

Radiotelemetrische Untersuchungen der Körpertemperatur von Weißbüscheläffchen (*Callithrix jacchus*)^{*} 1)

H. Petry und J. Maier

Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und
Ernährungsphysiologie, Tierärztliche Fakultät der Universität München

Zusammenfassung: Mit Hilfe eines neuentwickelten Radiotelemetriesystems wurde die Körperkerntemperatur (KT) von 2 erwachsenen, männlichen Weißbüscheläffchen (*Callithrix jacchus*) untersucht.

Die KT-Kurve beider Versuchsaffen zeigte eine ausgeprägte zirkadiane Rhythmik mit einer Schwankungsbreite von bis zu 3,5 °C. Bei 28 °C Umgebungstemperatur (UT) variierte die KT der Tiere tagsüber in Abhängigkeit zu ihrer spontanen Bewegungsaktivität individuell etwas unterschiedlich zwischen 37,5 und 39,3 °C; in der Nacht fiel die KT der auffallend tief schlafenden Affen auf durchschnittlich 35,8 °C ab.

Eine Erhöhung der UT auf 30 °C bewirkte bei Tag und Nacht gleichermaßen einen Anstieg der KT um 0,6 °C. Bei einer Absenkung der UT auf 24 °C fiel dagegen die KT nur bei Nacht ab, und zwar bei Ad-libitum-Fütterung um 0,2 °C und bei Hunger um 1,0 °C.

Die Messung der KT mittels rektal eingeführtem Thermometer führte im Vergleich zur Radiotelemetrie zu durchschnittlich um 0,4 °C höheren Werten.

Summary: A newly developed telemetry system was used to study deep body temperature (BT) of two adult male common marmosets (*Callithrix jacchus*).

The BT-curves of both monkeys showed a similar clear circadian rhythm with a range up to 3.5 °C. At environmental temperature of 28 °C (ET) the BT of the monkeys varied in the daytime dependent on their spontaneous activity, with little individual differences between 37.5 °C and 39.3 °C; at night the BT of the remarkably deeply-sleeping animals decreased to an average at 35.8 °C.

Elevating ET up to 30 °C effected an increase of BT by 0.6 °C, both during day and night. On the contrary, reducing ET to 24 °C the BT increased only at night, by 0.2 °C at ad libitum food intake and 1.0 °C at fasting.

Measurements of BT by inserted rectal thermometer caused, compared with telemetry, an average at 0.4 °C higher values.

Schlüsselwörter: Radiotelemetrie, Körpertemperatur, zirkadianer Rhythmus, Krallenaffen, Versuchstiere

Key words: radiotelemetry, body temperature, circadian rhythm, marmosets, laboratory animals

Abkürzungen: KT = Körperkerntemperatur, UT = Umgebungstemperatur (Raumtemperatur), r. F. = relative Luftfeuchte, p. op. = post operationem, \bar{x} = Mittelwert, s = Streuung, r = Korrelationskoeffizient

^{*}) In memoriam Prof. Dr. Hermann Zucker

¹⁾) Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, SPP 532

Einleitung

Nachzuchtungen der in den tropischen Regenwäldern Südamerikas beheimateten Krallenaffen (*Callithricidae*) haben in den letzten Jahren in der medizinischen Forschung als Versuchstiere weltweit an Bedeutung gewonnen. Die für eine optimale Haltung und Zucht dieser neuen Versuchstiere einerseits und für die zuverlässige Bewertung der an ihnen gewonnenen experimentellen Befunde andererseits erforderlichen Kenntnisse der physiologischen Parameter sind jedoch noch unvollkommen.

Von besonderer Bedeutung ist z. B. die Körpertemperatur, die als sensitive Resultante des durch exogene und endogene Reizwirkungen beeinflussten intermediären Geschehens im Organismus nicht nur ein guter Indikator für den Gesundheitszustand eines Tieres ist, sondern auch für dessen Wohlbefinden und damit wiederum für die Haltungsbedingungen des Tieres.

Vor diesem Hintergrund erscheint es angebracht, die Körpertemperatur von Krallenaffen systematisch zu untersuchen. Als Methode der Wahl bietet sich dazu die radiotelemetrische Temperaturregistrierung an, denn sie erlaubt eine kontinuierliche und langfristige Erfassung der Körperkerntemperatur am völlig ungestörten Versuchstier. In der vorliegenden Arbeit wird über Untersuchungen zur Körpertemperatur von Weißbüscheläffchen berichtet. Eine diesbezüglich ausführlichere Darstellung findet sich bei Maier (4).

Material und Methodik

Versuchstiere und ihre Haltung

Als Versuchstiere dienten 2 in Gefangenschaft geborene, erwachsene, männliche Weißbüscheläffchen (*Callithrix jacchus*), Jim und Tom (vgl. Tb. 1)¹⁾.

Die Affen wurden einzeln mit Sichtkontakt zueinander in Drahtgitterkäfigen (75 × 50 × 50 cm) gehalten. Im Käfig war in halber Höhe eine 5 cm breite Sitzstange aus Holz angebracht. Als Schlafkoje diente ein an der Käfigdecke aufgehängter Kasten (35 × 15 × 15 cm) aus undurchsichtigem PVC.

