

다원수면검사와 방추파에 의한 수면단계 분석

Sleep Stage Analysis by using Polysomnogram and Spindle Wave

김원식*, 박세진*, 김진선**, 김건흠***

*한국표준과학연구원 인간공학그룹

**전주대학교 산업공학과

***에이스침대공학연구소

ABSTRACT

SAC 847 컴퓨터를 통해서 뇌파를 기본으로 턱과 다리의 근전도, 몸의 뒤척임, 심전도, 혈중 산소 농도, 안전도 등을 동시에 기록하는 다원수면검사(polysomnogram)를 전자기가 차폐된 수면실에서 실시하였고 수면단계기록 국제기준에 의한 수면단계와 최근 새롭게 제시되고 있는 수면의 경과에 따른 수면방추파(sleep spindle)의 변동추적에 의한 수면단계 판정방법을 비교 분석하였다. 또한, 수면경과에 따른 β , α , θ , δ 파형의 발생빈도를 제시하고 평가하였다. 이러한 수면단계 분석은 종합수면생리신호의 일환으로 인간공학적인 패적침대개발에 활용될 수 있을 것이다.

1. 서론

사람은 인생의 1/3 정도를 수면으로 취한다. 이러한 많은 시간동안 신체에 어떠한 변화가 발생하는지 정확히 알지 못하고 보내어 왔다. 수면에 대한 과학적 연구는 1929년 독일의 신경학자 Hans Berger가 사람의 뇌에서는 각성할 때와 수면을 취할 때 서로 다른 뇌파가 발생한다는 사실을 발견함으로써 시작되었다. 1939년 Nathaniel Kleitman은 수면을 진화론적으로 설명하였으며, 1957년 W. C. Dement와 N. Kleitman에 의하여 수면은 급속안구운동수면(REM)과 비급속안구운동수면(NREM)으로 이루어진다는 사실이 밝혀지면서 수면의 본질이 본격적으로 연구되기 시작하였다(오 영근 편, 1993; 한 선호 등, 1991).

수면을 측정하는 방법으로는 행동, 즉 외관으로 판단하는 것과 뇌파(EEG)를 기본으로 이용하여 턱과 다리 근전도(EMG), 몸의 뒤척임(Body position), 심전도(ECG), 혈중산소농도(Oximetry), 안전도(EOG), 음경발기(NPT) 등을 동시에 기록하는 다원수면검사(polysomnogram)가 있다(민 성길 등, 1997; 의용공학교육연구회 편, 1993). 이 다원수면검사를 이용하여 A. Rechtschaffen과 A. Kales(1968)이 제안한 수면 단계기록 국제기준에 따라 수면의 각 단계를 결정하고 있다. 수면단계기록 국제기준에 의하면 NREM 1 단계는 각성단계에서 수면단계로 바뀌어지는 과정으로 EEG에서는 진폭이 낮은 3~7 Hz의 혼합 θ 파가 나타나는데 눈의 움직임은 매우 느리며 졸리는 상태에서 수면상태에 들어 가게되면 EEG활동은 약간 떨어진다. NREM 2단계에 들어가면 EEG에서는 K-복합파와(또는) 12~14 Hz의 수면방추파가 일시적으로 여러 차례 나타나며 이들 중간에 NREM 1단계를 만족시켜주는 뇌파가 3분 이상 지속되면 단계 1, 그렇지 않으면 단계 2로 기록한다. NREM 3-4단계에 들어가면 진폭이 75 μ V이상의 큰 진폭을 갖는 0.5~2 Hz의 느린 δ 파가 나타나며 K-복합파와 수면방추파는 나타날 수도 있다. 30초 동안에 δ 파가 20~50%가 나타날 때는 NREM 3단계에 들어간 것으로, 50%이상 나타날 때는 NREM 4단계로 들어간 것으로 기록한다. REM 수면단계에서는 낮은 진폭을 갖는 복합파의 EEG(NREM 1단계와 비슷)를 수반하며 순간적인 빠른 눈 움직임이 관찰되는데 이때 α 파는 1단계보다 좀더 많이 발생하며 각성상태보다 1~2

Hz 더 낮고 K-복합과와 수면방추파는 전혀 없어야 한다.

