

활동기록기(ActiWatch®와 SleepWatch®) 성능 비교 연구 : 야간수면다원기록을 표준으로 한 수면변인을 중심으로

Comparison of Actigraphic Performance between ActiWatch® and SleepWatch® : Focused on Sleep Parameters Utilizing Nocturnal Polysomnography as the Standard

신홍범¹ · 이주영² · 이유진³ · 김광진² · 이은영² · 한종희⁴ · 임미향⁵ · 정도언^{2,5}

Hong-Beom Shin,¹ Ju-Young Lee,² Yu-Jin Lee,³ Kwang-Jin Kim,²
Eun-Young Lee,² Jong-Hee Han,⁴ Mee-Hyang Im,⁵ Do-Un Jeong^{2,5}

■ ABSTRACT

Objectives: We attempted to compare the performance of 2 commercially available actigraphies with focus on sleep parameters, using polysomnography as standard comparison tool.

Methods: Fourteen normal volunteers (5 males and 9 females, mean age of 28 ± 4.6 years) participated in this study. All the participants went through one night of polysomnography, simultaneously wearing 2 different kinds of actigraphies on each wrist. Polysomnographic and actigraphic data were stored, downloaded, and processed according to standard protocols and then statistically compared.

Results: Both ActiWatch® and SleepWatch® tended to overestimate the total sleep time, compared to the polysomnography. SleepWatch® tended to underestimate the sleep latency. The two actigraphs and the polysomnograph did not show significant difference of sleep efficiency, when compared with one another. In addition, all of the sleep parameters from the instruments showed linear correlations except in SleepWatch®'s sleep latency. The sleep parameters from the two actigraphs did not show much noteworthy difference, and linear relationships were found between the sleep parameters from the two actigraphs. There was no significant distinction in the results of the two different actigraphs.

Conclusion: The results of two actigraphies can be used interchangeably since the sleep parameters of the two different actigraphies do not show significant differences statistically. Overall, it is not legitimate to use actigraphy as a substitute for polysomnography. However, since sleep parameters except sleep latency show linear correlations, actigraphy might possibly be used to follow up patients after polysomnography. *Sleep Medicine and Psychophysiology* 2005 ; 12(1) : 27-31

Key words: Actigraphy · Polysomnography · Sleep.

서 론

활동기록기(actigraphy)는 신체에 시계와 같이 쉽게 착용

하고 활동도나 수면각성 상태를 간이 평가할 수 있는 도구이다. 신체적인 부담을 주지 않으면서 장시간 기록이 가능하다. 수면의학이나 수면연구 분야에서는 수면다원검사가 수면 구조와 기능을 평가하기 위한 표준적 검사이나, 활동기록기

¹울지외과대학교 정신과학교실 및 노원 을지병원 신경정신과 *Department of Neuropsychiatry, Eulji University College of Medicine, Department of Neuropsychiatry, Eulji Medical Center, Seoul, Korea*

²서울대학교 의과대학 서울대학교병원 신경정신과 수면검사실 *Division of Sleep Studies and Department of Neuropsychiatry Seoul National University Hospital, Seoul, Korea*

³서울시립은평병원 정신과 *Department of Psychiatry, Eunpyung Metropolitan Hospital, Seoul, Korea*

⁴서울대학교 의과대학 의용생체공학 협동 과정 *Department of Biomedical Engineering, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea*

⁵서울대학교 의과대학 정신과학교실 *Department of Psychiatry and Behavioral Science, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea*

Corresponding author: Do-Un Jeong, Department of Neuropsychiatry, Seoul National University Hospital, 28 Yeongeon-dong, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea

Tel: 02) 2072-2294, Fax: 02) 744-7241, E-mail: jeongdu@snu.ac.kr

는 비구속성, 경량, 장시간 기록가능, 그리고 상대적으로 저렴한 비용 등의 장점으로 인해 점차 널리 사용되고 있다(1). 그에 따라 여러 회사에서 활동기록기를 제작, 판매하고 있으며 하드웨어와 소프트웨어도 날로 개선되어 가고 있다(2).

그럼에도 아직 활동기록기의 사용에 대한 표준적 지침은 마련되어 있지 않다. 활동 기록기의 하드웨어와 소프트웨어에 대한 표준이 없이 여러 회사에서 제작된 기록기들을 여러 연구자들이나 임상가들이 사용하고 있다. 그리고 이로 인해 활동기록기의 사용은 아직 충분히 활성화되지 못하고 있다.

