

코골이 방지 베개의 효율성 검증을 위한 방법 A Evaluation Method for the Effectiveness of Anti-snore Pillow

지덕근* · 위연* · 임재중*[†] · 김희선** · 김현정***

Duk-Keun Jee* · Ran Wei* · Jae-Joong Im*[†] · Hee-Sun Kim** · Hyun-Jeong Kim***

전북대학교 전자공학부*

Division of Electronic Engineering, Chonbuk National University*

(주) 유엔씨**

UnC Co., Ltd.**

서울대학교 치과대학***

Dept. of Dental Anesthesiology, Seoul National University***

Abstract

In this study, the parameters of Polysomnography (PSG) test, such as total sleep time, snoring time, had been analyzed to evaluate the effectiveness of a developed anti-snore pillow. The developed anti-snore pillow is made up of two polyvinylidene fluoride (PVDF) vibration sensors, pumps, valves, and air bladders. The two PVDF sensors inside the pillow can acquire the sound signals and the algorithm was perfectly designed to extract snoring by removing unwanted noise accurately and automatically. Once the pillow recognizes snore, a pump inside the hardware activates, and a bladder under the neck area inside the pillow will be inflated. The PSG test was used and two volunteers were participated for the study. The parameters of the PSG results were analyzed to evaluate the effectiveness of the anti-snore pillow. The total sleep time of each volunteer was similar on each phase of test, but the snoring time and the longest snoring episode were significantly decreased with the use of anti-snore pillow. The overall results showed excellent possibilities for reducing snoring for the person who snores during sleep by using the anti-snore pillow. The effectiveness of the anti-snore pillow can be evaluated by the PSG test. Moreover, the relationship between each parameter of PSG test and the quality of sleep will be used for further researches.

Keywords : polyvinylidene fluoride, Snoring, Sleep apnea, Air Bladder, anti-snore pillow

요약

본 연구에서는 코골이 방지 베개의 효율성을 검증하기 위해 수면다원검사 측정 결과를 이용한 분석 방법 및 총 수면 시간과 코골이 시간 등의 효율성 평가에 유용한 변수를 제안하는 것으로 연구가 진행되었다. 사용된 코골이 방지 베개는 두 개의 polyvinylidene fluoride (PVDF) 진동 센서와 펌프, 밸브, 공기주머니로 구성되어 있다. 두 진동센서를 통해 코골이 신호를 정확하게 검출하고, 코골이 판정 시 제시된 알고리즘에 따라 베개 내부에 부착된 공기 주머니를 팽창시켜 목을 들어줌으로써 좁아진 기도를 확보하게 해 코골이를 경감시키

[†] 교신저자 : 임재중 (전북대학교 공과대학 전자공학부)

E-mail : jjim@jbnu.ac.kr

TEL : 063-270-4064

FAX : 063-270-2394

도록 베개가 설계되었다. 베개의 유효성을 검증하기 위해 수면다원검사를 실시하였고, 실험에는 두 명의 피실험자가 참여하였으며 코골이 베개의 사용 유무에 따라 실험이 진행되었다. 수면다원검사로부터 다양한 변수 값을 측정하여 분석하였고, 이 결과 값들로부터 베개의 유효성을 판단하였다. 두 피실험자 모두 총 수면시간은 큰 차이를 보이지 않았으며 총 코골이 시간과 가장 긴 코골이 시간은 감소하는 것을 확인하였고 코골이 방지 베개가 코골이를 효율적으로 경감하도록 하는 것을 알 수 있었다. 본 연구의 결과로부터 수면다원검사를 통해 코골이 방지 베개의 유효성을 확인하였으며 측정된 각 변수들과 수면의 질과의 관계를 살펴봄으로써 향후 많은 연구에 활용될 것이다.

주제어 : polyvinylidene fluoride, 코골이, 수면 무호흡, 공기 주머니, 코골이 방지 베개

1. 서론

수면은 몸의 모든 기관이 휴식을 취하는 상태로 수면을 통하여 각종 피로 물질이 분해되고 육체적, 정신적 피로를 회복할 수 있다. Siegel(2005)과 Young 등(2002)의 연구에 의하면 비만, 스트레스 등의 원인으로 호흡이 불규칙해지고 불안정해지는 수면 질환이 많은 사람들에게 나타나고 있으며 충분한 수면을 취하지 못할 경우 호르몬 체계가 교란되어, 면역력, 집중력 등이 저하될 수 있다고 밝혀졌다.

