

변동형 대차 구동방식의 지압 침대 개발 및 유효성 평가⁺

(Development and Effectiveness Evaluation of Acupressure Bed with Variable Type Bogie)

허성필¹⁾, 박세진²⁾, 안도현^{3)*}

(Sung-Phil Heo, Se-Jin Park, and Do-Hyun Ahn)

요약 지압은 신체의 특정 부위에 압력을 가하는 치료행위로 주로 한의학 분야에서 통증 경감에 활용되어 왔다. 하지만 시술자의 역량, 경험, 체력에 따라 치료 효과가 달라지는 경우가 많아 표준화된 지압이 필요하며 관련하여 기구가 출시되고 있으나 주로 롤링 마사지 방식이어서 에너지 집중도가 떨어지며 부상의 위험성이 있었다. 따라서 본 연구에서는 변동형 대차를 기반으로 수직 지압을 제공하는 장치를 구현하였다. 장치의 지압력 유효성 확인을 위해 하중 실험 및 체압 분포, 만족도를 실험한 결과 지압봉은 150kg까지 버티며, 체압비는 $0\% < x \leq 5\%$ 구간에서 비교품의 체압 비율에 비해 낮게 측정되었으며, 또한 주관적 만족도는 평균 2.11점의 높은 점수를 받았다. 따라서 수직 지압이 적용된 장치가 기존 제품과 비교하면 체압 분산에 효과가 있었으며 만족도가 높다고 볼 수 있었다. 향후 연구에서는 수직 지압 사용 그룹과 전문 치료사의 지압 그룹을 구성하여 개발 기기가 사람에 비해 균일한 지압을 제공하는지 비교 평가할 필요가 있다.

핵심주제어: 지압 침대, 헬스케어, 변동형 대차, 유효성 평가

Abstract The acupressure is a treatment that applies pressure to certain parts of the body and has been mainly used for pain relief in the field of oriental medicine. However, the treatment effect is often different depending on the practitioner's ability, experience, and physical strength, so standardized acupressure is needed. In this regard, the equipment is being released, but this is mainly a rolling massage method, which reduces energy concentration and poses a risk of injury. Therefore, in this study, a device that provides vertical acupressure based on variable bogie (wheel truck) was implemented. As a result of experimenting with load and body pressure distribution and desirability to validate the device's bearing pressure, the acupressure rod held up to 150kg, the body pressure ratio was measured lower than the body pressure ratio of the comparison item in section $0\% < x \leq 5\%$, and the subjective satisfaction was also scored high by an average of 2.11 points. Thus, the device with vertical acupressure was more effective in dispersion of body pressure than conventional products and was more satisfying. In future studies, it is necessary to organize a group of vertical acupressure use and a group of professional therapists to assess whether the development device provides a uniform acupressure compared to humans.

Keywords: Acupressure bed, Healthcare, Variable bogie, Effectiveness evaluation

* Corresponding Author: tigerace5012@nate.com

+ 이 논문은 2020년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국 산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0004794, 대구혁신도시 융합의료산업 혁신 생태계 조성)

Manuscript received September 17, 2020 / revised October 28, 2020 / accepted November 25, 2020

1) 강릉원주대학교, 제1저자
2) 한국표준연구원 KSB융합연구단, 제2저자
3) ㈜쓰리에이치 기업부설연구소, 교신저자

1. 서론

대체의학의 한 종류인 지압은 전통적으로 척추와 몸의 주요 장기 치료에 쓰이는 방법으로 척추 유관 질환자의 통증 감소 및 증상 완화에 효과가 좋은 것으로 알려져 있다(Cauwenbergs, P, 1995). 하지만 시술자의 역량, 경험, 체력에 따라 치료 효과가 달라지는 경우가 많아 표준화된 치료를 제공할 수 있는 기계적인 방법의 지압 필요성이 대두되고 있다. 이에 다양한 지압 시술을 위한 안마 관련 도구 및 기구가 출시되고 있다(Kim et al., 2016).

