

Title

Analysis of Human Body Suitability for Mattresses by Using the Level of Psycho-Physiological Relaxation and Development of Regression Model

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to find the level of physical relaxation of individual subject by monitoring psychophysiological biofeedback to different types of mattresses. And, it is also aimed to find a protocol to make a selection of the best mattress based on the measured information.

Method: Total five mattresses were tested in this study. After measuring the elasticity of the mattresses, they were sorted into five different classes. Physiological and psychological variables including Electromyography (EMG), heart rates (HR), oxygen saturations (SaO₂) were used. In addition, the peak body pressure concentration rate was used to find uncomfortably pressured body part. Finally, the personal factors and subjective satisfaction were also examined. A protocol was made to select the best mattress for individual subject. The selection rule had for the protocol considered all the variables tested in this study.

Results: The result that psychological comfort range of 0.68 to 0.95, dermal comfort range of 3.15 to 6.07, back muscle relaxation range of 0.25 to 1.64 and personal habit range of 2.0 to 3.4. Also regression model was developed to predict the biofeedback with minimal use of biofeedback devices. Moreover results from the proposed protocol with regression equation and subjective satisfactions were compared with each other for validation. Ten out of twenty subjects recorded the same level of relaxation, and eight subjects showed one-level difference while two subject showed two-levels difference.

Conclusion: This regression model can be applied to the mattress industries to estimate back muscle relaxation using dermal, psychophysiology and personal habit values.

Key words

Mattress selection, Physical relaxation, Psychophysiological variables, Peak body pressure

1. Introduction

1.1 Background

현대 생활에서 수면은 몸의 피로를 풀어주고 다음 날의 활기를 찾게 해 주는 중요한 일부분이다. 대부분의 사람들이 일생의 1/3에 해당하는 시간을 침상에서 지내기 때문에 안락한 침대에서의 수면은 건강에 필수적이다(Cooper, et al., 1980; Eden, 1961). Yang (2001)은 성장 호르몬과 프로락틴, 테스토스테론, 황체 호르몬과 같은 동화 호르몬들은 수면과 관련된 분비 리듬을 보인다고 하였는데, 이는 원기회복론을 지지하는 것으로 편안한 잠자리에서 충분한 수면을 취하면 뇌의 원상회복을 위한 생리적인 재충전 과정을 통해서 하루의 신체적, 정신적 피로를 회복시킨다고 하였다.

수면에 미치는 영향은 여러 가지 요인이 있다. 본질적으로 몸 내부의 내적인 문제도 있지만 동시에 다양한 외적인 요인과의 관련된다. 특히, 수면자세를 편안하게 하기 위해서 무엇보다도 제일 중요한 것은 침대의 성능이라고 하였다(Park, 1995). 인체에 맞지 않는 침대의 사용으로 수면자세가 불완전하면 근육이나 각 기관의 대사항진에도 영향이 파급될 뿐만 아니라 신경계에 명령이 전달되지 못하게 되어 인체의 피로를 가중시키게 된다고 하였다(Park, 2001). 또한, 수면의 질이나 양이 부족하면 육체적 피로뿐 아니라 정신적 스트레스도 높아지게 된다. 충분한 수면을 취하지 않으면 자아해체, 환각, 망상 등에 이르게 된다고 하였다(Donaldson and Kennaway, 1991).

Suckling et al. (1957)는 경도가 단단한 매트리스가 수면을 방해할 뿐만 아니라 깊은 잠에 들지 못하게 하고, 몸을 뒤척이게 만든다는 것을 밝혔으며 Michael (2007)는 단단한 매트리스보다 더욱 유연한 매트리스가 만성 통증을 완화시킨다고 하였다. 또한, Kanz and Gertis (1964)는 수면환경에서 중요시 되는 요인으로 베게와 매트리스라고 하였고, Parsons (1972)는 침대의 매트리스가 어느 정도의 적절한 경도를 가지는 것이 수면에 좋다고 하였다.

인간공학적 측면에서 선행 연구들을 살펴보면 매트리스에 관한 연구는 다양한 매트리스의 조건에서 신체의 체압분포 측정과, 사용자의 주관적인 설문 평가가 같이 사용되었다(Parson, 1972). 특히 체압분포는 매트리스를 개발하는데 중요한 변수 중 하나라고 기술하였고(Bader and Engdal, 2000), Kovacs et al. (2003)는 신체의 주요 부위(머리, 몸통, 허리, 다리)에 체압이 고르게 분포되어야 척추부위가 심하게 굽어지거나 완만해지게 되지 않는다고 보고하였다. Lahm and laizzo (2002)는 매트리스에 누웠을 때, 척추의 곡은 형태를 잘 유지 하지 못하면 등·허리근육의 불편함이 증대되는 것을 관찰하였다.

국내 연구 동향을 살펴보면 대부분이 수면의 환경실태 (Shin, 1983; Na, 1989), 침상기구와 인체반응 (Kim and Choi, 1991; Lee, 1990)등 물리적 특성과 생리적 반응을 중심으로 이루어졌다. 최근 들어 Kim et al. (2007)는 다양한 매트리스에서 피부 체압이 동일해도 피부온도의 증가율이 낮게

나타나는 매트리스가 주관적 편안함을 증대 시킨다고 보고하였으며, Yu et al. (2009)는 신체적 지표(근전도, 심박수, 산소포화도), 심리적 지표(개인특성 설문조사), 체압, 주관적 만족도를 측정하였고, 신체적, 심리적 지표와 주관적 만족도와 연관성을 연구하였다. 그러나 매트리스에 대한 사용자 적합성 여부를 종합적인 생체신호를 이용하여 평가하거나 편안한 매트리스를 선택할 수 있는 평가방법은 아직 미비한 상태이다.

따라서 본 연구의 목적은 매트리스에 누웠을 때, 발생하는 심리생리적 신호와 체압이 신체의 반응을 잘 나타낼 수 있는지 알아보고, 인체에 가장 편안한 매트리스를 선택하게 해주는 방법론과 수학적 예측식을 개발하는 것이다.

