JESK J Ergon Soc Korea 2018; 37(1): 75-82
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2018.37.1.75
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

A Comparative Study on Body Pressure and Subjective Comfort for the Mattress Forms

Young-Hee Kim[1], Hong-In Cheng[2]

[1]Kyungsung University, Graduate School of Digital Design, Busan, 48434
[2]Kyungsung University, Department of Industrial and Management Engineering, Busan, 48434

매트리스의 종류에 따른 체압 및 주관적 편안함 비교 연구

김영희[1], 정홍인[2]

[1]경성대학교 디지털디자인전문대학원
[2]경성대학교 산업경영공학과

Corresponding Author
Hong-In Cheng
Kyungsung University, Department of Industrial and Management Engineering, Busan, 48434
Mobile : +82-10-9222-3729
Email : hicheng@ks.ac.kr

Received : January 15, 2018
Revised : January 26, 2018
Accepted : January 28, 2018

Copyright@2018 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: This study examines body pressure and subjective comfort for four different mattresses (latex, memory foam, soft multi-hardness polyurethane and hard multi-hardness polyurethane mattress) in three different sleeping postures (back lying, left side lying and right side lying sleeping posture).

Background: Mattress is very significant for satisfactory sleeping and well-being life. Many people are suffering from the sleep disorder these days. Not enough studies have been performed for the mattress especially for recently developed cutting-edge mattresses.

Method: Thirty five participants evaluated the mattresses in the different sleeping postures. Mean body pressures and peak body pressures were measured and analyzed for the study and subjective comfort of the mattresses was also assessed by the participants.

Results: Mean body pressure of each mattress was significantly different. Memory foam mattress and hard multi-hardness polyurethane mattress showed significantly lowest and highest mean body pressure in the back lying posture. In the other sleeping postures, similar results were also observed. Peak body pressure of memory foam mattress was significantly lower than other mattresses. The participants assessed hard multi-hardness polyurethane mattress was less comfort comparing to the other mattresses.

Conclusion: Memory foam mattress produced lower mean body pressure and higher comfort regardless sleeping posture. The relationship between softness and quality of mattress would be explored in the future study. Hardness of mattress would be related to the mean body posture and subjective comfort.

Application: The hardness of a mattress could be adjusted to improve the quality of mattresses. The results of the study can be applied to develop new mattresses as well.

Keywords: Sleep, Mattress, Sleeping posture, Body pressure, Subjective comfort

1. Introduction

수면은 중추신경계의 회복, 신체 기능의 재충전, 에너지 저장 등을 위한 능동적인 생리 현상으로 우리 삶의 약 30% 정도를 차지한다(Eun and Cha, 2010; Chae, 2007). 인간은 인지 기능을 유지하고 정신적, 육체적 피로를 회복하기 위해 반복적이고 능동적으로 수면을 필요로 하며, 수면 중에는 외부환경을 인식하고 반응하는 능력이 가역적으로 감소한다(Chae, 2007). 충분한 수면을 취하지 못하면 신체 및 정신활동에 문제가 발생할 수 있으며 각종 질환에 걸릴 확률이 높아진다. 수면은 심혈관계 질환인 고혈압, 심장병, 당뇨 등에도 영향을 주어 불면증이나 수면 부족 등이 심혈관계 질환의 위험을 초래할 수 있다(Nilsson et al., 2001).

직업의 근무 형태가 다양해지면서 야간 근무나 삼교대 혹은 새로운 형태의 근무시간으로 일하는 업종이 생겨나고 있다. 심지어 전체 근로자 중에서 80% 정도만 8~9시에 출근해 5~6시에 퇴근하는 전형적 근무시간에 일한다는 연구 결과도 있다(Wickwire et al., 2017). 교대 근무는 스트레스로 인해 근로자의 건강과 수면에 부정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 업무 효율을 떨어뜨리기도 한다(Jeong et al., 2014; Wickwire et al., 2017). 수면은 인간의 기본적인 욕구와 휴식의 의미 외에도 신체적, 정신적 건강을 위하여 꼭 필요한 과정으로 양질의 수면을 유지하는 것은 각종 질환을 예방하고 삶의 질을 높이는 데 없어서는 안될 중요한 요소이다.