기존에는 주로 롤링 마사지 방식의 지압법을 적용하고 있는데, 이는 실제 지압을 원하는 부위에 대한 에너지가 분산이 되어 에너지 집중도가 떨어지며 부상의 위험성이 있었다(Korea Consumer Agency, 2018). 따라서 더욱 안전하며 효과가 높은 지압을 제공하기 위하여 척추를 중심으로 기립근을 수직 지압하여 척추 근육을 활성화한다면, 직립 보행으로 척추에 무리가 가는 인간의 경우 척추의 기립근 변형이 오는 것을 예방할 수 있다(Lee, et al., 2012).

기존의 마사지 기기는 롤링방식으로 대차가 아닌 바퀴 타입의 자극부를 가지고 있고 고정된 기본 이동 경로 이외에 경로의 변경이 불가능한 기술적인 문제가 있다(Lee, et al., 2020). 이에 본 연구에서는 수직 지압이 가능하며 고정 경로가 아닌 상하좌우 경로 변경이 가능한 조절 변동형 대차방식을 적용한 지압 기기를 개발하고자 하였다. 또한 본 연구에서는 원적외선이 방사되는 세라믹(Kim, et al., 2003), 온열(Kim, et al., 2005), 뜸(Kim, et al., 2006), 생체신호 측정(Kim, 2010)등을 동시 적용할 수 있도록 하였으며 향후 수면 관리(Kim, et al., 2006)까지 적용 가능한 형태로 제작하고자 하였다.

2. 시스템 구성 및 평가 방법

2.1 시스템 원리

Fig. 1에서 보듯이 척추기립근은 척추의 코어 주변에 위치하고 있으며, 최장근(Longissimus

muscle, 가장긴근)과 가시근(Spinalis muscle) 그리고 엉덩갈비근(Iliocostalis muscle)의 근육 그룹을 일컫는다. 위쪽으로는 흉부, 두부까지 뻗어있으며 아래쪽으로는 허리와 골반까지 뻗어있다. 이 척추기립근이 약해지면 허리의 근력이 약화되어 요추 사이에 있는 추간판이 과도한 압력을 받게 된다. 이 때문에 요추 추간판 탈출증을 비롯한 척추 질환을 예방하기 위해서는 척추기립근을 자극하여 강화시켜주는 것이 좋다. 이를 위해서 근막이완술이 사용되는데 근막 조직의 장벽에 제한적인 압력을 가하여 풀어주는 방법 등이 있다(Ok, 2013). 이에 따라 지압봉의 위치를 척추기립근의 근막 위치에 중첩되도록 설계 및 구성하였다.

또한 동양의학적 측면에서 척추를 중심으로 한 경혈은 척추 및 신경계통의 다양한 질환과 통증에 이용되며 손 또는 도구를 활용한 압력을 주거나 침을 놓는 치료가 주로 이루어져 왔다. 표준 경혈 DB에 따르면 척추 부분의 경혈점은

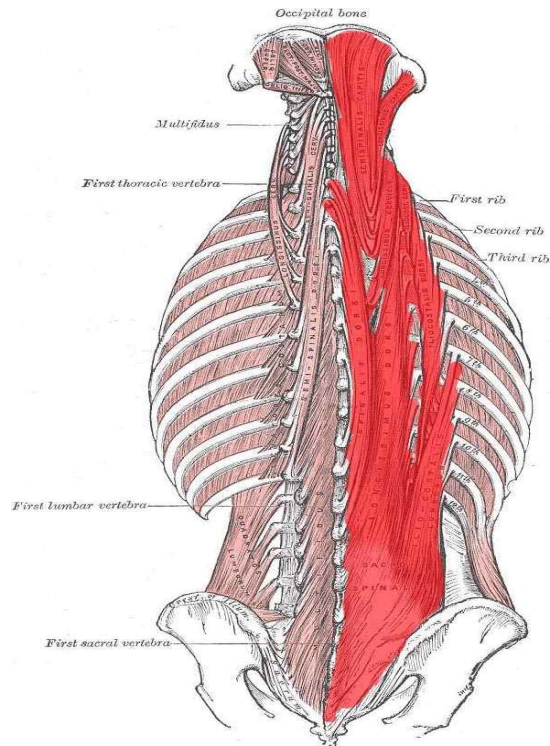


Fig. 1 Structure of Erector Spinae Muscles (Richard, et al., 2010)