가장 대표적인 수면 질환은 코골이와 수면 무호흡이다. Peter 등(1989)과 Hoffstein(2002)의 연구에 의하면 코골이는 수면 중 호흡 기류가 여러 원인으로 좁아진 기도를 지나면서 이완된 입천장과 목젓 등의 주위 구조물에 진동을 일으켜 발생하는 호흡 잡음으로 밝혀졌고, Eckert 등(2009)와 Peter 등(1989)의 연구에서 수면 무호흡증은 수면 중 기도 주변의 근육이 이완됨에 따라 기도가 일시적으로 좁아지거나 막히게 되는 현상으로 밝혀졌다. 이러한 수면 질환은 대부분 비강에서 시작되어 인후두부까지 이어지는 구조인 상기도의 공간이 좁아지는 해부학적 이상 증상을 가지고 있다. 코골이는 수면 무호흡증의 원인이 될 수 있으나 대다수의 사람들이 코골이를 생리적인 현상으로만 생각해 이를 대수롭지 않게 여길 경우가 많다. Cavusoglu 등(2006)의 연구와 Khandoker 등(2009)의 연구에 의하면 장기간의 코골이는 수면 무호흡으로 발전될 수 있고 이를 방지하게 되면 졸림, 피로, 인지기능 저하 등의 원인이 될 수 있다고 밝혀졌다. 또한 Meoli 등(2001)의 연구와 Nieto 등(2000)의 연구에서는 코골이나 수면 무호흡과 같은 수면질환으로 인한 호흡저하(hypopnea)현상과 저산소증(hypoxemia)현상, 고탄산혈증(hypercapnea)현상 등이 야기될 수 있다는 연구결과가 밝혀졌다. 그리고 Dura'n 등(2001)과 Yaggi

등(2005)의 연구에서는 수면 무호흡증이 폐호흡질환, 고혈압, 뇌졸중, 심부전증 등 심혈관계 질환과 돌연사, 당뇨 등의 내분비 질환과 상당히 높은 연관성을 지니고 있는 것으로 밝혀졌다. 이와 같이 코골이와 수면 무호흡증은 다양한 질병의 원인이 될 수 있으므로 조기에 치료나 예방하는 것이 중요하다.

정상적인 수면을 이루지 못하는 환자들을 대상으로는 수면 중 이상행동 및 장애의 요인을 찾기 위한 안전하고 유용한 방법인 수면다원검사를 실시하고 있다(Kushida et al., 2005). 수면다원검사는 수면장애 진단에 활용되는 검사로 수면 중 일어나는 몸의 변화를 체크하여 수면질환과 장애의 원인을 찾고 분석하여 수면의 질을 높여주는 검사로서, 잠자는 동안의 안구운동(EOG), 뇌파(EEG), 근전도(EMG), 심전도(ECG), 코골이(snoring), 호흡(respiratory airway) 등을 동시에 기록하고 분석하는 방식으로 검사가 진행된다. 특히 수면무호흡의 경우 수면다원검사를 통해 무호흡의 종류, 심한정도, 무호흡의 발생 요인 등을 자세히 분석함으로써 효과적인 치료방법을 제시할 수 있는 정보를 제공해 준다.

수면 질환을 경감시키기 위한 방법으로는 코나 입 등에 윤활 스프레이를 분사해 조직에 막을 입혀 떨림을 조절하고 윤활작용을 해주어 공기의 흐름을 부드럽게 함으로써 코골이를 경감시키는 방법, 스트랩을 이용해 수면 시 입을 다물게 하여 코를 통해 숨을 쉬게 하는 방법, 마우스피스를 착용해 혀가 이완되는 것을 방지하여 기도를 확보하는 방법, 매트리스나 베개 등을 이용하여 코골이 감지 시 자세를 변형하게 해 코골이를 경감시키는 방법 등 다양한 방법으로 연구가 진행되어 왔다. 그러나 이러한 방법들은 실제 적용에 있어서 많은 불편함을 보이고 있다. 윤활 스프레이를 이용한 방법은 코나 입 안에 특수 성분을 분사하는 것이기에 사용자로 하여금 거부감을 들게 할 수

있다. 스트랩이나 마우스피스를 이용한 방법은 착용 시 사용자에게 불편함을 줄 수 있어 오히려 숙면에 방해가 될 수 있다. 매트리스나 베개를 이용해 코골이를 검출하기 위한 연구는 다양한 형태와 방법으로 진행되어 왔다. Duckitt(2006)는 마이크를 이용해 코골이 소리를 검출하는 방법에 대해 연구를 진행하였고, Zhaoqin 등(2010)의 연구와 Harada 등(2000)의 연구에서는 베개 등의 구조물에 압력 센서를 삽입해 코골이 진동을 검출하는 방법으로 연구를 진행하였다. Pepin 등(2009)의 연구와 Lofaso 등(2002)의 연구, Christou 등(2009)의 연구에서는 코의 압력을 측정하여 코골이를 검출하는 방법으로 연구가 진행되었고, 그 외에도 다양한 방법으로 연구가 진행되었다. 그러나 마이크를 이용한 연구에서는 주위 잡음으로 인한 코골이 신호의 정확한 검출에 한계점을 가지고 있고 압력센서를 이용해 코골이를 검출하는 방법 역시 사용자 또는 옆 사람의 움직임에 의한 잡음으로 정확한 코골이 신호의 검출에 한계점을 가지고 있다.

본 연구를 통하여 제안된 코골이 방지 베개는 수면 중 코골이나 수면 무호흡이 발생하였을 때 이를 정확히 감지하여 이로부터 벗어날 수 있는 조건을 유도하는데 목적을 두고 있으며 정확한 코골이 신호의 검출이 선행되어야 한다. 그러기 위해서 코골이가 발생할 때의 두개골의 진동을 검출하는 원리를 이용하였으며 두 개의 진동 센서 이용해 잡음으로부터 정확한 코골이를 검출하였다. 센서의 출력으로부터 코골이 신호가 판단될 경우 베개 내부에 부착된 공기주머니가 팽창됨에 따라 사용자의 기도를 확보하게 하여 코골이를 멈추는 구조로 설계되었다.

