A study on quantitative assessment of the sleep cycle

Sleep Cycle の 定量評価について

Jun TAKAHASHI, Tatsuya AIBA, Masaya SUGIMOTO, Kiyoyuki YAMAZAKI and Katsuro OKAMOTO
Dept.Bio-Medical Engineering, School of High-Technology for Human Welfare, Tokai University
317 Nishino, Numazu, Shizuoka 410-03, JAPAN TEL:81-559-68-1111(EXT.4415)

Takashi ITOH

Department of Information Processing Center for Medical Science, Nippon Medical school
1-1-5 Sendagi, Bunkyo-ku, Tokyo 113, JAPAN

(Accepted for publication 16 November 1995)

In order to analyze the sleep cycle in human natural sleep, physiological parameters were recorded from healthy adult subjects. Utilizing the spectral analysis of heart rate, autonomic state during sleep was investigated. Specific changes of LF and HF component of the spectra were observed in each sleep stage.

Keywords : Sleep cycle, heart rate, autonomic state

I. INTRODUCTION

長時間の生体リズムとして、サーカディアンリズムやウルトラディアンリズムなどが提唱され、脳波や血圧、体温、ホルモン分泌活動などに観察されることが報告されている。これらのリズムにそぐわない不規則な生活を送ると、身体に様々な影響が及ぶことは経験的にも生理学的にも知られている。

一方、ヒトの各器官は自律神経系のコントロールを受けており、その表現の一つとして心電図のR-R間隔の変動が報告されている。

我々は、この心電図R-R間隔系列中に自律神経機能を評価するのに有効な指標として、スペクトル解析を行い、その低周波成分と高周波成分のパワーを求め自律神経変動を検討してきた。¹

今回、我々は、長時間リズムとして夜間の睡眠に着目し、これを自律系機能を含めて定量的に評価を行う目的で、健常被験者を対象に脳波、心電図、呼吸、眼球運動、胃電図、筋電図を記録した。

脳波、眼球運動および筋電図よりスリープダイアグラムを作成し、これと心電図R-R間隔系列のスペクトル解析の結果を比較し、睡眠状態の検討を試みた。

II. EXPERIMENTAL

A. SUBJECT

被験者は、健常成人男性5名とした。年齢は18～22歳（平均年齢21歳）で、いずれの被験者も、自律神経疾患および心臓循環器系疾患を有していないことを確認した。

B. METHOD

測定時間は午前0時から午前8時までとした。

測定項目は、脳波、心電図、呼吸曲線、眼球運動、胃電図、筋電図および指尖容積脈波の7項目で、このうち脳波、心電図、眼球運動、筋電図は汎用脳波計で増幅し、呼吸曲線、指尖容積脈波についてはバイオアンプで増幅し、それぞれPC-9801 (NEC) のA/Dコンバータおよびメモリーボードを介してデジタルデータとしてハードディスクに記録した。サンプリング周波数は100Hz、精度は14bitで記録した。

C. ANALYSIS

測定から得た心電図のデジタルデータからR波を検出した。任意のR波から次のR波までの時間間隔を測定し、分時心拍数 (HR) を求めた。このHR時系列をスペクトル解析す

るために、データを時間軸上に並べ、直線補間し、0.65秒毎に等間隔で標準化し直し、FFTを行った。

心臓の自律神経系の制御を判定するものとして、スペクトル解析データの高周波成分(0.18~0.4Hz)のパワーの積分値(HF)を副交感神経系、低周波成分(0.05~0.18Hz)のパワーの積分値(LF)を交感神経系の指標とした。²

スリープダイアグラムは、脳波、眼球運動、筋電図から視察により作成した。

III.RESULT

Figure.1は、夜間連続データを各睡眠深度毎のLF/HF、HFのパワーの積分値を加算平均したものとしたものである。上段にはLF/HFを、下段にはHFを示した。両段の横軸のSWSは、睡眠深度Stage3および4をまとめて徐波睡眠を示す。また、B.M.は、睡眠中の体動で、なおかつ筋電図に顕著な振幅の認められたものである。LF/HFでは、B.M.がWakeより値が大きい。また、Subject Aを除いてWakeよりもSWSの値が大きい。HFでは、WakeよりRem、St.1よりSt.2、SWSよりSt.2の方が値が大である。これらより体動と覚醒、覚醒とRemが生理的に異なる状態であることが明らかである。

FIG.1. Low/High frequency(a) and High frequency(b) component of HR series spectra in each sleep stage.

Figure.2-1,2-2は、R-Rパワースペクトルの3次元表示の例である。矢印の時点から表記された段階に移行した。夜間データを2分毎に計算したパワースペクトルは、睡眠深度に応じて変化する傾向が観察された。Figure.2の経時的に連続した「屋根」の部分は呼吸の影響と考えられる。Figure.2における「屋根」は共に睡眠状態の移行に合わせてパワーが増大している。また、一般的に自律神経系における副交感神経の指標とされるHFの上限周波数よりもさらに高い周波数領域でもパワーの増大が見られる。

FIG.2-1. Time dependent change of HR series spectra

FIG.2-2. Time dependent change of HR series spectra

本法による解析は、睡眠脳波学的状態のみならず、自律系を含めたトータルな状態推定に有用と考えられる。今後は、睡眠の質を検討するための指標となり得るパラメータを、様々な状態での計測、解析を通して探索したい。

REFERENCE

- 1 T.Aiba, J.Takahashi, H.Hoshiai, T.Terukina, K.Nagashima, K.Yamazaki, K.Okamoto, T.Itoh : An experimental study on Biological rhythm using multidimensional physiological measurement(2), Japan Soc. ME&BE,223,1995.
- 2 K.Hoshiai, K.Nagashima, M.Suganuma, T.Aiba, H.Sakuraba, J.Takahashi, K.Yamazaki, K.Okamoto, T.Itoh, H.Okino : Analysis of Autonomic Function Using Spectral Analysis for R-wave Interval Series of ECG, The Bulletin of School of High-Technology for Human Welfare Tokai University, Vol.4,201-207,1994.