

1일 주기 리듬의 응용과 분석

이 유선, 윤 형로, 이 경중, 김 동윤
 연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과

An Application of Circadian Rhythm Analysis

Youn Sun Lee, Hyoung Ro Yoon, Kyung Joong Lee, Dong Yoon Kim
 Dept. of Biomedical Engineering, Yonsei University

요약

90일간에 걸쳐 수집된 후천성 맹인의 체온데이터를 분석하였다. 이 데이터는 1일 주기 리듬을 갖고 있음을 잘 보여주었으며, 데이터 분석 방법으로는 시계열분석을 이용, 잡음을 제거하고 푸리에분석방법에 의하여 추정데이터를 만든후, 원 데이터와의 오차 자승합이 최소가 되는 주기를 찾는 방법을 사용하였다. 전체 데이터를 1일, 3일, 5일씩의 길이로 잘라서 분석을 하였으며 90여일에 걸친 분석 결과들을 모아 추정파형의 진폭과 서카디안 페이스를 그래프로 도시하였다. 고찰결과, 1. 이 맹인의 체온데이터는 24.25시간의 일정한 주기를 갖고있다. 2. 이 데이터는 24시간의 주기와 24.25시간의 주기로 분리할수 있다. 3. 따라서 1일 주기리듬의 체온데이터는 근소한 차이의 두가지 성분이 존재함을 알수 있다. 라는 결론을 내릴수 있었다.

서론

1일 주기 리듬은 일상생활에서 매일 반복되는 수면, 활동 등의 리듬을 말하며, 일주의 뜻을 갖는 Circa와 매일의 뜻을 갖는 dia의 합성으로 Circadian rhythm이라는 용어를 사용한다. 1일 주기리듬은 인체의 활동에 크게 영향을 미친다. 충분한 휴식후에 왕성한 활동이 가능한것이다. 또한, 이는 환경요인에 의하여 억제된다. 따라서 이 환경요인 제공에 의하여 1일 주기리듬을 제어할수 있다면 유익한 결과를 얻을수 있다. 일일주기리듬의 몇가지 제어 응용예를 들면 첫째, 원거리 항공여행에서 불가피하게 발생되는 시차이다. 이러한 경우, 1일주기리듬을 리셋시키는 것이 용이하다면 여행자는 시간차에서 오는 괴로움을 없앨수 있다. 둘째, 우주여행시 얻을수 있는 리듬의 변화다. 급성, 화성등의 일출, 일몰주기는 지구의 그것과 다르다. 그러므로 미래의 우주시대에 대비하여 이들의 주기에 맞도록 생체의 1일 주기 리듬의 제어는 중요한 의의를 갖는다. 셋째 야간근로자의 작업 환경이다. 일상적인 생활 리듬에 익숙한 야간 작업자는 야간시 수면 욕구에 의한 긴장 해이등으로 사고를 유발할 가능성이 주간의 경우보다 커진다. 그러므로 1일 주기 리듬에 관한 연구는 큰 의의를 갖는다. circadian rhythm에 관한 연구는 이 리듬의 진폭에 관한 고찰과 circadian phase¹에 관한 고찰등이 있으며 이중 circadian phase에 의한 영향은 많이 분석 되어졌다. 그러나 이 두가지 항을 합한 고찰은 특기할만한 것들이 없었다.

본 연구는 이 리듬의 분석에 관한것으로 진폭과 서카디안 페이스를 동시에 고찰하였다.

분석 방법

데이터: 데이터를 수집한 대상은 생후 10달에 녹내장이 진행되어 15세에 완전히 시력을 잃은 후천성 맹인이었다. 한편, Czeisler²는 빛에 의하여 circadian rhythm을 변화시킬수 있음을 밝혀냈다. 그러므로 빛에 의한 영향은 이 리듬에 잡음항으로 작용할것이므로 이 맹인은 빛에 의한 잡음을 효과적으로 제거한 데이터를 제공해준다. 데이터는 항문에 삽입한 센서로 1분마다 수집되었으며 분석에서는 이 데이터중 1시간에 10개씩의 데이터만을 취하여 사용하였다. 데이터의 수집기간은 1990년 9월 14일부터 12월 19일 까지 약 3개월간이었으며 수집 초기의 데이터는 유실이 많아 사용하지 않았고, 90일간의 데이터만을 사용하였다.