개발된 코골이 방지 베개의 효율성을 검증하기 위해서는 수면중인 사용자로부터 다양한 생체정보를 수집하여 분석하는 것이 선행되어야 하며, 이를 위하여 수면다원검사를 실시함으로써 다양한 수면 평가 지표 중에서 코골이 방지 베개의 효과 판정에 깊은 관련이 있는 지표들을 설정하고자 하였다.

본 연구는 코골이를 겪고 있는 피험자가 수면 중 코골이 방지 베개를 사용함에 따른 수면다원검사 결과 데이터를 분석하여 코골이 방지 베개의 효율성 평가에 활용될 수 있는 지표를 설정하고자 수행하였다. 본 연구의 결과는 향후 코골이 방지 베개의 제품화에 있어서 임상 유효성 평가를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 연구 방법

2.1. 코골이 방지 베개

본 연구에서 사용된 코골이 방지 베개는 사용자로부터 코골이 신호만을 정확히 검출하기 위해 polyvinylidene fluoride (PVDF) 필름이 내장된 진동 센서를 이용하였다. 베개는 두 개의 진동 센서와 펌프, 밸브 그리고 공기주머니로 구성되어 있다. 두 진동 센서는 베개 내부의 다른 부분에 위치하였으며 코골이 신호와 주위 잡음을 동시에 검출하도록 설계되었다. 사용자의 머리 아래 부분에 위치한 센서와 머리가 닿지 않는 부분에 위치한 두 센서로부터 얻어진 데이터는 본 연구에 제시된 알고리즘에 따라 코골이 신호만을 판단하게 된다.

코골이가 감지되면 베개 내부에 부착된 펌프가 작동하게 되어 공기주머니를 팽창하도록 한다. 부풀려진 공기주머니는 사용자의 목을 자연스럽게 올려주게 되어 기도가 확보되면 공기가 좀 더 원활하게 통과해 코골이나 수면 무호흡증을 경감시켜주게 된다.

2.2.1. 베개 내부 구조

본 연구에서 개발된 코골이 방지 베개에는 PVDF 진동 센서가 사용되었다. PVDF 센서는 그림 1과 같은 형태로 제작되었으며, 센서 내부에는 PVDF 필름과 임피던스 정합회로가 내장되어 있다.

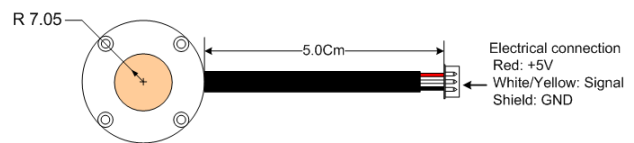


Figure 1. PVDF Vibration Sensor

사용자의 움직임이나 주위의 불필요한 잡음으로부터 정확한 코골이를 검출하기 위해서 두 개의 PVDF 센서를 그림 2과 같이 베개 내부에 위치시켰다.

PVDF 1센서는 사용자의 목 아래 부분에 위치한 것으로 코골이 발생 시 두개골의 진동을 직접적으로 감지하게 되고, PVDF 2센서는 사용자의 머리가 닿지 않는 부분에 위치한 것으로 코골이 발생 시의 진동은 감지하나 PVDF 1센서에 비해 코골이 발생 시의 진동

을 덜 민감하게 감지한다. 두 센서 모두 코골이 신호와 잠음이 동시에 검출하나 PVDF 1 센서는 코골이 신호를, PVDF 2 센서는 주위 잡음을 더 민감하게 검출한다.

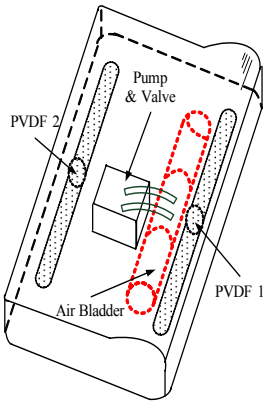


Figure 2. Structure of the pillow

베개 내부에는 그림 2와 같이 펌프와 밸브, 공기주머니가 함께 내장되었다. 두 PVDF 센서로부터 신호가 검출되면 제시된 알고리즘에 따라 코골이를 판단하게 되고, 코골이를 경감시키기 위해 펌프가 작동하여 공기 주머니 내부 내부로 공기가 주입되어 팽창하게 된다. 팽창된 공기 주머니는 코골이가 발생할 경우 계속 유지하게 되고 코골이가 더 이상 감지되지 않을 경우 밸브를 통해 공기가 빠져 수축하게 된다.

2.2.2. 코골이 방지 베개 알고리즘

그림 3은 코골이 방지 베개의 알고리즘 과정을 보여준다. 두 PVDF 센서로부터의 출력은 저역 통과 필터, 고역 통과 필터, 노치 필터, 증폭의 아날로그 처리 과정을 거친다. 이 신호를 디지털 신호로 변환한 후 파형을 포락선 검출, 평활화, 적분 등의 디지털 신호 처리 과정을 통해 코골이 신호 판단에 사용될 최종 파형을 얻게 된다.

