

맞춤형 압력조절을 제공하는 마사지 침대 개발 및 유효성 평가

김재훈*, 김해용**, 장호경***, 허성필****

Development and Validation a Massage Bed with Customizable Pressure Adjustment

Jae-Hun Kim*, Hea-Yong Kim**, Ho-Gyeong Chang***, and Sung-Phil Heo****

본 논문은 (재)대구테크노파크의 2021년 지역 정부출연연 협력 융복합 R&D 지원사업의 연구비로 수행된 연구임

요 약

척추질환의 치료 방법 중 지압은 전통적으로 척추와 몸의 주요 장기 치료에 쓰이는 방법으로 척추 유관 질환자의 통증 감소 및 증상 완화에 효과가 좋은 것으로 알려져 있다. 그러나 시술하는 사람의 역량, 경험, 체력 등에 따라 치료 효과가 달라지는 경우가 많아 기계적인 안마를 제공하는 치료들이 개발되었으나 강도 및 탄성 조절이 불가능한 단점이 있어 이를 개선하기 위해 가변형 대차가 적용된 치료기를 개발하였고 유효성을 검증하기 위하여 65세 이상 고령자 10명을 대상으로 사용 전후 사용성 평가를 진행한 결과 효율성에서 개발 침대는 6.2점, 기존 침대 5.2점으로 기존 침대 대비 개발 침대는 1.0점 높았고, 만족도 부분은 개발 침대 5.9점, 기존 침대 4.6점으로 기존 침대 대비 개발 침대가 1.3점 높게 결과가 나왔다. 또한, 개발 침대의 세부 평가 항목에 따른 성능평가와 전자파 및 전기안전성 시험을 진행한 결과 개발목표치 및 안전성 시험에 적합하였다.

Abstract

Among the treatment methods for spinal disorders, chiropractic therapy has traditionally been used to treat the spine and major organs of the body. It is known to be effective in reducing pain and alleviating symptoms for patients with spine-related conditions. However, the therapeutic effects often vary depending on the practitioner's skill, experience, and physical strength. To address this, mechanical massage devices were developed, but they have the drawback of being unable to adjust intensity and elasticity. To overcome this limitation, a treatment device incorporating a variable carriage system was developed. To verify its effectiveness, a usability evaluation was conducted before and after use with 10 elderly individuals aged 65 and older. The results showed that the developed bed scored 6.2 points in efficiency compared to 5.2 points for the conventional bed, an improvement of 1.0 points. In terms of satisfaction, the developed bed scored 5.9 points, surpassing the conventional bed's score of 4.6 points by 1.3 points. Additionally, performance evaluations based on detailed assessment criteria, as well as electromagnetic and electrical safety tests, confirmed that the developed device met its development goals and safety standards.

Keywords

acupressure, bed, height control, pressure control, usability evaluation

* 대구한의대학교 재활의료공학과 석사연구원
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8936-2017>
** 경북대학교 SW융합학과 석사연구원
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3212-0952>
*** 대구한의대학교 재활치료학부 교수(공동교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3212-0952>
**** 강릉원주대학교 정보통신공학과 교수(공동교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6786-3300>

· Received: Oct. 24, 2024, Revised: Dec. 06, 2024, Accepted: Dec. 09, 2024
· Corresponding Author: Ho-Gyeong Chang and Sung-Phil Heo
Dept. of Division of Rehabilitation Therapy
Tel.: 82+53-819-1450, Email: changhg@dhu.ac.kr
Dept. of Information and Telecommunication Engineering
Tel.: 82+33-760-8255, Email: spheo@gwnu.ac.kr

1. 서 론

척추에서 기인된 요통이나 경부통은 성인에서 가장 흔한 통증 가운데 하나이다. 대부분은 특별한 치료 없이 혹은 보존치료만으로도 증상이 사라지지만 일부에서는 만성통증으로 진행되는 경우가 있다[1].

만성 척추 손상(SCI, Spinal Cord Injury)은 감각 입력과 운동 제어의 상실을 초래하며 종종 만성 통증과 만성 피로와 같은 삶의 질에 상당한 부정적 영향을 미친다. SCI가 있는 성인의 최대 75%가 지속적인 통증을 겪고 있으며 나머지 25%는 통증이 심각하거나 참을 수 없을 정도이다[2].

현대 사회의 척추질환 환자가 급증하는 가운데 현대인들의 생활 방식 및 습관은 집에 머무는 시간이 길어지고, 오래 앉아 있는 문화가 증가함에 따라 척추질환의 주 연령층이었던 중·장년층뿐만 아니라 젊은 20~30대까지 확대되는 추세이다.

과거 허리디스크는 중장년층에게 흔한 척추질환이었다. 그러나 최근 들어 40대 이하 연령층에게도 허리디스크 발병률이 급증해 각별한 주의가 요구되는데, 실제로 건강보험심사평가원에서 발표한 통계자료를 살펴보면 지난해 197만 명이었던 허리디스크 환자 중 18.5%가 40세 미만인 것으로 확인됐다[3].

허리통증 환자의 증가 현상은 기본적인 환경 외에도 과중한 업무, 정신적 스트레스, 운동 부족 등과 같은 개인적인 생활 습관에 의해서도 우리 몸의 기동인 척추질환의 발생률이 점차적으로 높아지고 있는 실정이다[4].

