무엇인가? 2) 근력 운동 중, 어떤 감각 피드백이 선호되는가? 3) 근력 운동 중, 감각 피드백의 가치는 무엇인가? 그 결과, 첫째, 운동 수행자는 운동 단계 중, '운동 중'에 해당하는 정보가 가장 필요하다고 하였으며 '페이스 조절(횟수 카운팅, 동기 부여)'과 '자세 지도(문제점 진단, 자세 교정)'에 해당하는 정보를 가장 필요로 하였다. 둘째, 운동 중 선호되는 감각 피드백에 대해서는 청각 피드백, 촉각 피드백, 시각 피드백 순으로 만족도가 높았으며, 운동 강도가 높을수록 감각 피드백에 대한 만족도가 더 높았다. 셋째, 감각 피드백과 기기 피드백의 가치에 대해 비교한 결과, 기기 피드백과 사람이 제공하는 피드백에 대한 만족도, 유용성, 효용성이 비슷하게 나타났다. 결론적으로, 이 연구에서는 근력 운동 중, 웨어러블 디바이스를 활용한 감각 피드백의 디자인 가이드라인을 도출하였으며, 웨어러블 디바이스의 감각 피드백이 사람이 제공하는 피드백을 대체할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

Abstract The landscape of the current fitness trackers is not only limited to the aerobic exercises but also the weight training is comparatively excluded. Recently, a few weight training fitness tracker was released, human-computer interaction was not well designed due to the lack of considering the context. Because body movement would be intense while doing exercises, having exercise performers hold or operate a device makes a negative experience. As the wearable device is always inseparable to body, it could provide effective feedback because holding or operating a device is not necessary. Therefore, this study aims to make the exercise performers feel a natural feedback through the wearable device to do effective exercises. As a result, this study identified three findings. First, the information which exercise performers most needed was 'during exercise,' and the most necessary information for exercise performers through wearable device's sensory feedback was about 'pace control' with counting and motivation. Second, the order of the most preferred presentation type of sensory feedback was auditory feedback, haptic feedback and visual feedback. Third, the satisfaction, utility, usefulness score of sensory feedback as same as the personal trainer's feedback. In conclusion, this study illustrated the feedback design implications using a wearable device while doing weight training and the possibilities that wearable device could be substitute for personal trainer.

핵심어 : *wearable device, sensory feedback, exercise, multimodal feedback*

*주저자 : 서울대학교 융합과학기술대학원 융합과학부 디지털정보융합전공

**공동저자 : 서울대학교 융합과학기술대학원 융합과학부 디지털정보융합전공

***교신저자 : 서울대학교 융합과학기술대학원 융합과학부 디지털정보융합전공 교수; e-mail: joonlee8@snu.ac.kr

■ 접수일 : 2016년 7월 29일 / 심사일 : 2016년 8월 12일 / 게재확정일 : 2016년 9월 23일

1. 서론

웨어러블 디바이스(wearable device)라는 새로운 기기의 등장과 함께, 웨어러블 디바이스 시장은 피트니스 트래커(fitness tracker)와 헬스 케어(healthcare)를 중심으로 빠르게 성장하고 있다. 피트니스 트래커는 2013년도 기준 전 세계 웨어러블 기기의 약 72%를 차지하고 있다[1]. 그러나 출시된 피트니스 트래커 중 대다수는 '유산소 운동'에 초점을 맞추고 있다. 출시된 피트니스 트래커의 96%가 걸음수를 측정하는 유산소 운동 관련 트래커이다[2]. '근력 운동'을 포함한 기타 피트니스 트래커는 전체 피트니스 트래커의 판매 수의 중 겨우 4%에 해당하는 실정이다. 운동학적 관점에서 유산소 운동과 근력 운동에 균형을 맞추는 것이 중요함에도 불구하고, 피트니스 트래커 시장에서 근력 운동을 위한 피트니스 트래커는 소외되어 있다. 최근 근력 운동을 위한 피트니스 트래커가 소수 출시되고는 있으나, 운동 상황에 대한 고려가 부족하여 사람-기기 간 인터랙션(interaction)에 불편함을 초래하고 있다.

근력 운동 중에 자연스러운 사람-기기 간 인터랙션을 제공하기 위해서는 운동 중 상황에 대한 고려가 필수적이다. 특히, 운동 중에는 신체의 움직임이 활발하므로, 손으로 기기를 휴대하거나 기기를 조작하는 상황은 사용자에게 부정적 경험을 유발한다. 웨어러블 디바이스는 항시적인 착용이 가능하므로, 손과 발의 사용이 자유로운 운동 중 피드백 제공에 효과적인 기기이다. 또한, 웨어러블 디바이스의 인터페이스(interface)는 인간의 신체적, 지적 능력의 연장선 상에 존재하므로 신체의 일부처럼 자연스러운 피드백(feedback)을 제공할 수 있다[3]. 따라서, 이 연구에서는 웨어러블 디바이스를 통해 고강도 근력 운동 중 감각 피드백을 제공함으로써, 운동 중 상황에서 가장 자연스러운 사람-기기 간 인터랙션 방법을 모색하고자 한다.

2. 선행 연구

현재, 웨어러블 디바이스를 활용한 피드백 방식 연구는 두 가지 축으로 진행되고 있다. 1) 알고리즘(algorithm)을 통해 운동 횟수와 운동 동작을 센싱하는 연구, 2) 사람-기기 간 인터랙션(interaction) 측면에서의 피드백 디자인에 대한 연구가 그것이다. 알고리즘 개발에 기반한 피드백 관련 연구는 활발히 진행되고 있는 반면, 인터랙션 측면에서 감각 피드백을 다룬 연구는 상대적으로 미흡하다. 따라서 본 연구에서는, 사람-기기 간 인터랙션 측면에서, 감각 피드백을 운동 상황에 적용한 선행 연구들을 살펴보았다.