Die Tiere waren in einem fensterlosen Versuchsraum (2 × 3 m) untergebracht, der mit Frischluft (50 m³/h) mit konstant 28 °C Temperatur und 60 % relativer Feuchte belüftet wurde. Die Raumbeleuchtung (800 Lux durch 2 Leuchtstoffröhren Vita-Lite à 60 W) war zwischen 6 und 18 Uhr eingeschaltet.

Die Affen wurden mit einer zu 6-mm-Pellets gepreßten Koloniediät²⁾ (Diätbehälter) ad libitum gefüttert; frisches Trinkwasser (Nippeltränke) stand ihnen ebenfalls zur freien Verfügung.

Registrierung der Körpertemperatur

Die Körperkerntemperatur (KT) der beiden Affen wurde mit Hilfe eines neuentwickelten Radiotelemetriesystems (12) erfaßt, welches aus implantierbarem Temperatursender, Empfangstantenne und Empfänger bestand:

Der Sender gab im UKW-Bereich (> 108 MHz) intermittierend Impulse ab, deren zeitlicher Abstand von der Meßtemperatur abhing. Die Funktionsdauer des Senders betrug etwas mehr als 6 Monate; seine Reichweite lag bei 5 m.

¹⁾ Leih Tiere aus der Zucht des Max-von-Pettenkofer-Instituts für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Universität München

²⁾ Modifikation einer im o.g. Institut entwickelten Diät (1)

Das besondere Merkmal des Empfängers war eine elektronische Störungslogik zur Elimination externer Störsignale. Der Meßbereich war auf 35–41 °C mit einer Auflösung von $\pm 0,1$ °C festgelegt.

Zum Empfang der Meßsignale des Temperatursenders diente eine Einstab-Teleskopantenne, die in vertikaler Richtung in der zentralen Längsachse des Tierkäfigs installiert worden war. Die Antenne steckte zum Schutz gegen Manipulationen durch das Versuchstier in einem Plastikrohr. Die Antenne war mit dem Empfänger über ein Koaxialkabel verbunden.

Die Weiterverarbeitung des für die KT des Versuchstieres am Ausgang des Empfängers kontinuierlich anstehenden Meßwertes erfolgte durch ein Personalcomputersystem (Commodore CBM). Der im 3-s-Zyklus erfaßte Temperaturwert wurde als Zeitmittelwert in 6-min-Intervallen registriert.

Implantation des Senders

Zur Inbetriebnahme wurde der mit 2 fabrikfrischen 1,5-Volt-Knopfzellen versehene Sender in eine reagenzglasähnliche Glaskapsel dicht eingeschlossen und in einem Wasserbad auf 0,1 °C genau geeicht. Die fertige Senderkapsel (Länge 34 mm, Durchmesser 13 mm, Gewicht 8 g) wurde dann kurz vor der Implantation 30 min lang in 75%igem Alkohol desinfiziert, anschließend in körperwarmer physiologische NaCl-Lösung eingelegt und unmittelbar vor der Implantation entnommen. Auf diese Weise wurden chemische und thermische Reizwirkungen in der Bauchhöhle des Versuchstieres vermieden.

Zur Narkosevorbereitung wurde dem Versuchsaffen die Nahrung über 24 h entzogen. Die Narkoseprämedikation erfolgte durch intramuskuläre Applikation von 0,3 ml Atropin/kg Körpermasse. Als eigentliches Narkotikum wurde das Steroidnarkotikum Saffan (Glaxovet Ltd.) mit der Dosis 2 ml/kg Körpermasse intramuskulär verabreicht.

Nach der Vorbereitung des Operationsfeldes wurde die Bauchhöhle des Versuchstieres durch einen 2 cm langen Schnitt in der Linea alba eröffnet. Dann wurde der Sender freiliegend in die Bauchhöhle gegeben. Der Verschluß der Operationswunde erfolgte zunächst durch eine fortlaufende Naht von Bauchfell sowie Muskelschichten und dann durch eine fortlaufende intrakutane Naht mit Vicril 3-0. Die Wunde wurde dann durch einen Verband vor Manipulation durch das Tier geschützt, der nach 8 Tagen wieder entfernt werden konnte. Nach Rekonvaleszenz des Versuchsaffen (14 Tage p. op.) wurde mit der telemetrischen Registrierung seiner Körpertemperatur begonnen.

Versuchsdurchführung

In *Versuchsreihe I* wurde von beiden Affen die KT wiederholt kontinuierlich über jeweils volle 24 h bei völlig gleich gehaltenen Versuchsbedingungen (s.o.) registriert. Insgesamt wurde die KT von Tom an 28 und von Jim an 10 Versuchstagen ermittelt.