초기에는 허리 주변이 뻣뻣해지거나 빠른 수준의 근육통만 느껴지기 때문에 심각성을 인지하지 못하고 따로 치료받지 않고 방치하는 경우가 대다수이다. 하지만 이를 일시적인 근육통이나 관절통으로 여기고 방치한다면 통증이 악화하거나 만성 디스크 질환으로 이어지게 된다. 만일 척추 또는 관절 부분에 지속적인 통증이 느껴진다면 신속히 내원해 전문적인 치료를 받아 이를 개선하는 것이 좋다.

치료 방법에는 침습적, 비침습적 방법이 있다. 침습적 방법은 시간과 비용이 발생되고, 특히 고령자의 경우 합병증이나 후유증이 동반되기도 한다[5]. 대표적인 침습적 치료의 방법에는 주사, 내시경, 절개술 등 직접적으로 체내에 들어가거나 또는 신체

의 절개나 관통이 필요한 치료를 말한다. 비침습적 치료의 대표적인 예로는 마사지, 이완요법, 스트레칭, 운동, 지압 등 체내에 직접적으로 들어가지 않고도 치료가 가능한 방법을 말한다. 마사지는 통증을 달래고 완화하며, 치유와 이완을 촉진하는 다양한 형태의 방식으로 널리 사용되었으며, 불안과 우울증 감소, 피로, 스트레스 완화, 수면 개선 및 통증 감소에 이점이 있다[6].

비침습적 치료의 한 종류인 지압은 전통적으로 척추와 몸의 주요 장기 치료에 쓰이는 방법으로 척추 유관 질환자의 통증 감소 및 증상 완화에 효과가 좋은 것으로 알려져 있다. 하지만, 시술하는 사람의 역량, 경험, 체력에 따라 치료 효과가 달라지는 경우가 많아 표준화된 치료를 제공할 수 있는 장치의 필요성이 대두되고 있다.

기존에 나온 근육통증 완화 치료기기들은 대부분 롤링방식으로 되어있고, 대차가 아닌 도자 형태의 바퀴 타입 자극부를 가지고 있다[7]-[9]. 이는 실제로 사용자가 원하는 부위에 기계식 안마를 받지 못하고, 바퀴 타입의 경우 회전하는 도자 사이에 끼임 현상, 쓸림 현상 등의 부상이 일어날 수 있다. 이러한 현상을 방지하기 위해 대차가 이동하며 지압 자극부를 수직으로 눌러주는 방식을 사용하여 사용자가 원하는 부위에 집중적으로 자극을 주어 좀 더 효과적인 자극과 표준화된 치료를 제공할 수 있는 기계식 안마기기가 개발되었다.

그림 1은 수직 상승압 방식의 개념을 보여주고 있으며, 이 방식의 경우 시중의 롤링방식 모델들의 단점을 보완할 수 있었다.

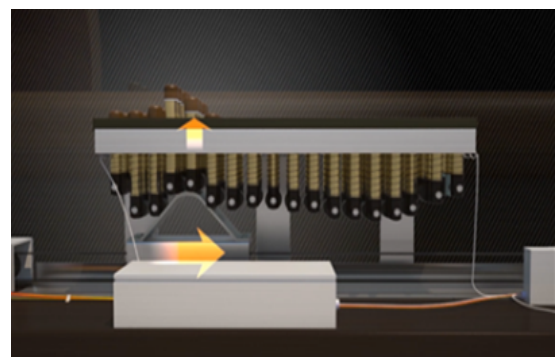


그림 1. 수직 상승압 대차 모듈 개념도
Fig. 1. Vertical lift pressure bogie module concept diagram

그러나, 상기 모델은 수평운동을 수직운동으로 변환하면서 고정된 지압봉을 상승시키는 구조로 정해져 있는 경로만 지압을 제공하여 사용자나 의료인이 원하는 부위에 집중적으로 원하는 강도의 힘으로 지압을 제공할 수 없다는 단점이 있다[10][11].

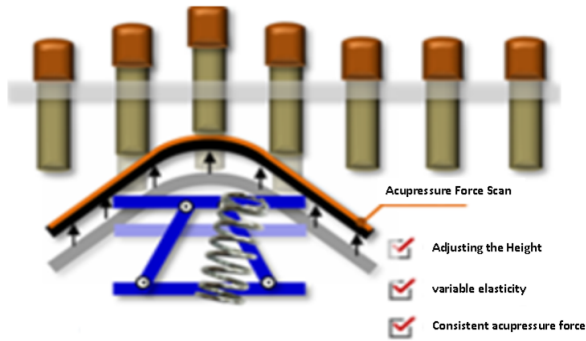


그림 2. 압력 조절 지압대차 모듈 개념도
Fig. 2. Pressure regulating acupressure bogie module conceptual diagram

그림 2는 기존의 높이 및 지압력 고정 방식을 보완하여, 높이, 지압력의 조절이 가능한 맞춤형 압력 조절 대차 모듈의 개념도이다. 모듈은 모터-베벨기어-볼스크류 구조로 개발하였으며, 모터의 작동으로 베벨기어의 상승 및 하강이 지압 대차 내 스프링의 압축 및 이완을 발생시켜 지압력 조절이 가능하게 개발하였다. 이처럼 높이와 지압력을 자유롭게 조절 가능하도록 침대를 개발 함으로써 사용자가 이용할 시 자신이 원하는 높이와 지압력을 사용할 수 있어 기존의 고정방식 보다 사용의 폭이 넓어져 더욱 자신의 체형에 알맞게 맞추어 사용할 수 있는 지압침대를 개발하였다.