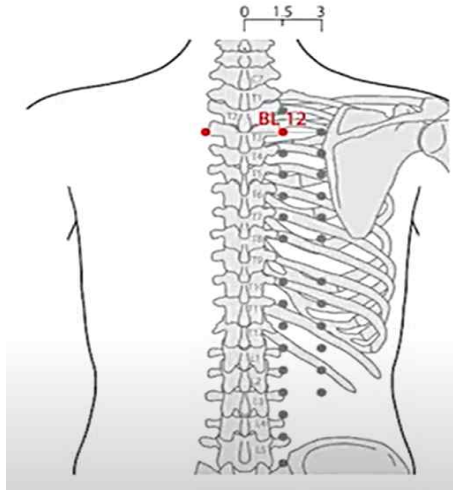


Fig. 2 Standard Acupuncture Point (Korean Medicine Convergence Research Information Center, 2020)

Fig. 2와 같이 척추를 중심으로 약 1.5촌(寸)에 위치하고 있으며 이를 현대 단위로 환산하면 44.5mm가 되고 이를 기준으로 최종적인 지압봉 배치의 위치를 산출하였다.

2.2 시스템 구성

일반적으로 대차 (Bogie, wheel truck)는 물건을 실어서 운반 및 이동하기 위해 차륜이 붙은 받침대를 일컫는 용어로, 본 연구에서는 수평의 에너지를 수직 에너지로 변환하기 위하여 하부에는 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 삼각대의 구조를 가지는 대차가 레일을 따라서 모터의 힘으로 이동하도록 설계하였다.

대차가 이동하면 특정 높이에 배열된 세라믹 지압봉을 순차적으로 밀어 올려지면서 전개할 수 있도록 구성하였으며, 타이밍벨트를 적용하여 왕복 운동이 가능하도록 하여 필요한 횟수만큼 수평운동을 반복할 수 있도록 설계하였다.

또한, Fig. 4에서와 같이 대차에 엑스자형 높이 조절 모듈을 추가하여 지압봉이 좌우 최대 100mm 이동할 수 있도록 구성하였고, 최대 140mm 상승할 수 있도록 제작하였다. 그리고 치료 효과를 높이기 위해 지압과 동시에 최대

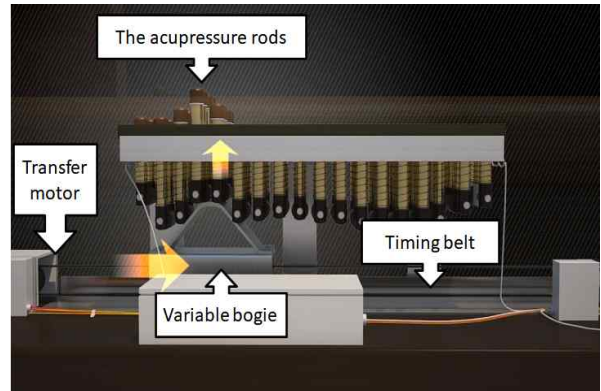


Fig. 3 System Configuration Picture



Fig. 4 Structure of the Operating Part

70℃까지 온열을 제공하기 위한 열전도율이 높은 알루미늄 소재를 적용하고 열선을 부착하였다. 다만, 생체신호 측정 모듈의 경우 이번 연구에서는 적용이 어려워 차기 연구에 적용하기로 하였다.