두 센서로부터의 최종 파형의 시작점과 종료점의 일치도와 코골이 발생 구간의 에너지 값을 계산하여 70% 이상의 에너지 차이가 발생할 경우 코골이 신호로 판단해 베개 내부의 펌프가 작동하여 공기 주머니를 팽창하도록 설계되었다. 팽창 부피는 사용자의 레벨 설정할 수 있으며, 코골이가 더 이상 감지되지 않으면 밸브가 작동하여 공기주머니를 수축하도록 알고리즘이 설계되었다.

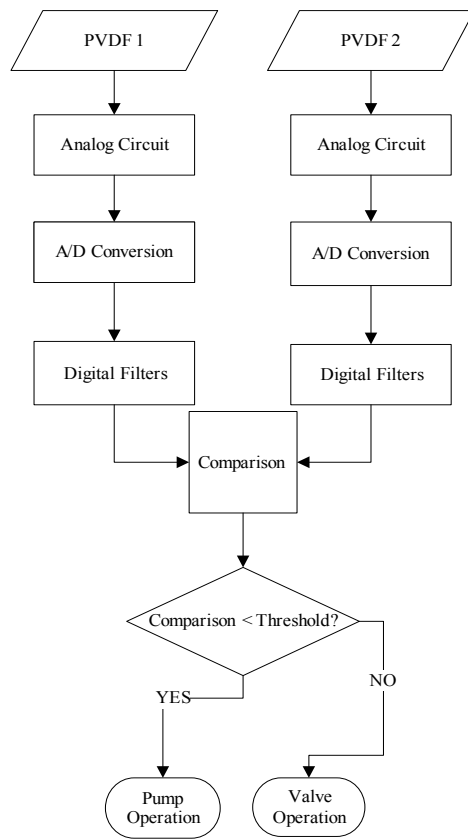


Figure 3. Algorithm for Anti-snore pillow

2.2.3. 공기주머니 팽창/수축

베개가 사용자로부터의 코골이 신호를 인식하면 베개 내부의 펌프가 작동하여 공기주머니가 팽창하게 된다. 사용자가 원하는 레벨에 따라 팽창되는 부피가 각각 다르며 표 1에 요약되어 있다.

Table 1. Inflation time, Maintaining time and corresponding height of the pillow

	Inflation time (sec)	Maintaining time (sec)	Height of the pillow (cm)
No Inflation	0	0	10.0
Level 1	30	30	10.5
Level 2	40	60	10.7
Level 3	50	90	10.9
Level 4	60	120	11.1
Level 5	70	150	11.3
Level 6	90	180	11.8
Level 7	110	210	12.3

팽창되는 부피를 기준으로 7단계로 설계되었으며, 팽창되는 시간에 비례하여 주입되는 공기가 늘어난다. 사용자의 기도가 확보됨에 따라 코골이가 멈추게 되면 주입된 공기가 빠지게 된다. 만약 레벨 3을 설정하여 수면을 취하였을 때 코골이가 발생할 경우 50초 동안 공기가 주입되어 90초간 유지된다. 만약 머리가 베개에서 떨어질 경우가 발생한다면 코골이 신호가 검출되지 않으므로 자동으로 공기주머니에서 공기가 빠지게 된다.

그림 4는 사용된 실제 코골이 방지 베개를 보여준다. 베개 측면부에 컨트롤 패널이 위치하였고 ON/OFF 전원 스위치와 레벨 설정을 하기 위한 UP/DOWN 버튼, LED Display, 전원 포트가 구성되어 있다.

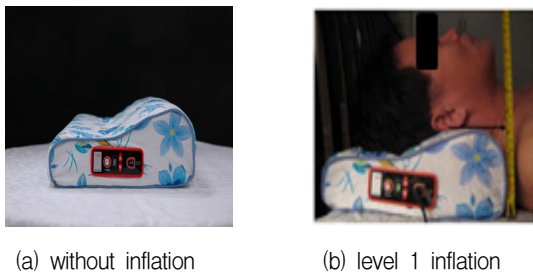


Figure 4. Pillow used for the clinical evaluation

3. 실험

3.1. 데이터 수집

코골이 방지 베개의 효율성을 평가하기 위해 한 수면 센터에서 성인 남자 두 명이 수면다원검사에 참여하여 수면의 질을 평가하였다. 검사 전에 피험자들의 BMI를 측정하였고 키, 몸무게, 목둘레를 측정하였다. 표 2는 실험에 참여한 두 피험자의 정보를 요약한 것이다.

피험자들에게 실험 절차를 충분히 설명하였고, 각 피험자가 수면에 들기 전에 수면다원검사를 위해 각 전극들과 감지기를 부착한 후 코골이 방지 베개의 높이를 편안하게 설정하여 수면을 취하도록 하였다.

수면다원검사는 수면의 시작, 진행, 깊이를 측정하는 신뢰성 있는 방법으로 평가되고 있으며(Teofilo, L. C., 2008), 수면의 질과 관련되어 설명될 수 있는 수면 지표에는 수면 잠복기, 총 수면시간, 수면 효율, 각성

지수 등이 있다.