In *Versuchsreihe II* wurde die mögliche Beeinflussung der KT durch Änderung der Umgebungstemperatur (UT), durch Hunger und durch das Handling bei manueller Temperaturmessung geprüft:

Die Auswirkung einer Erhöhung der UT wurde bei dem Versuchsaffen Tom untersucht. Dazu wurde nach Anhebung der Raumtemperatur (= UT) von 28 auf 30 °C nach 4tägiger Adaptation die KT des Tieres an 5 aufeinanderfolgenden Tagen registriert.

Inwieweit sich eine Absenkung der UT in Verbindung mit Hunger auf die KT auswirkt, wurde bei dem Affen Jim geprüft. Hierzu wurde nach Änderung der Raumtemperatur von 28 auf 24 °C und Adaptation des Versuchstieres dessen KT zunächst an 2 Versuchstagen bei Futteraufnahme ad libitum und dann an zwei weiteren Tagen bei Futterentzug gemessen.

Die Frage, ob sich die mit der manuellen Temperaturmessung verbundenen

Manipulationen auf den KT-Verlauf auswirken, wurde ebenfalls bei Jim untersucht. Dazu wurde die KT des Tieres an verschiedenen Tagen jeweils zwischen 12 und 14 Uhr telemetrisch erfaßt und als Zeitmittelwert in 1-min-Intervallen registriert. Jeweils genau 1 h nach Versuchsbeginn wurde die rektale Temperatur des Tieres einmalig als Momentanwert manuell gemessen. Hierzu wurde der Affe von einer ihm vertrauten Person vorsichtig gefangen und festgehalten. Eine zweite, dem Tier ebenfalls bekannte Person führte dann die rektale Temperaturmessung mit einem Digitalthermometer (Domotherm, Hestia Pharma GmbH) durch. Der ganze Vorgang dauerte etwa 3 min.

Ergebnisse und Diskussion

Über KT-Messungen an Weißbüscheläffchen berichteten bereits Morrison und Simoes (7). Sie ermittelten wiederholt die Rektaltemperatur von 4 *Callithrix*-Männchen mit einem Widerstandsthermometer. Die Durchschnittstemperatur der Tiere betrug tagsüber $39,1^{\circ}\text{C}$ (Maximum $39,7^{\circ}\text{C}$ um 9.30 Uhr) und nachts $36,2^{\circ}\text{C}$ (Minimum $35,2^{\circ}\text{C}$ um 1.30 Uhr). Vergleichbare Temperaturwerte beobachtete auch Hetherington (3). Er nahm im Abstand von 4 h mehrmals an 8 Weißbüscheläffchen beiderlei Geschlechts KT-Messungen mit einem Fieberthermometer vor. Das KT-Maximum am Tag betrug $39,8^{\circ}\text{C}$, das KT-Minimum bei Nacht $34,0^{\circ}\text{C}$. Der Verlauf der KT zeigte einen ausgeprägten zirkadianen Rhythmus. Mit Hilfe der Radiotelemetrie bestimmte KT-Werte von Weißbüscheläffchen liegen bisher nicht vor.

Das hier eingesetzte, neuartige Radiotelemetriesystem, bei dem die von anderen telemetrischen Meßsystemen her bekannten Mängel beseitigt werden konnten (vgl. (12)), ermöglichte die zuverlässige Registrierung der KT der beiden Versuchsaffen über einen Zeitraum von etwa 6 Monaten. Da die Tiere durch den Meßvorgang in keiner Weise gestört wurden, konnte ihre KT auch in der Schlafphase erfaßt und somit die rhythmische Veränderung der KT im Verlauf von 24 h studiert werden.

Abbildung 1 zeigt die Röntgenaufnahme des Versuchsaffen Jim mit implantiertem Temperatursender. Die Implantation des Senders und auch dessen spätere Explantation nach Erschöpfung der Batterien verliefen bei beiden Affen jeweils ohne Komplikationen. Die Rekonvaleszenz-

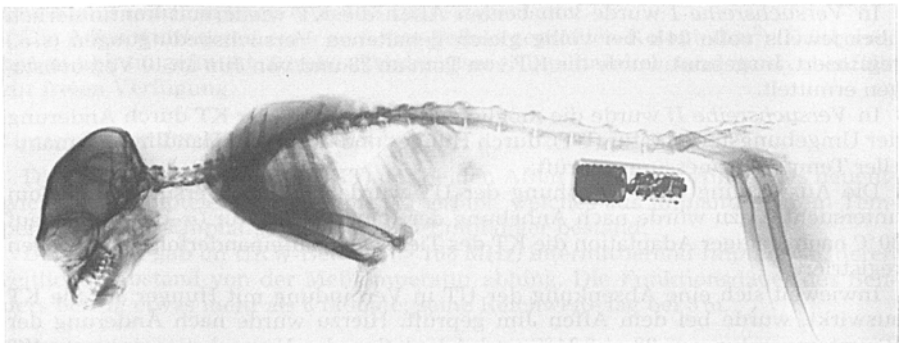


Abb. 1. Röntgenaufnahme des Versuchsaffen Jim mit implantiertem Temperatursender (li.: Batteriefassung; re.: Senderplatine mit Elektronik und Sendespule; vgl. Petry et al., 1988).