2. Methods

2.1. Hypothesis and Procedure 실험가설 및 절차

Yu et al. (2009)는 근전도, 심박수, 산소포화도, 개인특성 설문조사, 체압을 측정하여 심리생리적 지표를 사용한 매트리스 적합도 분석 실시하였다. 그 결과, 편안한 매트리스는 압력집중도, 허리근육이완도, 심박수 주관적 만족도와 유의한 상관관계를 갖는다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 매트리스에 누웠을 때 심박수, 근전도, 압력집중도가 낮아지고, 산소포화도가 높아지면 적정 매트리스일 확률이 높을 거라는 연구가설을 가지고 실험을 실시하였다. 이를 위해서 경도 테스트기로 5 개의 매트리스에 대한 경도를 측정하였으며, 그 결과를 토대로 수학적 예측식을 제안하였다(Fig 1).

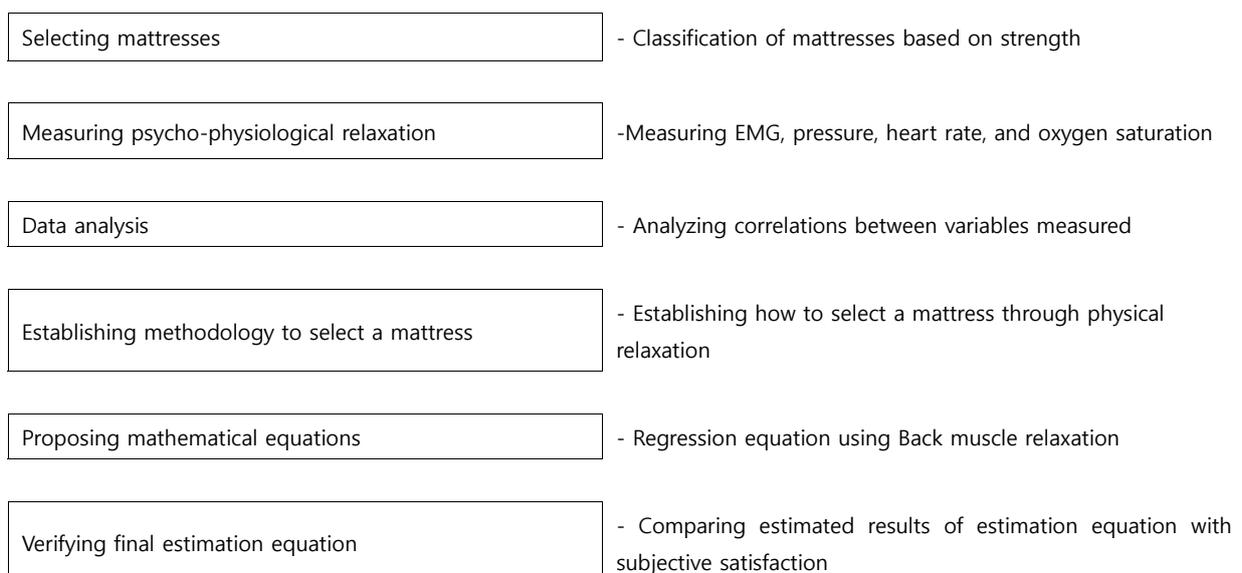


Figure 1. Study flow-chat

2.2. Participants 실험 참가자

본 연구의 특성상 최근 1년간 허리에 관련된 근골격계 질환의 병력이 없고, 현재 건강상태가 양호한 20세 ~ 30세의 20명이 실험에 참여하였다. 실험 전에 피로가 누적되지 않도록 하기 위해서 무리한 운동이나 밤을 새지 않도록 하였다. 실험 참여 전 실험의 내용과 목적을 충분히 설명하고, 실험동의서를 작성한 후 실험에 자발적으로 참여하도록 하였다. 모든 실험 참가자들은 남성으로 구성하였으며 인체 측정치는 Table 1와 같다.

Table 1. Information on Participants (N= 20 male)

	Age	Height(cm)	Weight(kg)
Mean	27.1	167.1	66.2
SD	±6.4	±7.2	±18.4

2.3. Design 실험 설계

본 실험을 위한 변수로는 심리생리적 (근전도, 심박수, 산소포화도) 변수와 체압으로 구성하였으며, 각 매트리스에 대한 개인특성(주관적 만족도)은 이러한 변수들에 의해 선정된 결과와 비교 및 검증하는데 사용되었다(Table 2).

Table 2. Independent Variables Used to Measure the Comfort of the Mattress

	Measured variables	Definition
Electromyography: EMG	Back muscle relaxation	Decrement of muscle activity before and after using a mattress
Heart rate: HR	Psychological comfort	Decrement of heart rate before and after using a mattress
Oxygen saturation: SaO2	Cardiac efficiency	Increment of oxygen saturation in peripheral vessels before and after using a mattress
Peak body pressure: PBP	Dermal comfort	The ratio of peak pressure to mean pressure when lying on a mattress

2.3.1 Private property survey 개인특성 설문조사

실험을 실시하기 전에 실험참가자의 신상정보, 수면자세 및 시간과 매트리스의 사용 유무 등에 대해 답변하도록 하였으며 기존의 매트리스에 대한 실험참가자의 사용 시 습관에 대해 알아보기 위해 설문조사를 실시하였다. 설문지는 총 5항목으로 분류하여 설계되었고, 실험 참가자가 5점 척도로 답변하도록 하였다(Table 3). 개인특성 설문조사는 Strongly disagree는 1점, disagree는 2점으로 명목형에서 수치형으로 변환하여 사용하였다. 질문에 대한 상호 검증을 하여 1번 문항에 단단한 매트리스를 좋아한다고 하였다가, 3번 문항에서 푹신한 매트리스를 좋아한다고 하면, 설문에서 성실히 답변하지 않은 것으로 보고 다시 설문조사를 실시하였다.

Table 3. Questionnaire for Likert Score Regarding Personal Experience and Preference (Example).