그러나 다원수면검사는 피실험자의 신체를 복잡하게 구속하여 잠들기 어려운 조건을 부여하므로 자연스러운 잠을 유도하여 수면 생리신호를 측정하고자 하는 의도와는 어울, 배반적인 결과를 초래한다. 그러므로 다원수면검사에 의한 방법은 신생아나 유아 또는 뇌 장애가 있는 환자에게는 적용할 수가 없다. 더욱이 이러한 방법에는 판정자의 독해력에 의한 판정오차가 크고 깊은 잠의 기준에 개인차가 크므로 1980년대에 접어들면서 일본 신경과학종합연구소의 수면학자 阿住一雄 등은 방추파를 수면 측정에 이용하여 수면의 새 분류 기준을 제안하고 있다. 수면방추파의 수는 개인차가 크나 동일한 사람에서의 출현 수나 출현률은 거의 일정하며, 건강한 성인의 경우에 하룻밤의 잠에는 500개에서 5000개가 나타난다(이 영호 편, 1991).

따라서 본 연구에서는 다원수면검사를 이용한 수면단계기록 국제기준에 의한 방법과 수면방추파의 계수에 의한 수면단계결정 방법을 비교, 검토하였다.

2. 수면 실험

2.1 실험 기기

Medilog SAC(Sleeping Analysing Computer) 847시스템은 PC에 기초를 둔 신호 및 데이터 처리 시스템으로서 야간수면과 호흡에 관련하여 15채널까지 데이터를 수집하고, 화면에 나타내 보이고, 해석·저장할 수 있으며 측정 후 재현 및 편집이 가능하다. 이 시스템은 SAC 847 컴퓨터, 14" 모니터, 20" 모니터, SRI(Sleep/Respiration Interface) 본체, SRI PJB(Patient Junction Box)로 구성되어 있으며 두 전극간의 저항을 측정할 수 있는 저항 측정기(Impedance tester), 전극을 부착하기 위한 줄자, 전도 겔(Conductive gell), 콜로디온(Collodion)등이 사용된다(OXFORD, 1993).

2.2 실험 방법

본 실험에 참여한 피실험자는 나이 27세, 키 172cm, 몸무게 58Kg의 신체 건강한 성인남자이다. 한국 표준과학연구원 기숙사의 인접한 2개의 방에 수면실과 수면 측정실을 설치하였고, 잡파(artifact)의 혼입을 막기 위하여 그림 1과 같이 수면실에 전자기 차폐물을 침대의 주변바닥, 인접벽, 그리고 형광등 등에 설치하고 기타 전기적인 기기들은 옥외의 접지봉에 1중 접지 하였다. 또한 침대와 베개에 사용되는 직물에 전자기를 차폐할 수 있는 도전사 직물을 사용하였다.