phase nach der Senderimplantation konnte bereits mit etwa dem 8. Tag p. op. als abgeschlossen betrachtet werden. Dies zeigte sich dadurch, daß die sogleich nach der Implantation begonnene telemetrische Temperaturregistrierung wieder die physiologischen KT-Werte erbrachte. (Zur Sicherheit wurden die KT-Meßdaten jedoch erst ab dem 14. Tag p. op. verwertet.) Im weiteren Verlauf zeigten die beiden Affen gegenüber unbehandelten Versuchstieren keine Abweichung in ihrem Wohlbefinden; ihr Verhalten, die körperliche Aktivität sowie die Futteraufnahme waren ungestört. Beide Tiere waren somit offenbar durch das Implantat nicht beeinträchtigt. Bei der späteren Explantation des Senders zeigte sich, daß dieser auch nach 6 Monaten noch frei beweglich in der Bauchhöhle war und keine Einbettung in fibroplastisches Material gefunden hatte.

Callithrix-Affen sind streng tagaktive Tiere. Nachts schlafen sie durchgehend und bemerkenswert tief (11). Dementsprechend verändert sich auch ihre KT innerhalb von 24 h. Dies zeigt Abbildung 2, in der der über 28 (Tom) bzw. 10 (Jim) Versuchstage gemittelte diurnale Verlauf der KT der beiden Versuchsaffen bei standardisierten Haltungsbedingungen (28°C UT, 60°C r.F., Beleuchtung 6–18 Uhr, Futter und Tränke ad lib.) wiedergegeben ist. Die Kurven basieren auf den zur besseren Darstellung berech-

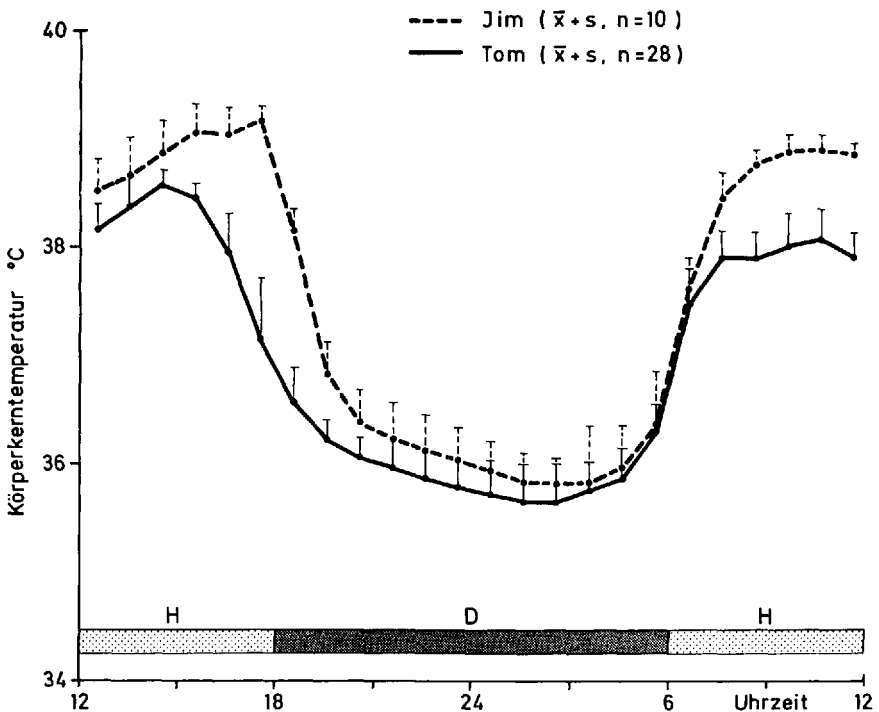


Abb. 2. Zirkadianer Verlauf der KT der beiden Versuchsaffen bei standardisierten Haltungsbedingungen (28°C UT, 60% r.F., Beleuchtung 6–18 Uhr, Futter und Tränke ad lib.).

neten KT-Stundenmittelwerten. Da aufgrund der Schwankungen für die KT der beiden Affen kein bestimmter Wert angegeben werden kann, wurden die Meßdaten entsprechend Tabelle 1 differenziert:

Die KT der beiden Affen variierte tagsüber gleichermaßen in Abhängigkeit ($r > 0,9$) zu ihrer spontanen, mittels eines optisch-optoelektronischen Motilitätsmeßverfahrens (10) erfaßten Bewegungsaktivität mit etwa $\pm 0,6^\circ\text{C}$ um einen mittleren Wert von $38,9^\circ\text{C}$ (Jim) bzw. $38,2^\circ\text{C}$ (Tom). Nachts fiel die KT der schlafenden Tiere auf durchschnittlich $35,9^\circ\text{C}$ (Jim) bzw. $35,7^\circ\text{C}$ (Tom) ab. Mit $3,6^\circ\text{C}$ (Jim) bzw. $3,3^\circ\text{C}$ (Tom) ist die Differenz zwischen mittlerem maximalen Tageswert und mittlerem minimalen Nachtwert bemerkenswert groß. Die Variabilität der jeweiligen über die Versuchstage gemittelten KT-Durchschnittswerte war dagegen mit $s \leq 0,3^\circ\text{C}$ auffallend gering.

