



Schlafphysiologie

Simone Braun, Maria Steiner, Alessandro Streuli, Benjamin Marty

Grundlagen

Die Untersuchung der biologischen Funktionen des Schlafes ist eine relativ junge Wissenschaft. Die Schlafmessung mit technischen Hilfsmitteln ist erst in den letzten Jahrzehnten ins Zentrum der medizinischen Forschung und Klinik gerückt. Viele Aspekte des Schlafes, etwa die Regulation des Tag-Nacht-Rhythmus, sind noch weitgehend unverstanden.

Wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass Müdigkeit und Schlaf in bestimmten Hirnarealen aktiv stimuliert werden. Die Nervenzellen im Gehirn tauschen während des Tages Botenstoffe aus und produzieren als Nebenprodukt unter anderem Adenosin. Adenosin schützt vermutlich das Gehirn vor Überanstrengung und ruft Müdigkeitsgefühle hervor, indem es an spezifische Rezeptoren an Nervenzellen bindet.

Diese Adenosin-Rezeptoren können aber auch von Koffein besetzt werden, das eine ähnliche chemische Struktur wie Adenosin hat. Als sog. Antagonist besetzt Koffein die Rezeptoren, aktiviert sie jedoch nicht. Folglich kann Adenosin nicht an die Rezeptoren binden und kein Signal mehr auslösen.

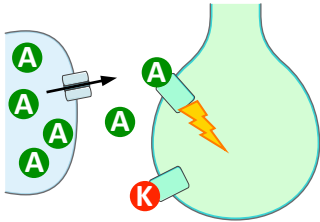


Abb. 1: Adenosin (A) aus Nachbarzellen bindet an spezifische Rezeptoren in den Nervenzellen und löst eine Signalkaskade aus. Koffein (K) blockiert als Antagonist diese Rezeptoren.

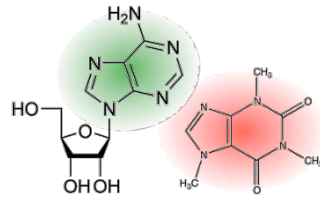


Abb. 2: Die Strukturformeln von Adenosin (links) und Koffein (rechts) sind sehr ähnlich. Deshalb kann Koffein an den Adenosin-Rezeptor binden.

Herzfrequenz ist bei Probandin A unter Koffeineinfluss im Vergleich zur Kontrollnacht um 11 bis 15min⁻¹ deutlich erhöht. Bei Probandin B ist ein geringer Pulsanstieg von 3min⁻¹ erkennbar. Die gemittelten Bewegungsamplituden zeigen unterschiedliche Tendenzen. Während bei Probandin B unter Koffein leicht mehr bzw. grössere Bewegungen messbar sind, ist die Amplitude bei Probandin A nach dem Kaffeekonsum minim reduziert.

		Bewegungsamplitude [G]	Herzfrequenz [min ⁻¹]
Probandin A	ohne Koffein	0.11	44.3
	mit Koffein 1	0.09	55.5
	mit Koffein 2	0.06	59.6
Probandin B	ohne Koffein	0.05	56.7
	mit Koffein	0.12	59.6

Tab. 1: Über die ersten 5h der Nacht gemittelte Bewegungsamplituden und Herzfrequenzen.

Von Interesse ist auch der Verlauf der über 15min gemittelten Bewegungsamplituden und Herzfrequenzen während der Nacht in Abb. 4 und 5. Bei Probandin B steigt die Herzfrequenz 1.0 bis 1.5h nach Messbeginn unter Koffeineinfluss markant in die Höhe. Gleichzeitig ist ein deutlicher Anstieg der Bewegungsamplitude ersichtlich. Ansonsten unterscheidet sich der zeitliche Verlauf der Messparameter nicht wesentlich. Bei Probandin A hingegen kann eine generelle Erhöhung der Herzfrequenz während den Koffeinnächten verzeichnet werden.

Zuletzt kann noch auf den Unterschied der Messparameter während der Einschlafphase etwa in der ersten halben Stunde der Nacht hingewiesen werden. Nach dem Kaffeekonsum sind sowohl die Bewegungsamplituden als auch die Herzfrequenzen bei beiden Probandinnen tendenziell höher als in der Kontrollnacht. Das weist auf eine längere Einschlafzeit (Schlafatzen) hin.