활동기록기의 하드웨어와 소프트웨어의 표준을 확립하려면 일단 현재 상업용으로 제작, 판매되고 있는 활동기록기의 서로 다른 기종간에 데이터를 통용해서 사용할 수 있도록 하는 기초연구가 필요하다. 진동자의 인공적 움직임과 활동기록기를 비교한 연구(3)가 있었지만 인체의 다양한 움직임을 반영하기에는 부족한 면이 있었다.

활동기록기 성능을 평가하기 위한 가장 표준적인 방법은 수면다원기록과 비교하는 것이다(2). 그러나 지금까지 이루어진 연구에서는 단일 회사의 기종을 사용하였고, 기종 간의 비교는 이루어지지 않았다(2,4,5). 현재 국내에 도입된 활동기록기는 ActiWatch®(Mini Mitter Co., Inc, U.S.A.)와 Octagonal Motionlogger SleepWatch®(Ambulatory Monitoring, Inc, U.S.A.) 두 기종으로 모두 수입품이다. 이 두 기종은 활동을 측정하는 기계적인 방식과 측정된 자료를 분석하는 방법에서 차이가 있다. 따라서, 이 두 기종간에 측정된 자료를 통용하기 위해서는 검증이 필요할 것이다.

본 연구에서는 위의 두 기종을 동일한 피험자에게 동시에 착용시킨 상태에서 야간 수면다원기록을 시행하여 두 기종 각각과 수면다원기록 간의 일치도, 두 기종 간의 일치도를 수면변수를 중심으로 평가하고자 시도하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상 및 실험 절차

자원자 14명(남 : 여=5 : 9, 연령 28 ± 4.6 세)이 참가하였다. 초기 평가 시 내외과적 질환, 정신과적 질환 및 수면 장애가 발견되지 않았다. 자원자들은 서울대학교 병원 수면검사실을 밤 8시까지 방문하여 검사 준비를 마친 후 자신의 평상시 취침일정에 따라 수면을 취하였으며, 다음날 아침 스스로 깨어날 때까지 ActiWatch®와 SleepWatch®를 동시에 착용하고 야간수면다원검사를 받았다.

2. 측정 장비

1) 수면다원기록

수면다원기록은 디지털 신호로 변환이 가능한 전산시스템에 연계된 Grass model 78(Grass Instrument Co., U.S.A.)을 사용하여 이루어졌다. 각종 전극들(electrodes)과 감지기들(sensors)을 표준화된 방법에 따라 대상자에게 부착하였다. 뇌파, 안전도, 하악근전도(chin EMG), 심전도(ECG), 호흡음(breathing sound), 구강 및 비 공기 흐름(oral and nasal airflow), 흉곽 호흡 운동(chest movement), 복부 호흡 운동(abdominal movement), 사지운동(limb movement), 그리고 혈중산소포화도(SaO₂, arterial oxygen saturation)를 측정대상으로 삼았다. 뇌파 전극은 10~20 체계(6)에 근거하여 C3/A2, O1/A2, C4/A1, O2/A1에 부착하였다. 안전도 감지기는 외안각 외측 1 cm 상, 하방에 각각 부착하고, 근전도 감지기는 하악근 위에 부착하였다. 코골음 측정을 위한 호흡음 마이크로폰을 후두(larynx)부위에 부착하였다. 흡기와 호기간의 공기 온도 차를 이용해 작동하는 공기 흐름 측정용 감지기(thermocouple)를 코와 윗입술 사이에 부착하였다. 심전도 전극은 지정된 위치(modified lead II position)에, 하지의 근 수축을 기록하기 위한 근전도 전극은 양쪽 전경골근에 부착하였다. 혈중산소포화도 측정기의 감지기는 왼쪽 둘째 손가락 끝에 부착하였다.

측정된 아날로그 신호는 디지털 신호로 변환되어 저장 매체에 저장되었다. 저장된 기록은 2인의 수면 전문가가 분석용 소프트웨어를 사용하여 국제표준지침(7)에 따라 판독하였다. 판독 결과를 토대로 총수면 시간(total sleep time), 수면 효율(sleep efficiency), 입면 잠복시간(sleep latency)을 구하였다. 총수면 시간은 입면 시점부터 검사 종료 시까지 수면 시간 모두를 합한 것으로, 수면 효율은 총수면 시간을 전체 검사 시간으로 나눈 값으로 정의하였다. 입면 시점은 1단계 수면이 90초 이상 지속되거나, 그 외 수면단계가 30초 이상 지속되는 시점으로 정하였다.