	Strongly disagree (1)	Disagree (2)	Neither agree nor disagree (3)	Agree (4)	Strongly agree (5)
(1) I like a hard mattress.		v			
(2) I have felt pain in the back while using the mattress.			v		
(3) I like a soft mattress.				v	
(4) I feel pain on a certain part after using the mattress.		v			
(5) I have used or use a rather hard mattress.		v			

2.3.2 Waist muscle Relaxation in EMG 근전도(EMG)를 이용한 허리근육 이완도

허리근육의 이완도 측정은 근전도 측정 장비를 사용하여 실험참가자의 허리뼈 L4/L5사이의 배 바깥 빗 근육부위에 좌, 우측에 전극을 부착하고, 서있을 때와 매트리스에 누웠을 때, 각각 60초씩 데이터를 추출하고, 추출한 데이터에서 안정된 신호를 얻기 위해서 마지막 10초(50s~60s)신호를 추출하여 IEMG (integrated EMG)를 계산하였다. equation (1)을 통하여 허리근육 이완도를 구하였다.

$$Back\ Muscle\ Relaxation_i = IEMG_{i(lying50s\sim60s)} / IEMG_{i(standing50s\sim60s)} \quad (i= 1, 2, 3, \dots, 20) \quad (1)$$

2.3.3 Psychological Relaxation in HR 심박수(HR)를 이용한 심리적 이완도

실험참가자의 검지에 측정장비센서를 장착하여 심박수를 측정하였다. 실험참가자가 서있을 때와 실험 매트리스에 누웠을 때, 각각 총 60초의 데이터를 추출하고, 추출한 데이터에서 안정된 신호를 얻기 위해서 마지막 10초(50s~60s)신호를 추출하여 계산하였다. equation (2)을 통하여 심리적 이완도를 구하였다.

$$Psychological\ Comfort_i = HR_{i(lying50s\sim60s)} / HR_{i(standing50s\sim60s)} \quad (i= 1, 2, 3, \dots, 20) \quad (2)$$

2.3.4 Whole body Relaxation in SaO2 산소포화도(SaO2)를 이용한 전신이완도

실험참가자의 검지에 측정센서장비를 장착하여 산소포화도를 측정하였다. 실험참가자가 서있을 때와 실험 매트리스에 누웠을 때, 각각 총 60초의 데이터를 추출하고, 추출한 데이터에서 안정된 신호를 얻기 위해서 마지막 10초(50s~60s)신호를 추출하여 계산하였다. Equation (3)을 통하여 전신이완도를 구하였다.

$$Cardiac\ Efficiency_i = SaO_{2i(lying50s\sim60s)} / SaO_{2i(standing50s\sim60s)} \quad (i= 1, 2, 3, \dots, 20) \quad (3)$$

2.3.5 Pressure concentration in PBP 체압분포(PBP)를 이용한 압력 집중도

체압분포도 측정기를 매트리스위에 설치하여 실험참가자의 체압을 측정하였다. 최고 압력이 발생하는 인체부위 (머리, 등, 엉덩이)을 찾아서 equation (4)을 통하여 압력 집중도를 구하였다.

$$Dermal\ Comfort = (P_{1stmaxi} + P_{2ndmaxi} + P_{3rdmaxi}) / P_{total\ average} (i = 1, 2, 3, \dots, 20) \quad (4)$$

2.4. Equipment 실험장비

본 연구를 위해 사용된 매트리스는 국내 S사에서 생산된 스프링 형태가 다른 5개 제품을 선정하였다. 매트리스의 크기는 쿼인 사이즈로 폭(1,700mm) 길이 (2,075mm), 높이(250mm) 모두 동일하였으며, 내부에 들어가는 스프링에 대한 경도가 달랐다. 이러한 매트리스들 간의 경도의 차이가 실제로 있는지를 알아보기 위해서, S사에서 자체적으로 제작한 정하중 실험기를 사용하여 각 매트리스의 눌려진 깊이(0 ~ 80mm)에 따른 경도 값을 측정하였고, 측정방법은 ASTM F1566-14를 준수하여 하였다. 그 결과, 매트리스의 경도는 유의미하게 다르게 나타났으며(p<.01), LSD post hoc test 결과도 모두 유의미하게 다르게 나타났다(p<.01) (Table 4).

Table 4. Results of ANOVA on Mattresses with Different Strength

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value .
Mattress	15463.161	4	3865.790	221.268	.000

이렇게 통계적으로 유의한 차이가 있는 각 매트리스에 대한 강도순위를 비교하였다. 그 결과 mattress 3이 가장 단단한 매트리스로 나타났고, mattress1, mattress2, mattress4, mattress5 순으로 강도가 높은 것을 알 수 있었다. 이를 다시 강도가 높은 순으로 a, b, c, d, e로 재분류하였다. 다음 아래의 Figure 2에서 보듯이 1등급 mattress의 최저값은 14.33으로 매트리스 중에서 가장 폭신한 침대로 분류되었고, 3등급 mattress의 평균값은 31.44로 가장 단단한 침대로 분류 되었다.

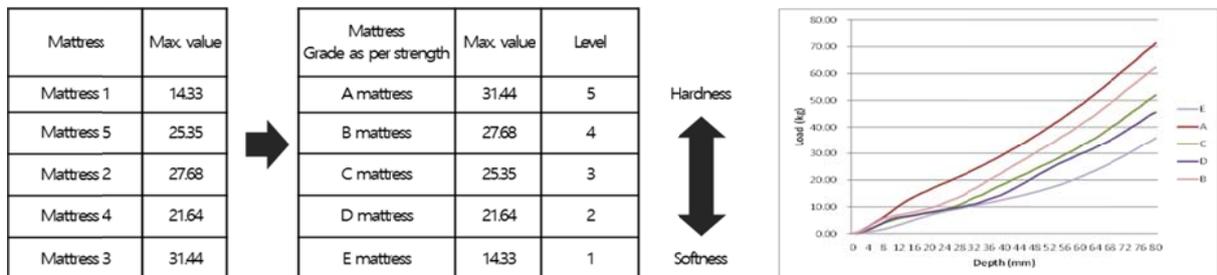


Figure 2. Mattress grades as per strength

실험참가자의 심리생리적 신호를 측정하기 위해 근전도, 체압분포기, 심박수(산소포화도) 장비를 사용하였다 (Table 5).