Obwohl der zirkadiane Verlauf der KT bei den beiden Versuchsaffen durch ihr Artenmuster festgelegt war, konnten einige individuelle Besonderheiten beobachtet werden. So zeigt die Abbildung 2, daß am Abend die KT-Absenkung vom Tag- auf das Nachtniveau bei dem Affen Tom um 18 Uhr bereits nahezu abgeschlossen war, während sie zu diesem Zeitpunkt bei dem Affen Jim erst einsetzte. Im Gegensatz hierzu stieg bei beiden Tieren die KT nach einem Minimum in den frühen Morgenstunden synchron ab 6 Uhr relativ schnell auf das Tagesniveau an. Dieser Befund begründet sich in dem unterschiedlichen Aktivitätsverhalten der beiden Tiere. Während sich nämlich der Affe Tom am Abend regelmäßig schon etwa 1 h vor Ausschalten der Raumbeleuchtung (18 Uhr) in seine Schlafkoje zurückzog, war Jim stets bis zum Ausschalten der Beleuchtung ohne

Tab. 1. Körperkerntemperatur (KT) der beiden Versuchsaffen bei standardisierten Haltungsbedingungen (28°C UT, 60 % r. F., Beleuchtung 6 bis 18 Uhr, Futter und Tränke ab lib.).

Versuchsaaffe	Jim	Tom
Alter (Jahre)	10	6
Körpermasse (g)	288 ± 14	377 ± 6
Aktivität (Bewegungen/24 h)	$16\,715 \pm 3568$	$11\,228 \pm 1499$
Versuchstage	10	28
	KT $^\circ\text{C}$ ($\bar{x} \pm s$)	
Gesamtmittel	$37,5 \pm 0,1$	$36,9 \pm 0,2$
Tageswert (8–10 u. 14–16 Uhr)	$38,9 \pm 0,1$	$38,2 \pm 0,1$
Vormittagswert (8–10 Uhr)	$38,8 \pm 0,2$	$37,9 \pm 0,2$
Nachmittagswert (14–16 Uhr)	$39,0 \pm 0,3$	$38,5 \pm 0,1$
maximaler Tageswert	$39,3 \pm 0,3$	$38,8 \pm 0,1$
minimaler Tageswert	$38,2 \pm 0,2$	$37,4 \pm 0,1$
Nachtwert (0–2 Uhr)	$35,9 \pm 0,2$	$35,7 \pm 0,3$
Nachtminimum	$35,7 \pm 0,2$	$35,5 \pm 0,3$
Differenz zwischen		
max. Tagesw.–min. Tageswert	1.1	1.4
Tageswert–Nachtwert	3.0	2.5
max. Tageswert–min. Nachtwert	3.6	3.3

erkennbaren Anlaß bewegungsaktiv. Am Morgen dagegen begannen beide Affen gleichermaßen sofort nach dem Einschalten der Raumbeleuchtung (6 Uhr) für ca. 1 h intensiv zu fressen (vgl. (11)).

Wie aus Abbildung 2 und Tabelle 1 zu ersehen ist, hatte der Versuchsaffe Jim, insbesondere tagsüber, ein etwas höheres KT-Niveau, welches sich durch seine vergleichsweise höhere Bewegungsaktivität erklären läßt. Obwohl Jim 4 Jahre älter war als Tom, war er temperamentvoller als jener. Infolge seiner durchweg höheren Bewegungsaktivität und der dadurch bedingten höheren Energieumsatzrate hatte Jim die niedrigere Körpermasse (vgl. Tab. 1), und das Niveau seiner KT am Tage lag über demjenigen von Tom. Im Schlaf entfiel diese Einflußgröße, so daß beide Affen nachts nahezu dieselben Temperaturwerte hatten.

Die für die beiden Weißbüscheläffchen hier mittels Radiotelemetrie erhaltenen KT-Werte sind insgesamt etwas niedriger als die von Hetherington (3) bzw. Morrison und Simoes (7) an *Callithrix jacchus* durch rektale Temperaturmessung erhaltenen Ergebnisse. In dieser Abweichung spiegelt sich die mit der letztgenannten Meßmethode verbundene Streßsituation für das jeweilige Versuchstier wider.

Während sich für die beiden hier untersuchten Weißbüscheläffchen eine mehr rechteckige Zirkadiankurve der KT ergab, beschrieb Hetherington (3) die KT-Verlaufskurve seiner Versuchstiere als sägezahnartig. Eine solche Form kann sich jedoch artefaktisch ergeben, wenn – wie von Hetherington – eine nur geringe Anzahl ($n = 5$) von Meßwerten pro Tag zur Erstellung der Temperaturkurve benutzt werden kann. Wegen der relativ frequenten Schwankung der KT ist nämlich die Zuverlässigkeit einer zirkadianen Temperaturkurve entscheidend von der Häufigkeit der Meßwerterfassung abhängig. Optimal ist eine kontinuierliche Temperaturaufzeichnung, wie sie mittels Radiotelemetrie ermöglicht wird.

