

척추재활운동을 위한 디지털 압력바이오피드백 장치의 사용성 평가

Usability Testing of Digital Pressure Bio-feedback for Spinal Rehabilitation Exercise

김태호*, 오도봉, 김다연

T. H. Kim, D. B. Oh, D. Y. Kim

요 약

임상현장에서 압력 바이오피드백 장치는 요통 환자들의 척추재활운동에 사용되고 있으나, 여러 가지 단점을 갖고 있다. 본 연구는 사용자에게 신체의 움직임과 균형을 센싱하고 모니터링하여 사용자에게 바이오피드백을 제공함으로써 척추재활운동시 실시간으로 정확한 운동방법과 자세를 제공하는 디지털화된 압력 바이오피드백 장치를 개발하고자 하였다. 그 후 사용성 평가를 진행하여 안전성, 수행성, 조작성, 만족성 등의 문제점을 파악하고 개선방향을 제시하고자 한다. 본 연구에 참여한 대상자는 총 33명으로 전문가 평가 집단 11명, 사용자 평가 집단 22명으로 실제 개발된 장비를 사용 후 5점 척도로 평가하였다. 사용자 집단에서는 안전성 3.59점, 조작성 4.38점, 만족성 4.49점으로 나타났으며, 전문가 집단에서는 안전성 2.86점, 조작성 3.91점, 수행성 4.28점으로 나타났다. 본 사용성 평가를 바탕으로 태블릿PC 거치대의 안정성 문제, 공기주입, 화면 표시 등의 문제점을 개선한다면 척추안정화 운동을 하면서 실시간 자신의 운동상태를 확인하여 정확한 운동과 기능 평가가 가능한 운동장치가 될 것이다.

ABSTRACT

In the clinical setting, the pressure bio-feedback device is used for the spinal rehabilitation of patients with back pain, but it has several disadvantages. The purpose of this study was to develop a digitalized pressure biofeedback system that provides precise exercise method and posture in real time during the spinal rehabilitation exercise by sensing and monitoring body movements and balance of users and providing biofeedback to users. After that, the usability testing for a digitalized pressure biofeedback system will be conducted to identify problems such as safety, performance, operability, and satisfaction, and suggest improvement directions. A total of 33 subjects were participated in the usability testing. The experts group and the users group evaluated the developed digitalized pressure biofeedback system on a scale of 5 points after using the equipment. In the user group, safety was 3.59, operability was 4.38, satisfaction was 4.49. In the expert group, safety was 2.86, operability was 3.91, and performance was 4.28. Based on the usability evaluation, if the problems of stability of the cradle for tablet PC, air injection, screen display, etc. are solved, it becomes a exercise device capable of accurately exercising and evaluating the function of the spine by checking its own motion state while the spinal stabilization exercise.

Keyword: Back Pain, Exercise Program, Pressure Bio-feedback, Stabilization Exercise, Usability testing

접 수 일 : 2017.04.27

심사완료일 : 2017.06.13

게재확정일 : 2017.06.16

* 김태호 : 대구대학교 물리치료학과 조교수

ptkimth@daegu.ac.kr (주저자)

오도봉 : 코아윈 개발팀장

dboh@coreonetech.com (공동저자)

김다연 : 대구대학교 물리치료학과 초빙교수

kimdayeon@daegu.ac.kr (교신저자)

※ 본 연구는 2016년 중소기업청의 지원으로 이루어진 연구임.

1. 서론

허리 통증은 살면서 누구나 한 번쯤 겪는 흔한 질환으로 이들 중 소수는 지속되는 증상과 함께 재발을 반복한다[1]. 일생 동안 전 인구의 80%가 허리 통증을 경험하며, 급성 허리 통증 환자 중 10~20%는 3 개월 이상의 통증과 장애를 일으키는 만성화를 초래하는 것으로 보고되고 있다[2]. 만성 허리 통증 환자는 정상인에 비해 자세조절의 손상[3], 근육 반응의 지연[4], 몸통 움직임의 감지 능력 손상[5], 자세 회복 시 오류 증가[6] 등 다양한 운동조절의 문제들이 허리 통증과 관련이 있는 것으로 보고되고 있다.