II. 시스템 개발 및 실험

2.1 시스템 원리

그림 3은 척추 세움근(Erector spinae muscle) 또는 척추 기립근의 구성 모습이다. 척추 기립근은 최장근(Longissimus muscle, 가장긴근)과 가시근(Spinalis muscle) 그리고 엉덩갈비근(Iliocostalis muscle)의 근육 그룹으로 구성되어 있다[12]. 척추기립근은 위쪽으로는 흉부, 두부까지 뻗어있으며 아래로는 허리와

골반까지 뻗어있다. 이 척추기립근이 약해지면 허리의 근력이 약화되고, 제대로 관리를 하지 않으면 등이 굽어 척추관협착증 등의 질병이 발생할 수 있다.

요추 척추관협착증은 척추관, 외측 함요부, 추간공이 다양한 원인에 의해 좁아져 경막낭이나 신경근을 압박, 요통, 하지 방사통, 파행 등의 증상을 일으키는 질환이다.

이 때문에 척추관협착증, 요추 추간관 탈출증을 비롯한 척추질환을 예방하기 위해서는 척추기립근을 자극하여 강화시켜 주는 것이 좋다. 이를 위해서 근막이완술이 사용되는데 근막 조직의 장벽에 제한적인 압력을 가하여 풀어주는 방법 등이 있다[13]. 이에 따라 지압봉의 위치를 척추기립근의 근막 위치를 중심으로 지압을 제공할 수 있도록 구성하였다.

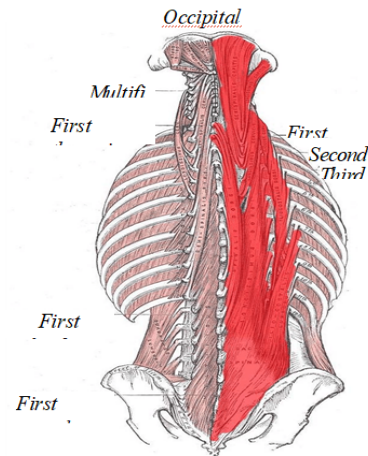


그림 3. 척추 기립근의 구조
Fig. 3. Anatomy of the spinal erector spinae

그리고 기존 지압의 높이가 고정되어 있고, 체형 굴곡 부위에 따라 지압력이 서로 다른 점을 보완하여 높이와 지압력의 조절이 가능한 침대를 개발하였다.

2.2 시스템 개발

일반적으로 대차(Bogie, wheel truck)는 운반 및 이동하기 위해 차륜이 붙은 받침대를 말한다. 이 논문에서는 일정한 높이와 지압력을 제공하는 기존 지압침대의 대차와는 다르게 높이 및 지압력 조절이 가능한 대차가 삽입된 지압침대의 개발을 목적으로 구성하였다.

치료기의 본체는 침대형태로 제작 되었으며 침대의 외형에 해당하는 치료기 본체, 압력 조절 모듈이 들어간 높이·지압력 조절 가능 작동부, 작동부를 보호하는 Gantry 부로 크게 3가지 부분으로 구성되어 있다.

치료기 본체는 정면 도면에 따라 제작을 진행하였으며(1330 × 2086 × 904mm) 개발 목적에 맞게 쿠션감 개선 및 강한 내구성을 위해 강한 원목 재료를 사용하여 제작하였다. 침대 매트리스 부분은 기존의 보료와 매트리스 구조를 개선하여 쿠션감 개선과 탈부착의 용이성을 위해 매트리스 일체형 타입으로 디자인 및 설계가 이루어졌다.

그림 4는 치료기의 침대 타입 디자인이며 내부에 18개 지압점을 커버할 수 있는 62개의 지압봉 모듈을 별도로 제작하였고, 치료기가 다른 침대 타입에도 적용이 되도록 탈부착이 용이한 방식으로 개발을 진행하였다. 그리고, 온열부 제작을 위해 온열 온도는 10℃~70℃ 범위 안에서 5℃ 단위 조절이 가능하도록 설정하였고, 최대 설정 동작시간은 8시간 이내로 구현되도록 개발을 진행하였다.



그림 4. 치료기의 디자인
Fig. 4. Design of acupressure module

그림 5는 지압봉 상승 동력 전달 메커니즘 개념안이다. 지압강도 조절을 위한 지압봉 상승 높이 조절 및 하중 지지를 위한 병렬 구조 메커니즘(그림 6)을 개발하였고, 하중 측정 센서 탑재와 지압 위치 조절이 가능한 이동 장치를 설계하였다.

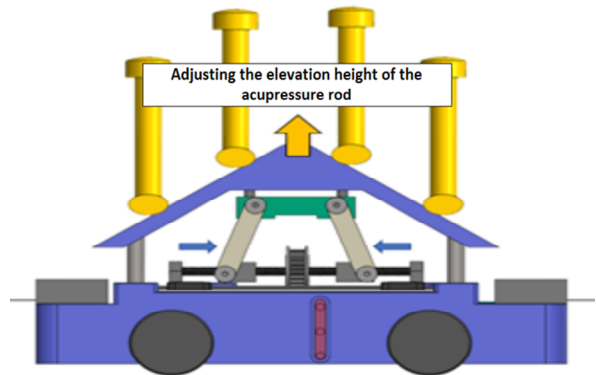
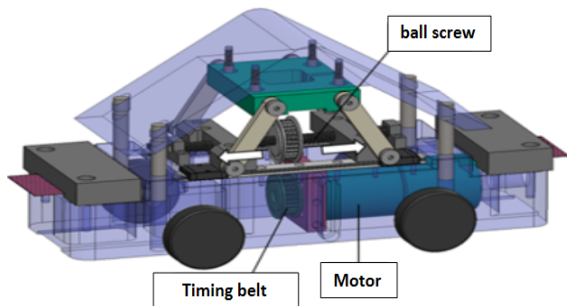