Table 2. Summary of volunteer's physical status

	Volunteer 1	Volunteer 2
Age	50	26
Sex	Male	Male
Height	174 cm	180 cm
Weight	80 Kg	76 Kg
BMI	26.4	23.5
Neck Cir	39.3 cm	39.3 cm

피실험자 1은 이틀 밤 동안 실험에 참여하였으며 첫째 날 밤은 일반 베개를 사용하여 수면다원검사를 실시하였고, 둘째 날 밤은 본 연구에서 제안한 코골이 방지 베개를 사용하여 수면다원검사를 실시하였다. 피실험자 2는 하루 밤 동안 실험에 참여하였으며, 코골이 방지 베개를 사용하여 수면의 전반부와 후반부에 수면다원검사를 실시하였다.

3.2. 데이터 분석

수면센터에서 코골이 방지 베개의 효율성을 평가하기 위해 두 피실험자의 수면다원검사를 실시하여 수면 중의 다양한 정보를 얻었다. 표 3은 코골이 방지 베개의 효율성의 평가에 사용된 변수들이며 표에서 볼 수 있듯이 PSG 결과, 코골이 통계, 각성 통계에 관하여 다양한 값들을 측정하여 분석하였다. 이러한 결과 값들이 코골이 방지 베개의 효율성 평가에 적합한지와 코골이와 연관된 변수를 찾아 향후 코골이 베개의 적합성 평가를 위한 방향으로 데이터를 분석하였다.

표 3은 코골이 방지 베개의 유효성을 분석하기 위한 변수들을 보여준다. 변수들은 안구운동, 뇌파, 근전도, 심전도 등으로부터 얻은 수면다원검사 결과 값과 코골이 통계, 각성 통계로 이루어졌으며 각각 다양한 변수를 측정하였다. 수면다원검사 결과 값의 변수는 분석에 사용된 총 시간(analyzed time), 총 수면시간(sleep time), 렘 수면시간(REM sleep time), 실제 수면시간(total sleep time), 총 수면시간과 실제 수면시간의 비를 나타낸 수면 효율(sleep efficiency)의 값을 보여준다(Masdeu et al, 2010). 총 수면 시간은 실제로 사용자

Table 3. Parameters used for analyzing effectiveness of anti-snore pillow

	Parameters	Definitions
PSG result	Analyzed time	Overall time for the study (min)
	Sleep period	Time from go to bed until wake up (min)
	REM sleep	Overall time for REM sleep (min)
	Total sleep time	Actual time for sleep (min)
	Sleep efficiency	Ratio of time spent in bed vs. time spent asleep (%)
Snoring statistics	Snoring time	Total snoring time during sleep (min)
	Relative snoring time	Ratio of snoring time vs. total sleep time (%)
	Number of snoring episode	Number of snoring events
	Average snoring episode	Average time of snoring episode (min)
	Longest snoring episode	Longest time of snoring episode (min)
Arousal statistics	Respiratory arousals	Arousals determined by respiration
	LM(limb movement) arousals	Arousal events with limb movement
	Spontaneous arousals	Sudden spontaneous arousals
	RERA (respiratory effort-related arousal)	Arousals determined by EEG analysis
	User defined arousals	Arousals defined by volunteers
	Total arousals	Respiratory arousals + LM arousals + Spontaneous arousals + RERA + user defined arousals

가 수면을 취한 시간을 의미하고 코골이 방지 베개를 사용하지 않았을 경우와 비교하여 베개를 사용했을 경우 불편함이 없이 수면에 들 수 있는가를 나타낼 수 있다(Teofilo, 2008).

코골이 통계는 수면 중 총 코골이 시간(snoring time), 총 수면 시간과 코골이 시간의 비(relative snoring time)를 나타낸 값, 코골이의 발생 횟수(number of snoring episode), 코골이 발생 시의 평균 시간(average snoring episode), 발생한 코골이 중 가장 긴 시간(longest snoring episode)의 값을 각각 측정하였다. 코골이 시간은 수면 중 발생한 총 코골이의 시간을 의미하며 코골이 방지 베개를 사용하였을 경우 코골이가 얼마나 경감되는지를 확인할 수 있다. 발생한 코골이 중 가장 긴 시간 값은 실제 코골이가 발생한 경우 가장 길었던 시간을 뜻하며 코골이 방지 베개의 사용 유무에 따라 시간이 얼마만큼 감소되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 다양한 변수들로부터 피험자의 수면 중 코골이 관련 지표를 확인하였다.

각성 통계는 호흡에 의한 각성(respiratory arousals), 사지운동성에 의한 각성(limb movement arousals), 자

발적인 각성(spontaneous arousals), 노력성 호흡에 의한 각성(respiratory effort-related arousal), 사용자에 의한 각성(user defined arousals)을 각각 측정하였다. 여기서 각성이란 깨어있을 때와 같은 상태로 각종 신경이 활동 중인 상태로 신체와 정서가 안정적인 수면 상태일 때 가장 낮다. 각성의 수준이 높아지면 뇌파(EEG)의 활동이 높아지게 되어 신체적 반응을 야기하기 때문에 수면의 질과 관계가 있다. 호흡이나 팔·다리의 움직임, 자발적인 각성 등을 값을 측정함으로써 수면 중 얼마나 각성 상태를 보였는가를 확인하였다.