만성 허리 통증 환자에게 실시되는 운동방법은 굽힘 운동[7], 펌 운동[8], 스트레칭, 유산소, 수중재활, 요가, 슬링 등 다양한 방법들이 적용되고 있다[9-10]. 그러나 이러한 운동방법들 중에는 환자에 따라 오히려 근육 손상을 일으킬 수 있으며 역학적 스트레스를 가하여 만성 허리 통증 환자에게는 몸통의 근력과 지구력 개선에 효과적이지 못하다는 지적이다[11]. 그러나, 일반적인 허리 통증에는 원인과 상관없이 척추의 안정성을 향상시키는 것이 치료와 재발에 더 효율적이라고 제시되고 있다[12].

최근에는 허리 통증 재발률을 증가시키는 척추의 불안정성을 조절하고 척추 주위의 근육인 배가로근, 뭇갈래근, 가로막, 골반 아래 근육을 활성화하며 강화 시켜 몸통의 기능적인 안정성을 제공하는 것으로 알려진 몸통 안정화 운동(trunk stability exercise)이 허리 통증 치료에 적용되고 있다[13]. 몸통 안정화 운동은 몸통 근육의 협응 수축을 유도하여 기능적인 자세와 움직임의 조절능력을 회복시켜 자세안정성을 증가시킴으로서 근력 강화와 균형 능력 향상으로 정상적인 운동을 촉진하는 것이다[14]. 이 운동은 장소, 시간, 비용적인 제한이 적다는 장점 때문에 만성 허리통증환자의 치료에 필수적인 접근방법이 되고있다[15]. 또한 Stuge 등 (2004)은 배속빚근, 배가로근, 허리뭇갈래근과 배바깥근의 동시수축이 허리뼈에 코르셋 같은 보조기 역할을 하고 척추의 위치와 상관없이 척추의 중립 위치를 유지하여 기능적인 운동을 하는 동안 척추분절의 안정성을 제공한다고 하였다[16].

요통 환자의 척추재활을 위한 몸통 안정화 운동을 보다 효과적으로 실시하기 위해서 임상현장에서는 Stabilizer라고 불리는 압력 바이오피드백 장치(pressure bio-feedback unit, Chattanooga Group Inc, USA)를 사용하고 있다. 압력 바이오피드백 장

치는 몸통 안정화 운동 시 내부 압력의 증가로 팽창되는 비탄력적 장치로 선택적인 근 수축의 훈련에 효과적으로 사용할 수 있고, 선택적 심부근 운동을 위한 훈련에 적합하다[17]. 이 장치는 운동의 질적인 면과 정확도에 대한 피드백을 제공하는 간단한 기구로 목, 허리, 그리고 골반 부위의 안정성을 높이는 운동에 주로 이용한다. Stabilizer는 측정기와 공기주머니, 공기압 펌프로 구성되며 운동 시 기구에 가해지는 압력으로 근육의 수축을 표시하며 측정 단위는 mmHg를 사용하여 표시한다. 이 도구는 허리뼈의 능동적인 안정화를 위한 운동도구로 개발된 것으로 심부복근의 운동뿐만 아니라 신체 전반의 심부 근육의 기능을 평가하기 위해서도 사용되고 있다. 심부복근의 기능을 평가하는 임상적 도구로 신뢰도는 측정자내 신뢰도(ICC= .47-.95), 측정자간 신뢰도(ICC= .40-.86), 검사-재검사신뢰도(ICC=.81) 역시 높은 평가도구이다[18-20].

하지만, Stabilizer의 가장 큰 한계는 사용자가 압력을 확인하기 위해 지속적으로 손에 들고 있어야 함으로 3분 이상 역동적인 운동을 실시하기에 불편하다는 점, 가격(15~25만원)에 비해 내구성이 약해 파손과 고장이 잘 일어난다는 점, 이를 이용하는 운동은 전문가에게 따로 배워야한다는 단점이 제시되고 있다. 특히 국내에 현재까지 등록과 출원된 특허의 경우 보조기나 운동장치, 모니터링 방법에 대한 특허가 주를 이루고 있으며 센싱기술을 이용한 바이오피드백을 제공하는 근골격계질환 예방은 거의 없는 실정이다.