수면에 영향을 미치는 요인은 스트레스나 심리적 불안정과 같은 내적 요인과 온도, 습도, 공기, 조도, 소음, 침구, 잠옷 등의 외적 요인으로 나눌 수 있다(Chun, 2015). 그 중에서도 매트리스는 양질의 수면을 위해 중요한 역할을 한다. 시중에는 수직 또는 수평 코일 스프링 매트리스, 라텍스, 메모리폼, 폴리우레탄, 에어 매트리스 등 다양한 소재의 매트리스 등이 판매되고 있다. 스프링(spring) 매트리스는 가장 일반적인 매트리스로 쿠션감을 주는 조립판 위에 스프링과 다양한 내장재를 넣고 커버로 봉합한 형태의 매트리스이다. 라텍스(latex) 매트리스는 천연 고무나무나 원유에서 추출한 천연 소재인 라텍스를 사용한 매트리스로 고탄성, 고밀도의 특징을 가진다. 메모리폼(memory foam) 매트리스는 폴리우레탄(polyurethane)에 여러 가지 화학 첨가물을 혼합한 점탄성 폼(viscoelastic foam) 소재의 매트리스이고, 폴리우레탄(polyurethane) 매트리스는 신축성이 좋은 폴리우레탄을 주소재로 한 매트리스이다. 다경도 폴리우레탄(multi-hardness polyurethane) 매트리스는 신체의 전체 압력을 분산시켜 편안함을 극대화할 수 있도록 신체 부위에 따라 영역을 나누어 경도를 다르게 구성한 폴리우레탄 매트리스로 가장 최근에 개발되었다.

Low et al. (2017)은 바로 누운 자세, 옆으로 누운 자세, 엎드려 누운 자세 등과 같은 3가지 수면 자세에서 라텍스 매트리스가 폴리우레탄 매트리스보다 평균체압이 낮아짐을 관찰하였다. Kim et al. (2016)은 일반스프링 매트리스, 라텍스계열 매트리스, 섬유사 에어 매트리스에 대한 연구를 통해 부드러운 재질의 매트리스에 대한 사용자의 만족도가 높으며, 두꺼운 에어 매트리스가 얇은 에어 매트리스보다 근육 활성도가 낮아 허리에 부담은 줄어들지만 만족도가 낮아짐을 밝혔다. López-Torres et al. (2008)는 체압과 매트리스의 경도가 높아지면 몸을 뒤집기가 쉬워서 주관적으로 편안하게 느낀다고 주장하였다. 기존의 연구들은 대체로 매트리스의 종류나 특성에 따른 체압이나 근전도 등의 측정값과 매트리스의 만족도에 대해 관심을 기울였다.

현대인의 수면장애가 증가하면서 보다 편안한 매트리스에 대한 관심과 요구도 높아지고 있다. 침대는 TV 시청, 독서, 휴식 등 수면 외의 일상적인 활동에도 광범위하게 활용되므로 보다 질 높은 삶을 위해서도 품질 좋은 매트리스의 필요성이 증가하고 있다. 이와 같은 요구에 부응하여 새로운 매트리스들은 지속적으로 개발되고 있지만 관련 연구는 부족한 편이다.

이 연구에서는 라텍스 매트리스와 고급 매트리스로 알려져 있는 메모리폼 매트리스를 다경도 매트리스와 비교하기 위해 매트리스와 수면 자세 별로 평균체압, 최고체압 및 주관적 편안함에 대한 결과를 분석하였다. 다경도 매트리스의 경우 인체 부위에 따라 매트리스의 경도를 차별화시켜서 신체 부위 별로 측정값들을 비교하여야 하지만 이번 연구 범위에는 이와 같은 내용은 포함시키지 않았다.

2. Method

이 연구에서는 라텍스 매트리스, soft 다경도 폴리우레탄 매트리스, hard 다경도 폴리우레탄 매트리스, 메모리폼 매트리스와 같이 총 4종의 매트리스를 비교 실험하였다.

체압 측정 실험은 실험실의 바닥에 침대 베이스를 설치하고, 그 위에 매트리스 놓고 실시하였다. 실험참가자들의 평균체압과 최고체

압은 X3 sensors사의 Pro V7 Pressure Mat를 이용하여 측정하였다.