첫째, 다양한 스포츠에 대한 피드백 관련 연구를 살펴보았다. Spelmezan(2012)은 웨어러블 디바이스를 활용한 촉각 피드백을 스노우 보드(snowboard)의 운동 학습에 적용하였다. 양쪽 어깨와 허벅지에 부착된 진동 모터에서 주어지는 자극을 통해 스노우 보딩 시의 방향 전환을 효과적으로 학습할 수 있도

록 하였다[4]. Oakes et al.(2015)는 고강도 스쿼트 운동 시에 무릎에 착용하는 웨어러블 디바이스를 통한 시각 피드백을 제공하였다. 무릎의 각도에 따라 시각 피드백이 빨간색, 노란색, 초록색으로 전달되는 구조이다. 운동 코치와 운동 수행자를 대상으로, 스쿼트 운동 시 웨어러블 디바이스가 가지는 가치에 대해서 질적 연구를 진행하였다[5].

둘째, 재활 운동에 대한 피드백 관련 연구를 살펴보았다. Ananthanarayan et al.(2013)은 무릎 재활 운동에 적용할 수 있는 웨어러블 디바이스를 개발하고, 시각 피드백을 제공하여 운동에 대한 효용을 높이고자 하였다. 웨어러블 디바이스를 활용한 운동 경험에 대한 사용성 평가를 위해 설문과 반구조화 인터뷰를 실시하였다. 사용성 평가에서는 필요성, 착용성, 시각화 방식에 대해 중점적으로 알아보았다[6]. O'Neil et al.(2015)은 앉았다 일어서는 재활 운동 시에 웨어러블 디바이스를 활용하여 촉각 피드백을 제공하였다. 양쪽 허벅지에 아두이노(arduino)를 활용한 진동 모터를 고정하고, 앉았다 일어서는 운동 시의 동기 부여를 위하여 진동 피드백을 활용하였다[7].

셋째, 운동 게임에 대한 피드백 관련 연구를 살펴보았다. Zaczynski et al.(2014)은 Wii를 활용하여 요가 운동 게임 시 멀티 모달 피드백을 활용하였다. 먼저, 시각 피드백을 제공하는 방법에 있어서, 운동 수행 동작에 대한 여러 가지 각도의 조합에 대한 만족도 평가를 알아보았다. 또한, 시각, 청각, 촉각 피드백의 조합을 달리하여 제공했을 때의 사용자의 만족도 평가에 대해서도 알아보았다[8]. Choi et al.(2015)은 진동과 청각 피드백을 활용한 수영게임에 적용하였다. 운동 수행자는 방수 이어폰을 착용하고, 스마트폰을 팔에 고정시켜 수영 동작에 대한 피드백을 실시간으로 받을 수 있다. 수영장에서 여러 사람과 함께 수영을 하는 상황에 대해, 경쟁과 협동 요소를 게임에 적용시켰다[9].

이처럼, 사람-기기 간 인터랙션 측면에서 웨어러블 디바이스를 활용한 감각 피드백에 관련된 선행 연구를 검토하였다. 이를 통해, 운동 게임 분야에서 시각, 청각, 촉각의 조합을 모두 고려한 '멀티 모달 피드백'이 시도되고 있으나, 다양한 운동 분야와 재활 운동 분야에서 디자인된 감각 피드백의 경우 시각, 청각, 촉각 피드백을 모두 고려하지 못한 경우가 많았다. Sigrist et al.(2013)에 따르면, 운동 중 피드백 방식에 있어 멀티 모달 피드백이 가장 효율적이다[10]. 또한, 근력 운동 중 맨손 운동이 가장 일반인에게 접근성이 높기 때문에, 본 연구에서는 맨손 운동을 연구 범위로 한정한다. 따라서, 이 연구에서는 맨손 운동 수행 시, 시각, 청각, 촉각을 모두 조합한 멀티 모달 피드백을 제공하는 방법과 그것의 가치에 대해 알아볼 것이다.

3. 연구 문제

맨손 운동 수행 시 웨어러블 디바이스를 통해 제공할 수 있는 적합한 감각 피드백 방식과, 감각 피드백이 지니는 가치에

대해 알아보기 위해 세 가지 연구 문제를 설정하였다.

연구 문제 1. 맨손 운동 상황에서 필요한 정보는 무엇인가?

- 1.1 운동 수행자에게 주어지는 정보는 무엇인가?
- 1.2 운동 수행자가 가장 필요로 하는 정보는 무엇인가?

연구 문제 2. 맨손 운동 중, 어떤 감각 피드백이 선호되는가?

- 2.1 감각 피드백은 어떤 운동 종류에서 만족도가 높은가?
- 2.2 감각 피드백의 전달 방식 중 만족도가 가장 높은 것은 무엇인가?

연구 문제 3. 맨손 운동 중, 웨어러블 디바이스가 제공하는 감각 피드백은 사람이 제공하는 피드백과 어떻게 다른가?

- 3.1 감각 피드백의 만족도는 어떻게 나타나는가?
- 3.2 감각 피드백에 따른 유용성/효용성은 어떻게 나타나는가?