본 연구는 사용자에게 정확한 운동방법과 자세를 제시하고 훈련 방법을 제공, 운동 상태 및 신체 움직임과 균형을 센싱하고 모니터링하여 바이오피드백을 통하여 스스로 운동과 평가할 수 있는 장점을 지닌 디지털화된 압력 바이오피드백 장치를 개발 후 그에 따른 전문가 집단과 사용자 집단에 사용성 평가를 진행하고자 한다. 본 연구에서는 안정성, 조작성, 만족성, 수행성 등 여러 측면에서 문제점을 파악하고 개선 방향을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 압력센서를 이용한 실시간 압력 디지털 바이오피드백 장치의 개발 설계와 제작

2.1.1 디지털 압력 바이오피드백 장치

개발된 디지털 압력 바이오피드백 장치는 본체, 에어쿠션, 태블릿PC, 거치대로 구성되어 있다. 본체는 제어 보드, 압력센서, 펌프 모터, 솔레노이드 밸브, 블루투스를 포함하고 있다. 에어쿠션은 293×203mm 크기로 우측과 좌측으로 구분이 되며, 본체와 연결되는 에어노즐이 양측 중간에 있다(그림 1). 하드웨어의 사양은 표 1에 제시하였다. 압력센서에 의해서 화면에 표시되는 압력의 정확성을 위해 한국기계전기전자시험연구원에 의뢰하여 공기압력 오차 시험을 실시하였다. 1mmHg 간격으로 표시가 이루어지고, 20mmHg에서 45mmHg까지의 범위에서 18개의 압력을 시험 압력으로 주입하고 압력계로 측정하였다. 그 결과 압력의 편차는 0.99mmHg (범위 0.01~2 mmHg)로 나왔다. 기존 수동 바이오피드백 장치의 압력 표시가 2mmHg 간격으로 되어있고, 바늘로 움직이게 되어있어서 정확하게 압력을 확인하기 어려운 반면, 개발된 본 제품은 1mmHg 간격으로 디지털로 숫자로 표시가 되며, 그 오차 범위도 1mmHg보다 적어서 운동수행에 적합한 장비로 확인되었다.



그림 1. 디지털 압력 바이오피드백 장치
Fig. 1. digital pressure bio-feedback device

표 1. 하드웨어 사양
Table 1. Hardware Specifications

모델	사양
8 bit micro process (AT mega 128)	<ul style="list-style-type: none"> · Advance RISC Architecture · 128KB Flash, 4KB EEPROM, 4KB SRAM · 8Channel 10bit ADC · 8/16bit PWA channel, timer/counter · Two Wire serial Interface, Serial UARTs, SPI Interface · 53 Programmable I/O
압력센서	<ul style="list-style-type: none"> · Maximum Pressure: 50kPa · Temperature: -40 to +125°C · Supply Voltage: 5VDC · Sensitive: 90mV/kPa
펌프모터	<ul style="list-style-type: none"> · Voltage: 12VDC · Current: <340mA · Flowrate: >2.0 LPM · Pressure: >400mmHg · Noise: <63dB
솔레노이드 밸브	<ul style="list-style-type: none"> · Voltage: 6VDC · Current: 60mA · Coil Resistance: 1000hm · Max Inlet Pressure: 350mmHg
블루투스	<ul style="list-style-type: none"> · 프로파일: SPP+HID · 버전: v2.1 · 통신가능거리: 10M · 전송속도: 1Mbps ~ 3Mbps · 사용주파수: 2.4GHz ~ 2.483GHz, 79Ch.

