

水分放散量は増加しないが、38°Cになると6倍にも増加した。しかしその増加は手荒と足蹠の発汗増加によるものであって、しかもなお温熱平衡を保つには不十分であり、直腸温は40°C以上に上昇している。われわれの未発表の成績によれば、高温環境下においてニホンザルの一般体表面にも汗滴が認められるが、分泌速度は極めて小であった。

サルはその進化の過程において、強力な放熱機構の必要性に迫られることがなかったのかもしれない。しかしある種の動物では行動性温度調節がよく発達していることが知られているし、リスザルの視床下部を加温または冷却すると、冷風または温風を得るため適当なバーを押すことが報告されている(Adair et al., 1970)。自然の高温環境において、サルがどのようにして温熱平衡を保っているのか、今後明らかにすべき課題である。

文 献

1. Adair, E. R., Casby, J. U. and Stolwijk, J. A. J. (1970) Behavioral temperature regulation in the squirrel monkey: Changes induced by shifts in hypothalamic temperature. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 72, 17-27.
2. Hammel, H. T., Wyndham, C. H. and Hardy, J. D. (1958) Heat production and heat loss in the dog at 8-36°C environmental temperature. *Am. J. Physiol.*, 194, 99-108.
3. Hammel, H. T. (1965) One method for assessing cold tolerance: Thermal and metabolic responses to moderate whole body cold exposure at night. AAL-TR-64-32 (Arctic Aeromedical Lab. Tech. Report).
4. Nadel, E. R., and Stitt, J. T. (1970) Control of sweating in the squirrel monkey. *Physiologist*, 13, 267.
5. Stitt, J. T. and Hardy. (1970) Thermo-regulation in the squirrel monkey. *Physiologist*, 13, 316.

異常高温環境におけるニホンザルの生理的反応*

只 木 英 子 (金城大・家政・体育)
登 倉 尋 実 (霊 長 研)

*第71回日本獣医学会, 1971年発表

緒 言

比較的暑い日に、ケージ内のニホンザルを捕獲するために追いまわすと、時にサルの体温が40°C以上に上昇し、死亡することがおこる。この現象はニホンザルの体温調節機構によるものと考えられるが、ニホンザルの生理学的な研究は少なく、熱放散の機構については報告されていない。このことの解明の手がかりとして、ニホンザルを異常な高温環境に曝露し、生理的な反応を観察した。

方 法

1) 実験動物

体重6.4~12kgの雄3頭、雌1頭のニホンザルを使用した。正確な年齢は不明であるが、いずれも adult に達している。飼料は1頭あたり猿用固型飼料を1日1回150g、甘藷を週2回それぞれ50gずつ給餌した。飼育条件は温度25±3°C、湿度60±10%、6時点燈、18時消燈の人工明暗環境のもとで、1頭を1個の個室ケージ、または数頭で1集団をつくっているグループケージで飼育されていた。飲水は、1頭あたり個室ケージの場合は、1日1回約500ccの給水瓶を朝一ぱいに満して与え、グループケージの場合は自由にとらせた。実験当日は、飼料は与えず、水のみ与えた。

2) 直腸温、皮膚温の測定

直腸温は、サーミスターを直腸内約10cmの深さに挿入し、連続自動記録を行った。皮膚温は、脱毛剤で局部的に除毛した後、サーミスターを頭、胸、背、上腕、手掌、大腿、下腿、足蹠の8ヶ所に貼りつけ、1分毎の自動記録を行った。

3) 呼吸数、心拍数の測定

呼吸数の測定には、ゴムチューブの内腔に硫酸銅溶液を満して胸部に巻きつけ、呼吸によるゴムチューブの両端の抵抗値の変化を、ブリッジ回路を介して連続的に記録した。

心拍数は、10分毎に記録した心電図から数えた。

4) 体表面積の測定

実験終了後、直ちにサルの全身の毛を刈り取り、プースティックテープで、すき間なく覆った。この覆いのテープを小片にカットし、トレーシングペーパーに写しとり、重量を測ることから、体表面積を求めた。あらかじめ表面積のわかっているものでテストした結果、この方法による誤差は6.2%以内である。

5) 実験の実施

サルを primate chair に固定し、24~26°Cの中性温域で約1時間にわたり、上記の生理的反応を記録して、この値を対照値とした。その後、温度45°C、湿度33~40%に準備された簡易型人工気候室内に曝露し、サル

が死亡するまでの生理的な反応を記録した。サルの行動は気候室の窓から観察した。

Table 1

Subject	T-76	T-26	M-22	K-2
Sex	M	M	M	F
Body Weight (kg)	12.0	8.8	8.7	6.4
Surface area(m ²)	0.6132	0.5490	0.5291	0.4068
Proportion (%)				
head	9.5	9.7	9.5	10.3
chest	25.0	20.9	18.6	16.8
back	18.4	14.9	15.6	17.7
arms	17.5	16.8	17.0	17.7
hands	5.1	5.6	6.5	5.7
thighs	11.2	14.6	13.6	15.5
legs	6.1	10.0	10.3	8.6
feet	7.2	7.5	8.9	7.7