알고리즘: 이 리듬은 주기성을 띄고 있으므로 기본적으로는 푸리에 분석방법을 이용하였다. 체온 데이터 $y(t)$ 는

$$y(t) = s(t) + v(t) \quad \text{-----}(1)$$

으로 쓸수 있고 여기서 $s(t)$ 는

$$s(t) = u + \sum_{r=1}^d Ar \cos(2\pi r/r)t + Br \sin(2\pi r/r)t \quad \text{-----}(2)$$

로 쓸수 있고 u 는 평균값이다. 여기서,

$$Cr = (Ar^2 + Br^2)^{1/2}$$

$$\phi_r = \tan^{-1}(Br/Ar) \text{로 정의하면 } s(t) \text{는,}$$

$$s(t) = u + \sum_{r=1}^d Cr \cos(2\pi r/r)t + \phi_r \quad \text{-----}(3)$$

잡음항 $v(t)$ 는 ARMA(p,q)로 가정하여³,

$$v(t) = \sum_{j=1}^p \alpha_j v_{t-j} + \sum_{k=1}^q \beta_k \epsilon_{t-k} + \epsilon_t \quad \text{-----}(4)$$

이다. 서카디안 페이스는 식 (3)에서 $s(t)$ 가 최소가 되는 지점으로

$$t_{min} = ((\pi - \phi) / \pi) * \tau \quad \text{-----}(5)$$

로 구할수 있다. 위 식들에서 잡음항 $v(t)$ 를 시계열 방법으로 제거하고 x 를 24hr로 변화해가며 계수들을 계산하고 이어서 추정된 데이터와 원래 데이터의 차이의 제곱합이 최소가 되는 점의 τ , t_{min} , 진폭을 구하였다.

분석결과 및 고찰

먼저 전체 데이터중 24시간분의 데이터에 대하여 분석을 한후 그 다음날의 24시간분의 데이터, 같은 방법으로 90일치의 데이터 분석 결과를 모았다. 또한 이동평균의 개념을 이용한 3일, 5일씩의 데이터는 처음 3일치의 데이터에 대하여 분석을 하고 다음 데이터는 그 시작일로부터 하루 지난날부터 다시 3일간의 데이터를 분석하는 방법으로 90일치의 분석 결과들을 모았다. 또 5일씩의 데이터도 위의 3일씩의 데이터 분석 방법과 같은 방법으로 분석한 결과들이다. 그림 1은 실제 채은 데이터의 예이다. 샤워시등의 데이터가 일정한 간격으로 유실됨을 볼수 있다. 이는 하루에 한번씩 서카디안 페이스를 갖고 있음을 잘 보여주며 따라서 이 데이터는 1일주기 리듬의 좋은 예임을 알수 있다. 그림 2는 분석결과와 예이다. 2차 푸리에 급수에 의한 각성과 원래 데이터를 도식하여 주고 있다. 표 1에 보이는 것은 이들중 5일씩의 데이터 분석 결과이다. 6번째 column은 τ 주 1일 주기 리듬의 주기이며 모두 일정하게 24.25H 임을 보여주었고, 이 수치는 1일씩, 3일씩의 데이터 분석 결과에서도 일치하였다. 이 개안 주기가 일정한 24.25H 임은 빛에 의한 영향이 효과적으로 감소되었음을 잘 나타내준다. 또한 하루의 주기가 24H 임을 감안 할때 이 분석 결과표에서는 나타나지 않으나 24.25H의 원천적인 리듬 (endogeneous rhythm)과 환경적인 리듬(evoked rhythm) 이 존재함⁴ 을 무시할수 없다. 따라서 이 리듬의 진폭을 스칼라 값으로 하고 서카디안 페이스를 방향으로 하는 벡터를 시간 좌표위에 도식하여 이 가정에 대하여 고찰하였다. 그림 3은 24시간씩의 데이터를 11점 이동평균치를 취하여 24시간 평면위에 도식한 결과이다. 이 결과는 random하여 의미를 찾을수 없었다. 또한 표에 대한 고찰에서도 평균값, 편차정도 등을 계산하여 고찰할때 잡음이라는 결론외에 아무것도 발견할수 없었다. 그림에 포함된 선은 이점 들의 11점 이동평균치 이다. 그림 4는 5일씩의 데이터의 분석결과를 24.25시간 평면위에 나타낸 결과이다. 이는 분석시 5일씩의 이동 평균을 취하였고 다시 그 결과들에 11점 이동 평균을 취한 결과이다. 이 결과는 하나의 원을 형성하며 따라서 이 결과는 24.25시간의 주기 이외에 24시간 성분이 하나 더 존재함을 나타내는 것이다. 왜냐하면, 24.25시간과 24시간의 최소 공배수는 90일이되며, 90일간의 데이터에서 이원은 거의 합쳐지기 때문이다. 이원이 완전히 합쳐지지 않은것은 11점 이동평균을 취함으로써 데이터 개수가 모자라기 때문이다. 또한 데이터 수집 초기의 데이터 유실이 많아서 완전한 원은 이용수 없었다. 그림 5는 이 데이터를 근거로 추정한 원이다. 추정원과 비교하여 볼때 이 그래프는 많이 찌그러져있음을 보여주었다. 원속의 작은 타원들은 10개씩의 데이터들의 경향을 나타냈으므로 일정한 법칙을 유지하지 않음을 볼수 있었다. 따라서 이러한 것들은 두가지 성분들의 간섭에 의한 양으로 판단되며 이에 따라 24.25, 24.4, 24.5, 23.75 시간들의 진폭으로 구성시킨 타원이 그림 6에 나타나 있다.