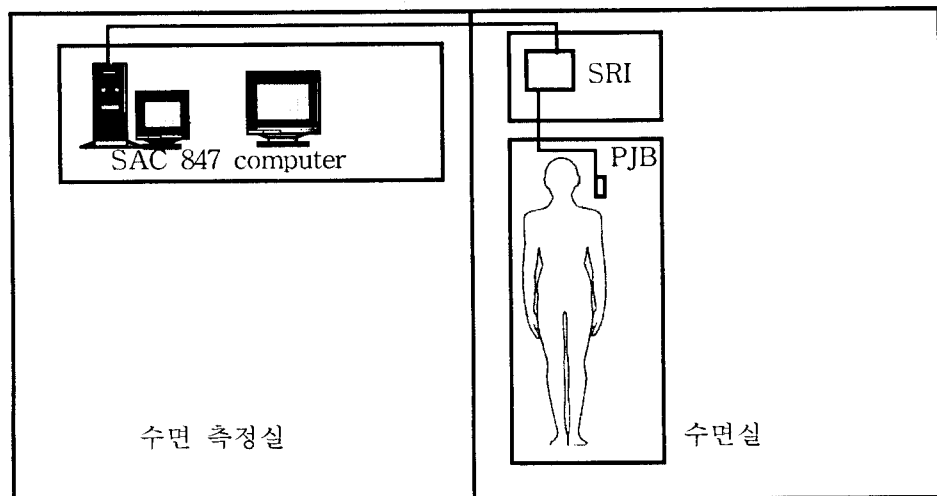


그림 1. 시스템 구성도

SRI PJB의 각 채널에 상응하는 피실험자의 전극부위와 위치는 10-20 EEG 전극배치에 의해 A1, A2, C3, C4, O2에 부착하였고 안전도, 턱과 다리의 근전도, 심전도, 산소 포화도, 몸의 뒤척임은 김원식 등에 의한 실험과 동일한 방법을 사용하였다(김 원식 등, 1997). 수면 측정은 실내온도 24 ℃, 습도 30%의 상태에서 밤12시부터 다음날 오전 8시까지 측정하였다. 그림 2는 전극 부착후의 피실험자 모습을 보이고 있다. 그림 3에는 SAC 847 시스템에 의해 측정된 C3의 뇌파, 턱의 근전도, 왼쪽과 오른쪽의 안전도, C4의 뇌파, O2의 뇌파, 다리 근전도, 심전도의 파형이 위에서부터 아래의 순서로 나타나 있다.



그림 2. 실험 모습

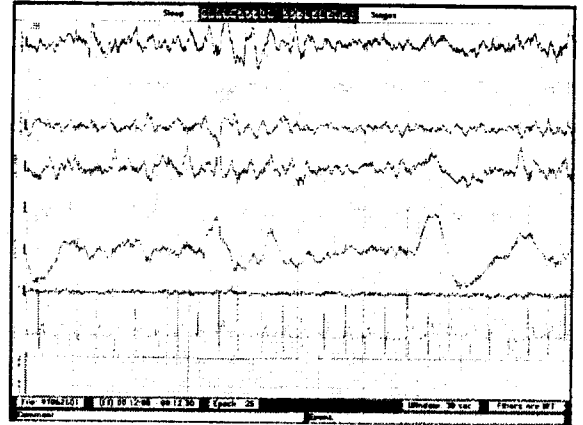


그림 3. SAC 847 파형

3. 실험 결과

각성상태에서 발생하는 β 파는 14~30 Hz의 범위에서 두골의 정점부위와 정면부위에서 검출된다. 이 β 파는 특히 강한 정신 활동을 하는 동안에 발생하는 것으로 그림 4와 같이 8시간의 수면실험에서는 거의 발생하지 않았다. 안정되었을 때나 눈을 감고 조용하게 있을 때에 8~12 Hz의 범위에서 뇌의 후두 영역에서 가장 강하게 나타나는 α 파는 그림 5에서 보는바와 같이 수면동안에 β 파보다 상대적으로 매우 고르게 나타났다. NREM 1단계에서 즉, 졸음이 올 때에 3~7 Hz의 범위에서 발생하는 θ 파는 그림 6에 제시되어있다. 이 θ 파는 다른 시간대에 비해 취침 후부터 1시간 이내에서 많이 발생한 것을 알 수 있다. NREM 3-4단계에서 0.5~2 Hz의 범위를 가지며 발생하는 δ 파는 뇌파의 정상파 중에서 가장 느리고 큰 파로써 그림 7과 같다. 이 δ 파는 새벽 0시 30분 전후와 5시 전후에서 많이 발생하였으나 6시 30분 이후에서는 전혀 나타나지 않았다.

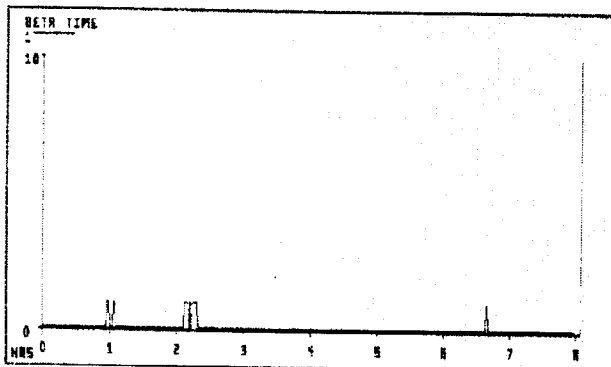


그림 4. 수면 경과에 따른 β 파의 발생시간(sec)