Callithrix jacchus sind sehr sensible Versuchstiere und reagieren bereits auf geringe Veränderungen in ihrer Umgebung mit einem Anstieg ihrer Körpertemperatur. Durch diesen Umstand wird die zuverlässige Feststellung ihres physiologischen Temperaturwertes durch den Vorgang der Temperaturmessung selbst erschwert.

Mit der in Versuchsreihe II bei dem Versuchsaffen Jim durchgeführten, gleichzeitigen Registrierung der KT mittels Radiotelemetrie und einem rektal eingeführten Digitalthermometer ließ sich nachweisen, daß die zur rektalen Temperaturmessung notwendigen Manipulationen (Fangen, Fixieren) einen Anstieg der KT von durchschnittlich $38,9^{\circ}\text{C}$ (telemetrischer Wert) auf $39,3^{\circ}\text{C}$ (Thermometerwert) zur Folge hatten.

Eine Berichtigung des rektal gemessenen Temperaturwertes durch Abzug eines konstanten empirischen Betrages, wie dies von Morrison und Middleton (8) bei der Bestimmung der Körpertemperatur von Zwergseidenäffchen (*Cebuella pygmaea*), ebenfalls zur Familie der Krallenaffen gehörend, praktiziert wurde, ist sicherlich mehr als fraglich. Die methodisch bedingte Verfälschung des physiologischen Temperaturwertes ist nämlich auch davon abhängig, inwieweit das jeweilige Versuchstier an den Vorgang der rektalen Temperaturmessung und die sie durchführende Person gewöhnt ist. Auch spielt die Versuchstierart selbst eine Rolle, denn bekanntlich reagieren die verschiedenen Arten unterschiedlich nervös auf experimentelle Manipulationen.

Es sei bemerkt, daß vor diesem Hintergrund ganz allgemein die mit herkömmlichen Methoden gemessenen KT-Werte von Tieren für den intra- und interspezifischen Vergleich nur bedingt geeignet erscheinen. Denn nur die durch kontinuierliche Registrierung mittels Telemetrie am ungestörten Versuchstier erzielten Temperaturwerte sind methodisch unverfälscht und entsprechen dem physiologischen „Normalwert“. Die Zuverlässigkeit der bisherigen Literaturangaben über die sogenannte mittlere Körpertemperatur von Tieren muß deshalb in Frage gestellt werden.

Die hier sowie von Hetherington (3) und von Morrison und Simoes (7) an Weißbüschelaffen festgestellte, relativ große Schwankungsbreite der zirkadianen KT-Kurve von durchschnittlich $3,5^{\circ}\text{C}$ ist kein spezifisches Charakteristikum für diese Affenart, denn sie wurde in gleicher Größenordnung auch bei Zwergseidenaffen (8), Tamarinen (2) und Kapuzineraffen (14) beobachtet. Inwieweit sich dieses Merkmal für Neuweltaffen verallgemeinern läßt, wäre durch KT-Messungen an weiteren Neuweltaffenarten abzuklären. Denn damit würden sich die Neuweltaffen hinsichtlich der Schwankungsbreite ihrer KT deutlich von den Altweltaffen unterscheiden, deren zirkadiane Temperaturschwankung mit nur $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$ angegeben wird (5, 6, 9, 13).

Wie sich in Versuchsreihe II mit dem Versuchsaffen Tom zeigte, bewirkte die Anhebung der Raumtemperatur von 28 auf 30°C eine deutliche Erhöhung der KT; das summarisch berechnete Gesamtmittel der KT stieg von $36,9 \pm 0,2$ (UT 28°C) auf $37,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (UT 30°C) an. Durch Abbildung 3 wird demonstriert, daß der KT-Anstieg gleichmäßig auf den 24stündigen Temperaturverlauf verteilt war, d. h., die Amplitude des zirkadianen Rhythmus blieb unverändert.

Die von dem Versuchsaffen Jim in Versuchsreihe II bei Absenkung der UT von 28 auf 24°C erhaltenen zirkadianen KT-Kurven sind in Abbildung 4 dargestellt. Hier wurde beobachtet, daß sich der Tagesmittelwert (6–18 Uhr) der KT ($38,73^{\circ}\text{C}$ bei UT 28°C und Futter) durch Erniedrigung der UT allein ($38,72^{\circ}\text{C}$ bei UT 24°C und Futter) oder zusammen mit Futterentzug ($38,75^{\circ}\text{C}$ bei UT 24°C und Hunger) nicht veränderte. Beim Nachtmittelwert (18–6 Uhr) zeigte sich demgegenüber folgendes: Die Absenkung der UT von 28 auf 24°C allein bewirkte einen KT-Abfall von $36,28$ auf $36,03^{\circ}\text{C}$. Durch zusätzliches Hungern bei 24°C erniedrigte sich die KT um weitere $0,8$ auf $35,28^{\circ}\text{C}$.