그림 5. 지압봉 상승 동력 전달 메커니즘
Fig. 5. Acupressure rod ascending power transmission mechanism

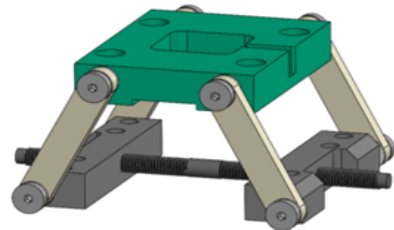


그림 6. 하중 지지를 위한 병렬형 메커니즘
Fig. 6. Parallel mechanism for load support

지압봉 상승 동력전달 메커니즘 구현을 위해 모터-베벨기어-볼스크류 기본구조를 가지는 지압봉 상승 메커니즘 대차를 설계하였고, 물리스프링 구조를 사용하여 하중에 대한 탄성효과를 부여하였다. 하중 측정을 위한 로드셀 센서를 탑재하였고, 지압봉 상승 모듈 구조의 순서는 지지상판-로드셀-스프링-볼스크류 순으로 설계 및 제작하였다. 그림 7은 지압봉 탄성모듈 기구이다. 지압봉 위치 이동을 위해 바퀴 대차구조를 이용하였고, 강도 및 하중 분포에 대한 구조해석 및 시뮬레이션과 Solidworks 정적해석을 수행하였다. 정적해석의 방법은 상부에서 하중이 집중되는 조건에서, 최대 변위 및 변형률 해석을 하였다. 결과는 130kgf 하중인가 조건에서, 변위(0.0483mm) 및 변형률(2.8e-04)로 충분한 구조 검증 을 완료하였다.

지압봉 모듈을 제작한 후 그림 8과 같이 최종시 제품을 개발하였다. 이 시제품은 기존 3H-지압침대와 동일하게 지압을 제공할 시 수직 상승을 통해 제공하도록 하고, 기존의 지압침대와는 다르게 높이 및 지압력을 조절할 수 있는 특성을 가진다.

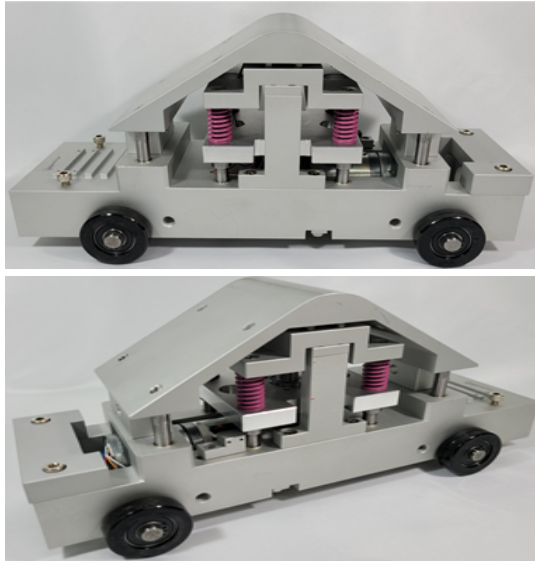


그림 7. 지압봉 탄성모듈 기구
Fig. 7. Acupressure rod elastic module mechanism



그림 8. 본 연구를 통해 개발된 치료기
Fig. 8. Treatment device developed through this study

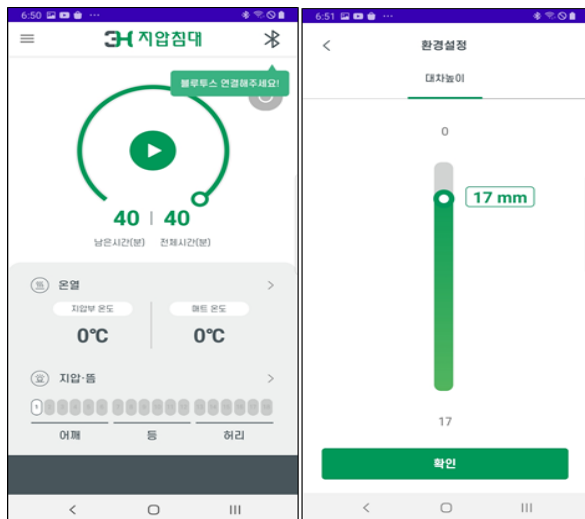


그림 9. 본 연구를 통해 개발된 제어앱
Fig. 9. Control app developed in this study

지압의 높이 및 지압력을 자율적으로 조정하기 위하여 앱을 통한 알고리즘을 개발하였다. 앱은 크

게 두 가지 영역으로 구성되는데, 먼저 사용자는 자신이 지압 시 원하는 온도에 맞추어 설정할 수 있고, 지압-뜸 설정 메뉴에서 자유롭게 원하는 지압 종류를 선택하여 변경할 수 있다. 다음으로 사용자의 지압 시간과 지압 모드 정보를 변경할 수 있도록 구성하였고, 지압부의 대차 높이 정보를 변경할 수 있도록 구성하여 사용자가 자율적으로 지압의 높이 및 지압력을 조절할 수 있도록 구현하였다. 그리고 UI는 그림 9와 같이 디자인 및 구현하였다. 여기에 맞춰 지압력 조절 모듈을 가진 침대 기능에 대한 사용성 평가와 성능평가를 실시하였다.