2.1.2 에어 컨트롤 보드 블록도

제어 보드는 8bit 마이크로프로세서를 사용하였으며, 전원 스위치 입력과 현재 상태 디스플레이를 위한 표시용 LED를 부착하였다. 압력센서는 MPXV-5050 센서가 2개 사용되어 각각의 쿠션 압력을 측정할 수 있으며, 단일 쿠션(목 쿠션) 사용 시에도 사용이 가능하다. 압력센서는 쿠션에서 받은 압력을 측정하면 마이크로프로세서가 AD 변환기를 통하여 64개의 압력 데이터를 수집(10bit ADC 사용) 하고 이를 RMS(root mean square) 값을 취하여 앱으로 전송한다. 펌프 모터는 2개를 사용하며 각각의 쿠션에 압력을 가한다. 또한 펌프에서 압력을 가하지 않을 때 역방향(쿠션에서 모터펌프)으로 공기가 유입되어(공기 누수), 중간에 밸브를 설치하여 공기 유입을 차단하였다. 공기 배출 밸브(솔레노이드 밸브)는 쿠션에서 에어를 원하는 만큼 빼고자 할 때 앱(App)으로 제어하여 동작하여 공기를 뺄 수 있으며, 주입 시에는 차단되어 공기가 배출되지 않는다. 공기 주입 밸브는 쿠션에 공기를 주입 시 밸브가 열려 주입을 할 수 있으며, 주입 완료 시에는 차단되어 공기의 흐름을 끊어 놓는다. 마지막으로 자료의 전송은 블루투스를 사용하여 무선으로 태블릿 PC에 전송된다(그림 2).

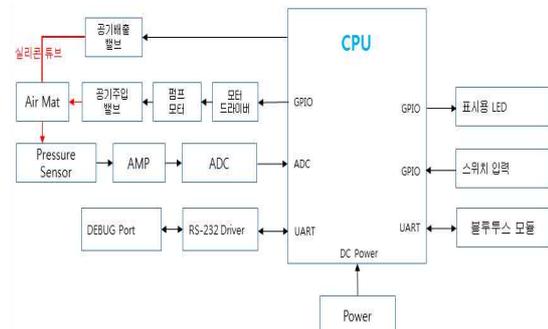


그림 2. 제어보드 하드웨어 블록도
Fig. 2. Control board hardware block diagram

2.1.3 운동 프로그램

디지털 압력 바이오피드백 장치의 몸통 안정화 운동을 위한 운동 프로그램은 태블릿PC의 안드로이드 기반으로 제작되었다. 운동 프로그램은 총 30개의 운동이 있으며, 자세에 따라 바로 누운 자세, 옆드려 누운 자세, 옆으로 누운 자세로 구성되고, 각 운동은 초급, 중급, 고급으로 난이도를 조절하였다. 바로 누운 자세는 초급 5개, 중급 5개, 고급 6개로 코어근육 셋업, 다리 밀기, 다리 벌리기 등 총 16개의 운동으로 구성되어 있다. 옆드려 누운 자세는 초급 4개, 중급 6개, 고급 2개로 무릎 구부리기, 다리 들기, 엉덩관절 돌리기 등 총 12개로 구성되었으며, 옆으로 누운 자세는 초급으로 다리 들기와 다리 벌리기 2개의 운동으로 구성되었다(그림 3)(그림 4).



그림 3. 운동 프로그램 예시
Fig. 3. Examples of exercise programs

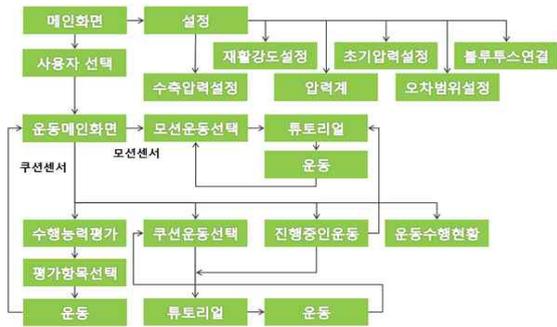


그림 4. 프로그램흐름도
Fig. 4. Program flowchart

2.2 디지털 압력 바이오피드백 장치의 사용성 평가

2.2.1 사용성 평가

사용성 평가의 방법은 평가 목적이나 가용자원에 따라 다를 수 있으나, 본 연구에서는 사용자 기반 평가(user based evaluation)와 검사 기반 평가 (inspection based evaluation)를 수행하였다. 사용자 기반 평가는 제품을 사용하게 될 사용자가 제품을 사용하게 하고 설문지를 이용하여 제품의 사용성에

대한 사용자의 주관적인 반응을 측정하는 방법이다. 그리고 검사 기반 평가는 사용성 결정 요소를 잘 알고 있는 전문가의 판단에 의존하는 방법으로 실제 많이 사용하고 있는 방법 중 하나인 전문가 사용성 평가를 시행하였다[21].