Die hier vorliegenden Untersuchungen zur Feststellung des physiologischen KT-Wertes von Callithrix-Affen (Versuchsreihe I) wurden gleichbleibend bei 28°C UT und 60% rel. Feuchte mit einem Hell-Dunkel-Wechsel von 12:12 h durchgeführt. Diese Bedingungen entsprechen weitgehend den Verhältnissen im tropischen Regenwald von Brasilien, der natürlichen Heimat von *Callithrix jacchus*. Sie sollten nach unseren Feststellungen zur Haltung und Zucht dieser Tiere eingehalten werden.

Die Ergebnisse der Versuchsreihe II zeigen sehr deutlich, daß sich bereits geringe Änderungen der UT auf die KT von Callithrix-Affen auswirken. Die numerischen Resultate lassen darauf schließen, daß die Affen eine Erhöhung der UT weniger gut durch Thermoregulation ausgleichen können als eine UT-Erniedrigung. Für diese Situation scheint andererseits ihre Fähigkeit zur Thermoregulation am Tag und bei Nacht unterschied-

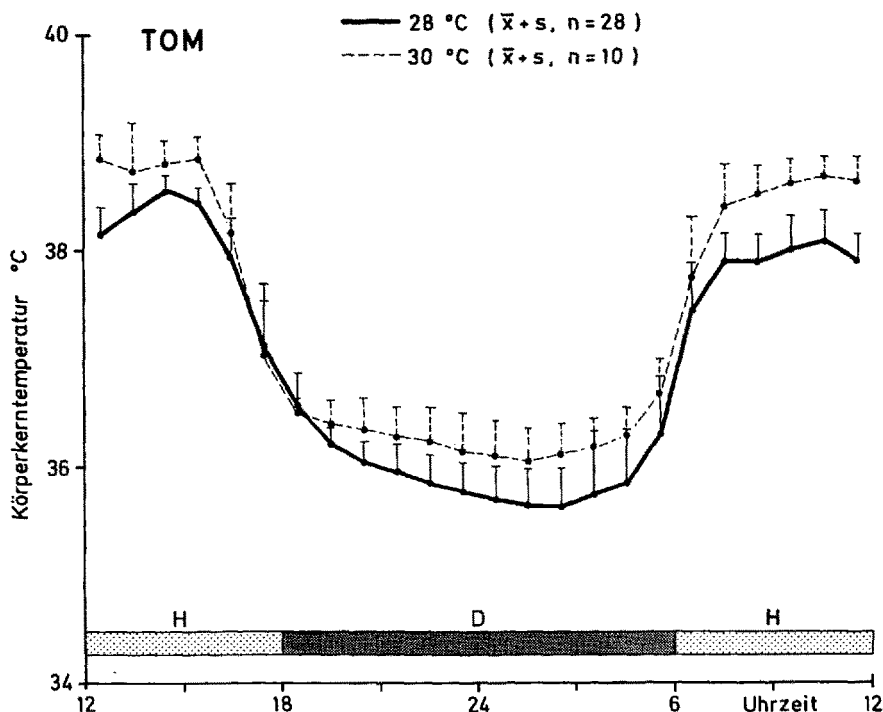


Abb. 3. Änderung des zirkadianen Verlaufs der KT des Versuchsaffen Tom durch Erhöhung der UT von 28 auf 30 °C.

lich zu sein. Möglicherweise können sie eine niedrigere UT bei Tag durch Nutzung der anfallenden, motorisch bedingten Wärmeproduktion gut kompensieren, während bei Nacht diese Hilfe entfällt (Körperruhe im Schlaf). Diese nächtliche thermische Regulationsschwäche tritt insbesondere in Erscheinung, wenn die Affen bei niedriger UT zusätzlich hungern müssen. Bei dem Versuchsaffen Jim ergab sich dadurch eine nochmalige Absenkung der KT um 0,8 °C.

Die hier aufgezeigte, eingeschränkte Fähigkeit von Krallenaffen zur Thermoregulation erkannten bereits auch Morrison und Simoes (7) sowie Morrison und Middleton (8). Die Autoren erklärten die Thermolabilität dieser Affen durch einen erhöhten Wärmeverlust einerseits aufgrund des relativ schütterten Haarkleides und andererseits aufgrund einer durch die relativ langen Extremitäten vergrößerten Körperoberfläche. Dieser Umstand ist allerdings im natürlichen Biotop der Tiere mit den dort herrschenden hohen und gleichmäßigen UT- und Feuchtwerten nicht von Nachteil, sondern eher eine Notwendigkeit für eine ungestörte Abgabe überschüssiger Wärme zwecks Aufrechterhaltung einer konstanten KT. Aufgrund der in ihrem Biotop stets gleichbleibenden klimatischen Bedingungen besitzen Krallenaffen aber anscheinend nur eine geringe Fähigkeit zur Adaptation an Veränderungen der UT. Man kann