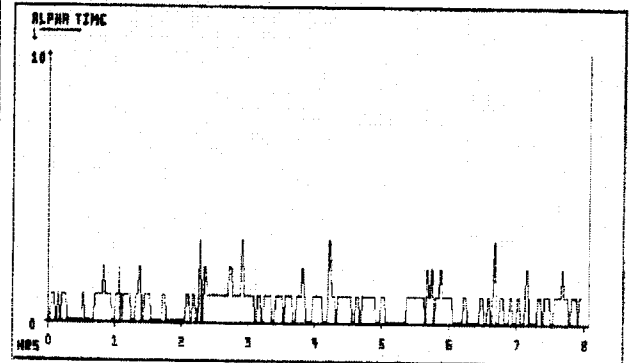


그림 5. 수면 경과에 따른 α 파의 발생 시간(sec)

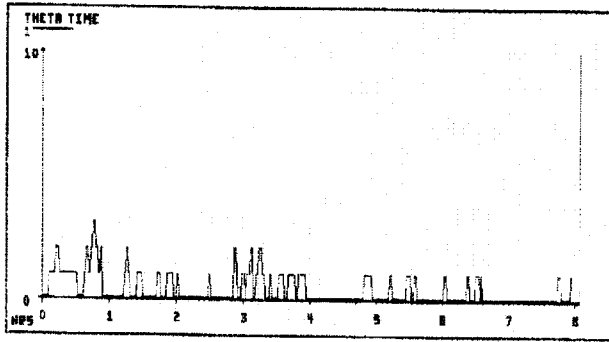


그림 6. 수면 경과에 따른 θ 파의 발생시간(sec)

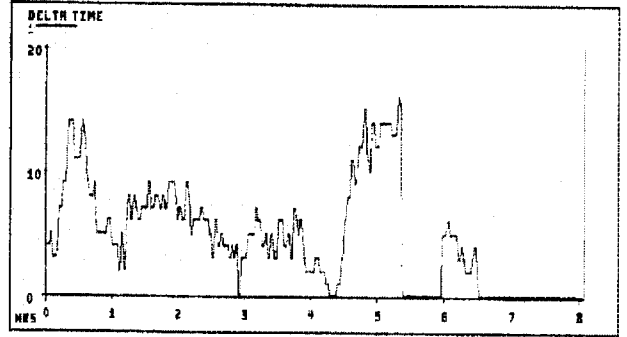


그림 7. 수면 경과에 따른 δ 파의 발생시간(sec)

이와 같은 뇌파와 다른 EMG, ECG등을 종합적으로 분석하여 수면단계기록 국제기준에 따라 SAC 847 컴퓨터에 의한 수면단계 분류가 그림 8에 제시되어있다. 그러나 깊은 잠으로 보는 수면단계 3-4는 δ 파의 출현비율로 정의하는 것이지만, 그 진폭이나 주파수에는 약간 평균값에서 벗어날 수가 있다. 그 때문에 δ 파의 비율이 적다 하더라도 행동으로는 깊은 수면상태에 있다는 것을 인정하지 않을 수 없다. 그림 7에서 1~4시 30분 사이에 δ 파의 발생시간이 적었기 때문에 컴퓨터에 의한 자동판정은 이 시간에 피실험자가 각성상태에 있는 것으로 판단하였다.