4. 연구 방법

먼저, 운동 상황에서 필요한 정보가 무엇인지 알아보기 위하여 예비조사를 진행하였다. 예비 조사에서 도출된 결론을 바탕으로 1차 프로토타입을 개발하여, 실험 (1)에 활용하였다. 실험 (1)에서는 운동 중 상황에서 웨어러블 디바이스를 통해 감각 피드백을 제공할 때, 어떤 감각 양식(sensory modality)과 어떤 전달 방식(presentation type)의 조합을 선호하는지에 대해 알아보았다. 다음으로, 실험 (1)에서 도출된 결과를 바탕으로 2차 프로토타입을 개발하였다. 실험 (2)에서는 실험 (1)에 기반하여 웨어러블 디바이스의 감각 피드백이 사람이 제공하는 피드백과 비교했을 때 어떤 가치를 지니는지 알아보았다. 위의 과정을 통해서 이 연구의 결과를 도출하였다.

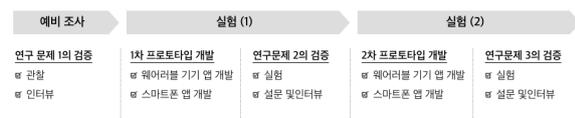


그림 1. 연구 절차

4.1 예비조사

예비 조사에서는 <연구 문제 1: 맨손 운동 상황에서 필요한 정보는 무엇인가?>에 대해 알아보았다. 먼저, 실제 운동 상황에서 운동 수행자에게 어떤 정보가 주어지는지 관찰을 통해 알아보았다. 다음으로, 제공되는 정보들 중에서 운동 수행자가 가장 필요로 하는 정보는 무엇인지 인터뷰를 통해 알아보았다.

4.1.1 관찰

현재 피트니스 센터에서 주 2회 이상 퍼스널 트레이닝(personal training)을 받고 있는 사람을 대상으로, 관찰을 수행

하였다. 관찰 대상은 총 3명이었으며, 평균 연령은 31세(SD=3)이었다. 평균 45분 정도의 퍼스널 트레이닝 시간을 총 6회 관찰하였다. 관찰 내용은 운동 수행자에게 주어지는 정보가 무엇인지에 대해 초점을 맞추었다. 관찰 방법으로 운동 수행자가 퍼스널 트레이닝을 받는 과정을 동영상으로 촬영하였고, 사후 비디오 촬영 결과를 보며 필드 노트를 작성한 후, 문장 단위로 개방형 코딩을 수행하였다.

4.1.2 인터뷰

실제 피트니스 센터에서 운동을 하는 중이거나 과거에 운동 경험이 있는 사람들을 대상으로 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰의 목적은, 관찰한 내용에서 더 나아가 운동 상황에서 필요한 정보에 대한 심층적인 이해를 하기 위함이었다. 인터뷰 참가자는 총10명(남:5, 여:5)이었으며, 평균 연령은 27.4세(SD=3.4)였다. 인터뷰는 반구조화(semi-structured) 형식으로 15분간 진행하였다. 인터뷰의 내용은 운동 전, 운동 중, 운동 후에 필요한 정보가 무엇인지에 대해서 질문하였다. 인터뷰 내용은 녹음 및 기록하여 데이터 분석에 활용하였다.

4.1.3 예비조사 결과

예비조사에서는 관찰 결과와 인터뷰 내용을 병렬적으로 살펴본 후, 운동 상황에서 가장 필요한 정보가 무엇인지에 대해 탐색하였다(표 1).

표 1. 운동 수행자에게 주어지는 정보

단계	구분	전달 정보	속성
운동 전	동작 설명	운동 동작 시연	이미지, 언어
		자세에 대한 설명	
운동 중	페이스 조절	횟수 카운팅	언어
		동기 부여	
	자세 지도	문제점 진단	언어, 행동
	자세 교정		
운동 후	평가 및 관리	운동의 질, 강도 평가	언어
		사후 관리	

먼저, 운동 상황에서 주어지게 되는 정보는 다음과 같다. 운동 전에는 운동 동작에 대한 정보, 운동 중에는 페이스 조절과 자세 지도, 운동 후에는 평가 및 관리에 관한 정보로 요약될 수 있다. 이 중에서, 운동 수행자가 가장 필요로 하는 정보는 '운동 중'에 주어지는 정보였다. 운동 중에는 페이스 조절과 자세 지도가 주어지는데, 인터뷰에 응한 운동 수행자 모두 '자세 지도'의 중요성을 언급했다. 그러나, 관찰 결과에 따르면 자세 지도의 정보적 속성이 언어와 행동 기반으로 이루어지므로, 웨어러

블 디바이스에서 '자세 지도'를 수행하기에 어려움이 있다고 판단하였다. 따라서, 이 연구에서는 운동 중의 '페이스 조절(횟수 카운팅, 동기 부여)'에 초점을 맞추었다.

4.2 실험 (1)

실험 (1)에서는 <연구문제 2: 맨손 운동 중, 어떤 감각 피드백이 선호되는가?>에 해당하는 내용을 검증한다. 실험 참가자는 운동 중 상황에서 총 아홉 가지의 전달 방식을 제공받으며, 각 전달 방식에 대한 설문과 인터뷰를 하게 된다. 실험을 통해 수집된 설문 결과와 인터뷰 내용을 분석하여 결과를 도출하였다.

4.2.1 1차 프로토타입 개발

예비조사 결과를 바탕으로, 웨어러블 디바이스에서 '횟수 카운팅'과 '동기 부여'를 제공할 수 있는 1차 프로토타입(prototype)을 개발하였다(그림 3). 실험을 위한 프로토타입은 연구자가 오퍼레이터(operator)로서 조작 가능한 스마트폰 애플리케이션(application)과 실험참가자가 피드백을 확인할 수 있는 웨어러블 디바이스로 구성된다. SDK 설치와 개발 용이성을 고려하여, 안드로이드 웨어(android wear) 기반의 에이수스 젠 워치2(ASUS zen watch 2)와 삼성 갤럭시 S4(samsung galaxy S4)를 활용하여 제작하였다.