2.3 침대 구조

대차 방식을 적용한 작동부에 지압을 제공하기 위하여 실제 침대를 설계 및 제작하였다. 침대 (3H Massage Bed) 본체는 1,010 (W) x 2,280 (D) x 830 (H)로 제작되었다. 전원은 AC 220V를 인가할 수 있도록 제작하였고 전력 소모량은 670W이다. 지압봉의 상승 폭은 대기점으로부터 최대 75mm까지 상승하도록 하였으며 Fig. 5에서 볼 수 있듯이 지압봉의 배열은 중심 (Core)에서 첫 번째 지압봉 중심까지의 거리를 40.0mm로 배치하여 사전 도출된 경혈 지압점인 약 1.5촌(寸) 즉, 44.5mm에 근접하게 제작되었다.

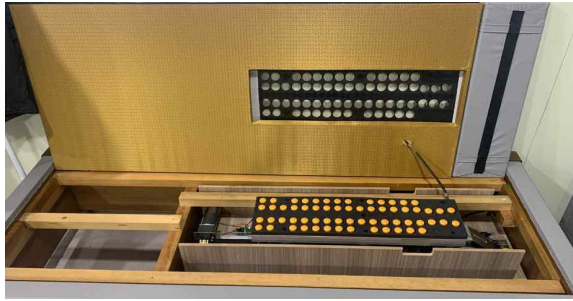


Fig. 5 Inside of Acupressure Bed

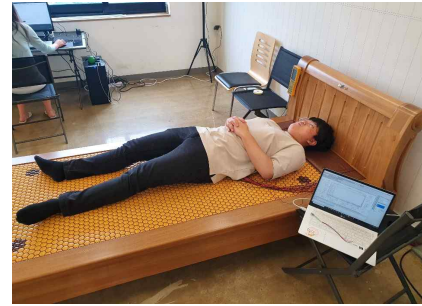


Fig. 6 Experiment Progress Scene

2.4 평가 방법

본 연구에서는 대차를 적용한 수직 지압 침대의 유효성을 평가하기 위하여 3가지 항목으로 실험을 실시하였다.

첫번째로, 지압봉이 실제로 지압을 하기 위해서 일정 수준 이상의 하중을 버텨야 하므로 이를 위해 지압봉 순차 상승기를 이용하여 25kg 단위별 하중 실험을 진행하였고 시험 중 초기 상태 대비 하중 인가 시 무게에 따른 시료의 동작이 원활하며, 시험 후 시료의 변형이 나타나지는가의 여부를 확인하였다.

두번째로, 균일하고 만족한 지압을 제공하는지를 확인하기 위하여 기존 롤링 방식의 마사지와 체압분포를 비교하여 체압비를 산출하였다.

피실험자는 허리 및 다리에 질병이 없는 남녀 10명을 모집하였으며 피실험자의 키 (176.51 ± 3.39) cm, 몸무게 (75.60 ± 5.34) kg, BMI (22.57 ± 2.95) kg/m^2 로 나타났다.

피실험자는 실험 목적과 측정 방법에 대한 설명을 충분히 듣고 실험에 동의 후, 키와 몸무게는 KS ISO7250-11 기준에 따라 직접 측정 방법으로 측정하고 약 5분 동안 휴식을 취한 후 상의탈의, 의복탈의에 의한 열 손실을 동일하게 하기 위하여 5초 뒤에 1.5 m 떨어진 장소에서 열화상 카메라로 촬영 후 착의하고 Fig. 6처럼 대상 마사지 침대에 바로 누운 자세 (천장을 보는 자세)에서 안정화를 위해 약 5분 후 체압분포 측정을 진행하고 대조군 마사지 침대에 바로 누운 자세에서 5분 안정화 뒤 체압분포 측정하였다.

실험환경은 온도, 습도, 조도를 고정하여 시험을 실시하였다. 실험실 온도는 (24.0 ± 2.0) $^{\circ}\text{C}$, 습도는 (55.0 ± 5.0) % 상대습도 (R.H.: Relative humidity)로 고정하였다.