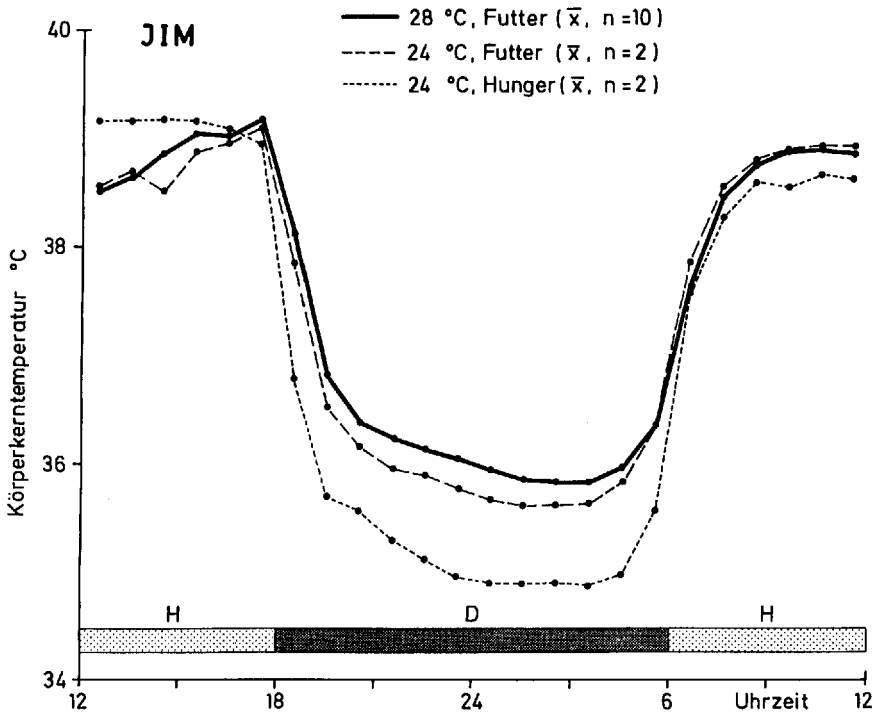


Abb. 4. Änderung des zirkadianen Verlaufs der KT des Versuchsaffen Jim durch Absenkung der UT von 28 auf 24 °C sowie durch Hunger.

deshalb auch von *Callithrix*-Versuchsaaffen, die erst seit wenigen Jahren in unseren Breiten gezüchtet werden, keine hinreichende Anpassung ihrer Fähigkeit zur Thermoregulation an größere Schwankungen der UT erwarten.

Literatur

1. Flurer C, Scheid R, Zucker H (1983) Evaluation of a pelleted diet in a colony of marmosets and tamarins. *Lab Anim. Sci* 33:264–267
2. Hampton jr JK (1973) Diurnal heart rate and body temperature in marmosets. *Am J Phys. Anthropol* 38:339–342
3. Hetherington CM (1978) Circadian oscillations of body temperature in the marmoset, *Callithrix jacchus*. *Lab Anim Sci* 12:107–108
4. Maier J (1988) Untersuchungen zur Körpertemperatur von Weißbüscheläffchen (*Callithrix jacchus*) mit Hilfe eines neuentwickelten Telemetriesystems. Diss med vet München
5. Morishima MS, Gale CC (1972) Relationship of blood pressure and heart rate to body temperature in baboons. *Am J Physiol* 223:387–395
6. Morrison P (1962) An analysis of body temperature in the chimpanzee. *J Mammal.* 43:166–171
7. Morrison P, Simoes jr J (1962/63) Body temperature on two brazilian primates. *Bol Fac Filos Cienc S Paulo (Zool.)* 261:167–177
8. Morrison P, Middleton EH (1967) Body temperature and metabolism in the pigmy marmoset. *Folia primat* 6:70–82

9. Müller EF, Kamau JMZ, Maloiy GMO (1983) A comparative study of basal metabolism and thermoregulation in a folivorous (*Colobus guereza*) and an omnivorous (*Cercopithecus mitis*) primate species. *Comp Biochem Physiol* 74A:319-322
10. Petry H (1983) Optisch-optoelektronisches Verfahren zur Registrierung der Spontanaktivität von Tieren. *Z Tierphysiol, Tierernähr, Futtermittelkd* 55:214-224
11. Petry H, Riehl I, Zucker H (1987) Spontanaktivität und Freßverhalten von Weißbüscheläffchen (*Callithrix jacchus*). *Z Versuchstierkd* 29:15-25
12. Petry H, Kugler W, Maier J (1988) Ein Radiotelemetriesystem zur langfristigen, kontinuierlichen Registrierung der Körperkerntemperatur von kleinen Versuchstieren. *J. Vet Med A* 35:257-269
13. Piccolie A, Olstad M, Blank S, Micha J, Hall M (1982) Biotelemetry technique for monitoring baboon body temperatures. *Lab Anim Sci*, 32:438-439
14. Winget CM, Card DH, Hetherington NW (1978) Circadian oscillations of deep-body temperature and heart rate in a primate (*Cebus albafrons*). *Aerospace Medicine* 39:350-353

Eingegangen 26. Juli 1990

Für die Verfasser:

Prof. Dr. Dr. habil. Hanspeter Petry, Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie, Veterinärstr. 13, 8000 München 22