그림 2. 1차 프로토타입 구현 모습

연구자용 스마트폰 애플리케이션의 구성은 다음과 같다. 스마트폰에서는 시각, 청각, 촉각에 해당하는 세 가지 감각 양식의 하위 전달 방식(presentation type)을 선택할 수 있게 된다. 하위 전달 방식은 감각 양식 별로 세 가지 종류로 구성되어, 연구자는 총 아홉 가지의 전달 방식을 선택할 수 있다.

실험 참가자가 웨어러블 디바이스를 통해 확인하는 감각 피드백의 디자인 원칙(design rationale)은 다음과 같다. 먼저, 각 감각 양식 별로 수행 횟수의 확인, 수행 단계의 확인, 수행 여부의 확인이 가능한 세 가지 전달 방식을 디자인하였다. 시각 피드백의 경우, '숫자'를 통해 수행 횟수의 확인이 가능하며, '밝기

정도'를 통해 수행 단계를 확인할 수 있고, '깜빡임'을 통해 수행 여부의 확인이 가능하다. 청각 피드백의 경우, '사람의 음성'을 통해 수행 횟수를 확인할 수 있고, '동기 부여'를 통해 '목표 횟수와 현재 달성 횟수의 차이(예시:한 번만 더!)'를 제공함으로써 수행 단계 확인이 가능하도록 하였으며, '종소리'를 통해 수행 여부 확인이 가능하도록 디자인했다. 촉각적 피드백의 경우, 감각 양식의 특성 상 수행 횟수의 확인이 힘들기 때문에, 수행 여부에 대한 전달 방식 종류를 두 가지로 구성하였다. '일정한 진동'과 '운동 완료 시 진동'을 통해 수행 여부에 대해 확인할 수 있도록 구성하였다. 수행 단계 확인은 '진동의 길이'를 달리 하여 구분할 수 있게 하였다.

표 2. 감각 양식 별 피드백 디자인

시각	청각	촉각
숫자 밝아짐 깜빡임	음성 카운팅 동기 부여 종소리	일정한 진동 길어지는 진동 완료시 진동

4.2.2 피실험자 모집

피실험자는 신체가 건강하고, 기기 친숙도가 높은 20~30대로 한정하여 3일 간 모집하였다. 실험 과정에서 중-고강도 운동을 실시하기 때문에 운동 능력에 대한 고려가 필요하였다. 피실험자 모집 시, 실험의 내용에 대해 충분히 설명한 뒤 본인의 운동 능력을 반영하여 참여 의사를 밝히도록 하였다. 운동 능력에 있어, 남녀 간의 차이가 발생할 것을 고려하여 실험 참가자의 성비를 균등하게 모집하였다. 실험에 참여한 인원은 총 20명으로 남자 10명, 여자 10명으로 구성하였다. 실험 참가자의 평균 나이는 27.3세 (SD=2.9)이었다.

사전 설문을 통해 운동 동기와 운동 지식이 아주 낮거나 전혀 없는 사람(3점 미만/7점 만점)은 실험에서 제외하여, 20명의 실험 참가자를 최종적으로 선정하였다. 운동 동기와 운동 지식에 대한 설문 데이터를 수집한 이유는 Janelle et al.(1995)에 근거하여, 운동 학습 상황에서 학습자 스스로 정보를 찾기 위한 노력은 인지적, 행동적 전략을 강화시켜 운동 학습을 증진시키기 때문이다[11].

4.2.3 실험

운동 중 감각 피드백에 대한 평가를 알아보기 위하여 실험을 진행하였다. 실험 방법으로는 오즈의 마법사(wizard-of-oz) 방법을 활용하여, 연구자가 배후에서 시스템 역할을 대신하였다. 연구자가 스마트폰 앱으로 감각 피드백의 아홉 가지 전달 방식을 조작하면, 운동 중인 실험 참가자가 착용한 웨어러블 디바이스에서 피드백을 전달 받을 수 있는 방식이다.

실험에서 수행하는 운동의 경우, 하루오(2000)에 따른 적정

운동 강도에 근거하여 팔벌려뛰기 5회, 스쿼트 5회, 크런치 5회씩 3번 반복하는 것을 한 세트로 구성하였다[12]. 따라서 실험 참가자에게 한 세트 당 팔벌려뛰기 15회, 스쿼트 15회, 크런치 15회를 진행한 후 2분 간 휴식하도록 하였다. 이는 실험의 외적 타당성을 고려하여, 운동 처방 가이드라인을 준수한 것이다[14].



그림 3. 감각 피드백의 만족도에 대한 실험 (왼쪽:팔벌려뛰기, 중앙:스쿼트, 오른쪽:크런치에 해당하는 운동 동작)

각각 피드백에 대한 평가 내용을 데이터화 하기 위하여 설문 및 인터뷰를 진행하였다. 설문 내용은 감각 피드백의 만족도에 대해 5점 척도로 점수를 매기는 것이었다. 설문을 통해 수집한 만족도 점수는 이후 데이터 분석에 활용되었다. 인터뷰는 설문 내용을 바탕으로 하여, 질적인 내용을 심층적으로 확보하기 위해 진행되었다. 인터뷰의 내용은 감각 피드백 방식에 대한 장점과 단점에 대해 알아보는 것이었다. 인터뷰를 통해 제공된 피드백 방식에 대한 장점과 단점은 무엇인지 알아봄으로써, 2차 프로토타입을 위한 요구 사항을 도출할 수 있었다.