2.3 실험방법

본 연구에서는 지압의 높이 및 지압력을 조절할 수 있는 지압력 조절이 가능한 모듈을 가진 마사지침대(3H acupressure bed)의 사용성을 평가하기 위하여 기존 침대와 개발 침대(지압력 조절 모듈을 탑재한 지압침대)의 비교 실험을 실시하였다. 그림 10은 침대의 사용성 평가를 위한 측정 모습이다. 시험 기간은 약 3주 동안 진행하였고, 시험 방법은 2종의 안마 기능 침대를 제품당 10분의 안마 수행 및 Likert 척도 7점의 설문조사를 실시하였다. 피실험자는 65세 이상 고령자(69.10±2.09) 10명을 모집하였으며, 시험 환경은 온/습도 20.0~28.0°C / 28~30%로 설정하였다. 피실험자는 실험 목적과 측정 방법에 대한 설명을 충분히 듣고 실험에 동의 후 진행하였다.



그림 10. 기기의 사용성 평가를 위한 측정 모습
Fig. 10. Measurements taken to evaluate the usability of the device

개발 침대의 성능평가를 평가 항목에 따라서 진행하였다. 첫 번째로 그림 11과 같이 지압력 균일도(오차율)는 시험 대상품의 전원단에 입력전압(220V / 60Hz)을 인가한 후 지압력 조절 침대의 지압봉 상단에 로드셀을 배치한다. 그리고 서로 다른 깊이(3종 이상)를 가지는 object에 대해서 지압력을 측정하여 균일도를 평가한다. 지압봉이 로드셀을 압축시키는 힘을 측정하여 오차율(표준편차)을 계산한다.



그림 11. 지압력 균일도(오차율) 평가 사진
Fig. 11. Acupressure force uniformity(error rate) test

두 번째로 그림 12와 같이 최대 하중은 실험을 위해서 4각 분동(무게추) 20kg(6개), 10kg(1개)을 준비한다. 시험 대상품의 전원단에 입력전압(220V / 60Hz)을 인가한 후 시험 대상품의 위에 하중 실험을 위한 나무판 지그를 올려놓는다. 침대의 Z축 방향으로 지압봉 파트에 임의의 간격으로 분동을 올려놓은 후 시험 대상품인 침대의 Z축 방향으로 지압파트에 임의의 간격으로 분동을 올려놓는다. 하중은 130kg까지 임의의 간격으로 순차적으로 최대 하중 실험을 진행한다. 하중을 부과하여 지압봉 상승 및 이동 여부를 육안으로 확인한다.

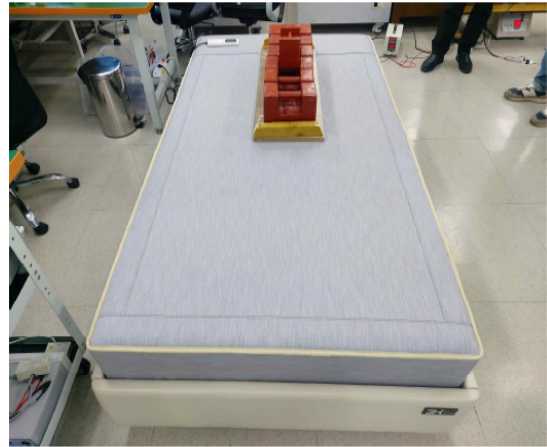


그림 12. 최대 하중 평가 사진
Fig. 12. Maximum load test

세 번째로 그림 13과 같이 지압력 해상도는 시험 대상품의 전원단에 입력전압(220V / 60Hz)을 인가한 후 시험 대상품 침대의 지압봉 상단에 로드셀을 배치한다. 지압 모듈이 지압봉을 상승시킬 때, 지압봉 상승으로 인한 힘을 5회 반복 측정하여 평가한다. 이때 지압봉에 의해 object 표면에 가해지는 구분이 가능한 최소의 지압강도이다.



그림 13. 지압력 해상도 평가 사진
Fig. 13. Acupressure rod resolution test



네 번째로 그림 14와 같이 지압 위치 정밀도는 시험 대상품의 전원단에 입력전압(220V / 60Hz)을 인가한 후 시험 대상품에 레이저 트래커의 SMR 측정 센서를 부착한다. 측정 센서를 부착하고, 축을 따라 상하 이동할 때의 위치 정밀도를 30회 레이저 트래커로 측정한다. 측정 결과값은 합산 평균값으로 확인한다.