Table 5. Equipments Applied

Name	Model	Made	Picture
EMG	ME-6000T	Mega Electronic(Finland)	
Body Pressure Distribution Plate	SPDP	sigma system(Korea)	
Physiological signals	Pulse oximeter	Nihon Kohden(Japan)	

2.5. Experiment process 실험과정

실험을 실시하기 전에 실험 참가자의 인체 자료를 측정하고, 매트리스 사용습관과 선호도에 대한 개인특성 설문조사를 실시하였다. 또한, 실험참가자들에게 실험과정을 설명하고, 각 생리 신호 측정 장비를 실험참가자에게 부착하고 안정된 신호여부를 확인하였다.

자료 수집의 신뢰성을 향상시키기 위해서 현장 실험 조건을 다음과 같이 정의하였다. 매트리스에 대한 선입관을 없애기 위해서 매트리스의 상표를 가리고 실험하였다. 실험 중에 실험 참가자는 대화를 할 수 없도록 하였고, 실험 참가자는 미리 준비된 잠옷을 입고 가장 편안한 차림으로 실험에 참가하도록 하였다. 너무 덥거나, 추워서 수면에 방해되지 않도록 쾌적한 실내온도 26°C에서 실험을 실시하였다(Lee et al., 2000). 또한, 모든 조명은 끄고, 유리창의 커튼을 쳐서 밤과 같은 분위기를 만들었다. 측정은 중간단계 강도를 가진 매트리스에서 약 10분간 누워 충분히 안정이 되었다고 판단되면 실험 참가자가 서있을 때, 근전도, 심박수, 산소포화도 신호를 1분간 측정하였고 같은 방법으로 실험참가자가 측정 매트리스에 누워 있을 때, 1분간 측정하였다. 또한 실험참가자가 측정 매트리스에 누워 있을 때 체압 분포를 측정하였다. 측정이 끝난 후에는 실험참가자가 5개의 매트리스에 누워보고, 각 매트리스에 대한 주관적 만족도를 기록하였다.

2.6. Analysis for Body fitness assessment 인체적합도 평가를 위한 자료 분석방법

매트리스 별로 순위정보로 기록된 개인 특성 및 주관적 만족도 평가 결과와 심리생리 신호와 체압에서 측정된 정량적 정보를 통일된 수학적 결과 값으로 표현하기 위해 순위 정보로 변환하였다.

신체이완도와 매트리스강도의 적합성을 결정하기 위해, 다음과 같은 생체 역학적 원리를 적용하였다. 즉, Figure 3에서 보는 것과 같이 일반적으로 매트리스의 탄성력이 충분하지 않으면 X Y가 적게 형성되어 척추의 아치곡선을 유지하기 어렵게 된다. 그러므로, 매트리스가 단단할수록, 이때 발생하는 탄성력에 의해 이상적인 요추 만곡각을 유지 할 수 있기 때문에 수면에 필요한 신체적 이완에 문제가 없는 사람은 단단한 매트리스를 추천해 주는 것이 좋다. 단, 상대적으로 허리근육 또는 신체적 이완이 부족한 사람은 조금 폭신한 매트리스를 추천하여 줌으로써 단단한 매트리스로 인해 발생할 수 있는 단점을 보완하게 된다.

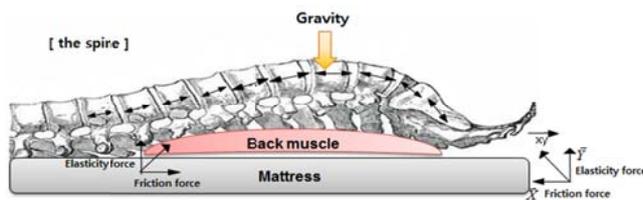


Figure 3. Bio-mechanical principle for selecting a right mattress.

또한, Table 6와 같이 One-sample kolmogorov-smirnov검증을 통해, 순위 정보화된 자료의 정규화를 검증하였다.

Table 6. One-sample Kolmogorov-Smirnov Normal Distribution Verification.

	Back muscle relaxation	Psychological comfort	Dermal comfort	Personal habit	Cardiac efficiency
N	20	20	20	20	20
Kolmogorov-Smirnov's Z	0.422	0.722	0.694	0.909	1.790
Approximate significance probability(two-sided)	0.994	0.674	0.722	0.381	0.003
Normal distribution (Yes/No)	Yes	Yes	Yes	Yes	No

신체이완을 나타내는 변수(압력집중도, 심리적 이완도, 허리근육이완도, 전신이완도)와 개인특성에 대해서 정규성 검토를 실시하였다. 만일 데이터가 정규분포를 따르지 않을 경우, 이를 일정한 간격으로 등급을 나눌 때 발생하는 등급별 편향성을 최소화하기 위함이다. 그 결과 산소포화도 수치가 정규분포를 따르지 않아 최종 심리생리 변수에서 제외 시켰다.

3. Result

3.1. Results of Personal habit 개인습관 설문 결과

개인습관 설문에서는 최대값 3.40에서 최소값 2.00로 나타났으며, 그에 따른 매트리스 순위와 비교를 한 결과는 Figure 4와 같으며 3.40~3.12사이는 5순위, 3.12~2.84사이는 4순위, 2.84~2.56사이는 3순위, 2.56~2.28사이는 2순위, 2.28~2.00사이는 1순위로 나타났다.

3.2. Result of back muscle Relaxation in EMG 근전도를 이용한 허리근육이완도 측정 결과

낮은 근전도 측정값은 허리의 근육이 딱딱한 매트리스를 사용하더라도 충분히 이완될 수 있다고 판단되어, 가능하면 역학적으로 척추 지지에 유리한 단단한 매트리스를 사용할 수 있다는 논리를 사용하였다. 반대로 높은 근전도 값은 어떤 이유에서건 허리근육이 긴장을 하고 있어 우선적으로, 이를 이완 시켜줄 수 있는 다소 부드러운 매트리스가 필요하다고 판단하고 여기에 상응하는 매트리스 등급별 순위를 결정하였다. 측정값은 최대값 1.64에서 최소값 0.23로 나타났으며, 그에 따른 매트리스 순위와 비교를 해 보았다. 그 결과는 Figure 4와 같으며 0.23~0.51사이는 5순위, 0.51~0.79사이는 4순위, 0.79~1.08사이는 3순위, 1.08~1.36사이는 2순위, 1.36~1.64사이는 1순위로 나타났다.