체압분석에 있어서는 FSR (Force Sensing Resistor)로 구성된 체압분포기 (X-SENSOR)를 사용하였으며, 데이터 값 추출 후 체압을 식 (1) 과 같이 산출하였다.

$$PRi = \frac{\Pi}{\sum_{i=1}^{183} \Pi} (i = 1, 2, \dots, 183) \quad (1)$$

위 식(1)에서 PRi 는 모든 피험자 침대 각 부분 (체압 센서 셀)의 체압비의 합을 나타내고 $\Pi (Pi)$ 는 한 피험자 각 셀별 체압비, i 는 체압 센서 셀의 수이다.

세번째로, 온열마사지 지압 침대의 지압 기능, 온열 기능, 안락함에 대한 주관적 만족도를 평가하였다. 총 응답자는 10명으로, 각 문항의 평균 점수로 분석하였으며, 직접 신체 부위에 체크하는 문항은 비율 (%)로 평가하였다. 주관적 만족도 평가는 실험 실시 후에 전체적인 만족도에 대해서 질문을 하였으며, 피실험자별 주관적 만족도 평가의 일관성을 유지하고자, 설문지를 작성하여 설문을 실시하였다.

주관적 항목에서는 지압기능과 온열기능으로 분류하여 평가항목을 작성하였다. 각각 평가항목은 Table 1과 같으며 “보통이다: 0”을 기준으로 “매우 그렇지 않다: -3”, “매우 그렇다: 3”으로 전체 7단계로 하여 만족도를 구성하였다.

Table 1 Satisfaction Evaluation with Acupressure and Heat

Classification	Evaluation item
Acupressure Function (I)	I-1 Was the acupressure function adequate?
	I-2 Did you feel your fatigue recover?
	I-3 Did the acupressure function induce sleep?
	I-4 Are you satisfied with the acupressure function?
Warming Function (II)	II-1 Did you feel your hands and feet getting warm?
	II-2 Did you feel the whole body getting warm?
	II-3 Did the thermal function induce sleep?
	II-4 Are you satisfied with the thermal function?

또한 인체 해부학적 척추 구조에 따라 경추, 흉추, 요추로 구분하여 지압 기능에 대한 주관 평가를 실시하였고 온열마사지 미작동 상태에서 바로 누운 자세 후 수직 지압 방식 침대와 롤링 마사지 방식 침대의 편안함과 만족감에 대해서도 비교하였다.

3. 실험 결과 및 평가 결과

3.1 실험 결과

지압봉이 실제로 지압을 하기 위해서 일정 수준 이상의 하중을 버티는지의 여부에 대하여 Fig. 7과 같이 실험한 결과, 최대 150kg까지 버티는 것을 확인하였으며, 시험결과를 표로 정리하면 Table 2와 같다.

전체 체압 비율 산출 결과는 Fig. 8과 같이 나타났다. 여기서 체압비는 부분체압을 전체 체압으로 나눈 뒤 100을 곱하여 산출한 값으로 값이 높을수록 분산이 잘 안되고 특정 부분에 압력의 집중이 높다고 볼 수 있다. 예를 들어 수직 지압 침대에 누웠을 때의 전체 체압의 $0\% < x \leq 5\%$ 에 해당하는 체압비는 57.92%이다.

결과에 따르면 체압비 $0\% < x \leq 5\%$ 구간에서 롤링 마사지 침대의 체압비율이 매우 높게

Table 2 Results of Load Test

Test load	Test result (Pass/Fail)	Error occurred (Y/N)
50kg	Pass	N
100kg	Pass	N
150kg	Pass	N
200kg	Fail	Y



Fig. 7 Before and After Load Test

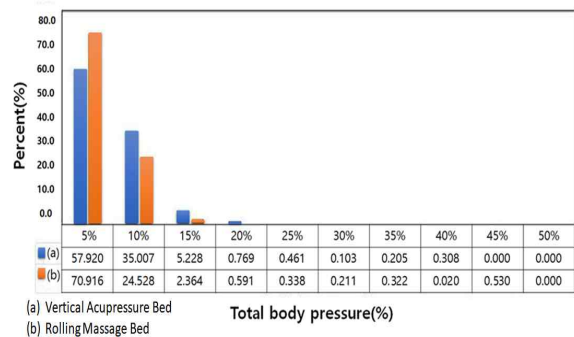


Fig. 8 Body Pressure Ratio

측정되었으나, 체압비 $40\% < x \leq 45\%$ 에 해당하는 압력은 0%로 측정되었다.