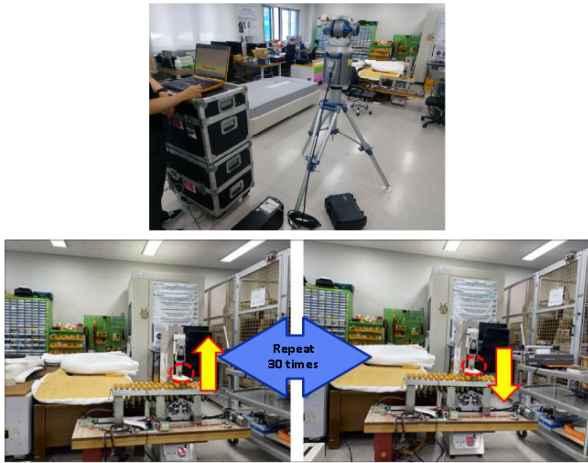


그림 14. 지압 위치 정밀도 평가 사진
Fig. 14. Acupressure rod positioning precision test

III. 실험 결과 및 분석

먼저 개발 침대(지압력 조절 모듈을 탑재한 지압 침대)의 사용성 평가를 위하여 기존 침대와 개발 침대의 비교 실험을 하여 설문조사를 실시하였다. 시험 참여자는 총 10명의 시험자가 참가하였고, 2종의 침대를 10분간 사용 후 Likert 척도 7 점의 설문 조사(그림 15)를 실시하였다. 효율성 부분 설문 결과 개발 침대 6.2점, 기존 침대 5.2점으로 기존 침대 대비 개발 침대는 1.0점 높았고, 만족도 부분 설문 결과 개발 침대 5.9점, 기존 침대 4.6점으로 기존 침대 대비 개발 침대가 1.3점 높게 결과가 나왔다.

개발 시제품 사용성 평가											
평가항목	5(매우좋음)~1(매우나쁨)										
평가항목	평가항목	1	2	3	4	5	6	7	평가항목		
평가내용	개발 침대 조작성	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음
	개발 침대 사용 편의성	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음
	개발 침대 안정성	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음
	개발 침대 내구성	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음
	개발 침대 관리 용이성	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음	매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음

그림 15. Likert 척도 7점 설문조사
Fig. 15. 7-point Likert scale survey

개발 침대의 성능평가는 세부 평가 항목에 따라서 진행하였고, 전자파 및 전기안전성 시험을 진행하였다.

세부 평가 항목의 첫 번째로 지압력 균일도(오차율)는 지압봉 상단에 푸쉬풀게이지(로드셀)를 배치하고 지압봉의 초기위치 기준 서로 다른 높이의 위치에 대해서 지압력의 균일한 정도를 측정하였다. 결과는(그림16) 초기위치+0.763mm → 11.73kgf(위치 1), 초기위치+3.293mm → 11.96kgf(위치 2), 초기위치+5.725mm → 11.94kgf(위치 3)로 서로 다른 3곳의 위치에서의 평균 지압력은 11.876kgf, 오차율은 1.069%이다. 개발목표치였던 5% 이하의 오차율에 부합하였다(표 1).

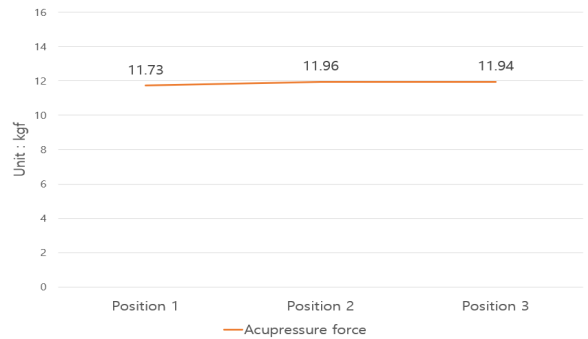


그림 16. 지압력 균일도(오차율) 시험 결과
Fig. 16. acupressure force uniformity(error rate) test results

표 1. 지압력 균일도(오차율) 시험 결과
Table 1. Acupressure force uniformity(error rate) test results

Test item	Average acupressure by location	A target value	Measure-ments
Acupressure force uniformity (error rate)	Position 1	11.73kgf	Error rate not more than 5%
	Position 2	11.96kgf	
	Position 3	11.94kgf	
	Average	11.876kgf	

두 번째로 최대 하중은 강도 및 하중 분포에 대한 구조해석과 시뮬레이션을 Solidworks를 이용해 수행하였고 상부에서 하중이 집중되는 조건에서, 최대 변위 및 변형률을 해석하였다. 결과로는 130kgf 하중인가 조건에서, 변위(0.0483mm) 및 변형률(2.8e-04)로 충분한 구조 검증을 완료하였다.

그리고, 시험 대상품인 침대의 지압파트에 임의의 간격으로 분동을 올려놓은 후 130kg까지 순차적으로 최대 하중 실험을 진행하였다. 결과는 지압봉 상승 및 이동 여부에 육안으로 문제가 없었고, 개발 목표치인 130kg에 부합하였다(표 2).

표 2. 최대 하중 시험 결과
Table 2. Maximum load test results

Test item	Maximum load by location		A target value	Results
Maximum load	Position 1	130kg	130kg	Pass
	Position 2	130kg		
	Position 3	130kg		

세 번째로 지압력 해상도는 지압봉 상단에 푸쉬 풀게이지(로드셀)를 배치하고 지압봉 상승에 의한 구분이 가능한 최소의 지압강도를 측정하였다. 결과는 해상도 - 1.138kgf(평균), 0.033kgf(표준편차) 1회 측정 시 1.08kgf, 2회 1.14kgf, 3회 1.15kgf, 4회 1.16kgf, 5회 1.16kgf로 개발목표치인 3kgf 이하에 부합하였다(표 3).

표 3. 지압력 해상도 시험 결과
Table 3. Acupressure force resolution test results

Test item	Acupressure force by location		A target value	Average
Acupressure force resolution	1 st	1.08kgf	3kgf or less	1.138kgf
	2 st	1.14kgf		
	3 st	1.15kgf		
	4 st	1.16kgf		
	5 st	1.16kgf		

네 번째로 지압 위치 정밀도는 지압봉 상단에 레이저 트래커 센서를 부착하고 정해진 위치를 상하 반복 이동할 때의 위치 값을 측정하였다. 총 30회 반복 측정하였으며, 결과는 위치 정밀도 → 0.04mm로 개발목표치인 10mm 이하에 부합하였다(표 4).