앞서 개발된 디지털 압력 바이오피드백 장치에 대한 사용성 평가를 위해 일반인 사용자와 임상에서 실제 압력 바이오피드백 장치를 사용해본 적 있는 전문가 집단에게 직접 디지털 압력 바이오피드백 장치를 사용해 보도록 하고 구조화된 설문지 응답을 통해 평가하도록 요청하였다. 설문에 앞서 작성된 사용성 설문지의 타당도를 알아보기 위해 전문가 집단 11명을 대상으로 타당도 검정을 실시하였다. 내용타당도는 측정하고자 하는 내용에 대한 전문가의 전문지식에 의하여 검토되며[22], 전문가 조사에 의해 수집된 결과는 통계적 처리를 거쳐 평균과 표준편차, 내용 타당도 지수(content validity index, CVI)로 나타낼 수 있다.

2.2.2 사용성 평가 항목

사용성 평가에 사용된 설문지는 국제표준화기구(ISO)와 Nielsen (1994)의 사용성에 대한 의미와 개념을 안전성(safety), 조작성(manipulability)을 기본으로 하였다[23][24]. 하지만, 사용자와 전문가의 평가 기준과 방법이 다른 만큼 사용자 사용성 평가에서는 만족성(satisfaction)을, 전문가 사용성 평가에서는 수행성(performability)을 추가하여 구성하였다. 사용자 사용성 평가의 설문지는 안전성, 조작성, 만족성 세 영역으로 설정하였으며 세부 문항은 총 17 문항이며, 전문가 사용성 평가의 설문지는 안전성, 조작성, 수행성 세 영역으로 세부 문항은 총 22 문항과 같다.

2.2.3 연구대상자

본 연구에 참여한 대상자는 총 33명으로 전문가 평가 집단 11명, 사용자 평가 집단 22명이다. 전문가 사용성 평가는 물리치료사 면허증과 물리치료 전공 박사학위가 있으며, 근골격계 관련 분야에서 임상경력 5년 이상인 자를 대상으로 선정하였다. 또한 직접 임상에서 압력 바이오피드백장치를 사용해 본 자에 한하여 전문가 사용성 평가를 진행하였다. 전문가 사용성 평가에서는 직접 사용과 체험하면서 디자인과 설계상의 문제점을 발견하고 수정사항과 해결 방안을 제시하도록 하였다. 사용자 사용성 평

가자는 근골격계 질환이 없는 일반인을 대상으로 압력 바이오피드백 장치를 사용해 본 적 없는 대상자 22명에게 디지털 압력 바이오피드백 장치를 직접 사용하여 운동 후 장비의 안전성과 조작성 등 설문평가를 실시하였다. 모든 연구 참여자들은 연구의 목적과 설명을 듣고 자발적으로 참여하기로 동의하였으며 연구 수행 전 실험 개요에 대해 한번 더 설명 후 진행하였다.

3. 결과

3.1 내용타당도

CVI는 측정 문항이 측정하고자 하는 내용을 얼마나 잘 반영하고 있는지를 나타내는 것으로 본 연구의 설문지 문항의 경우 모두 CVI 기준 .80 이상으로 내용타당도를 잘 반영하고 있는 것으로 나타났다(표 2).

표 2. 전문가 사용성 평가 결과 (n=11)
Table 2. results of usability testing in expert

영역	항목		평균± 표준편차	CVI	
안전성	태블릿 거치대	거치대고정	3.00±1.26	.86	
		태블릿고정	2.73±1.42	.86	
조작성	본체	공기유출	4.09±1.64	.87	
		블루투스	4.27±1.01	.85	
	공기패드	주입 압력	3.82±1.33	.85	
		주입 시간	3.73±0.79	.85	
	거치대	크기	4.18±0.60	.85	
		위치조절	3.09±0.94	.84	
	프로그램	고정성	인터페이스	4.45±0.52	.85
			설정	3.73±1.01	.84
컨텐츠			4.18±0.87	.84	
수행성	운동지도		4.55±0.69	.85	
	피드백		3.91±1.22	.84	
	허리	바로 누운자세	4.36±0.67	.84	
		엎드려 누운자세	4.09±0.94	.84	
		옆으로 누운자세	4.09±0.94	.84	
	목		4.55±0.69	.84	
	화면동영상		4.45±0.82	.84	
	자막설명		4.27±0.79	.84	
	소리피드백		4.00±0.77	.85	
	운동효율성		4.55±0.52	.85	