2) SleepWatch®

SleepWatch®는 압전 가속 측정기(piezoelectric accelerometer)를 이용하여 손목의 움직임을 탐지한다. 가속 측정기는 요골-척골 축(radius-to-ulnar axis)의 움직임에 가장 민감하며(민감도 ≥ 0.01 g), 장축(longitudinal axis)과 횡축(transverse axis) 방향으로의 움직임도 측정한다. 가속도는 초 당 10회 간격으로 추출(sample)되어 8비트 아날로그-디지털 변환(8 bit A/D conversion)을 거쳐 기억 장치에 저장된다. 가속 측정 장치는 각 움직임에 대해 전압

Table 1. Actigraphic sleep estimates and their measurement errors and correlation coefficients against polysomnographic sleep estimates

Parameters	NPSG	vs. ActiWatch [®]	ME	r	vs. SleepWatch [®]	ME	r
TST (min)	451±62.3	441.8±51.8	25.7±36.3*	0.81*	434.7±54.2	18.6±24.8*	0.92*
SE (%)	88.6± 9.55	92.9± 4.7	9.7±22.7	0.62*	92.1± 7.1	8.8±21.0	0.70*
SL (min)	12.7±13.0	8.2±16.4	-4.5±12.2	0.68*	1.3± 2.9	-11.4±12.6*	0.26

Each figure except r value denotes mean±standard deviation

TST : total sleep time, SE : sleep efficiency, SL : sleep latency, ME : measurement error, r by Pearson correlation, * : p<0.05

을 발생시키며, 이 전압은 증폭되고, 2~3 Hz 대역 통과 필터(band-pass filter)에 의해 걸러진다. 최종적으로 얻어진 신호는 정량화되고 저장 되기에 충분한 신호인지 평가 받기 위해 기준 신호와 비교된다(8).

본 연구에서 SleepWatch[®]는 60초 판독 단위(epoch)로 자료를 측정하여 수면-각성 상태를 판별하였다. 문턱 전압(threshold voltage)은 최적의 민감도와 획득도(gain)를 얻기 위해 본 연구에서는 18로 책정하였다. 획득된 자료를 Acti-4[®] 프로그램(version 1.13, Ambulatory Monitoring, Inc. U.S.A.) (9)으로 분석하여 총수면 시간(total sleep time), 수면 효율(sleep efficiency), 그리고 입면 잠복시간(sleep latency)을 산출하였다.

3) ActiWatch[®]

ActiWatch[®] 역시 압전 가속 측정기를 이용하여 손목이 움직이는지, 얼마나 움직이는지를 탐지한다. 그 형태로 인해 특정한 방향에 더 민감하게 반응하지만, 0.01 g이상의 민감도를 지니고 있는 모든 방향에 대해 반응하는 감지기(omni-directional sensors)를 사용한다. 가속도는 초 당 32 Hz까지 추출될 수 있으며, 8비트 아날로그-디지털 변환을 거쳐 기억장치에 활동도(activity count)로 저장된다(10).

본 연구에서 ActiWatch[®]은 30초 판독 단위(epoch)로 자료를 측정하여 수면-각성 상태를 판별하였다. 판독단위 당 40회 이상의 활동도(activity)를 보이면 각성(wake)으로 판정하는데 5 판독 단위를 평균하여 역치 이상이면 5 판독 단위 중 가운데 있는 3번째 판독 단위(central epoch)를 “각성”으로 정하고 그 이하이면 “수면”으로 하였으며, 추출 비(sampling rate)는 216회/초로 하였다.

획득된 자료를 ACTIWARE[®]-SLEEP version 3.3(Mini Mitter Co., Inc.)을 사용해 분석하여 총수면 시간, 수면 효율, 그리고 입면 잠복시간을 산출하였다.

3. 통계 분석

수면다원기록과 두 기종의 활동기록기에서 산출한 수면변인들(sleep parameters)인 총 수면 시간, 수면 효율, 입면 잠복시간을 서로 간에 비교하기 위해 paired t-test를 사용

Table 2. Differences of sleep estimates between ActiWatch[®] and SleepWatch[®]

Sleep estimates	Mean difference	SD	p value
TST	7.1	28.3	0.36
SE	0.86	5.71	0.58
SL	6.9	15.3	0.11

TST : total sleep time (min), SE : sleep efficiency (%), SL : sleep latency (min)

하였고, 측정 오차(ME : measurement error)를 산출하였다. 변인 간의 선형적 관계를 파악하기 위해 Pearson correlation을 사용하였다. 모든 통계분석에는 SPSS 12.0(SPSS Inc, U.S.A.)을 사용하였으며 통계적 유의수준은 p<0.05로 하였다.