본 연구의 분석에서는 수면다원검사 결과 값과 코골이 통계, 각성 통계로부터 코골이 베개의 사용유무에 따른 피험자의 코골이 경감에 대한 효과를 판정하고자 하였다. 즉, 코골이 방지 베개의 효율성을 판단하는데 적절한 변수를 찾고 이들 변수들이 의미하는 바를 규명하고자 하였다.

4. 결과 및 토의

본 연구는 수면 중 코골이 방지 베개를 사용함에 따른 수면다원검사 결과 데이터를 분석하여 코골이 방지 베개의 효율성 평가에 활용될 수 있는 지표 설정하고자 수행하였다. 측정 결과 값으로부터 코골이 방지 베개와 연관된 변수 값들을 비교함으로써 코골이 방지 베개의 유효성 검증에 수면다원검사가 적합한지를 확인하는데 목적을 두고 있다. 또한 측정된 변수 값들로부터 코골이 방지 베개와 밀접한 변수 값들을 찾아 베개의 사용 유무에 따른 변화를 비교하였다.

피험자 1로부터 얻어진 수면다원검사의 변수들의 값이 표 4에 요약되어 있다. 피험자 1은 이틀 밤 동안 실험에 참여하였고 첫째 날 밤은 일반 베개를 사용하여 수면을 취하였고 둘째 날 밤은 코골이 방지 베개를 사용하여 수면을 취하였다. 표에서 볼 수 있듯이 첫째 날 밤과 둘째 날 밤의 분석에 사용된 총 실험시간(analyzed time)은 각각 413.7분, 418.6분으로 측정되었고 총 수면시간(sleep time)은 389.2분, 394.1분, 실제 수면시간(total sleep time)은 319.5분, 342분으로 측정되었다. 총 수면시간과 실제 수면시간의 비를 나타낸 수면 효율(sleep efficiency)은 각각 77.2%, 81.7%로 큰 차이는 없었다.

코골이 통계부분에서 코골이 시간(snoring time)은 각각 133.8분, 67.2분으로 일반 베개보다 코골이 방지 베개를 사용했을 경우 코골이 시간이 감소함을 알 수 있다. 총 수면 시간과 코골이 시간의 비(relative snoring time)는 41.9%에서 19.6%로 코골이 방지 베개를 사용했을 경우 50%이상 코골이가 감소했음을 알 수 있다. 코골이의 발생 횟수(number of snoring episode) 역시 197회에서 79회로 줄어드는 것을 확인하였고, 발생한 코골이 중 가장 긴 시간(longest snoring episode)도 9.6분에서 5.4분으로 감소함을 확인하였다. 코골이 발생 시의 평균 시간(average snoring episode)은 0.7분에서 0.9분으로 증가함을 보였으나 큰 차이는 없는 것으로 판단된다. 코골이 통계부분에서는 코골이 방지 베개를 사용했을 때 발생횟수와 가장 긴 코골이 시간의 감소를 통해 코골이 베개가 코골이를 감지 시 이를 경감시켜 주는 것으로 판단되었다.

각성 통계 부분에서 호흡에 의한 각성(respiratory arousals)은 수면 중 폐쇄성 수면 무호흡(obstructive sleep apnea), 중추성 수면 무호흡(central sleep apnea),

저호흡(hypopnea)에 의해 발생하는 것으로 각각 8회, 28회로 코골이 방지 베개를 사용했을 경우 더 많이 측정되었다. 사지운동성에 의한 각성(limb movement arousals)은 수면 중 팔·다리의 움직임에 의해 각성되는 것을 말하며, 피험자 1에게서는 발생하지 않았다. 노력성 호흡(respiratory effort-related arousal)은 각성시 호흡의 30%이상 줄어들었다가 뇌가 각성되면서 호흡이 정상화되는 것이며 각각 178회, 147회로 일반 베개를 사용했을 경우 더 많이 발생하였다. 자발적인 각성(spontaneous arousals)은 수면 중 호흡, 사지운동성 등에 의해서가 아닌 각성으로 각각 30회, 40회 발생하였다. 실험에서 측정된 총 각성은 각각 216회, 215회로 거의 동일하였으며, 코골이 베개의 사용유무에 따른 각성 지표와의 연관성은 없는 것으로 판단되었다.

Table 4. Summary of analysis results for volunteer 1

	Parameters	First night (normal pillow)	Second night (anti-snore pillow)
PSG result	Analyzed time	413.7	418.6
	Sleep period	389.2	394.1
	REM sleep	93.0	31.5
	Total sleep time	319.5	342
	Sleep efficiency	77.2	81.7
Snoring statistics	Snoring time	133.8	67.2
	Relative snoring time	41.9	19.6
	Number of snoring episode	197	73
	Average snoring episode	0.7	0.9
	Longest snoring episode	9.6	5.4
Arousal statistics	Respiratory arousals	8	28
	LM(limb movement) arousals	0	0
	Spontaneous arousals	30	40
	RERA (respiratory effort-related arousal)	178	147
	User defined arousals	0	0
	Total arousals	216	215