본 실험을 하기에 앞서 실험 방법 및 순서 등에 대한 사전 검토를 위해 파일럿 실험을 실시하였다. 파일럿 실험에는 경성대학교 산업경영공학과의 인간공학 실험실에 소속된 남녀 학부 학생 3명씩 총 6명이 참가하였다. 파일럿 실험을 통해 계획한 실험에 문제가 없음을 확인하고 6명 모두가 평소 옆으로 누워 잔다는 조사 결과를 반영하여 본 실험의 실험 순서와 방법, 수면 자세 3가지(바로 누운 자세, 왼쪽 옆으로 누운 자세, 오른쪽 옆으로 누운 자세) 등을 확정하였다.

본 실험에 참가한 실험참가자는 실험에 관한 SNS 공고문을 확인하고 자발적으로 지원한 경성대학교 학생 가운데 평소 수면에 문제가 없는 건강한 남녀 학생 총 35명을 선발하여 실시하였다. 선발된 학생들은 약 1시간 정도 실험에 참가하였으며 실험참가비를 지급받았다.

남자 20명과 여자 15명이 실험에 참여하였고 그들의 인체 특성은 Table 1과 같다. 수면시간을 묻는 설문에는 6~7시간으로 응답한 실험참가자가 40.0%로 가장 많았고 8시간 이상이 14.29%로 가장 적었으나, 6시간 미만과 7~8시간 수면하는 비율도 각각 22.86%로 나타났다. 수면 자세는 옆으로 누운 자세가 68.57%, 바로 누운 자세가 28.57%, 엎드려 자는 자세는 2.86%로 조사되었다.

Table 1. Characteristics of the participants

Gender	N	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)
Male	20	23.65±1.93	175.85±5.83	73.90±11.09
Female	15	23.53±2.33	162.37±7.76	53.67± 9.80

실험참가자들은 실험에 앞서 실험의 내용과 목적이 적힌 서류를 읽고 나서 실험에 대한 간단한 설명을 듣고 실험동의서를 작성하였다. 서류작업을 마친 뒤에 참가자들은 실험용으로 준비한 편안한 반팔티와 반바지로 갈아입고 키와 몸무게를 측정한 뒤 실험을 실시하였다. 실험 방법을 설명하기 위해 네 가지 매트리스 중에 무작위로 매트리스를 선정하여 실험에서 사용할 수면 자세대로 누워보게 하였으며, 실험 방법에 대해 참가자들이 이해한 뒤에 체압을 측정하는 실험을 실시하였다. 체압의 측정은 무작위 순으로 매트리스와 수면 자세를 선정하여 실시하였으며 실험참가자들은 무작위로 선택된 매트리스에서 특정 수면 자세로 1분 이상 자세를 유지한 뒤에 측정하였다.

실험은 4×3 피험자 내 실험(within-subject experiment)으로 실시하였다. 실험의 독립 변수는 4가지 매트리스 종류(라텍스 매트리스, soft



(a) Back sleeping (b) Side sleeping

Figure 1. Sleeping posture and body pressure measurement

다경도 폴리우레탄 매트리스, hard 다경도 폴리우레탄 매트리스, 메모리폼 매트리스)와 3가지 수면 자세(바로 누운 자세, 왼쪽 옆으로 누운 자세, 오른쪽 옆으로 누운 자세)로 선정하였다. 실험의 종속 변수는 정량적인 측정값인 평균체압과 최고체압, 정성적 평가값인 매트리스에 대한 주관적 편안함으로 선정하였다. 주관적인 편안함은 11점 척도로 평가하였는데 매우 불편한 상태는 0점, 매우 편안한 상태를 10점, 중간 정도의 편안함을 5점으로 평가하였다.

실험에서 바로 누운 자세(back sleeping posture, Figure 1.a)는 매트리스에 인체의 뒷면이 닿는 상태로 머리와 척추는 일직선으로 하고 상지는 편안하게 몸통에 올리거나 옆에 붙이고 하지는 편안한 상태로 벌린 자세를 의미한다. 옆으로 누운 자세(side sleeping posture, Figure 1.b)는 돌아눕는 방향에 따라 왼쪽과 오른쪽 옆으로 누운 자세를 뜻한다.