결 과

수면다원검사 결과, 총수면 시간은 451±62.3분, 수면 효율은 88.6±9.55%, 입면 잠복시간은 12.7±13분이었다.

ActiWatch[®]와 SleepWatch[®]의 수면 변수를 수면다원검사 결과와 각각 비교한 결과, ActiWatch[®]와 SleepWatch[®] 각각 25.7분, 18.6분만큼 총수면 시간을 과대평가(overestimate)하는 경향을 보였으며, SleepWatch[®]는 입면 잠복시간을 11.4분만큼 과소평가(underestimate)하는 경향을 보였다(표 1).

세 기기를 통해 측정된 각 수면변수 비교 결과, 수면효율은 유의한 차이를 보이지 않았으며, SleepWatch[®]의 입면 잠복시간을 제외한 모든 수면 변수에서 선형적인 관련성을 보였다(표 1). 두 활동기록기에서 나온 수면 변수들 사이에는 유의한 차이가 발견되지 않았으며(표 2), 이들의 총수면 시간(r=0.86, p<0.01), 수면 효율(r=0.59, p<0.01) 사이에는 유의한 선형적인 관계가 있었다.

고 찰

본 연구에서는 서로 다른 회사에서 제조된 활동기록기 두 기종과 수면다원검사에서 산출된 수면변수를 비교하였다. 그 결과 두 기종의 활동기록기에서 얻어진 결과들 사이에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 이 두 기종들의 결과를 서로

교환해서 사용할 수 있을 것으로 생각된다. 또 수면 상태를 반영하는 표준 검사인 수면다원검사와 비교한 결과 수면 효율에서는 차이를 보이지 않았다.

ActiWatch®와 SleepWatch® 모두 수면다원검사에 비해 총수면 시간을 과대평가하는 경향을 보였다. 이는 활동기록기가 피험자의 움직임으로 수면/각성을 판정함으로써 피험자가 잠들지 않은 상태에서 움직이지 않으면 활동기록기가 이를 수면으로 판정하게 되어 생긴 위양성(false positive)에 의한 것으로 생각된다. 이러한 경향은 불면증 환자나 신체 움직임 없이 각성 상태로 있으면서 수면 효율이 떨어지는 경우에 더 뚜렷하게 나타난다(11).

본 연구에서는 검사를 1회 시행하였다. 이 경우 피험자가 낯선 환경, 감지기, 모니터링 등의 영향을 받아 입면 잠복시간이 길어지고, 수면 효율이 떨어지는 첫날밤 효과(first night effect)가 나타난다(12). 첫날 밤 효과를 배제할 수 있도록 활동기록기와 수면다원검사를 2일 이상 연속 측정하여 관련성을 보는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구 결과, 활동기록기와 수면다원검사 간의 총 수면 시간의 차이는 ActiWatch®는 25.7분, SleepWatch®는 8.8분으로, 2~10분 정도의 차이를 보이는 기존 연구에 비해 다소 큰 차이를 보인다. 기존 연구는 5명의 피험자에 대해 반복 측정한 후 그 결과를 분석한 것으로 피험자들 사이의 차이가 적었다고 판단된다(13). 또 ActiWatch®는 30초 단위로 수면-각성을 판독하였고, SleepWatch®는 60초 단위로 수면-각성을 판정하였다. 따라서 두 기기 사이의 시간 해상도(time resolution) 차이로 인하여 두 활동기록기 간의 총 수면 시간 차가 생겼다고 생각된다. 특히 이 차이는 입면 잠복시간을 산출하는 과정에서 더 뚜렷하게 나타났다고 생각된다. SleepWatch®는 ActiWatch®에 비해 7분 정도 더 짧은 입면 잠복기를 보고하였으며, 이는 수면다원검사 결과와 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

본 연구 결과 두 기종의 활동기록기들 사이에 수면변수들이 통계적으로 유의한 차이가 없어 두 기종의 결과를 상호 교환해서 사용할 수 있을 것으로 판단한다. 그러나 수면다원검사와는 받아들이기 힘든 차이를 보여 활동기록기가 수면다원검사를 대체하기는 힘들 것으로 보인다. 한편, 입면 잠복시간을 제외한 나머지 수면변수는 선형적 관련성을 보이므로 수면다원검사 시행 후 추적 관찰을 해야 하는 경우나 전반적인 수면의 질(sleep quality) 변화를 추적 관찰하는 경우에는 사용할 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구에서는 정상인만을 대상으로 하였다. 수면변수들의 파악과 추적 관찰이 중요한 다양한 질환군을 대상으로 한 연구가 이어져야 할 것이다.