結果と考察

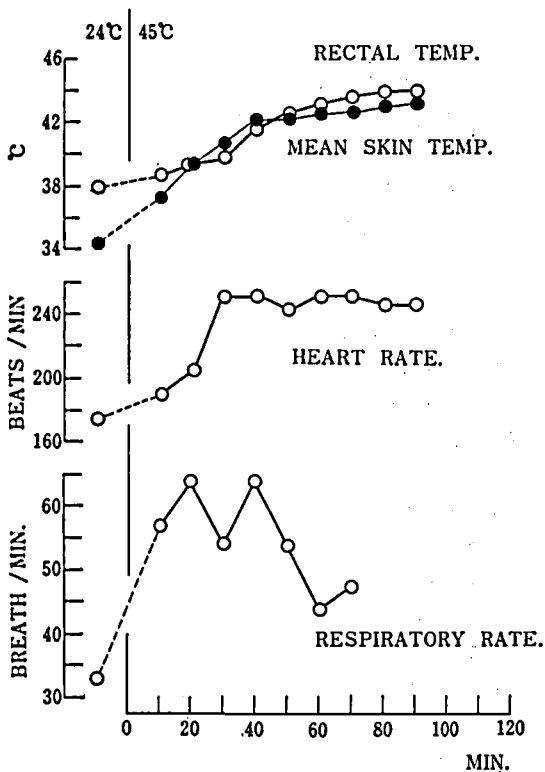


Fig.1 は実験成績の代表的な例を示す。Fig.1 から明らかなように、中性温域では、直腸温38°C、平均皮膚温34.4°Cであるが、温度45°C、湿度33~40%の環境条件に曝露すると、直腸温は直ちに上昇をはじめ、死亡する

まで平衡状態に達することができなかった。死亡時の直腸温は44°Cまで上昇していた。平均皮膚温もほぼ比例的に上昇するが、環境温がそれ以上に高いので、放熱の役割は果たし得ない。また皮膚表面は乾燥しており、汗の蒸発によって皮膚を冷やすほどの発汗は観察されなかった。直腸温と皮膚温の差は、死亡直前で0.8°Cである。

呼吸数は中性温域では33/minであるが、高温環境に曝露されると急激な増加を示し、曝露後20分経過した時に64/min、30分で54/min、40分で64/min、50分で54/minと増減をくり返す。高温に曝露されるとサルは暴れだすが、呼吸数の増減はサルの動き方とよく一致している。しかし60分後に44/min、70分後には47/minと減少をはじめ、動きも全く無くなり、その後呼吸運動を記録することができなかった。呼吸数は高温曝露によって対照値の2倍になるが、このことが有効な放熱効果をもたらしているとは考えられない。犬は中性温域において、10~40/minの呼吸数を示し、高温に曝露されると300~400/minの浅い頻回の呼吸を行う。これは有効な放熱方法であるので、低湿、43°Cの環境下において、直腸温を上昇させることなく7時間も耐えることができる (Folk, 1966)。吉村ら (1970) も、犬は panting による放熱が有効に作用して体温調節を行っていることを明らかにしている。一方中山ら (1971) は、ニホンザルの呼吸気道からの熱損失を実測した。それによると、中性温では2.5kcal/m².hrであるが、38°Cの高温環境に曝露しても、わずか20~30%の上昇にすぎなかった。これらのことから考えても、サルの場合の呼吸数の増加が、犬の panting に相当するよう有効な熱放失の方法になっているとは考えられない。

安静時、サルの心拍数は約175/minであるが、高温曝露によって直ちに上昇をはじめ、30分後には約205/minとなり、その後60~70分間平衡状態を保つが、90分後、突然不規則なリズムを呈し、漸次低下していく。心拍停止までの高温曝露時間の長短は、サルの体重の軽重と全く一致しており、体重の多いサルは、高温曝露後、死亡までの時間が長い。体重6.4kgのサルは55分、体重8.7kgと8.8kgのサルは90分、体重12kgのサルは128分で、体重(W)に対する死亡までの時間(T)の回帰は、 $T = 13.08W - 39.53$ である。

高温環境に曝露するとサルは激しく動き、時には chair を固定しなければ、chair ごと移動する程の力で暴れる。この動きで、恐らく産熱量は増加し、より以上の直腸温の上昇を伴うという悪循環をくり返しているように思われる。Frankel ら (1957) によると、Maca-monkeys を38°C、45%の環境に曝露した場合、サルの拘束方法の違いによって、異った生理的反応をおこ