3.2 평가 결과

지압 기능에 대한 7단계 평가결과는 Table 3와 같다. “피로 회복감= 2.31점”, “지압의 전체적 만족도= 2.11점”으로 비교적 높은 점수를 받았다. 그러나 지압의 강도에 대한 평가항목에서 -0.10점으로 매우 낮은 점수를 받았다. 또한 온열 기능에 대한 평가 결과에서는 “손발 열발생= 2.21점”, “몸전체 열발생= 2.82점”, “온열 기능에 대한 만족도= 2.91점”으로 높은 점수를 받았다.

또한 인체 해부학적 척추 구조에 따라 경추, 흉추, 요추로 구분하여 지압 기능에 대한 주관

평가 결과 Fig. 9에서 볼 수 있듯이 흉추부의 만족도 평가율은 모든 연구 대상자들이 만족한다고 평가하였으나 요추 부위 지압 시 통증이 있었다고 평가한 피험자는 80%로 매우 높은 것으로 나타났다. 그리고 지압강도 항상 희망의 경우 약 20%로 대체적으로 강도가 적절한 것으로 평가 되었다.

온열마사지 미작동 상태에서 바로 누운 자세 후 수직 지압 방식 침대(A)와 롤링 마사지 방식 침대(B)의 편안함과 만족감에 대한 주관적 평가 결과는

Table 3 Evaluation Score of Satisfaction with Acupressure and Heat

		Very Poor	Poor	Fairly Poor	Fair	Good	Very Good	Excellent	Score
		-3	-2	-1	0	1	2	3	
Acupressure	I -1	●							-0.10
	I -2	●							2.31
Function (I)	I -3	●							2.01
	I -4	●							2.11
Warming	II -1	●							2.21
	II -2	●							2.82
Function (II)	II -3	●							2.55
	II -4	●							2.91

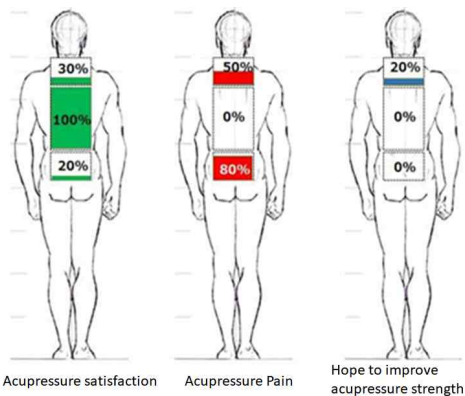


Fig. 9 Results of Subjective Evaluation of Thermal Satisfaction according to Body Parts

Fig. 10과 같다. “편안함”과 “만족함” 두 항목 모두에서 수직 지압 침대가 유의하게 높았다(*p < 0.05).

또한, 수직 지압 방식 침대(A)와 롤링 마사지 방식 침대(B)의 사용 약 10분 후 불편 부위는 Fig. 11에서 보는 것처럼 롤링방식의 불편도가 전 부분에서 높게 나타났다.