표 5는 피험자 2로부터 얻어진 수면다원 검사의 변수들을 요약한 것이다. 피험자 2는 하루 밤 동안 실험에 참여하였고, 코골이 방지 베개의 전원의 ON/OFF

에 따라 실험을 진행하였다. 표에서 볼 수 있듯이 먼저 베개의 전원을 끈 상태에서의 분석에 사용된 총 실험시간(analyzed time)은 196.8분이고, 총 수면시간(sleep time)은 196.2분, 실제 수면시간(total sleep time)은 190분이 측정되었다. 베개의 전원을 켜진 상태에서의 분석에 사용된 총 실험시간(analyzed time)은 196분, 총 수면시간(sleep time)은 192분, 실제 수면시간(total sleep time)은 172.5분이 측정되었다. 총 수면시간과 실제 수면시간의 비를 나타낸 수면 효율(sleep efficiency)은 각각 96.5%, 88%로 코골이 방지 베개를 사용했을 때 8.5% 감소함을 보였다.

코골이 통계부분에서 코골이 시간(snoring time)은 각각 47.5분, 17.5분이 측정되었고, 총 수면 시간과 코골이 시간의 비(relative snoring time)를 보면 25.1%에서 10.1%로 15% 감소함을 보였다. 코골이의 발생 횟수(number of snoring episode)는 각각 15회, 36회로 코골이 방지 베개의 전원을 켜진 상태에서 더 많이 측정되었다. 코골이 발생 시의 평균 시간(average snoring episode)은 3.2분에서 0.5분으로 감소하였으며, 발생한 코골이 중 가장 긴 시간(longest snoring episode)은 25.6분에서 1.4분으로 현저하게 감소했음을 보였다.

각성 통계 부분에서 호흡에 의한 각성(respiratory arousals)은 각각 5회, 12회로 코골이 방지 베개의 전원을 켜진 상태에서 더 많이 측정되었다. 피험자 1과 마찬가지로 사지운동성에 의한 각성(limb movement arousals)은 보이지 않았고, 노력성 호흡(respiratory effort-related arousal)은 각각 22회, 37회로 코골이 방지 베개의 전원을 켜진 상태에서 더 많이 발생하였다. 자발적인 각성(spontaneous arousals)은 각각 14회, 17회 발생함을 보였고, 실험에서 측정된 총 각성은 각각 44회, 66회로 차이를 보였다.

피험자 1과 피험자 2 모두 코골이 방지 베개를 사용했을 경우 코골이 시간(snoring)이 감소함을 보였고, 총 수면 시간과 코골이 시간의 비(relative snoring time) 역시 크게 감소함을 보였다. 코골이의 발생 횟수(number of snoring episode)와 코골이 발생 시의 평균 시간(average snoring episode)은 두 피험자에게서 다른 결과를 보였으나 발생한 코골이 중 가장 긴 시간(longest snoring episode)은 모두 감소함을 보였다.

Table 5. Summary of analysis results for volunteer 2

	Parameters	One night trial	
		Anti-snore pillow (Power Off)	Anti-snore pillow (Power On)
PSG result	Analyzed time	196.8	196
	Sleep period	196.6	192
	REM sleep	30	45.5
	Total sleep time	190	172.5
	Sleep efficiency	96.5	88.0
Snoring statistics	Snoring time	47.5	17.5
	Relative snoring time	25.1	10.1
	Number of snoring episode	15	36
	Average snoring episode	3.2	0.5
	Longest snoring episode	25.6	1.4
Arousal statistics	Respiratory arousals	5	12
	LM(limb movement) arousals	0	0
	Spontaneous arousals	14	17
	RERA (respiratory effort-related arousal)	22	37
	User defined arousals	0	0
	Total arousals	44	66

5. 결론

본 연구에서 사용된 코골이 방지 베개는 기존 코골이 베개에서의 문제점이던 주위 잡음으로부터의 코골이 신호 검출을 PVDF 진동 센서 두 개를 사용함으로써 해결하였으며, 코골이가 감지될 때 베개 내부의 공기 주머니를 팽창시켜 사용자의 목 부위를 올려줌으로써 기도를 확보하여 코골이를 멈추게 하는 구조를 포함하고 있다. 코골이 방지 베개를 사용하는 동안 수면다원검사를 실시하여 측정된 변수 값들로부터 코골이 방지 베개와 연관된 값들을 비교함으로써 베개의 효율성 판단 지표의 수립에 대한 실험을 진행하였다.

코골이 방지 베개의 사용유무에 따른 수면의 효율은 큰 차이를 보이지 않았으나 코골이 베개를 사용했을 때 코골이 통계 지표들의 값을 비교해 보면 코골이 시간, 총 수면 시간과 코골이 시간의 비, 발생한 코골이 중 가장 긴 시간이 감소함을 알 수 있었다. 이러

한 결과를 바탕으로 코골이 방지 베개의 유효성 검증 실험에 수면다원검사가 적합하다는 것을 확인하였다. 향후 더 많은 피험자를 대상으로 실험을 한 후 각 변수 값들과 코골이 방지 베개와의 연관성을 살펴봄으로써 코골이 방지 베개의 제품화 및 수면의 질 연구에 많은 활용이 가능할 것으로 사료된다.