3.3. Result of Psychological Relaxation in HR 심박수(HR)를 이용한 심리적 이완도 측정결과

심리적 이완도가 낮다는 것은 서 있을 때와 누웠을 때의 차이가 크다는 것으로 심리적으로 이완이 잘되는 것으로 보고, 강도가 높은 매트리스 순위로 가게 하였다. 반대로, 서 있을 때와 누웠을 때의 차이가 적으면 심리적으로 이완이 잘되지 않는 것으로 보고, 강도가 낮은 매트리스 순위로 가게 하였다. 측정값은 최대값 0.95에서 최소값 0.68로 나타났으며, 그에 따른 매트리스 순위와 비교를 해 보았다. 그 결과는 Figure 4와 같으며 0.68~0.73사이는 5순위, 0.73~0.79사이는 4순위, 0.79~0.84사이는 3순위, 0.84~0.89사이는 2순위, 0.89~0.95사이는 1순위로 나타났다.

3.4. Result of Dermal comfort in PBP 체압분포(PBP)를 이용한 피부 압력 집중도

압력 집중도가 낮다는 것은 몸의 압력이 고르게 퍼져 있다는 것으로 몸에 특정 부위가 배기지 않으므로 강도가 높은 매트리스 순위로 가게 하였다. 반대로 압력 집중도가 높으면 몸에 특정 부위가 배기므로, 이를 줄여 주기 위해 강도가 낮은 매트리스 순위로 가게 하였다. 측정값은 최대값 6.07에서 최소값 3.15로 나타났으며, 그에 따른 매트리스 순위와 비교를 해 보았다. 그 결과 Figure 4와 같으며 3.15~3.74사이는 5순위, 3.74~4.32사이는 4순위, 4.32~4.90사이는 3순위, 4.90~5.49사이는 2순위, 5.49~6.07사이는 1순위로 나타났다.

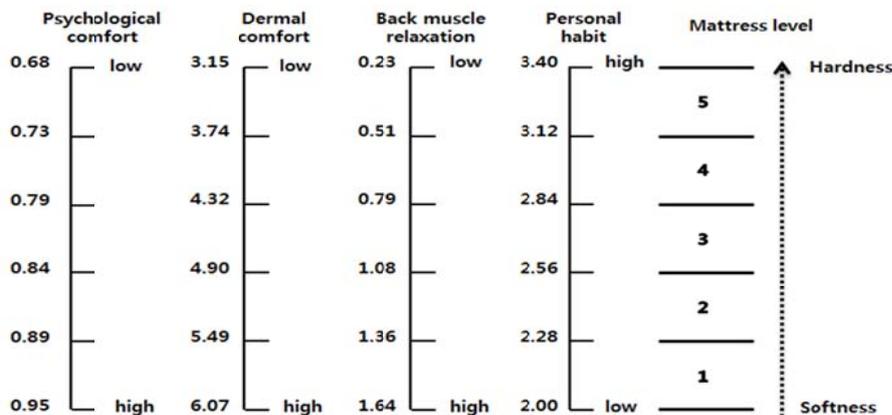


Figure 4. Psycho-physiological variables and mattress grades.

3.5. Result of Subjective Satisfaction Survey 주관적 만족도 분석결과

각 실험자들의 주관적 만족도 조사결과, 11명의 실험참가자들은 강도가 중간인 매트리스를 선호하는 것으로 나타났다. 이 결과는 허리의 질환이 없는 건강한 사람들이 실험에 참가하였기 때문에, 오히려 너무 딱딱하거나 부드러운 매트리스가 불편하다고 느끼는 것으로 추정된다.

3.6 How to use an relaxation index

근전도, 체압, 개인습관, 심박수를 이용하여 사용자에게 맞는 매트리스 강도를 추천하는 지표 구축하였다. 만약, 앞에서 제시된 실험방법에 의해서 서있을 때와 누웠을 때의 근전도, 체압, 개인습관, 심박수를 측정하고 제시된 공식에 의해서 사용자의 심박수가 0.81, 체압 4.02, 허리근육이완도 0.99, 개인습관 2.98 이라면, 지표들의 평균을 구해서 최종 매트리스 강도 레벨을 구하는 것이다 (Fig. 5).

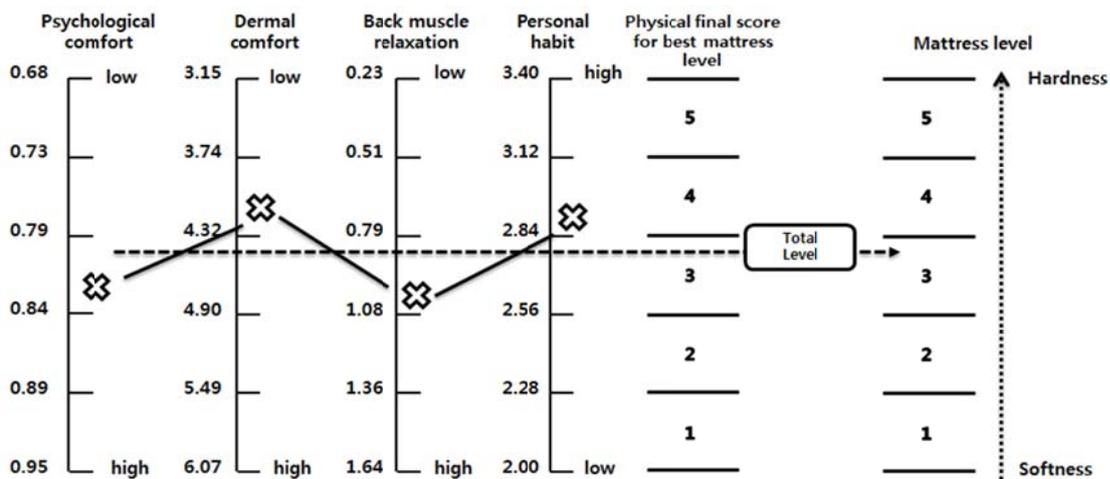


Figure 5. Comparison between physical relaxation and mattress level (example).