이와 같은 고찰 결과 얻은 결론은,

1. 이 맹인의 채은데이터는 24.25시간의 일정한 주기를 갖고 있다.
2. 이 데이터는 24시간의 주기와 24.25시간의 주기로 분리할 수 있다.
3. 따라서 1일 주기리듬의 채은 데이터는 근소한 차이의 두가지 성분이 존재함을 알수 있다.

또한 2가지 시간 성분의 간섭성분이 존재할것이라는 가정을 추출할수 있었다.

참조문헌:

1. Brown, E.N. and C.A. Czeisler (1985) 'A method for determining the phase position of the deep circadian oscillator and determining a confidence interval' Sleep Res. 14:190
2. Czeisler C.A., J.S. Allan, S.H. Strogatz, J.M. Ronda, R. Sanchez, C.D. Rios, W.F. Freitag, G.S. Richardson, and R.E. Kronauer (1986) 'Bright light resets the human circadian pacemaker independent of the timing of the sleep-wake cycle' Science 233:667
3. Brown E.N. (1987) 'Estimating circadian phase' M.D. Thesis, Harvard Medical School, Boston
4. Kronauer R.E., Czeisler C.A., Pilato S.F., MoorEde M.C. and Weitzman E.D. (1982) 'Mathematical model of the human circadian system with two interacting oscillators' Am. J. Physiol. 242:R3

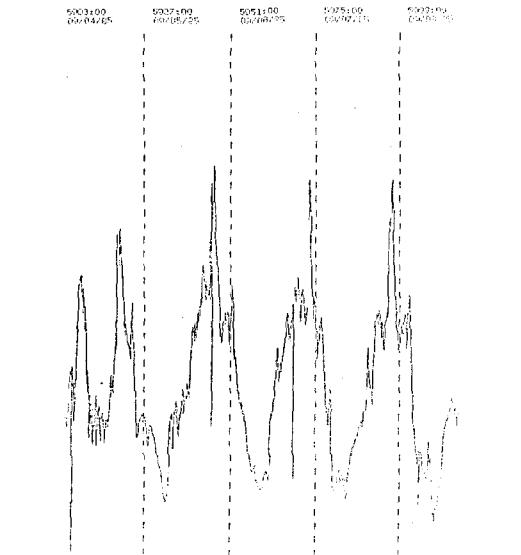


그림 1

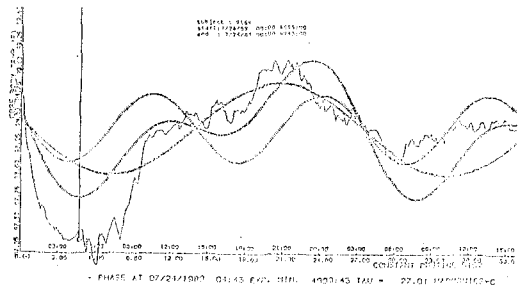


그림 2

