

**Gesetzmäßigkeiten
der circadianen Periodik des Menschen,
geprüft an der Wirkung
eines schwachen elektrischen Wechselfeldes***

RÜTGER WEVER

Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Seewiesen und Erling-Andechs

Eingegangen am 10. April 1968

*Principles of Circadian Rhythms in Men,
Studied by the Effects of a Weak Alternating Electric Field*

Summary. The human circadian rhythm can be influenced regularly by a weak alternating electric field with a frequency of 10 cps. In contrast to the effects of environmental illumination, this field which is imperceptible to the subject, is as effective during activity time (eyes open) as during rest time (eyes closed). In constant conditions, the values of the following parameters are statistically significantly higher for experiments with the field in operation than for those with the field not in operation: 1. Free running frequency of activity rhythm and temperature rhythm; 2. activity time/rest time ratio; 3. mean value of rectal temperature; 4. a form-coefficient, characterizing the shape of the oscillation of rectal temperature. Thus the defined quantities are positively correlated to each other, as predicted by a hypothesis about circadian rhythms. Furthermore, the phase relation between the rhythms of activity and temperature is regularly correlated to the free running frequency and the other defining quantities. Because of the sign of this correlation it follows that, by a change of a constantly operating environmental controlling factor, the temperature rhythm is more strongly influenced than the activity rhythm. On the other hand, in periodically changing conditions a Zeitgeber acts more strongly on the activity rhythm than on the temperature rhythm.

Key-Words: Circadian rhythms — Body Temperature — Alternating Electric Field — Mathematical Model.

Zusammenfassung. Die circadiane Periodik des Menschen kann durch ein schwaches elektrisches Wechselfeld mit einer Frequenz von 10 Hz regelhaft beeinflusst werden. Im Gegensatz zur herrschenden Beleuchtungsstärke ist ein solches bewußt nicht wahrnehmbares Feld während Aktivitätszeit (mit offenen Augen) und Ruhezeit (mit geschlossenen Augen) in gleicher Weise wirksam. Unter konstanten Bedingungen sind bei eingeschaltetem Feld die Werte für folgende Parameter der Spontan-Periodik statistisch signifikant höher als bei abgeschaltetem Feld: 1. Spontanfrequenz von Aktivitäts- und Körpertemperaturperiodik; 2. Verhältnis von

* Mit Unterstützung durch das Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung (WRK 56 und WRK 86) und durch NASA (Grant NSG 259-62).

Aktivitäts- zur Ruhezeit; 3. Gleichwert der Körpertemperatur; 4. ein Formfaktor, der den Schwingungsverlauf der Körpertemperatur charakterisiert. Die genannten Bestimmungsgrößen sind damit positiv miteinander korreliert, wie es eine Hypothese für die circadiane Periodik voraussagt. Darüber hinaus ist die Phasenbeziehung zwischen Aktivitäts- und Temperaturperiodik regelhaft mit der Spontanfrequenz und den anderen Bestimmungsgrößen korreliert. Aus der Richtung dieser Korrelation folgt, daß die Änderung eines konstant wirkenden steuernden Umweltfaktors die Temperaturperiodik stärker beeinflusst als die Aktivitätsperiodik. Andererseits wirkt unter periodisch variablen Bedingungen ein Zeitgeber auf die Aktivitätsperiodik stärker als auf die Temperaturperiodik.

Schlüsselwörter: Circadiane Periodik — Körpertemperatur — elektrisches Wechselfeld — mathematisches Modell.

Circadiane Untersuchungen am Menschen bieten besondere Möglichkeiten zur Überprüfung einer Hypothese für die circadiane Periodik [15–17]. In Tierversuchen ist bisher meist nur die lokomotorische Aktivität gemessen worden; aus der Aktivitätsperiodik können aber die für die Hypothese relevanten Bestimmungsgrößen zum Teil nur indirekt erschlossen werden. Im Gegensatz dazu ist es bei Versuchen am Menschen möglich, neben der Aktivität auch verschiedene vegetative Funktionen zu untersuchen, ohne dabei die Versuchspersonen über Gebühr zu belasten [2,7,19]. Insbesondere die fortlaufend registrierte Körpertemperatur mit ihrem periodischen Verlauf ist zur Überprüfung der Hypothese geeignet.

Die Hypothese macht unter anderem Aussagen über die Beeinflussung der circadianen Periodik durch physikalische Umweltfaktoren; als wichtigster dieser Faktoren hat sich in den meisten Tierversuchen die Beleuchtungsstärke erwiesen. Die Regelhaftigkeit der Beeinflussung kommt im allgemeinen dann am klarsten zum Ausdruck, wenn die Außenbedingungen im Experiment kontrolliert verändert werden; als besonders bedeutsam haben sich dabei Experimente unter konstanten Bedingungen erwiesen. So hat sich in zahlreichen Tierversuchen gezeigt, daß verschiedene Bestimmungsgrößen der Aktivitätsperiodik unter konstanten Bedingungen regelhaft von der Intensität der herrschenden Beleuchtung abhängen [1].

Die circadiane Periodik des Menschen hat im allgemeinen ähnliche Eigenschaften wie die der bisher untersuchten Versuchstiere. Insbesondere ist sie ebenfalls endogenen Ursprungs, d. h. auch die circadiane Periodik des Menschen läuft unter konstanten Bedingungen spontan, mit einer von 24 Std abweichenden Periode weiter [7]. Als physikalischer Umweltfaktor, der unter konstanten Bedingungen die menschliche Periodik regelhaft beeinflussen kann, ist in den bisherigen Versuchen lediglich ein schwaches elektrisches Wechselfeld mit einer Frequenz von 10 Hz nachgewiesen worden [20,21]: Ein solches Feld hat die Wirkung, die Spontanperiode zu verkürzen; ob auch andere Bestim-