3.7. Compare of Relaxation index and Subjective Satisfaction 신체이완도 지표와 주관적 만족도 순위 비교

매트리스 강도 추천 지표 결과 주관적 만족도 결과를 비교하였다. 그 결과, 20명의 실험참가자중에서 10명이 일치하였으며, 나머지 10명이 1순위 벗어난 결과가 나타났다(Fig. 6).

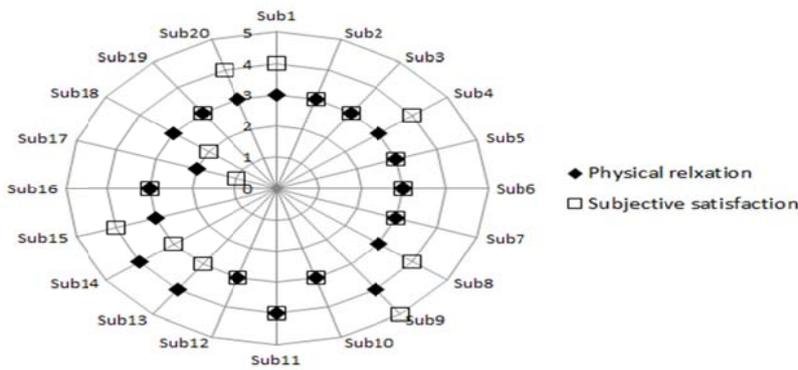


Figure 6. Comparison between physical relaxation and subjective satisfaction level

3.8. Mathematical Prediction 수학적 예측식 탐색

앞서 구한 측정방식은 사용하기 복잡하며 허리근육 이완 측정에서 실제로 피부에 측정 장비를 부착하기 때문에, 사용자들이 거부감을 느끼거나, 여성인 경우 측정을 거부할 수도 있다. 이에 측정 과정을 단순화하기 위해 허리근육이완도를 추정할 수 있는 수학적 예측식을 탐색하여 보았다.

3.8.1 Correlation between Waist muscle Relaxation and Physiological Psychology variable 허리근육 이완도와 각 심리생리적 변수간의 상관분석

매트릭스에 대한 허리근육 이완도와 각 심리생리적 변수간의 관계를 파악하기 위해 SPSS15를 사용하여 spearman 상관계수를 산출하였다. 그 결과, Table 7에서 보는 바와 같이 허리근육 이완도와 압력집중도($r_s = .581$), 심리적 이완도 ($r_s = .580$)와 개인특성($r_s = .520$)이 상대적으로 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Table 7. Correlation Analysis with Each Variable. N: subject number, (): significant

	N	Dermal comfort	Psychological comfort	Cardiac efficiency	Personal habit	Back muscle relaxation
Dermal comfort	20	- (-)	.653 (.061)	0.170 (.408)	.260 (.483)	.581 (.063)
Psychological comfort	20	.653 (.061)	- (-)	.110 (.574)	.349 (.475)	.580 (.051)
Cardiac efficiency	20	.170 (.408)	.110 (.574)	- (-)	.377 (.687)	.454 (.689)
Personal Habit	20	.260 (.483)	.349 (.475)	.377 (.687)	- (-)	.520 (.061)
Back muscle relaxation	20	.581 (.063)	.580 (.051)	.454 (.689)	.520 (.061)	- (-)

3.8.2 Regression process in Multiple Regression Analysis 다중회귀분석을 통한 회귀식 도출

종속변수인 허리근육이완도와 심리적 이완도, 압력집중도, 개인특성 3개의 독립변수들의 관계를 분석하기 위해서 다중회귀분석을 하였다. 회귀식에서 갖는 변별력을 높이기 위해서 종속변수의 분산 중 몇 %가 독립변수에 의해 설명되는가를 나타내는 결정계수인 R^2 값을 높이기 위해서 각 독립변수들의 순위 값을 1에서 4까지 자승을 한 것이다. 그 중에서 R^2 가 가장 높게 나온 회귀식

을 구하였다 (Table 8).

Table 8. Process to Increase R² Values (Example)

Square			Back muscle relaxation		
Dermal comfort	Psychological comfort	personal habit	R ²	Adjusted R ²	Standard error of estimates
1	2	1	.389	0.237	1.236
2	2	1	.384	0.230	1.241
3	2	1	.377	0.222	1.248
4	2	1	.372	0.215	1.253
1	4	1	.512	0.262	0.806
2	4	1	.401	0.251	1.224
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
1	1	4	.345	0.181	1.28
2	1	4	.342	0.177	1.283
3	4	4	.363	0.204	1.262
4	4	4	.353	0.191	1.272

Table 9의 모형 요약을 보면 압력집중도, 심리적 이완도, 개인특성의 세 개의 독립변수들이 투입된 결과 R²는 0.512으로, 종속변수인 허리근육 이완도의 분산을 51.2% 설명하고 있다.

Table 9. Result for R2Value

R ²	Adjusted R ²	Standard error of estimates
0.512	0.262	0.806

허리근육이완도 결정계수 R²= .512 에 대한 다중회귀식은 식 (5)과 같이 구하였다.