4.3 실험 (1) 결과

4.3.1 전달 방식에 따른 운동 별 만족도

그림 8은 감각 피드백 전달 방식에 따른, 운동 별 만족도의 분석 내용이다. 전달 방식 측면에서는, 전반적으로 청각 피드백, 촉각 피드백, 시각 피드백 순으로 만족도 점수가 높게 나타났다. 또한, 운동 종류에 따라서는 크런치, 스쿼트, 팔벌려뛰기 순으로 가장 강도가 높고 정적인 운동에서 만족도가 높게 나타났다. 전달 방식과 운동 종류에 따른 만족도 평균의 차이를 만족도 합을 기준으로 통계 분석(Two-way RM ANOVA)한 결과, 전달 방식에 따른 만족도 차이는 $F(8,152) = 53.65, p < 0.001$ 로 유의미한 것으로 나타났다. 운동 종류에 따른 만족도 차이도 $F(2,38) = 30.94, p < 0.001$ 로 유의미했다. 전달 방식과 운동 종류 두 변수 간 인터랙션 효과도 $F(16,306) = 8.854, p < 0.001$ 로 유의미했다.

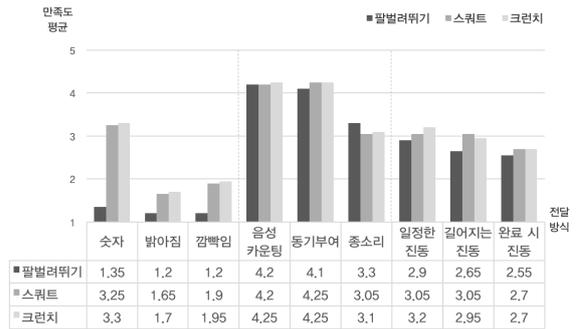


그림 4. 전달 방식에 따른 운동 별 만족도 평균

시각 피드백(숫자, 밝아짐, 깜빡임)의 경우, 크런치에서 만족도 평균 점수가 상대적으로 높게 나왔으나 스쿼트의 만족도 평균 점수와 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나, 팔벌려뛰기의 경우 시각 피드백에 대한 만족도 평균 점수가 현저하게 낮게 나타났다.

“스쿼트랑 크런치는 그나마 시각 피드백 확인이 가능한데, ‘숫자’ 빼고는 인지하기 힘들었어요.”(P16)

청각 피드백(음성 카운팅, 동기부여, 종소리)에 대한 만족도 평균 점수는 전반적으로 가장 높게 나타났다. 특히, ‘음성 카운팅’과 ‘동기 부여’의 경우 팔벌려뛰기, 스쿼트, 크런치 세 가지 운동 모두 만족도 평균 점수가 고르게 분포하였다. ‘종소리’의 경우, 팔벌려뛰기를 할 때의 만족도 평균 점수가 스쿼트, 크런치를 할 때의 만족도 평균 점수보다 높게 나타났다.

“스쿼트나 크런치는 운동이 힘들어서 그런지, 그냥 음성으로 알려주는 게 편하더라고요. 팔벌려뛰기는 운동 속도가 빨라서 그런지 ‘종소리’가 좋았어요.”(P11)

촉각 피드백의 경우(일정한 진동, 길어지는 진동, 완료 시 진동), 스쿼트와 크런치는 촉각 피드백에 대한 만족도 평균 점수가 상대적으로 높게 나타났으나, 팔벌려뛰기의 경우에는 촉각 피드백에 대한 만족도 평균 점수가 다른 피드백 전달 방식에 비해 낮게 나타났다.

“스쿼트나 크런치는 팔벌려뛰기에 비해서 정적인 운동이잖아요. 그래서 그런지 진동 확인이 쉬웠어요.”(P20)

4.4 실험 (2)

운동 중 감각 피드백의 가치에 대해서 알아보고자 실험 (2)를 수행하였다. 실험 (2)를 통해 검증하고자 한 내용은 <연구문제 3: 맨손 운동 중, 웨어러블 디바이스가 제공하는 감각 피드백은 사람이 제공하는 피드백과 어떻게 다른가?>에 관한 것이다. 웨어러블 디바이스의 감각 피드백이 가지는 가치에 대해 알아보기 위하여, 웨어러블 디바이스가 제공하는 감각 피드백과 사람이 제공하는 피드백의 비교해 보았다. 실험 (2)는 크게 네

단계로 구성된다. 피실험자 모집, 사전 설문, 운동 동작에 대한 튜토리얼, 기기의 감각 피드백과 사람 피드백에 대한 비교 실험을 순차적으로 진행하였다.

4.4.1 2차 프로토타입 개발

실험 (1)에서 도출한 결과에 기반하여 2차 프로토타입을 개발하였다. 2차 프로토타입에서는 실험 참가자가 착용하는 웨어러블 디바이스에서 멀티 모달 피드백(multimodal feedback)을 제공할 수 있도록 하였다. 또한, 실험 (1)에서 만족도 점수가 높았던 청각 피드백을 주요 피드백으로 활용하기 위해서 '음성 카운팅'과 '동기 부여'에 초점을 맞춘 화면을 설계하고, 이를 연구자가 조작하는 스마트폰 앱에 반영하였다(그림 5).