3.2 사용성 평가 결과

집단별 사용성 평가를 살펴보면, 사용자 집단에서는 안전성 영역 평균 3.59점(SD 1.57), 조작성 영역 평균 4.38(SD 1.00), 만족성 평균 4.49점(SD .84점)으로 나타났다. 각 항목별로는 태블릿 거치대 3.59점(SD 1.57점), 태블릿 4.75점(SD .58점), 본체 4.64점(SD .66점), 거치대 3.89점(SD 1.24점), 조작 간편성 4.68점(SD .65점), 친숙성 4.50점(SD .79점), 운동기기 만족도 4.36점(SD .79점), 운동프로그램 이해도 4.59점(SD .68점), 신체 적합성 4.35점(SD 1.05점)으로 나타났다. 세부항목은 표 3과 같다.

표 3. 사용자 사용성 평가 결과 (n=22)
Table 3. results of usability testing in user

영역	항목		평균± 표준편차
안전성	태블릿 거치대	거치대고정	3.50±1.57
		태블릿고정	3.68±1.62
조작성	태블릿	프로그램 조작	4.68±0.65
		블루투스 연결	4.82±0.50
	본체	공기주입 시간	4.64±0.66
	거치대	위치조절	3.59±1.40
고정성		4.18±1.01	
만족성	조작 간편성		4.68±0.65
	친숙성	기대성	4.50±0.86
		친숙성	4.50±0.74
	운동기기 만족도		4.36±0.79
	운동 프로그램이 해도	동영상시연	4.50±0.80
		자막설명	4.64±0.58
		음성안내	4.64±0.66
	신체 적합성	허리	4.50±0.80
		목	4.09±1.38
		신체전반	4.45±0.86

전문가 집단에서는 사용자 집단에 비해 상대적으로 전반적으로 낮은 점수를 부여하였는데, 영역 별 결과는 다음과 같다. 안전성 2.86점(SD 1.32점), 조작성 3.91점(SD 1.09점), 수행성 4.28점(SD .83점)으로 나타났으며 각 항목별 결과는 본체 4.18점(1.33점), 공기패드 3.91점(SD .95점), 거치대 3.32점(SD 1.17점), 프로그램 4.12점(SD .86점), 허리 안정화 운동 구성 4.18점(SD .85점), 목 안정화 운동 구성 4.45점(SD .69점), 화면동영상 4.45점(SD .82점), 자막 설명 4.27점(SD .79점), 음성과 소리 피드백 4점

(SD .77점), 운동 효율성 4.55점(SD .52점)으로 안전성과 조작성에서 상대적으로 낮은 점수를 기록하였다(표 2).

4. 결론 및 논의

본 연구는 체계적인 운동프로그램을 통하여 자세 교정과 정확한 자세에서의 예방운동과 치료 훈련 시 운동 상태와 신체의 움직임, 균형 등을 센싱하고 모니터링하는 척추재활운동을 위한 디지털 압력 바이오피드백 장치를 개발하였다. 개발 후 그에 따른 전문가 집단과 사용자 집단에 사용 평가를 진행하였다. 사용성 평가의 결과는 산업체에서 신제품 개발 시 개발되는 제품에 대해 사용자의 만족 정도를 사전에 파악하여 만족도 증진을 위해 불필요한 요인을 조사하고 이를 시정할 수 있는 기회를 제공하여 경쟁력 있는 제품 개발을 지원할 수 있다고 하였다[24].