3. Results

3.1 Mean body pressure

매트리스의 종류와 수면 자세 별로 평균체압을 측정한 결과는 Table 2와 같았다. 측정한 평균체압 데이터는 정규성(normality)을 만족하고 구형성(sphericity)이 유의하지 않아 이원 반복측정 분산분석(Two-way repeated measures ANOVA) 방법으로 결과를 분석하였다(Table 3).

Table 2. Mean body pressure due to the mattress and posture (mmHg)

Sleeping posture	Latex	Soft polyurethane	Hard polyurethane	Memory foam
Back sleeping	13.72±0.80	13.02±0.94	14.98±0.85	11.24±0.83
Left side sleeping	16.98±1.43	16.12±1.09	18.01±1.07	14.08±1.19
Right side sleeping	16.98±1.16	16.04±1.13	17.72±1.18	14.02±1.15

Table 3. ANOVA Table for the mean body pressure

Source	SS	DF	MS	*F*	*p*-value
Mattress	812.23	3	270.74	436.62	0.001
Error	63.25	102	0.62		
Posture	840.14	2	486.14	486.14	0.001
Error	58.76	68	0.86		
Mattress*Posture	3.51	6	0.59	3.47	0.003
Error	34.33	204	0.17		

이원 분산분석 결과 매트리스와 수면 자세 사이의 교호작용이 유의하여 각각의 수면 자세에 대해 매트리스별 평균체압을 일원 반복측정 분산분석(One-way repeated measures ANOVA) 방법을 사용하여 비교하였다.

등을 대고 바로 누운 수면 자세에서는 매트리스 별로 평균체압의 유의한 차이가 있어 대응표본 T 검정 방법으로 사후분석한 결과 매트리스 간의 모든 쌍대 비교에 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다. 이 때 본페르니의 교정(Holm's sequential Bonferroni procedure)을 사용하여 검정의 1종 오류(Type Ⅰ error)를 0.05로 조절하며 유의성을 검정하였다. 바로 누운 자세에서는 메모리폼의 평균체압이 11.24±0.83mmHg로 가장 낮았고 hard 다경도 폴리우레탄 매트리스의 평균체압이 14.98±0.85mmHg로 가장 높았다(Figure 2).