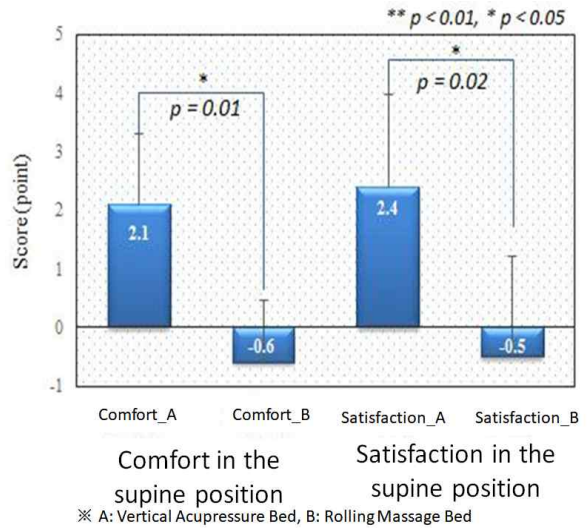


Fig. 10 Subjective Comparison Evaluation Result of Comfort and Satisfaction

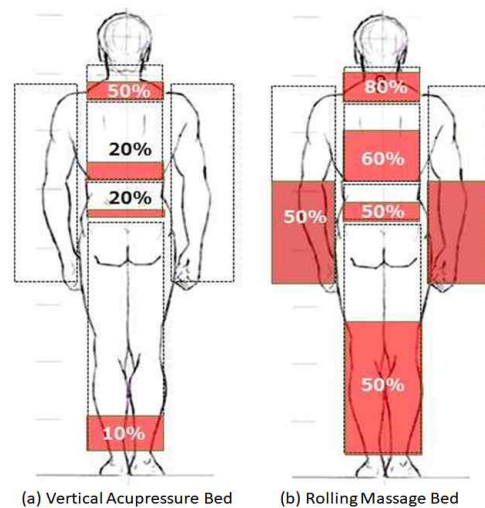


Fig. 11 Subjective Evaluation Result of Discomfort after 10 Minutes of Use

4. 결 론

본 연구에서는 수평의 에너지를 수직의 에너지로 전환하는 대차 (Bogie, wheel truck) 방식을 적용한 수직 지압 침대의 실험 결과 지압 모듈은 135kg까지의 하중을 버틸 수 있어 통상적인 조건을 가진 사람은 안정적으로 사용이 가능함을 확인하였다.

또한 지압에 따른 체압의 분산 효과를 확인하였을 때 온열이 적용된 대차를 적용한 수직 지압 침대의 경우 신체 압력의 분산으로 인해 체압의 비율은 40% 이하로 나타났다. 이는 Rithalia (2005)의 연구결과와 비교하였을 때 수면 침대로 적합하다고 판단된다.

주관적 방식의 만족도에 대한 평가 결과를 살펴보면, 지압 기능은 흉추부에 대한 만족도가 높았고, 온열 기능의 경우는 몸통 부위에 대해 만족도가 높았다. 그뿐만 아니라 타사 제품의 롤링방식 마사지와 비교하면 수직 방식의 지압에 대한 만족도가 높음을 확인하였다. 이는 수직 지압 침대가 부상의 위험이 적을뿐 아니라 누웠을 시 편안함 등의 주관적인 만족도가 높은 것으로 판단된다. 하지만 좀 더 객관적인 만족도의 측정을 위해 감각에 대한 만족도 모델을 추가 실험할 필요가 있으며, 향후 연구에서는 지압을 받는 피실험자 군의 범위를 넓혀서 다양한 신체, 연령, 성별 등을 선정하여 그룹별로 성능평가를 실시 한다면 성능평가의 신뢰성이 제고될 것으로 기대된다.

또한 실험 결과에서 요추 부위의 지압 통증이 80%로 높게 나타났으므로 이를 해결하기 위하여 요추 부분에 적용되는 지압봉의 높이를 전체적으로 낮게 자율 조정하여 통증을 완화해 줄 필요가 있다. 그리고 향후 성능이 고르게 나타나는지를 판단하기 위하여 동일한 지압 패턴을 제공하는 수직 지압 장치를 통해 지압 받는 그룹과 전문 치료사를 통해 지압을 받는 그룹을 구성하여 각각의 지압 전후 생체신호 분석 (Heo et al., 2015)을 수행하여 개발 기기가 사람에 비해 균일한 지압을 제공하는지 비교 평가할 필요가 있다.