사용자 사용성 평가에서 안전성과 조작성, 만족성 등 여러 측면에서 문제점을 파악하고 향후 제품 업그레이드 시 개선 방향을 제시하고자 하였다. 사용자 사용성 평가에서는 안전성 영역에서 3.59점으로 조작성 영역의 위치 조절 항목 (3.89점)과 함께 가장 낮은 점수를 기록하였다. 이는 다른 항목에 비해 가장 낮은 수준으로 개인에 따라 느끼는 차이가 커 표준편차(1.24-1.57점) 역시 크게 나타났다. 이러한 결과는 디지털 압력 바이오피드백 장치의 초기 개발 당시 태블릿 거치대의 바닥 부분에 이동성을 위하여 4개의 바퀴가 달려있었고 이 때문에 사용자들이 사용하면서 고정이나 위치 이동 등 안전성에서 상대적으로 많은 위협을 느낀 것으로 분석된다. 이후 사용자와 마찬가지로 의견을 제시했던 전문가들의 의견을 수렴하여 거치대의 아랫부분에 바퀴를 제거하였으며 이후 안전성은 많이 확보된 상태이다. 이와 반대로 모든 항목에서 4점 이상으로 높은 점수를 받은 영역은 만족성으로 특히, 운동기기의 만족도 항목에서 정확한 몸통 안정화 운동에 4.5점을, 운동 프로그램 이해도 항목에서 동영상 시연과 자막 설명, 음성 안내 등 4.59점으로 운동프로그램의 이해도 측면에서 높은 수준을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 볼 때 개발된 디지털 압력 바이오피드백 장치가 몸통 안정화 운동에 있어 정확한 운동과 자세를 제시하고 운동 상태와 움직임 등을 모니터링하여 스스로 운동할 수 있어 경쟁력을 확보할 수 있을 것이라 사료된다.

전문가 사용성 평가에서는 안전성과 조작성 영역

의 전반적인 항목에서 개선해야 할 점이 나타났는데, 크게 거치대와 공기 패드, 프로그램에서 설정에 관한 항목이었다. 특히 거치대는 거치대와 태블릿 고정과 위치 조절 항목에서 사용자 사용성 평가에서와 마찬가지로 낮은 점수를 기록하였으며, 그 이유는 앞서 설명한 바와 같다. 그다음으로 낮은 수준은 공기 패드 항목에서 공기주입에 대한 시간과 적절성에서 다른 항목에 비해 상대적으로 낮은 수준을 기록하였다. 게다가, 공기 패드를 활용하여 운동 시 실시간으로 몸의 좌우 균형과 대칭 등 다양한 사용자 자료 수집과 점수화 표현, 정확한 운동 수행 시 활용에 필요하기 때문에 공기주입과 배출, 시간 등 개선이 필요한 부분에 대해 전문가들의 의견에 따라 개선되어야 한다. 또한, 프로그램 설정과 피드백에서 제공할 좌우 압력의 강도, 민감도, 화면 표시 설정, 음성 표현 등을 보완한다면 몸통 안정화 운동을 하면서 실시간 자신의 운동 상태를 확인하여 정확한 운동과 기능 평가가 가능한 운동장치가 될 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] N. Meziat Filho, S. Santos, and R. M. Rocha, "Long-term effects of a stabilization exercise therapy for chronic low back pain," *Man Ther.*, vol. 14, no. 4, pp. 444-447, 2009.
- [2] S. A. Dugan, "The role of exercise in the prevention and management of acute low back pain," *Clin. Occup. Environ. Med.*, vol. 5, no. 3, pp. 615-632, 2006.
- [3] M. I. Mientjes and J. S. Frank, "Balance in chronic low back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing," *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)*, vol. 14, no. 10, pp. 710-716, 1999.
- [4] C. A. Richardson, P. Hodges, and J. Hides, *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization*. Churchill Livingstone, 2004.
- [5] S. Taimela, M. Kankaanpaa, and S. Luoto, "The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study," *Spine (Phila. Pa. 1976)*, vol. 24, no. 13, pp. 1322-7, 1999.
- [6] K. L. Newcomer, E. R. Laskowski, B. Yu, J. C. Johnson, and K. N. An, "Differences in repo-