표 4. 위치 정밀도 시험 결과
Table 4. Positioning precision test results

Test item	A target value	Results
Positioning precision (Repeat measurement 30 times)	10mm or less	0.04mm

마지막으로 개발 침대의 전자파 및 전기안전성 시험을 진행하였다. 해당 시험 모두 공인 인증 기관의 기준에 맞추어 실험을 진행하였고, 모두 적합 판정 결과를 받았다(표 5).

표 5. 전자파 및 전기안전성 시험 결과
Table 5. electromagnetic and electrical safety test results

Test item	Test standards	A target value	Results
Electromagnetic test	KN 301 489-1	PASS	PASS
	KN 301 489-17		
Electrical safety test	KN 61000-4-2		
	KN 61000-4-4		
	KN 61000-4-5		
	KN 61000-4-11		

IV. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 높이 및 지압력 조절이 가능한 차이가 삽입된 지압침대를 개발하고, 침대에 대한 사용성 평가와 전자파 및 전기안전성 시험을 진행하였다. 그 결과를 요약하면 아래와 같다.

개발 침대(지압력 조절 모듈을 탑재한 지압침대)의 사용성 평가는 기존 침대와 개발 침대를 비교 실험하여 Likert 척도 7점의 설문조사를 실시하였다. 사용된 Likert 척도 7점의 설문조사는 효율성 부분과 만족도 부분을 나눠 각각의 침대를 10분간 사용 후 설문에 참여하도록 하였다. 효율성 부분의 결과 개발 침대 6.2점, 기존 침대 5.2점으로 기존 침대 대비 개발 침대의 효율성 부분이 1.0점 높았고, 만족도 부분의 결과 개발 침대 5.9점, 기존 침대 4.6점으로 기존 침대 대비 개발 침대의 만족도 부분이 1.3점 높게 결과가 나왔다(그림 17).

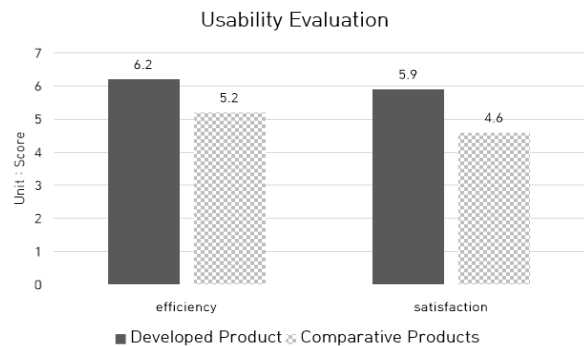


그림 17. 개발 침대 사용성 평가 시험 결과
Fig. 17. Development bed usability evaluation test results

개발 침대의 성능평가는 세부 평가 항목의 지표에 따라서 진행하였고, 개발 전 목표치에 모두 적합한 결과가 나왔다.

성능평가 세부 결과(표 6)에 관한 내용은 아래와 같다.

표 6. 성능평가 세부 결과
Table 6. Performance evaluation detailed results

Test item	Unit	A target value	Development results		Results
			avg	standard error	
Acupressure force uniformity (error rate)	&	< 5%	11.876	0.127	Pass
			1.069		
Maximum load	kg	130	130		Pass
Acupressure force resolution	kgf	< 3	1.08		Pass
			1.14		
			1.15		
			1.16		
			1.16		
Positioning precision	mm	< 10	0.04		Pass

첫째 지압력 균일도(오차율)의 경우 지압봉의 초기위치 기준 서로 다른 높이의 위치에 대해서 지압력의 균일한 정도를 측정하였다. 위치 1(초기위치 + 0.763mm)은 11.73kgf, 위치 2(초기위치 + 3.293mm)는 11.96kgf, 위치 3(초기위치 + 5.725mm)은 11.94kgf로 평균 지압력은 11.876kgf, 오차율은 1.069%로 개발목표치인 5% 이하에 적합한 결과가 나왔다.

둘째 최대 하중의 경우 개발 침대의 지압파트에 임의의 간격으로 분동을 올려놓은 후 130kg까지 순차적으로 실험을 진행하였고, 지압봉 상승 및 이동 여부에는 육안으로 문제가 없었으며, 개발목표치인 최대 하중 130kg에 적합한 결과가 나왔다.

셋째 지압력 해상도의 경우 임의의 지압봉 상단에 압력 측정을 위한 푸쉬풀게이지(로드셀)를 배치하고 연속으로 5회 측정하였다. 1회 측정 시 1.08kgf, 2회 1.14kgf, 3회 1.15kgf, 4회 1.16kgf, 5회 1.16kgf, 평균 1.138kgf, 표준편차 0.033kgf로 개발목표치인 3kgf 이하에 적합한 결과가 나왔다.

넷째 지압 위치 정밀도는 지압봉 상단에 레이저 트래커 센서를 부착하고 정해진 위치를 상하 반복 이동하여 위치값을 측정하였으며, 총 30회 반복 측정하였을 때 위치 정밀도 0.04mm로 개발목표치인 10mm 이하에 적합한 결과가 나왔다.

다만 더욱 더 객관적이고, 정확한 결과를 얻기 위해서는 비교군 제품과 피실험자 대상 수를 추가하여 실험을 진행하는 추가 연구가 필요하다.