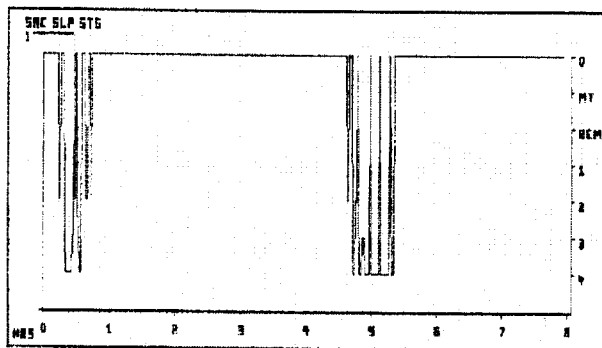


그림 8. SAC 수면 단계

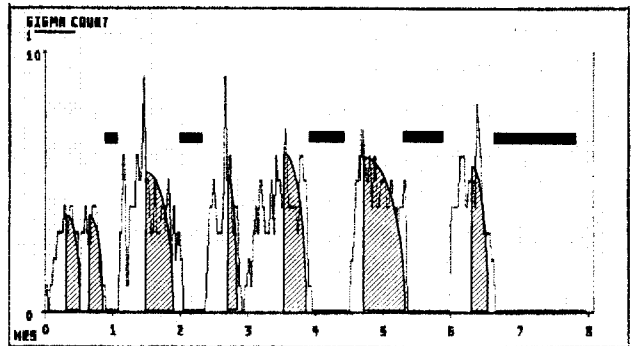


그림 9. 수면경과에 따른 방추파의 계수

그림 9는 8시간 동안의 수면 경과에 따른 수면방추파의 출현 횟수를 보여주고 있다. 수면방추파의 수는 입면과 동시에 늘어나기 시작하여 NREM 1-2단계의 얇은 수면에서는 계속 많아지고, 깊은 수면이 시작되는 시점에서 절정에 이른다. NREM 3-4단계의 깊은 수면에 들면 수면방추파의 수는 감소한다. REM 수면시에는 수면방추파가 강하게 억제되어 거의 나타나지 않는다. 이러한 수면방추파의 특징을 이용하여 그림 9에서 3-4단계의 깊은 NREM 수면은 그래프내의 사선부로 표현하고, REM 수면은 그래프상단의 검은 막대로 나타낼 수 있다.

4. 결론 및 토의

SAC 847 컴퓨터를 통해서 뇌파를 기본으로 턱과 다리의 근전도, 몸의 뒤척임, 심전도, 혈중 산소 농도, 안전도 등을 동시에 기록하는 다원수면검사를 전자가 차폐된 수면실에서 실시하였고 수면단계기록 국제기준에 의해 수면단계를 분석하였다. 또한 α , β , θ , δ 파의 수면경과에 따른 변동추이를 살펴 보았다. 수면단계기록 국제기준에 따른 다원수면검사에서 δ 파의 비율이 적다하더라도 행동으로는 깊은

수면상태에 있어 진폭이나 주파수가 그 평가기준에서 약간 벗어날 수가 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 방추파의 특징을 이용하여 단계 1-2의 얇은 NREM 수면, 단계 3-4의 깊은 NREM 수면, 그리고 REM 수면단계를 구분하였다. 그러나 수면방추파를 통해서만 수면 단계를 세부적으로 분석하지 못하는 단점을 가지고 있으므로 국제수면단계 기록기준을 통한 다원수면검사와 수면방추파의 계측을 병행하여 수면단계를 분석하여야 할 것이다.

추후 연구 방향은 침대의 물리적 특성과 체압분포, 눌린 형상 등을 측정, 분석하고 다원수면검사와 수면방추파를 이용하여 종합수면생리신호를 측정, 분석하고 이들간의 특성치를 도출하고 주관적 평가를 병행함으로써 인간공학적인 쾌적침대를 개발하는 것이다.

참고문헌

- [1] 김원식 등, “쾌적침대 개발을 위한 종합수면생리 신호 분석”, 1997 대한인간공학회 춘계학술대회 학술논문집, pp. 190-195, 1997.
- [2] 민성길 등, 최신정신의학, 일조각, 1997.
- [3] 오영근, 잠이란 무엇인가, 미쓰모토 지음, 전파과학사, 1993.
- [4] 의용공학교육연구회 역편, 의용계측공학, John G. Webster 원저, 여문각, 1993.
- [5] 이영호 譯, 睡眠과 腦, 井上昌次郎 著, 대한교과서주식회사, 1991.
- [6] 한선호 등, 臨床腦波, 일조각, 1991.
- [7] Allan Rechtschaffen and Anthony Kales, A manual of standardized technology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects, Brain Information Service/Brain Research Institute, Univ. of California, California, 1968.
- [8] OXFORD, Medilog SAC 847 System Sleep Analysing Computer Operator's Manual, Oxford Instruments Limited, England, 1993.
- [9] OXFORD, Medilog SAC SRI Operator's Manual, Oxford Instruments Limited, England, 1993.