그림 5. 2차 프로토타입 구현 모습

2차 프로토타입 개발의 목적은, 운동 횟수와 운동 퀄리티 측면에서의 감각 피드백의 가치를 알아보는 것이었다. 2차 프로토타입이 제공하는 기능은 크게 운동 횟수에 대한 '음성 카운팅', 남은 횟수에 따른 '동기 부여'로 나뉜다. 실험 (1)에서 수행했던 감각 피드백에 대한 만족도 설문 및 인터뷰 결과에 기반하여, 멀티 모달 피드백의 설계 시, 피드백의 정보 위계와 역할을 구분하였다. 실험 참가자 모두 청각 피드백에 대해 높은 만족도를 보였기 때문에, 주요 피드백 방식을 '음성 카운팅'과 '동기 부여'로 하였다. 다음으로 만족도 점수가 높았던 '일정한 진동'의 경우, 운동 동작 지속 시간에 대한 보조적 정보를 제공하여, 운동의 정확성을 높이고자 하였다. 만족도 점수가 제일 낮았던 시각 피드백의 경우, 운동 횟수를 '숫자'로 제시하여 주변적인(ambient) 횟수 인식이 가능하게 하였다.

4.4.2 피실험자 모집

피실험자는 실험 (1)에 참여한 사람들 중, 참여 의사를 밝힌 사람을 대상으로 하였다. 피실험자 모집 시, 실험 내용에 대해서 설명한 후 운동 능력을 고려하여 참여 의사를 표명하도록 했다. 참여 의사를 밝힌 사람들 중 운동 동기와 운동 지식이 보통(4점/7점 만점) 이상인 사람만을 대상으로 하여, 총 10명을

모집하였다. 성별에 따른 운동 능력의 격차로 인해 실험 결과가 왜곡될 것을 고려하여, 남녀 5명씩 성비를 균등하게 모집하였다. 실험 참가자의 평균 나이는 27.4세(SD=3.4)였다.

4.4.3 사전 설문

사전 설문 단계에서는 크런치 운동 횟수에 관한 개인 별 기준 자료(baseline data)를 수집하였다. 실험 참가자는 Borg(1982)의 주관적 운동 강도(RPE)에 기반하여 크런치 운동 수행 시, '힘들다', '아주 힘들다', '더이상 못하겠다'에 해당하는 운동 횟수를 온라인 설문으로 기록하였다[13]. 김재구(2009)에 따르면 일반적으로 '힘들다'에 해당하는 횟수가 고강도 운동에 적합한 운동이라고 하였으므로[3], 본 연구에서는 실험 참가자가 '힘들다'라고 응답한 운동 횟수를 기준으로 목표를 설정하도록 하였다.

4.4.4 실험

운동 중 웨어러블 디바이스가 제공하는 감각 피드백과 사람이 제공하는 피드백과의 비교 실험을 위해, A/B 테스트 방법을 활용하였다. 실험은 크게 두 단계로 구성하였다.

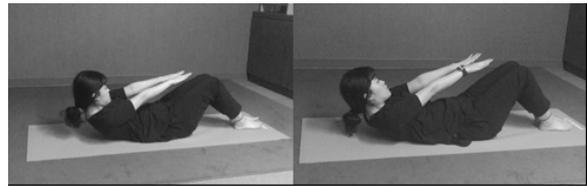


그림 6. 사람이 제공하는 피드백(왼쪽)과 기기가 제공하는 피드백(오른쪽)에 대한 비교 실험

먼저, 운동 수행자에게 웨어러블 디바이스가 제공하는 피드백과 사람이 제공하는 피드백을 순차적으로 제공하였다. 사람이 피드백을 제공할 시, 운동 방법에 대한 지침을 참고하여 보강적 피드백을 제공하는 것을 원칙으로 하였다[14]. 운동 횟수는 실험 전에 실시한 크런치 운동 횟수에 관한 기준 자료에 기반하여, 실험 참가자가 직접 자신의 목표를 설정하게 하였다. 다음으로, 운동 수행자는 피드백에 대한 설문지 작성과 인터뷰를 수행하였다. 설문 내용은 피드백에 대한 만족도, 유용성, 효용성 측면에서 5점 척도로 점수를 매기는 것이었다. 먼저, 만족도는 피드백에 대해서 전반적으로 만족했는지에 관한 내용이었다. 다음으로, 유용성은 피드백을 통해서 운동 횟수를 점진적으로 증가하는데 도움이 되었는지에 관한 것이었다. 마지막으로 효용성은, 피드백을 통해서 운동의 퀄리티(quality)가 증가했는지에 관한 내용이었다.

4.5 실험 (2) 결과

4.5.1 기기 피드백 VS. 사람 피드백의 만족도 비교

그림 7에서 확인할 수 있듯 기기 피드백과 사람 피드백의 만족도 평균 점수를 비교한 결과, 기기 피드백(4점)이 사람 피드백(3.7점)보다 더 높게 나타났다. 이에 대한 데이터를 paired t-test를 통해 통계적으로 검증한 결과, $t(9) = 0.89553$, $p > 0.05$ 로 유의미하지 않았다. 그러나, 인터뷰 내용의 질적 분석을 수행한 결과, 기기 피드백이 사람 피드백에 비해 만족도가 높은 이유에 대해 의미있는 발견을 할 수 있었다. 인터뷰 내용은 Strauss와 Corbin(1990)에 따라 의미 유사성에 기반한 문장 단위로 분석하였다[15].

인터뷰에 따르면, 실험 참가자 대다수가 운동 시, 타인에 의한 '강제성'을 원하는 것과 동시에 부담스러워하는 역설적인 반응을 나타냈다. 이 연구에서는 기기 피드백이 사람 피드백에 비해 만족도가 높게 나타난 이유를 사람 피드백이 가지는 '강제성' 때문이라고 보았다. 인터뷰 결과에 의하면, 사람 피드백이 주어질 경우 '감시(surveillance)'하는 타인의 존재를 의식해야 하는 반면, 기기의 경우 '자기 감시(self-surveillance)'의 도구로 작용하므로 타인을 의식하지 않고, 오로지 자신이 하고 있는 운동 동작에만 더욱 집중할 수 있다. 또한, 웨어러블 디바이스의 감각 피드백을 통해 자기 감시를 수행하면서도 기기에 대한 심리적 거리는 가깝게 느낄 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 이를 통해, 웨어러블 디바이스를 활용하여 운동 중 거부감이 적은 방식으로 피드백을 제공할 수 있다는 가능성을 파악하였다.