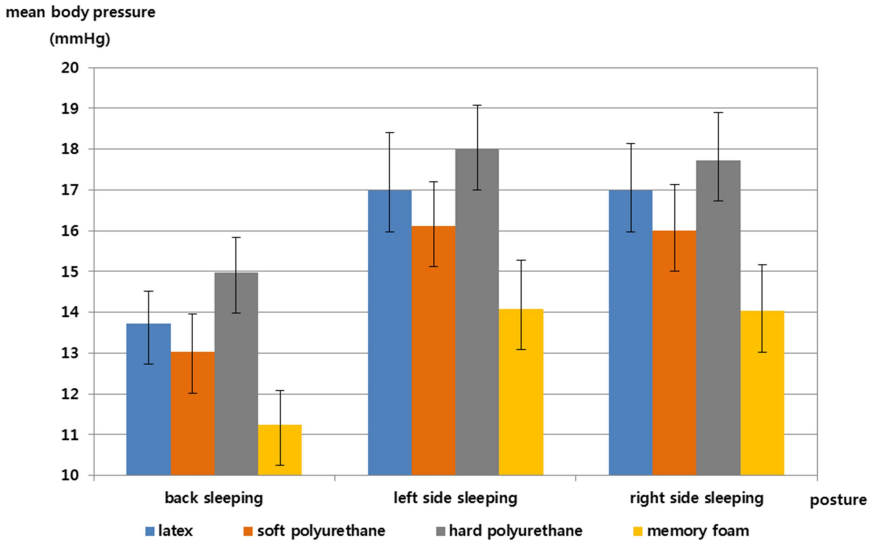


Figure 2. Mean body pressure comparison

왼쪽 옆으로 누운 자세와 오른쪽 옆으로 누운 자세에 대한 매트리스별 평균체압의 비교분석 결과도 바로 누운 자세와 비슷한 결과를 얻었다. 본페르니 교정 방법을 적용하여 유의성을 검토한 결과, 모든 매트리스의 비교 검정에서 유의한 평균체압의 차이가 나타났다. 왼쪽 옆으로 누운 자세와 오른쪽 옆으로 누운 자세에서도 메모리폼 매트리스의 평균체압이 각각 14.08±1.19mmHg와 14.02±1.15mmHg로 가장 낮아 우수하였고, hard 다경도 폴리우레탄 매트리스의 평균체압은 각각 18.01±1.07mmHg, 17.72±1.18mmHg로 가장 높게 측정되었다(Figure 2).

3.2 Peak body pressure

매트리스의 종류와 수면 자세에 따른 최고체압의 측정값은 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Peak body pressure due to the mattress and posture (mmHg)

Sleeping posture	Latex	Soft polyurethane	Hard polyurethane	Memory foam
Back sleeping	45.61±3.72	45.45±4.18	46.42±3.39	41.89±6.87
Left side sleeping	48.43±1.62	48.18±1.98	48.69±1.42	47.57±2.42
Right side sleeping	48.41±1.85	47.95±2.17	48.94±1.15	47.83±2.11

최고체압 데이터는 정규성을 만족하지 않아 프리드먼 테스트(Friedman test)로 분석하였다. 바로 누운 자세에서 최고체압은 매트리스별로 유의한 차이가 있었으며(χ^2(3, N=35)=95.70, p<.001) Kendall의 일치도 계수가 0.25로 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 자세 별로 매트리스에 따른 최고체압은 1종 오류를 LSD 방법으로 0.05로 조절하며 윌콕슨(Wilcoxon) 방법으로 쌍대 비교하였다.

바로 누운 자세에서는 메모리폼 매트리스의 최고체압이 41.89±6.87mmHg로 다른 매트리스의 최고체압보다 유의하게 낮게 나타났으나(p<.003), 그 밖의 매트리스 간에는 최고체압의 유의한 차이가 없었다(Figure 3). 왼쪽 옆으로 누운 자세에서는 메모리 폼의 최고체압이 47.57±2.42mmHg로 hard 다경도 폴리우레탄 매트리스의 최고체압인 48.69±1.42mmHg보다 유의하게 낮은 것으로 분석되었으나

그 외의 쌍대 비교에서의 유의한 최고체압의 차이는 발견할 수 없었다. 오른쪽 옆으로 누운 자세에는 hard 다경도 폴리우레탄 매트리스의 최고체압이 48.94±1.15mmHg로 soft 다경도 폴리우레탄 매트리스의 최고체압인 47.95±2.17mmHg와 메모리폼 매트리스의 최고체압인 47.83±2.11mmHg보다 유의하게 높은 것으로 나타났다(p<.047).

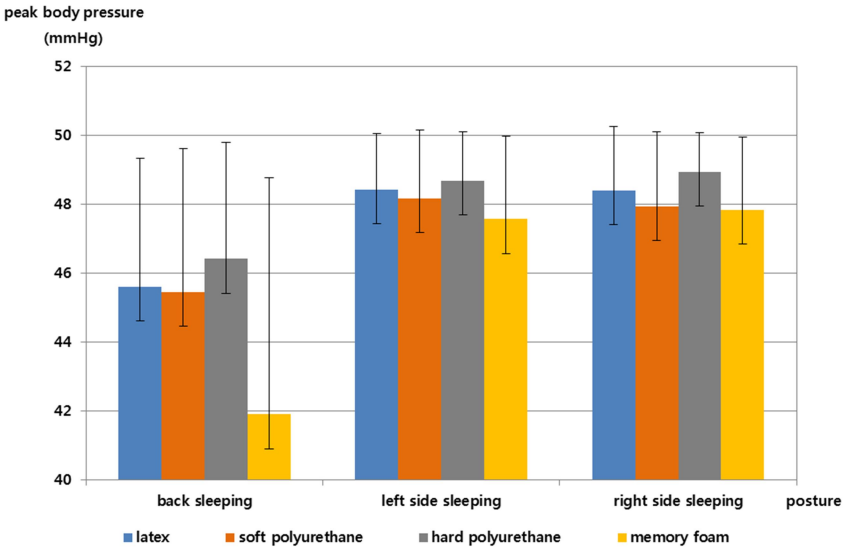


Figure 3. Peak body pressure comparison

3.3 Subjective comfort

체압 측정을 마친 뒤에 매트리스 별로 주관적 편안함을 평가한 결과는 Figure 4와 같았다.