Table 10. Result for Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	p-value
	B	SE			
constant	2.077	1.172		1.772	0.1
dermal comfort	0.504	0.184	0.560	2.741	0.017
psychological comfort	-0.003	0.002	-0.335	-1.649	0.023
personal habit	0.178	0.373	0.098	0.478	0.062

$$Y(\text{Back Muscle Relaxation}) = 2.077 + 0.504x_1(\text{Dermal Comfort}) - 0.003x_2(\text{Psychological Comfort}) + 0.178x_3(\text{Personal Habit}) \quad (5)$$

3.8.3 Compare the prediction estimation results and subjective satisfaction 예측식 추정결과와 주관적 만족도 순위 비교

회귀식을 통하여 추정된 허리근육이완도를 구하였다. 다음 Figure 7는 추정된 허리근육이완도와 주관적 만족도순위를 통해서 매트리스 순위를 비교한 것이다. 추정된 허리근육이완도와 주관적 만족도 순위를 비교해본 결과, 20명중 10명의 허리근육이완도와 주관적 만족도 결과가 일치하였고, 8명의 허리근육이완도와 주관적 만족도순위 결과는 1순위의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 2명의 허리근육이완도와 주관적 만족도순위 결과는 2순위의 이내의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

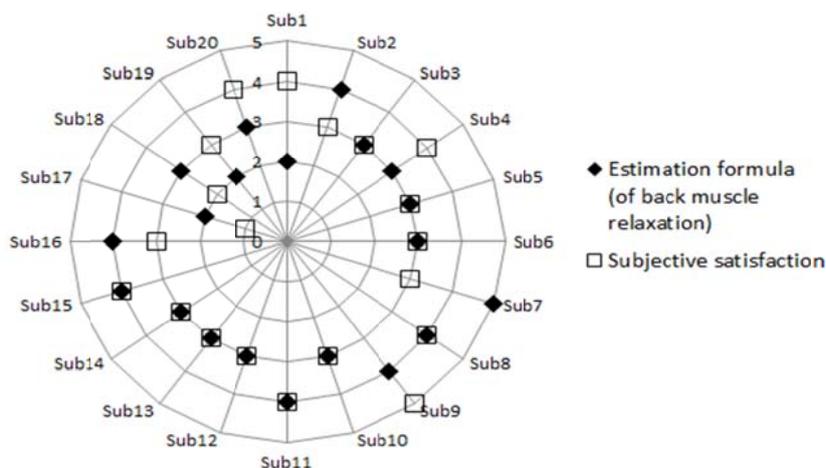


Figure 7. Estimate results using the estimation formula (of back muscle relaxation) and subjective satisfaction level compared.

4. Discussion 논의

본 연구에서는 침대에 누웠을 때 발생하는 심리생리적 신호들 간의 어떠한 연관성을 가지고 있는지를 알아보고, 이를 통하여 변수들이 최적의 매트리스 선정하는데 있어 정량적 도구로 사용될 수 있는지를 분석하였다. 논리적 방법론과 수학적 예측식을 개발하는데 사용된 측정변수에 대한, 각 심리생리변수간의 관계를 상관분석한 주요 특징들을 아래와 같이 정리하였다.

허리근육이완도와 압력집중도의 상관계수는 $r_s=0.581$ 로 Kovacs et al. (2003); Vanderwee et al. (2005)가 연구한 매트리스에 누웠을 때 몸의 특정부위가 배기지 않을수록 편안함이 증대되고 주관적 만족도가 높아진다는 결과와 유사하게 나타났다.

허리근육이완도와 심리적 이완도의 상관계수는 $r_s=0.580$ 로 심리적으로 이완이 잘되는 매트리스에 누웠을 때, 심박수가 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 Bader (2000)가 연구한 편안한 매트리스에 누웠을 때 심박수가 떨어진다는 결과와 유사하게 나타났으며 Shim et al., (2004)가 연구한 스트레스가 적으면 심박수가 떨어진다는 결과와 같이 허리근육이완이 스트레스에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Lee and Hong (2001)는 침대 사용 시의 제반 현상에 대한 실태조사 연구에서 10대에서 70대를 대상으로 매트리스의 쿠션성, 엉덩이 부위의 압박감 등에 대한 설문조사를 하였으며, 전체 안락감에 대한 수학적 예측식($R^2 = 0.580$)을 제시하였다. 그 결과 매트리스에서 척추를 받쳐주는 정도가 편안함에 많은 영향을 준다고 보고하였다. 본 연구에서도 회귀식을 통해 추정된 허리근육이완도와 주관적 만족도순위를 비교를 해본 결과 주관적 만족도와 비교검증을 실시하여 유사한 결과를 얻었다. 이는 매트리스 강도에 따라서 수면다원검사(Lee and Park, 2006; Tsai and Liu, 2008), 체압(Nicol and Rusteberg, 1985; Peter and Avaliono, 1998), 뇌자도(Higash et al., 2003), 종합생리신호(Kim et al., 2011; Kim et al., 1997), 심박수(Kim et al., 1999) 등을 사용하여 수면의 질을 판단하고 있지만, 이러한 방법은 산업체에서 사용하기 쉽지 않고 생체신호를 이용하여 산업체가 사용하기 쉽게 모델을 제시하는 연구는 미비한 상태이다. 이에 본 연구에서는 생체신호를 이용한 수학적 모델식을 제안하였으며 이 모델식은 자신에게 맞지 않는 매트리스를 잘못 선택하는 것을 가려낼 수 있다는데 의의가 있다. 그러나 Defloor (2000)의 연구에서는 수면 자세에 따라서 불편함이 달라지며, Bader (2000)는 매트리스에 강도가 수면의 질에 영향을 미친다고 하였고 Kawabata and Tokura (1995)은 물침대와 스프링 침대에서 수면 실험에서도 침대의 종류에 따라 깊은 잠을 자는 비율에 대한 영향이 다르게 나타났으며, Addison et al. (1986)은 매트리스 표면이 불면증의 원인으로 작용한다는 연구 결과와 같이, 많은 외부적 요인 작용 하므로 추후 수학적 예측식의 정확성을 높이기 위해서는 여러 가지 변수들을 고려해야 할 것이다.