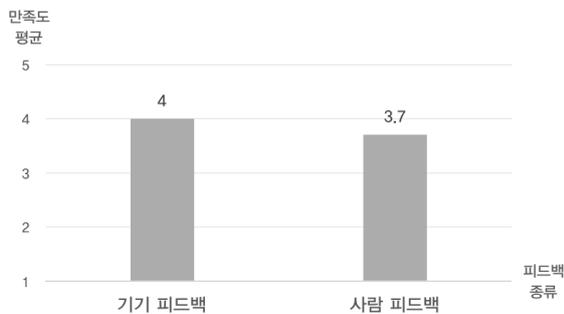


그림 7. 기기 피드백과 사람 피드백의 만족도 평균

“사람이 다섯번 더 하라고 하는 것과 기기가 더 하라고 하는 거랑 다른 것 같아요. 기기가 반감이 덜 한 느낌이 들어요. 사람이 있으면 더 강압적인 느낌이에요.” (A08)

“디바이스를 차고 있으니까 피드백이 굉장히 가깝게 느껴져요. 사람은 한 발짝 멀리 있는데 이걸 몸에 붙어있으니까. 혼자 피드백을 주고 받고 하는 느낌이 들었어요. 다른 사람이 개입하지 않아도 피티를 받는 듯한 느낌이에요.” (A05)

4.5.2 기기 피드백 VS. 사람 피드백의 유용성, 효용성 비교

웨어러블 디바이스의 감각 피드백과 사람이 제공하는 피드백의 유용성과 효용성에 대한 설문 데이터를 분석하였다. 유용성은 피드백을 통해서 운동 횟수를 점진적으로 증가하는데 도움이 되었는지에 관한 것이다. 효용성은, 피드백을 통해서 운동의 퀄리티(quality)가 증가했는지에 관한 것이다. 그림 10에서 확인할 수 있듯, 유용성과 효용성의 평균 점수는 앞서 확인한 만족도 점수와는 달리 사람 피드백이 기기 피드백에 비해 높게 나타났다. 웨어러블 디바이스의 감각 피드백과 사람이 제공하는 피드백에 대한 유용성, 효용성을 paired t-test를 통해 통계적으로 검증한 결과, 유용성은 $t(9) = 1.4056$, $p > 0.05$ 로 유의미하지 않았고, 효용성도 $t(9) = 0.318$, $p > 0.05$ 로 유의미하지 않았다. 그러나, 인터뷰 내용을 문장 단위로 질적 분석을 수행한 결과, 의미 있는 발견을 할 수 있었다[15].

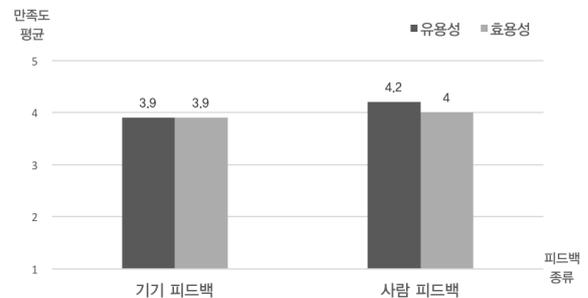


그림 8. 기기 피드백과 사람 피드백의 유용성, 효용성 평균

“하라고 하니깐 해야만 할 것 같아요. 웨어러블 디바이스가 운동을 더 하라고 하니깐 왠지 모르게 신기하고, 재미있는 것 같아요.(A04)

“동작을 하면서 멈춰있는 2초가 정말 길다는 걸 느꼈어요. 확실히 기기에서 진동이 울리는 게 느껴니까 얼마나 자세를 지속해야 하는지를 정확하게 알 수 있어서, 똑바로 운동을 한 듯한 기분이 들어요.” (A03)

이는, 기기 피드백이 사람 피드백 만큼 유용성, 효용성이 있다는 것을 뜻하며, 사람이 제공하는 피드백을 기기 피드백이 일부 대체할 수 있음을 함축한다는 점에서 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

5. 결론 및 제언

이 연구에서는 운동 중 웨어러블 디바이스에서 제공하는 감각 피드백에 대한 평가와 가치에 대해 알아보았다.

〈연구 문제 1: 맨손 운동 상황에서 필요한 정보는 무엇인가?〉에 대한 결과는 다음과 같다. 첫째, 운동 수행자에게 주어지는 정보는 운동 전, 운동 중, 운동 후의 정보로 나뉜다. 운동 전에는 '동작 설명(운동 동작 시연, 자세에 대한 설명)'이 주어

진다. 다음으로, 운동 중에 제공되는 정보는 '페이스 조절(횟수 카운팅, 동기부여)'과 '자세 지도(문제점진단, 자세 교정)'이다. 운동 후에는 '평가 및 관리(운동의 강도, 질에 대한 평가, 사후 관리)'가 이루어지게 된다. 둘째, 앞서 설명한 정보들 중에서 운동 수행자가 가장 필요로 하는 정보는 운동 중에 해당하는 '페이스 조절(횟수 카운팅, 동기 부여)'과 '자세 지도(문제점 진단, 자세 교정)'였다.