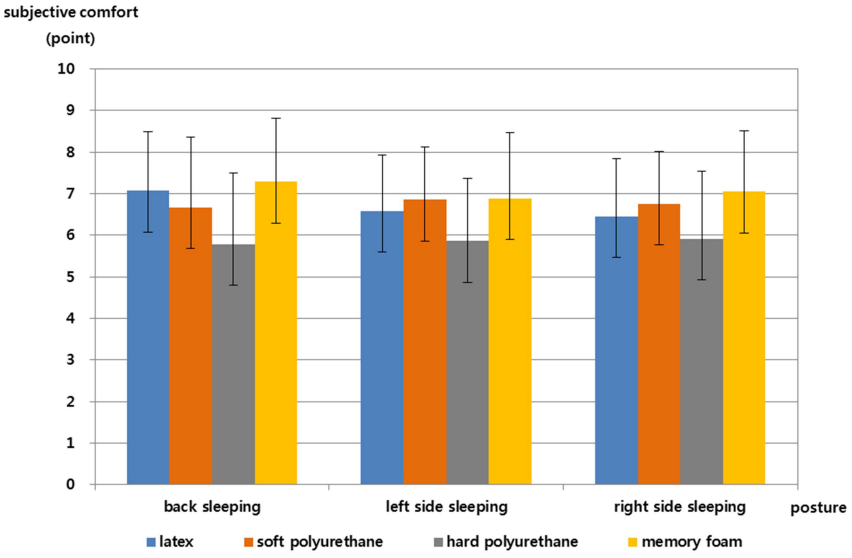


Figure 4. Subjective comfort due to the mattress and posture

매트리스의 편안함에 대한 주관적 평가 데이터는 정규성을 만족시키지 않아 프리드먼 테스트로 분석한 결과, 바로 누운 자세에서 매트리스에 대한 주관적 만족도는 매트리스마다 유의한 차이가 있고(χ^2(3, N=35)=18.10, p<.01), Kendall의 일치도 계수도 0.172로 나타났다. 수면 자세 별로 매트리스에 따른 최고체압은 윌콕슨(Wilcoxon) 방법으로 쌍대 비교하였는데, 1종 오류는 LSD 방법으로 0.05로 유지하였다.

실험참가자들은 바로 누운 자세에서는 hard 다경도 폴리우레탄 매트리스의 편안함이 다른 3가지 매트리스에 비해 유의하게 낮다고 느끼는 것으로 나타났으나(p<.001) 그 외의 매트리스의 편안함에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. 왼쪽 옆으로 누운 자세에서도 바로 누운 자세와 마찬가지로 hard 다경도 폴리우레탄 매트리스의 편안함이 다른 매트리스와 비교해 낮았다(p<.03). 오른쪽 옆으로 누운 자세에서는 메모리폼과 soft 다경도 폴리우레탄 매트리스가 hard 다경도 폴리우레탄 매트리스보다 유의하게 편안하다고 평가되었다(p<.02).

4. Conclusion

이 연구에서는 일반적인 수면 자세와 매트리스의 종류에 따라 평균체압, 최고체압, 주관적 편안함을 비교해 보았다. 매트리스 개발에 있어 중요한 지표로 사용되는 평균체압은 수면 자세와 상관없이 메모리 폼이 가장 낮게 측정되었다. Soft 다경도 폴리우레탄 매트리스는 라텍스 매트리스보다 평균체압이 낮았으나 hard 다경도 폴리우레탄 매트리스의 평균체압은 라텍스 매트리스 보다 높았다. 연구 범위에 해당되지 않아 언급하지는 않았으나 측정한 경도값의 순위(rank)와 평균체압의 순위가 동일하게 나타나 차후 연구에서는 매트리스의 경도값과 평균체압의 관련성에 관한 연구를 수행할 계획이다.