본 연구를 바탕으로 향후 베개에 적용되는 공기주머니를 다양한 크기로 하여 팽창되는 부피에 대한 추가적인 연구가 필요하고, 이러한 결과는 코골이와 함께 다양한 수면 정보를 검출하여 분석함으로써 사용자가 쾌적하고 건강한 숙면을 취할 수 있도록 유도하는 시스템의 개발에도 활용될 것이다.

REFERENCES

- Cavusoglu, M., Serinagaoglu, Y., & Erogul, O. (2006). Analysing Snoring Sounds For Obstructive Sleep Apnea (OSA) Patients, *2006 IEEE 14th Signal Processing and Communications Applications*, 1-4.
- Christou, K., Kostikas, K., Pastaka, C., Tanou, K., Antoniadou, I., & Gourgoulianis, K., I. (2009). Nasal continuous airway pressure treatment reduces systemic oxidative stress in patients with severe obstructive sleep apnea syndrome, *Sleep Medicine*, 10, 87-94.
- Duckitt, W. D., Tuomi, S. K., & Niesler, T. R. (2006). Automatic detection, segmentation and assessment of snoring from ambient acoustic data, *Physiological Measurement*, 27, 1047-1056.
- Dura'n, J., Esnaola, S., Ramo'n, R., & Iztueta, A. (2001). Obstructive sleep apnea-hypopnea and related clinical features in a population-based sample of subjects aged 30 to 70 yr, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 163, 685-689.
- Eckert, D. J., Malhotra, A., & Jordan, A. S. (2009). Mechanism of Apnea, *Progress in Cardiovascular Diseases*, 51, 313-323.
- Guyton, A. C. & Hall, J. E. (2005). *Textbook of medical physiology*. 7th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Harada, T., Sakata, A., Mori, T., & Sato, T. (2000). Sensor Pillow System: Monitoring Respiration and Body Movement in Sleep, *Proceeding of the 2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System*, 351-356.
- Hoffstein, V. (2002). Apnea and snoring: state of the art and future direction, *Acta Otorhinolaryngol Belg*, 56, 205-236.
- Khandoker, A. H., Gubbi, J., & Palaniswami, M. (2009). Automated scoring of obstructive sleep apnea and hypopnea events using short-term electrocardiogram recordings, *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedical*, 13(6), 1057-1067.
- Kushida, C. A., Littner, M. R., & Morgenthaler, T., et al. (2005). Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: an update for 2005, *Sleep*, 28, 499-521.
- Lofaso, F., Leroux, K., Quera-Salva, M. A., Mroue, G., D'Ortho, M. P., Isabey, D., & Louis, B. (2002). Snoring detection during auto-nasal continuous positive airway pressure, *European Respiratory Journal*, 19, 108-112.
- Masdeu, M. J., Ayappa, I., Hwang, D., Mooney, A. M., & Rapoport, D. M. (2010). Impact of clinical assessment on use of data from unattended limited monitoring as opposed to full-in lab PSG in sleep disordered breathing, *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 15(6), 51-58.
- Meoli, A. L., Casey, K. R., Clark, R. W., Coleman, JA, Jr., Fayle, R. W., Troell, R. J., & Iber, C. (2001). Hypopnea in sleep-disordered breathing in adults, *Sleep*, 24, 467-470.
- Nieto, F. J., Young, T. B., Lind, B. K., Shahar, E., Samet, J. M., Redline, S., D'Agostino, R. B., Newman, A. B., Lebowitz, M. D., & Pickering, T. G. (2000). Association of sleep-disordered breathing, sleep apnea, and hypertension in a large community-based study. Sleep Heart Health Study, *Journal of the American Medical Association*, 283, 1829-1836.
- Pepin, J. L., Defaye, P., Vincent, E., Christophle-Boulard, S., Tamisier, R., & Lecy, P. (2009). Sleep apnea diagnosis using an ECG Holter device including a nasal pressure(NP) recording: Validation of visual and automatic analysis of nasal pressure versus full polysomnography, *Sleep Medicine*, 10, 651-656.
- Peter, J. H., Amend, G., Faust, M., Meinzer, K., Penzel, T., Schneider, H., Schultze, B., & von Wichert, P. (1989). Snoring and sleep apnea syndrome, *Wien Med*

Wochenschr, 139, 264-273.

Siegel, J. M. (2005). Clues to the functions of mammalian sleep, *Nature*, 437, 1264-1271.

Teofilo, L. C. (2008). *Sleep Medicine: Essentials and Review*, Oxford University Press, USA.

Yaggi, H. K., Concato, J., Kernan, W. N., Lichtman, J. H., Brass, L. M., & Mohsenin, V. (2005). Obstructive sleep apnea as a risk factor for stroke and death, *New England Journal of Medicine*, 353, 2034-3041.

Young, T., Peppard, P. E., & Gottlieb, D. J. (2002). Epidemiology of obstructive sleep apnea: a population health perspective, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 165, 1217-1239.

Zhaoqin, L., Linlin, J., Wenxi, C., & Tetsu, N. (2010). Performance Assessment on Different Measurement Positions for Monitoring HR/RR during Sleep, *32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 3831-3834.

원고접수 : 2011.08.22

수정접수 : 2011.08.19

게재확정 : 2011.09.27