References

- Cauwenbergs, P. (1995). *Vertebral Subluxation and the Anatomic Relationships of the Autonomic Nervous System*. In *Foundations of Chiropractic: Subluxation*, Gatterman, M. (Ed.), Mosby Year Book, Inc. St. Louis, 234-266.
- Heo, Y. S., Lee, J. C., and Kim, Y. N. (2015). Analysis and Processing of Driver's Biological Signal of Workload, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 20(3), 87-93.
- Hong, Y. K., and Lee, J. Y. (2006). Detection of sleep Apnea using Zigbee, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 11(3), 90-95.
- Kim. (2010). Design and Implementation of Biometrics Security System using Photoplethysmogram, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 15(4), 53-60.
- Kim, D. H., Han, J. Y., and Lee, K. S. (2003). Case Series of Atopic Dermatitis Treated with Ceramic Based Infra-red Therapy, *Journal of Oriental Medical Thermology*, 2(1), 63-66.
- Kim, D. W., Lee, D. W., Schreiber, J., Im, C. H., and Kim, H. (2016). Integrative Evaluation of Automated Massage Combined with Thermo-therapy: Physical, Physiological, and Psychological Viewpoints, *Biomed Research International*, 1-8.
- Kim, E. Y., and Chae, S. N. (2006). A Study on Stone Therapy, *Korean Journal of Aesthet Cosmetol*, 4(2), 107-114.
- Kim, W. G., Kim, S. S., You, S. H., Kil, I. H., Kwon, S. H., and Lee, K. N. (2005). A Study of Influences Caused by Far Infrared and Anion on Human Body, *Journal of Society of Preventive Korean Medicine*, 9(2), 93-106.

Korea Consumer Agency. (2018). Older People or Bone-related Patients should be Careful When Using Massage Chairs, <https://www.kca.go.kr>. (Accessed on Apr. 25th, 2018).

Korean Medicine Convergence Research Information Center. (2020). Standard Acupuncture Point DB, <https://www.kmcric.com/database/acupoint> (Accessed on Sep. 30th, 2020)

Lee, D. W., Park, J. H., Eom, S. N., Kim, D. W., Cho, S. H., Ko, C. Y., and Kim, H. S. (2012). Effects of Combined Stimulus on Stress Relief, *Journal of Biomedical Engineering Research*, 33(4), 194-201.

Lee, M. H., Kim, K. E. Jang, H. Y., and Cho. I. Y. (2020). The Effectiveness of Using a Spinal Column Thermal Massage Device on Muscle Pain, Depression and Stress, *Journal of the Korea Convergence Society*, 11(7), 361-368.

Ok, C. S. (2013). *Alternative Medicine*. Paju, Jigu Publishing.

Richard, L., Drake, A., Vogl, W., and Mitchell, A. W. (2010). *Gray's Anatomy*, Korea, Epublic.

Rithalia, S. (2005). A Guide to Evaluating Different Wheelchair Seat Cushions, *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 12(5), 226-229.

허 성 필 (Sung-Phil Heo)



- 정회원
- 도호쿠대학교 정보통신공학 박사
- KT 연구소 (팀장, 부장, 수석연구원)
- 금오공과대학교 ICT융합연구센터 교수
- 경운대학교 무인기공학과 부교수, 학과장, 공용장비지원센터 센터장
- (현재) 강릉원주대학교 교수, ICT기반생태계 구축사업단 단장
- 관심분야 : 사물인터넷(IoT), 디지털 헬스케어, 인공지능, 내용기반 멀티미디어검색, 차세대 무선통신기술

박 세 진 (Se-Jin Park)



- 고려대학교 인간공학 박사
- (현재) 한국표준과학연구원 (팀장, 실장, 본부장) 책임연구원
- 한국감성과학회 회장
- (현재) 과학기술연합대학원대학교 의학물리학과 교수
- 관심분야 : 인간공학, 감성공학, IoT, 실시간 건강 모니터링

안 도 현 (Do-Hyun Ahn)



- 학생회원
- 경북대학교 대학원 의용생체공학과 의공학석사
- (주)인더텍 개발 팀장
- (현재) ㈜쓰리에이치 연구소장
- 관심분야 : 의공학, 인공지능, IoT, 헬스케어, 생활환경