최고체압도 모든 수면 자세에서 메모리폼이 가장 낮게 측정되었고, hard 다경도 폴리우레탄 매트리스의 평균체압이 다른 매트리스에 비해 높은 것으로 나타났다. Soft 다경도 폴리우레탄 매트리스는 오른쪽으로 누운 자세에서는 메모리폼의 최고체압과 유의한 차이가 없었으며 다른 자세에서도 메모리폼을 제외한 매트리스 보다는 낮은 최고체압을 보였다.

매트리스의 주관적 편안함에 대한 실험에서는 hard 다경도 폴리우레탄 매트리스가 다른 매트리스보다 불편한 것으로 나타났다. 이와 같은 연구 결과는 부드러운 매트리스의 만족도가 높다는 Kim et al. (2016)의 연구 결과와도 일치한다. 그러므로 매트리스의 부드러움을 경도와 탄성 등의 특성값으로 조절하며 최고체압, 평균체압, 편안함 등을 분석하여 사용자의 주관적 만족도를 높이기 위한 매트리스의 요인과 이와 연관된 측정값을 찾아내는 연구가 필요할 것으로 보인다.

이번 연구의 제약점은 실험참가자들의 실제 수면처럼 오랜 시간 동안 수면을 취하고 얻은 결과가 아니라 실험실에서 상대적으로 짧은 시간 동안 실험을 수행하였다는 점이다. 차후에 실험 공간과 시간을 실제 수면과 유사하도록 설정하여 실험을 수행한다면 보다 의미 있는 연구 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상한다.

Acknowledgements

본 연구는 2016년도 중소기업청의『글로벌전략기술개발사업 중 수출유망과제』지원에 의한 연구임(과제번호: SMBA20161720002).

References

Chae, K.Y., Physiology of sleep, *Korean Journal of Pediatrics,* 50(8), 711-717, 2007.

Chun, C.Y., Bedroom environment for healthy sleep, *Review of Architecture and Building Science*, 59(2), 43-46, 2015.

Eun, K.S. and Cha, S.E., Gender differentials and covariates of sleep time in daily life of Korea, *Journal of The Korean Official Statistics*, 15(2), 82-103, 2010.

Jeong, S.Y., Kim, J.Y., Kho, Y.T., Ahn, K.S. and Lee, C.R., Oriental medical treatment pattern of Korean patients with sleep disorders, *Journal of Oriental Neuropsychiatry*, 25(4), 389-400, 2014.

Kim, J.Y., Lee, J.C., Kim, D.J., Lee, Y.J. and Kim, Y.S., "Ergonomic and psychological comparative evaluation of various functional mattresses", *Proceedings of Spring Conference of the Ergonomics Society of Korea*, 27-31, 2016.

López-Torres, M., Porcar, R., Solaz, J. and Romero, T., Objective firmness, average pressure and subjective perception in mattresses for the elderly, *Applied Ergonomics*, 39(1), 123-130, 2008.

Low, F.Z., Chua, M.C., Lim, P.Y. and Yeow, C.H., Effects of mattress material on body pressure profiles in different sleeping postures, *Journal of Chiropractic Medicine*, 16(1), 1-9, 2017.

Nilsson, P.M., Nilsson, J.Å., Hedblad, B. and Berglund, G., Sleep disturbance in association with elevated pulse rate for prediction of mortality-consequences of mental strain, *Journal of Internal Medicine*, 250(6), 521-529, 2001.

Wickwire, E.M., Geiger-Brown, J., Scharf, S.M. and Drake, C.L., Shift work and shift work sleep disorder: clinical and organizational perspectives, *Chest*, 151(5), 1156-1172, 2017.

Author listings

Young-Hee Kim: 012hellen@gmail.com
Highest degree: Ph.D. Candidate, Graduate school of Digital Design, Kyungsung University
Position title: Lecturer, Department of Visual Design, Kyungsung University
Areas of interest: HCI, UI/UX, Experience Design

Hong-In Cheng: hicheng@ks.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, Iowa State University
Position title: Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Kyungsung University
Areas of interest: HCI, Industrial Ergonomics, Safety Engineering