References

- [1] K. Yoon, "Radiofrequency Treatments in Spinal Pain", *The Korean Journal of Pain*, Vol. 17, No. 2, pp. 11, 2004.
- [2] J. Lovas, Y. Tran, J Middleton, R. Bartrop, N. Moore, and A Craig, "Managing pain and fatigue in people with spinal cord injury: a randomized controlled trial feasibility study examining the efficacy of massage therapy", *Nature Publishing Group*, Vol. 55, No. 2, pp. 162-166, Nov. 2017. <https://doi.org/10.1038/sc.2016.156>.
- [3] Doctor Beak Seoung-wook's Health Column, <https://www.healthinnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=35045> [accessed: Sep. 24, 2024]
- [4] Y. Ko, "The Effects of Stimulation Massage and Traction Tool on Back Pain Reduction", *Korean Journal of Convergence Science*, Vol. 8, No. 1, pp. 227-240, Jan. 2019.
- [5] S. Jang, "The Effect of Acupressure Thermal Bed Combined with Acupressure and Thermal Therapy on Brain waves and ANS", *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol. 10, No. 8, pp. 179-186, Aug. 2020. <http://dx-doi-org.libproxy.dhu.ac.kr/10.22156/CS4SMB.2020.10.08.179>.
- [6] T. Chase, A. Jha, C. A. Brooks, and A. Allshouse, "A pilot feasibility study of massage to reduce pain in people with spinal cord injury during acute rehabilitation", *Nature Publishing Group*, Vol. 51, No.1 pp. 847-851, Sep. 2013. <https://doi.org/10.1038/sc.2013.104>.

- [7] J. Lee, B. Ko, and Y. Kim, "Effects of Short-Term and Long-Term's CGM-M Treatment On Elite Athlete's Central Fatigue and Metabolic Factors", Korean Journal of Sport Science, Vol. 14, No. 3, pp. 48-61, Sep. 2003.
- [8] K. Lee and Y. Yoon, "Simultaneous Heat-Massage Therapy for Migraine Without Aura : A Case Report", Journal of Digital Convergence, Vol. 18, No. 8, pp. 505-509, Aug. 2020. <https://doi.org/10.14400/JDC.2020.18.8.505>.
- [9] Y. H. Lee, B. N. R. Park, and S. H. Kim, "The Effects of Heat and Massage Application on Autonomic Nervous System", Journal of Yonsei Medical, Vol. 52, No. 6, pp. 982-989, Nov. 2011. <https://doi.org/10.3349/ymj.2011.52.6.982>.
- [10] J. G. Lee, et al., "Effects of CGM-M Treatment On Elite Athlete Fatigue Recovery Rate And Athletic Performance", Korean Journal of Sport Science, Vol. 13, No. 2, pp. 18-50, Jun. 2002.
- [11] J. H. Choi, J. H. Lee, and Y. S. Yoon, "Effects of Thermo-spinal massage treatment in a Patient with Rheumatism patient with Autonomic nervous system Dysfunction: A Case Report", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 11, No. 8, pp. 331-340, Aug. 2020. <https://doi.org/10.15207/JKCS.2020.11.8.331>.
- [12] D. H. Ahn, J. M. Lee, and S. P. Heo, "Development and Effectiveness Evaluation of Acupressure Bed Providing Acupressure Strength and Free Selection of Acupressure Points", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 20, No. 6, pp. 59-68, Jun. 2022. <https://doi.org/10.14801/jkiit.2022.20.6.59>.
- [13] Y. R. Choe and S. S. Han, "The Lower Extremity Hemiplegic Patients Caused by Stroke = The Effect of Meridian Acupressure Treatment Combined with the Unaffected Upper Extremity Exercise", Journal of Korean Clinical Nursing Research, Vol. 11, No. 1, pp. 21-32, Aug. 2005.

저자소개

김 재 훈 (Jae-Hun Kim)



2022년 2월 : 대구한의대학교
의료공학과(공학사)
2023년 3월 : 대구한의대학교
재활의료공학과(석사연구원)
2021년 7월 ~ 현재 : (주)쓰리에이치
주임연구원
관심분야 : 의공학, 헬스케어

김 해 용 (Hea-Yong Kim)



2024년 2월 : 국가평생교육진흥원
지식재산학전공(지식재산학사)
2024년 2월 : 경북대학교
융합소프트웨어학과(석사연구원)
2019년 6월 ~ 현재 : (주)쓰리에이치
책임연구원
관심분야 : 기계, S/W, 헬스케어

장 호 경 (Ho-Gyeong Chang)



1984년 2월 : 영남대학교
물리학과(이학사)
1986년 2월 : 영남대학교 대학원
물리학과(이학석사)
1992년 2월 : 영남대학교 대학원
물리학과(이학박사)
1994년 3월 ~ 현재 :
대구한의대학교 재활치료학부 교수
관심분야 : 재활의료, 의료계측, 초음파

허 성 필 (Sung-Phil Heo)



2004년 3월 : Tohoku University
(공학박사)
1993년 11월 ~ 2014년 5월 : KT
연구소 수석연구원, 부장
2014년 7월 ~ 2016년 8월 :
금오공과대학 교수
2016년 9월 ~ 2019년 2월 :
경운대학교 무인기공학과 학과장, 부교수,
공용장비지원센터 센터장
2019년 9월 ~ 현재 : 강릉원주대학교 정보통신공학과
교수, 산학융합지구사업단 기획전략센터 센터장
관심분야 : 디지털헬스케어, 인공지능, 사물인터넷,
멀티미디어검색, 차세대무선통신, 드론기술