목 적 : 동일한 피험자에 동시 착용된 두 기종의 활동기록기에서 얻어진 수면 관련 변수들을 서로 비교하고 이를 수면다원검사 결과와 비교하여 이들 두 기종의 활동기록기에서 얻어지는 수면변수를 상호 교환하여 사용할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

방 법 : 초기 평가 시 내외과적 질환, 정신과적 질환 및 수면 장애가 발견되지 않은 자원자 14명(남 : 여=5 : 9, 연령 28±4.6세)을 대상으로 하였다. 서울대학교병원 수면검사실에서 두 가지 종류의 활동기록기를 동시에 착용한 상태에서 수면다원검사를 시행하였고, 이들 세 기기에서 산출된 수면 변수들을 각각 비교하였다.

결 과 : ActiWatch®와 SleepWatch®의 수면 변수를 수면다원검사 결과와 각각 비교한 결과, ActiWatch®와 SleepWatch® 모두 총수면 시간을 과대평가(overestimate)하는 경향을 보였으며, SleepWatch®는 입면 잠복기를 과소평가(underestimate)하는 경향을 보였다. 세 기기를 통해 측정된 각 수면변수 비교 결과, 수면효율은 유의한 차이를 보이지 않았으며, SleepWatch®의 입면 잠복기를 제외한 모든 수면 변수에서 선형적인 관련성을 보였다. 두 활동기록기에서 나온 수면 변수들 사이에는 유의한 차이가 발견되지 않았으며, 이들 사이에도 유의한 선형적인 관계가 있었다.

결 론 : 두 기종의 활동기록기에서 얻어진 결과들 사이에 유의한 차이를 보이지 않아서, 두 기종들의 결과는 서로 교환해서 사용할 수 있을 것으로 판단한다. 일반적으로 활동기록기가 수면다원검사를 대체하기는 힘들 것으로 생각되지만, 입면잠복기를 제외한 나머지 수면변수가 선형적 관련성을 보이므로 수면다원검사 시행 후 간단하게 치료반응에 대한 추적 관찰을 해야 하는 경우에는 활동기록기가 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

중심 단어 : 수면 · 수면다원검사 · 활동기록기.

REFERENCES

1. Sadeh A, Acebo C. The role of actigraphy in sleep medicine. Sleep Med Rev 2002;6:113-124
2. Cole RJ, Kripke DF, Gruen W, Mullaney DJ, Gillin JC. Automatic sleep/wake identification from wrist activity. Sleep 1992;15:461-469
3. Tryon W, Willian R. Fully proportional actigraphy: A new instrument. Beh Res Methods Ins Computers 1996;28:392-403
4. Broughton R, Fleming J, Fleetham J. Home assessment of sleep disorders by portable monitoring. J Clin Neurophysiol 1996;13:272-284
5. Sadeh A, Sharkey KM, Carskadon MA. Activity-based sleep-wake identification: an empirical test of methodological issues. Sleep 1994;

17:201-207

6. Klem GH, Luders HO, Jasper HH, Elger C. The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* 1999;52:3-6
7. Rechtschaffen A, Kales A. Manual of Standard Terminology, Technique and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects. Los Angeles, Brain Information Service/Brain Research Institute, UCLA; 1968.
8. Octagonal Motionlogger[®] SleepWatch Instruction Manual. Ardsley, Ambulatory Monitoring, Inc;2004.
9. Action-W[®] User's Guide. Ardsley, Ambulatory Monitoring Inc;2004.
10. Actiwatch[®] Instruction Manual. Bend, Minimitter Co., Inc;2001.
11. Mullaney DJ, Kripke DF, Messin S. Wrist-actigraphic estimation of sleep time. *Sleep* 1980;3:83-92
12. Kader GA, Griffin PT. Reevaluation of the phenomena of the first night effect. *Sleep* 1983;6:67-71
13. Jean-Louis G, Kripke DF, Mason WJ, Elliott JA, Youngstedt SD. Sleep estimation from wrist movement quantified by different actigraphic modalities. *J Neurosci Methods* 2001;105:185-191