- sitioning error among patients with low back pain compared with control subjects," *Spine (Phila Pa 1976)*, vol. 25, no. 19, pp. 2488-2493, 2000.
- [7] P. Williams, *The lumbosacral spine: emphasizing conservative management*. McGraw-Hill, 1965.
- [8] R. A. McKenzie, "Prophylaxis in recurrent low back pain," *N. Z. Med. J.*, vol. 89, no. 627, pp. 22-23, 1979.
- [9] C. Kisner and L. A. Colby, *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. Fa. Davis, 2012.
- [10] SG.Chung, "Rehabilitation Treatments of Chronic Low Back Pain." *J Korean Med Assoc*, vol. 50, no. 6, pp. 494-506, 2007.
- [11] E.H. Yen, "Comparing the Effects of Lumbar Stabilization Exercise and Mckenzie Exercise on the Range on Motion and Pain of the Patient with Low Back Pain," Dankook University, 2003.
- [12] S. Luoto, H. Aalto, S. Taimela, H. Hurri, I. Pyykkö, and H. Alaranta, "One-Footed and Externally Disturbed Two-Footed Postural Control in Patients With Chronic Low Back Pain and Healthy Control Subjects: A Controlled Study With Follow-Up," *Spine*, vol. 23, no. 19, pp. 2081-2089, 1998.
- [13] K. P. Barr, M. Griggs, and T. Cadby, "Lumbar stabilization: core concepts and current literature, Part 1," *Am J Phys Med Rehabil*, vol. 84, no. 6, pp. 473-80, 2005.
- [14] P. W. Hodges and C. A. Richardson, "Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb," *Phys Ther*, vol. 77, no. 2, pp. 132-142; discussion 142-144, 1997.
- [15] N. Handa, H. Yamamoto, T. Tani, T. Kawakami, and R. Takemasa, "The effect of trunk muscle exercises in patients over 40 years of age with chronic low back pain," *Journal of orthopaedic science*, vol. 5, no. 3, pp. 210-216, 2000.
- [16] B. Stuge, E. Lærum, G. Kirkesola, and N. Vøllestad, "The efficacy of a treatment program focusing on specific stabilizing exercises for pelvic girdle pain after pregnancy: a randomized controlled trial," *Spine*, vol. 29, no. 4, pp. 351-359, 2004.
- [17] G. Jull, C. Richardson, R. Toppenberg, M. Comerford, and B. Bui, "Towards a measurement of active muscle control for lumbar stabilisation," *Aust J Physiother*, vol. 39, no. 3, pp. 187-193, 1993.
- [18] K. Von Garnier et al., "Reliability of a test measuring transversus abdominis muscle recruitment with a pressure biofeedback unit," *Physiotherapy*, vol. 95, no. 1, pp. 8-14, 2009.
- [19] P. O. d. P. Lima, R. R. de Oliveira, L. O. P. Costa, and G. E. C. Laurentino, "Measurement properties of the pressure biofeedback unit in the evaluation of transversus abdominis muscle activity: a systematic review," *Physiotherapy*, vol. 97, no. 2, pp. 100-106, 2011.
- [20] S. Hudswell, M. Von Mengersen, and N. Lucas, "The cranio-cervical flexion test using pressure biofeedback: A useful measure of cervical dysfunction in the clinical setting?," *International Journal of Osteopathic Medicine*, vol. 8, no. 3, pp. 98-105, 2005.
- [21] J. A. Jacko, *Human computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies, and emerging applications*. CRC press, 2012.
- [22] L. G. Portney and M. P. Watkins, *Foundations of clinical research : applications to practice*. Philadelphia : F.A. Davis Company, 2015. 3rd edition, [revised]. 2015.
- [23] J. Nielsen, *Usability engineering*. Elsevier, 1994.
- [24] K. M. Rhee, D. O. Kim, "Research of Usability Test on Single-Seater Rider Robot using Omni Wheel Drive." *Journal of Rehabilitation Engineering & Assistive Technology* , vol. 10, no. 2, pp. 171-176, 2016.
- [25] Korea Health Industry Development Institute, "Usability evaluation system and execution plan for the senior friendly products," Ministry of Health and Welfare, 2011.

김 태 호(Tea-Ho Kim)



2010년 8월 연세대학교 대학원 재활학과 졸업(이학박사)
2012년 3월 - 현재 대구대학교 물리치료학과 조교수

Interest: Physical Therapy, Movement system impairment syndrome, Rehabilitation device

오 도 봉(Do-Bong Oh)



2012년 2월 금오공과대학교 대학원 전자공학과 박사수료
2014년 3월 - 현재 코아원 개발 팀장

Interest: Embedded system, Image processing, Rehabilitation device

김 다 연(Da-Yeon Kim)



2016년 8월 대구대학교 대학원 재활과학과 졸업(이학박사)
2016년 9월 - 현재 대구대학교 물리치료학과 초빙교수

Interest: Physical Therapy, Research Methods, Rehabilitation tool