

심박동변이도 분석을 이용한 수면단계 분류

Classifying sleep stages by using heart rate variability

김원식*, 박세진, 장승진, 장학영, 최형민, 이상태

한국표준과학연구원 뇌인지융합기술연구단

ABSTRACT

수면단계는 수면감성을 평가하는데 있어서 중요한 생리지표로서 사용되어왔다. 그러나 수면다원검사를 이용한 전통적 수면단계 분류방법은 뇌전도, 안전도, 심전도, 근전도 등을 종합적으로 측정하므로 수면단계를 비교적 정확히 분류할 수 있지만 피험자에게 심한 구속감을 주는 문제가 있다. 본 연구에서는, 각성상태에서 교감신경계가 지배적인 반면에 수면 중에는 부교감신경계가 더 활동적인 점에 착안하여 수면단계를 간단히 분류할 수 있는 방법을 찾고자 수면단계에 따른 심박동변이도(heart rate variability: HRV)를 분석하였다. 단일채널 심전도를 이용하여 수면단계별로 HRV의 교감신경계/부교감신경계 활성도의 비율을 분석한 결과, W(wakefulness) 단계가 NREM(non REM) 2 단계, 3 단계, 4 단계에 비하여 높게 나타났으며, NREM 4 단계는 REM(rapid eye movement) 단계와 NREM 1 단계에 비하여 낮게 나타났다. 또한 교감신경계/부교감신경계 활성도 비율의 수면단계에 따라 변화하는 양상은 W, REM, NREM 1, 2, 3, 4 단계의 순으로 단조 감소하였다.

Keyword: 심전도, HRV, 수면단계

1. 서론

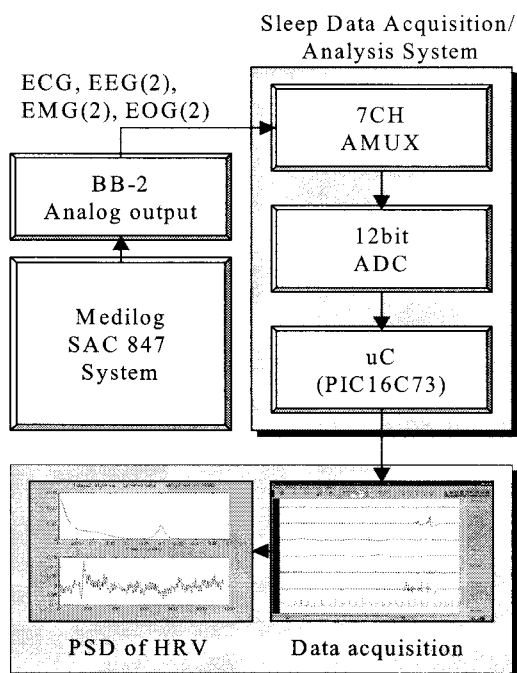
자연스러운 수면상태에 따라 변하는 수면단계의 분류에 대한 신뢰성을 높이기 위하여 측정에 수반되는 구속감을 줄이도록 수면단계와 가장 상관성이 높은 단일채널의 생체신호를 측정하여 수면단계를 분류하는 알고리즘의 개발이 필요하다. 단일채널을 이용한 수면단계분류 연구로는 인공신경망과 유전자알고리즘에 기초하여 단일채널 EEG 신호를 이용한 수면단계

분류시스템이 개발되었으나, 신호의 크기가 작아서 측정에 많은 제약이 따르는 단점이 있다.

본 연구에서는 환자에게 구속감을 최소화시키고 간단히 수면단계를 분류할 수 있는 방법을 개발하기 위하여, 수면다원검사 장치에 의하여 수면단계를 분류한 뒤 이 장치로부터 ECG 신호만 추출하여 수면 중 자율신경계의 변화를 가장 잘 반영시키는 것으로 알려져 있는 HRV의 LF/HF와 MF/(LF+HF)를 계산하여 수면단계별로 유의한 차이가 있는지 고찰하였다.

2. 실험방법

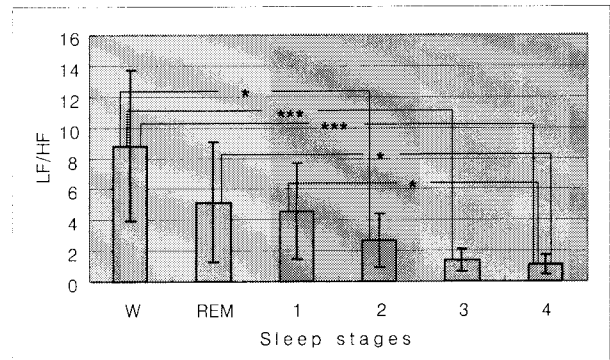
본 연구에서는 수면다원검사 장치(모델: Medilog SAC847, [그림 1])에 의하여 자동으로 분류된 수면단계에 따라 HRV 의 LF/HF 와 MF/(LF+HF) 각각의 차이를 조사하기 위하여 건강한 성인남자 6 명(20- 25 세)에 대하여 1 인당 2 회씩 전체 12 회의 야간수면실험을 수행하였다. EEG 전극배치는 "International 10-20 electrode placement system"를 참고하였으며, 수면단계는 "Standard scoring system for sleep stage"에 따라 수면다원검사 장치에 의하여 자동으로 분류되었다[1]. 그런 뒤 수면다원검사 장치에 장착되어있는 아날로그신호 출력단자를 통해 각 수면단계에 따른 ECG 신호를 10 epochs 씩 본 연구에서 제작한 Sleep data Acquisition/Analysis System 으로 읽어 들여 Matlab S/W 로써 HRV 를 분석하였다[2].



[그림 1] 수면다원검사 장치를 통해 ECG 신호를 수집하여 HRV 를 해석하는 시스템

3. 결과 및 고찰

W 단계가 2 단계보다는 325% 높게 ($p < .05$), 3 단계보다는 628% 높게 ($p < .001$), 4 단계보다는 800% 높은 것으로 ($p < .001$) 나타났으며, 그리고 REM 단계가 4 단계보다 427% 높게 ($p < .05$), 1 단계가 4 단계보다 418% 높은 것으로 ($p < .05$) 나타났다[그림 2]. 단일채널 ECG 로만 측정하더라도 HRV 에 비선형해석 등 복합적 분석을 적용하면 1 단계와 2 단계의 분류, 그리고 3 단계와 4 단계의 분류를 제외하고는 그 이외의 수면단계들의 분류가 가능하다고 사료된다.



[그림 2] 수면단계에 따른 LF/HF 변화 * $p < .05$, *** $p < .001$

참고문헌

- [1] Rechtschaffen, A., & Kales, A.(1973), A Manual of Standardized Technology, Techniques, and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects, University of California, Los Angeles.
- [2] Kim, W. S., Park, S. J., Shin, J. W., et al., (1998), The HRV Features of Sleep Stages in Normal Human Sleep, Proceedings of the Ergonomics Society of Korea, 504-508.