5. Conclusion

본 연구에서는 신체이완도 또는 회귀식을 통해서 적정 매트리스를 선정하는 방법론을 제안하였다. 본 연구에서 사용된 심리생리적 변수 및 적합도 선정 과정은 인간공학적 제품을 생체 역학적 또는 감성적으로 선정·평가하는데 사용될 수 있을 것으로 나타났다. 또한 향후 이러한 변수들은 매트리스나 관련 인간공학적 제품을 생체 역학적이고 동시에 감성적으로 평가하는데 객관적인 변수로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

Addison, R.G. and Thorpy, M. J. T., A survey of the United States public concerning the quality of sleep, *Sleep Research*. 16. 244., 1986.

Bader, G. G. and Engdal, S., The influence of bed firmness on sleep quality, *Applied Ergonomics*, 31(5), 487-497., 2000.

Cooper, R., Osselton, J. W., Shaw, J. C., *EEG Technology. Butterworths 1*, 1980.

Defloor, T., The effect of position and mattress on interface pressure, *Applied Nursing Research*, 13(1), 2-11., 2000.

Donaldson, E. and Kennaway, D. J., Effects of temazepam on sleep, performance, and rhythmic 6-sulphatoxymelatonin and cortisol excretion after transmeridian travel, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 62(7), 654-660, 1991.

Eden, M. and Carrington, R., The Philosophy of the bed, *New York: Putnam's*, 1961.

Higashi, Y., Yuji, T., Oikawa, D., Akihiro, M., Koudabashi, A., Fujimoto, T., Tamura, T., Evaluation for mattress comfort by using MEG. In Neural Engineering, 2003. Conference Proceedings, *First International IEEE EMBS Conference on*, 63-66, 2003.

Kanz E. and Gertis W., Schlagtiefmessungen an verschiedenen polsterwaren, *Bekleidungsmedizin* Vol.4, 6-14, 1964.

Kim J. Y., Park J. S., Yu S. W., Lee S. J., Ko T. S., Ergonomic Evaluation of "Air-Ball" Mattress by using Skin Pressure and Temperature Changes, *Paper presented at the Fall Conference of the Ergonomics Society of Korea*, 2007.

Kim, J. Y., Min, S. N., Lee, M. H., Jeong, J. H., An, J. H., Shin, Y. S., Measurement of User Experience to Select a Comfortable Mattress. In Design, User Experience, and Usability, Theory, Methods, Tools and Practice, *Springer Berlin Heidelberg*, 449-458, 2011.

Kim, M. J. and Choi, J. H., A Study on the Bed Climate and the Physiological Responses in Sleep, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 15(2) 77-87, 1991

Kim, W. S., Park, S. J., Kim, K. H., Analysis of Sleep physiological signal for the Comfortable bed the development, *Conference of the Ergonomics Society of Korea*, 190-195, 1997

Kim, W. S., Park, S. J., Kim, J. S., Hwang, J. H., Kim, K. H., Study of Sleep stage classification using heart rate variation, *Conference of the Ergonomics Society of Korea*, 321-324, 1999.

Kawabata, A. and Tokura, H., Effects of two different kinds of bed on thermophysiological responses and heart rate during night sleep. *J. Home Econ, JPN*, 46(3), 235-240, 1995

Kovacs, F. M., Abaira, V., Peña, A., Martín-Rodríguez, J. G., Sánchez-Vera, M., Ferrer, E., et al., Effect of firmness of mattress on chronic non-specific low-back pain: randomised, double-blind, controlled, multicentre trial, *The Lancet*, 362(9396), 1599-1604, 2003.

Lahm, R. and Iazzo, P. A., Physiologic responses during rest on a sleep system at varied degrees of firmness in a normal population, *Ergonomics*, 45(11), 798-815, 2002

Lee H. J. and Hong K. H., Survey on the Use of Bed for Comfortable Sleeping, *Korean Journal of Human Ecology*, 10(4), 349-355, 2001

Lee, H. and Park, S., Quantitative effects of mattress types (comfortable vs. uncomfortable) on sleep quality through polysomnography and skin temperature, *International journal of industrial ergonomics*, 36(11), 943-949, 2006.

Lee N. B., Lim J. J., Geum J. S., Lee G. H., Choi H. S., Evaluation of Sleep Comfort for Indoor Thermal Environment based on the Physiological Signal Analysis, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 3(2), 75-84, 2000.

Michael, B., Good Night: the sleep doctor's 4-week program to better sleep and better health, *Penguin USA*, 2007.

Na, Y. J., Analysis of the Sleep Environment, *Seoul National University*, Master's Thesis, 1989.

Nicol, K. and Rusteberg, D., Pressure distribution on mattress, *Biomechanics*, 26, 1479-1486, 1985

Park, S. J., Lee, H. J., Hong, K. H., Selection of Bed Mattress for Good Sleeping, *KSCT/ITAA Joint World Conference*, Seoul, 2001.

Park, S. J., Whang, M. C., Kim, C. B., Measure and analysis of pressure distribution on a bed, *Proceeding of the 39th Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, SanDiego, 297-300, 1995.

Parsons, H. M., The bedroom, Human Factors, *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 14(5), 421-450, 1972.

Peter, B. and Avaliono, F., Mattress evaluation-assessment of contact pressure, comfort and discomfort, *Applied Ergonomics*, 29(1), 35-39, 1998.

Shin, S. M., A Study on the Use of Bedclothes, *Journal of the Korean Home Economics Association*, 39(10), 29-37, 1983.

Suckling, E., Koenig, E., Hoffman, B., Brooks, C., The physiological effects of sleeping on hard or soft beds, *Human Biology*, 29(3), 274, 1957

Tsai, L. L. and Liu, H. M., Effects of bedding systems selected by manual muscle testing on sleep

and sleep-related respiratory disturbances, *Applied ergonomics*, 39(2), 261-270, 2008.

Vanderwee, K., Grypdonck, M. H., Defloor, T., Effectiveness of an alternating pressure air mattress for the prevention of pressure ulcers, *Age and Ageing*, 34(3), 261-267, 2005.

Yang, C. K., Normal sleep physiology, *Society of Otorhinolaryngology*, 12(1). 3-14, 2001.

Yu S. W., Kim J. Y., Min S. N., Sung S. H., Analysis of Suitability for Mattresses by Using Psycho-Physiological Measures, *Spring Conference of Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 2009(5), 63-66, 2009.