Methode

Ziele

- Messung der Bewegungen und der Herzfrequenz während des Schlafes
- Einfluss von Koffein auf die Messparameter

Studiendesign

- 2 gesunde, 16-jährige Probandinnen
- je 1-2 Nächte mit und ohne Kaffeekonsum ca. 30min vor Messbeginn (eine Tasse koffeinhaltiger Kaffee, nicht Placebo-kontrolliert)
- Analyse der jeweils während der ersten 5h der Nacht aufgezeichneten Daten mit eigenentwickeltem C-Programm

Messinstrumente und Analyse

Bewegung

Das Ziel war, die zeitlichen Bewegungsänderungen zu messen. Dafür wurde ein Beschleunigungssensor (HOBO Pendant G triaxial Data Logger, Onset Computer Corporation) benutzt. Der Sensor wurde mit Tape am linken Fussknöchel angebracht. Für die Analyse wurden die Bewegungsamplituden pro 30s-Intervall als Differenz der maximalen und minimalen Beschleunigung [G] berechnet und über 15min arithmetisch gemittelt.



Abb. 3: Beschleunigungssensor (oben) und Pulsoximeter (unten).

Herzfrequenz

Mit Hilfe eines Pulsoximeters am Finger (cns 50 fingeroximeter, Contec Medical System) wurde die Herzfrequenz während des Schlafes gemessen. Aus den Messdaten wurde die mittlere Herzfrequenz über 15min ausgerechnet.

Resultate

In Tab. 1 sind die über die ersten 5h der Nacht gemittelten Messparameter der beiden Probandinnen dargestellt. Die Werte zeigen zwischen den Nächten mit und ohne Kaffeekonsum teils deutliche Unterschiede. Die mittlere

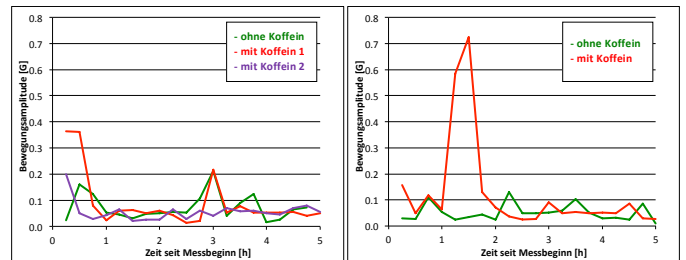


Abb. 4: 15min-Mittelwerte der Bewegungsamplitude bei Probandin A (links) und Probandin B (rechts).

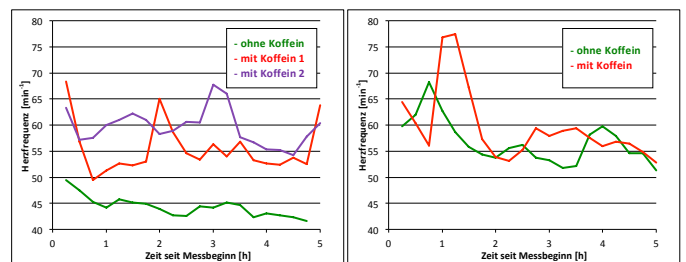


Abb. 5: 15min-Mittelwerte der Herzfrequenz bei Probandin A (links) und Probandin B (rechts).

Diskussion

Die durchgeführten Messungen deuten darauf hin, dass der Schlaf durch den Konsum von koffeinhaltigem Kaffee wie erwartet gestört ist. Es kann vermutet werden, dass die Schlafarchitektur verändert ist und weniger Tiefschlafphasen beinhaltet. Die Unterschiede zwischen den untersuchten Probandinnen könnten ein Hinweis auf die individuell verschiedene Wirkung von Koffein sein. Das würde zur in der Literatur beschriebenen These passen, dass eine gewisse Toleranzentwicklung gegenüber Koffein möglich ist. Aus Gründen der Übersicht ist hier nur ein Teil der Messdaten dargestellt. Für eine detaillierte statistische Analyse des Effekts von Koffein auf den Schlaf wäre eine umfangreiche Placebo-kontrollierte Studie mit einer grösseren Anzahl von Probanden und Nächten nötig. Die Qualität der Daten könnte mit zusätzlichen Parametern, etwa der Messung der Hirnaktivität (Elektroencephalografie), verfeinert werden.