すと報告している。Frankel (1959) はケージ内を自由に行動できるネズミと、拘束したネズミを40~60°Cの間の高温環境に曝露した場合、死亡に致るまでの時間は、拘束したネズミのほうが短かいと報告している。犬の場合でも、高温環境に曝された時、周囲に自由に飲水できる水が存在するか否かで、耐性が非常に異ってくる (Folk, 1966)。従って、今後の研究は、周囲に飲水があり、自由に行動できる、より自然に近い状態で行われるべきである。

結 論

- 1) 4頭のニホンザルを45°C、40%の高温環境に曝露して、生理的な反応を観察した。
- 2) 皮膚温は上昇し、実験終末には直腸温との差0.8°Cになるが、有効な放熱の役割は果たし得ない。また皮膚表面は乾燥し、発汗はみられなかった。
- 3) 呼吸数は高温曝露によって、対照値の2倍になるが、有効な放熱効果をもたらし得ないとは考えられない。panting はみられなかった。
- 4) 心拍停止までの曝露時間は、体重の多いサルほど、長かった。

文 献

1. Folk, G. E., Jr. (1966) *Introduction to environmental physiology*. Lea & Febiger, pp. 172—174.
2. Frankel, H. M., G. E. Folk, Jr. and F. N. Craig, (1957) Effect of type of restraint upon heat tolerance in monkeys. *Proc. Exp. Biol. and Med.*, 97, 339—341.
3. Frankel, H. M. (1959) Effects of restraint on rats exposed to high temperature. *J. Appl. Physiol.*, 14, 997—999.
4. Hisato, Y., Inoue, T. and Tanaka, H. (1970) Seasonal difference of thermal regulation in dogs. *J. Physiol. Soc. Japan*, 32, 17—24.
5. Nakayama, T., Hori, T., Nagasaka, T., Tokura, H. and Tadaki, E. Thermal and metabolic responses in the Japanese monkey at temperature of 5—38°C. *J. Appl. Physiol.*, (in press)

サル有毛部の発汗機能について

猪飼公郎*・長谷川泰洋*・登倉尋実**
(*名市大・医・生理, **霊長研)

ヒトの発汗は手掌足底における精神発汗と一般体部(有毛部)における温熱発汗に2大別されており、体温調節に役立っているのは主として後者である。

ネコ、イス、ラット、マウスなどの動物では有毛部には発汗が認められないが、手掌足底にはエックリン腺が存在しており、精神刺激によって汗が分泌され、物体との摩擦を強めることによって物を握るのに役立つとされている。

サルはヒトと上記動物との中間的存在で、種類により有毛部にエックリン腺の存在が組織的に証明される群(ゴリラ *Gorilla gorilla*, チンパンジー *Pan satyrus*, ヒヒ *Papio doguera*, アカゲザル *Macaca mulatta*, グリーンモンキー *Cercopithecus aethiops*, ルトン *Presbytis pyrrus*)と、有毛部にはエックリン腺が存在しない群とに分けることが出来る。比較的下等なサル〔メカネザル *Philippine Tarsier*, *Tarsius syrichta*, キツネザル *Mongoose lemur*, *Lemur mongoz*, オマキキツネザル *Lemur catta*, その他, Owl monkey (*Aötus trivirgatus*), Great Bushbaby (*Galago crassicaudatus*), Lesser Bushbaby (*Galago seegalensis*), White-crowned mangabey, *Nycticebus coucang* など〕が後者に属する。

Montagna & Sakurai (1962) は *lemur mongoz* の有毛部(下腹部, 陰部)で不明瞭な20~30ヶの汗点を自然発汗で認めている。

一方, Aoki (1962) は *Nycticebus coucang* の有毛部汗腺は浅麻酔時において僅か乍ら自然発汗を示す他, 交感性, 副交感性薬物に反応することを報告しているが, これらの汗腺は汗の性状からアポクリン腺であることが推定される。

中山・登倉ら (1970) も *Macaca fuscata* の有毛部汗腺が高温環境で僅か乍ら自然発汗を示すことを報告しているが, 反応を示した汗腺がエックリン腺であるか, またはアポクリン腺であるかについては追求していない。

以上要するに, サル有毛部のエックリン腺が高温環境で反応したという報告は, 現在までない。仮にサル有毛部に自然発汗があるとしても, これがエックリン腺であるか, またはアポクリン腺であるかを決定することは, サルの高温に対する体温調節機序を論ずる上で重要であり, 汗腺進化という考え方からみても意義があるといえよう。そこで今回, われわれは手始めに2頭のタイワンザル有毛部の汗腺が, 1) 高温や薬物刺激に対して如何なる反応を示すか, 2) 反応を示した汗腺はエックリン腺であるかまたはアポクリン腺であるか, 3) 反応が交感性機序であるかまたは副交感性機序であるかなどを調査した。

方法および結果

- 1) 高温刺激に対するタイワンザル有毛部汗腺の反応。