〈연구 문제 2: 맨손 운동 중, 어떤 감각 피드백이 선호되는가?〉에 대한 결과는 다음과 같다. 첫째, 웨어러블 디바이스를 통한 감각 피드백은 청각 피드백, 촉각 피드백, 시각 피드백 순으로 만족도가 높게 나타났다. 이를 통해, 만족도에 따라 정보 제공의 역할이 구분되어야 한다는 사실을 도출할 수 있었다. 따라서, 운동 중 상황에서 청각 피드백을 주요 피드백, 촉각 피드백을 보조적 피드백, 시각 피드백을 주변적 피드백으로 활용할 필요가 있다. 둘째, 운동 별 만족도는 크런치, 스쿼트, 팔벌려뛰기 순으로 높게 나타났다. 이는 고강도 운동과 정적인 운동일수록 감각 피드백에 대한 만족도가 더욱 높게 나타난다고 해석될 수 있다. 셋째, 감각 피드백의 전달 방식 조합에 있어서는, 시각 피드백의 '숫자'와 청각 피드백의 '음성 카운팅+동기부여', 촉각 피드백의 '일정한 진동'의 조합을 가장 선호하는 것으로 나타났다. 이를 통해, 운동의 종류와 상관없이 일정한 멀티 모달 피드백 방식에 대한 니즈가 있다는 사실을 도출하였다.

〈연구 문제 3: 맨손 운동 중, 웨어러블 디바이스가 제공하는 감각 피드백은 사람이 제공하는 피드백과 어떻게 다른가?〉에 대한 결과는 다음과 같다. 첫째, 만족도 측면에서 기기 피드백이 사람 피드백보다 만족도가 높은 것으로 나타났다. 인터뷰 결과, 사람 피드백이 가지는 타인에 의한 감시(surveillance) 효과 때문에 부담감이 생긴다는 사실을 도출하였다. 따라서, 웨어러블 디바이스는 자기 감시(self-surveillance) 도구로 기능하며, 타인에 대한 부담감을 줄여 피드백에 대한 만족감을 높이는 것으로 해석될 수 있다. 둘째, 유용성과 효용성은 사람 피드백이 기기 피드백에 비해 높은 것으로 나타났다. 인터뷰 결과에 의하면, 사람의 존재가 주는 감시 효과에 의해 운동 횟수 증가 측면에서의 유용성, 운동의 퀄리티 측면에서의 효용성을 높인다는 사실을 알 수 있었다. 셋째, 기기 피드백은 정기적인 피드백을 통해 일정한 운동 패턴을 학습하도록 하며, 사람 피드백은 운동 수행자에 맞춘 정기적, 비정기적 피드백을 제공하여 운동에 대한 기준 패턴(reference pattern)을 형성할 수 있도록 돕는다. 따라서, 기기 피드백은 운동에 대한 기준 패턴을 내재화할 수 있도록 하는 학습 도구로 활용될 수 있다. 이는, 사람 피드백을 기기 피드백이 대체할 수 있음을 함축한다는 점에서 시사하는 바가 크다.

참고문헌

[1] 최수진, 박수준, 정인수. 미래 소비자 중심의 헬스케어의

방향을 제시하는 웨어러블 기기.

http://cccr.or.kr/comm/bbs/board.php?bo_table=sub15&wr_id=54. 2016.07.20.

- [2] Danova, T. The wearable computing market report. Business Insider, 2014.
- [3] IRS Global 편집부. 웨어러블 컴퓨터 개발동향과 시장 전망 및 국내외 참여업체 사업전략. 인천:IRS Global, 2013.
- [4] Spelmezan, D. An Investigation into the Use of Tactile Instructions in Snowboarding. Proceedings of MobileHCI '12. ACM, pp. 417-426. 2012.
- [5] Oakes, K., Siek, K. A. and MacLeod, H. Musclememory: identifying the scope of wearable technology in high intensity exercise communities. Proceedings of Pervasive Health '15. EAI, pp. 193-200. 2015.
- [6] Ananthanarayan, S., Sheh, M., Chien, A., Profita, H. and Siek, K. Pt Viz: towards a wearable device for visualizing knee rehabilitation exercises. Proceedings of CHI '13. ACM, pp. 1247-1250. 2013.
- [7] O'Neil, C., Dunlop, M. D. and Kerr, A. Supporting Sit-To-Stand Rehabilitation Using Smartphone Sensors and Arduino Haptic Feedback Modules. Proceedings of Mobile HCI '15. ACM, pp. 811-818. 2015.
- [8] Zaczynski, M. and Whitehead, A. Establishing design guidelines in interactive exercise gaming: preliminary data from two posing studies. Proceedings of CHI '14. ACM, pp. 1875-1884. 2014.
- [9] Choi, W., Kim, J., Oh, J., Edge, D. and Uichin, Designing group fitness swimming exergames: a case study. Proceedings of ISWC'15. SWSA, pp. 221-224. 2015.
- [10] Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R. and Wolf, P. Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: A review. Psychonomic Bulletin & Review. 20(1). Psychonomic Society, pp. 21-53. 2013.
- [11] Janelle, C. M., Kim, J. and Singer, R. N. Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. Perceptual and Motor Skills, pp. 627-634. 1995.
- [12] 이케가미 하루오. 운동 처방의 실제. 서울:학문사. 2000.
- [13] Borg. G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. Med-Sci Sports Exercise. 14(5). ACSM, pp. 377-381. 1982.
- [14] Pescatello, L. S. and American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams &Wilkins Health, 2014.
- [15] Strauss, A. and Corbin, J. M. Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques. Sage Publications, Inc. 1990.