

## The Tenth Symposium on Man-Thermal Environment System (Tokyo 1986)

**PRESENTATION 13**

## SPONTANEOUS BEHAVIORS OF RATS AT LOWER TEMPERATURE

Isamu ICHIKAWA, Eiji YOKOYAMA

Dept. of Industrial Health, The Institute of Public Health

Homeothermal animals such as human and rats regulate their body temperature by behaviors under abnormal thermoenvironments. Rats produce an energy by behaviors like a muscular exercise to maintain an adequate body temperature, because rats, unlike human, cannot put on clothes to prevent a release of heat from body under a low temperature. The purpose of this study was to know changes in spontaneous behaviors such as wheel-running, water-drinking, and food-taking of rats without any places for escape from circumstances of lower temperatures.

**METHODS**

Male Jcl:Wistar rats of 5-6 (younger), 11-12 (young), and 23-24 (adult)-wk-old were purchased from a commercial breeder. Each animal was housed individually in cages attached to running wheels of 1 m in circumference for 5-7 days until circadian rhythm was stabilized. Amount of drinking water was counted in drops (one drop was equal to 0.05 ml) by a drinking meter. Number of wheel-revolutions and amount of water were recorded. Food taken by an animal in a day was weighed at 10 o'clock. Four rats in each age group were exposed to 22, 15, 9, and 4 °C, in turn, for 2 days at the same temperature in a thermoregulatory room. Light-dark situation was 12:12 (light period: 6-18 o'clock, dark one: 18-6 o'clock). All data were statistically analyzed by Student's *t*-test. Significant differences in the activities of wheel-running and water-drinking of groups exposed to lower temperatures in an each 3-hr-segment of 15-18, 18-21, 21-24, 24-3, 3-6, and 6-9 o'clock, were compared with the corresponding values of control groups at 22 °C.

**RESULTS AND DISCUSSION**

Wheel-running: Wheel-running (motor) activities of both younger and adult rats exposed to 22°C were showed in a similar circadian pattern, but the value of total activity in the younger group was about 7 times of the adults. Although the total activities of young and adult groups were increased with falling temperatures, younger animals showed the highest values in the total activity at 15 °C, which was not so low a temperature. Larger increases in the activity of all age groups were observed in 3-hr-segments through a night, especially from 1 to 9 o'clock. These results suggest that adult rats might make physical exercise to produce an energy for maintenance of their body temperature under environments of lower temperatures and that younger ones might not have enough ability to produce the energy for adequate body temperature. The latter fact was explained by results in the following experiment: the younger group on the 1st and 2nd days during exposure to 4 °C did not indicate any changes in the activity, but the activity was gradually decreased with passing days after the 3rd exposure day. Furthermore, other results showed that the amount of food taken by younger animals in a day was markedly increased with falling temperatures. These results suggest their immature behavioral ability to regulate the body temperature.

Water-drinking: Although the water-drinking activity of younger rats exposed to 22 °C, showed similar values through the dark period, the periods showing higher activity were shifted from early morning to midnight with aging. The patterns in circadian rhythm of water-drinking in all the age groups were changed to more flatter ones with falling temperatures. Total amounts of drinking-water were not changed in all groups at temperature above 9 °C and in younger and young groups even at 4 °C, but its amount in the adult one at 4 °C was decreased by less than a half of the control value. Thus, the effects of lower temperatures on the water-drinking activity were less than those on the wheel-running activity of rats.

## 研究発表 13 低温環境におけるラットの自発行動

国立公衆衛生院・労働衛生学部

市川 勇、横山栄二

## はじめに

ヒトやラットのような恒温動物は、異常な温度環境下では行動などにより体温調節を行うことがある。ラットはヒトのように低温環境下での体からの熱放出を防ぐための着衣などの手段が出来ないので、主として筋肉運動などにより熱生産して体温を保つ。この研究では、比較的低温環境下でラットの回転カゴ運動、飲水、摂食のような自発行動における変化を数日間観察した。

## 方法

5-6 (若齢)、11-12 (中間齢)、および23-24 (成熟) 週齢のJcl:Wistar系雄ラットを用いた。室温 $22 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 10\%$ の飼育室内で、一匹ずつ一周1 m (10.5 cm幅)の回転カゴ付飼育ケージ(夏目製作所、 $32 \times 12 \times 19$  cm)に入れ、行動の日週リズムが一定になるまで5-6日間観察した。回転カゴ運動量はカウンターで回転数を計測し、また飲水量は、ドリンクメーター(小原医科産業、Model DRINKOMETER LA-1)により一滴を0.05 mlとして滴数を計数した。両計測数は1時間の累積数として記録計(夏目製作所、Model KN-70H)で記録処理した。摂食量は、毎朝10時にラット・マウス用固形飼料(日本クレア製 CE-2)を計量した。明暗条件は12:12 (明期6-18時、暗期18-6時)とした。温度影響実験は、プレハブ式低温実験室(サンヨー製、 $170 \times 260 \times 198$  cm)を用いて、15、9、および4 $^\circ\text{C}$ に調整して行った。データーは、変化の少ない開始後2日間の計測値についても検定を行い、有意差検定を昼間15時から翌朝9時までの間の3時間ずつの行動量について、各低温群の対照(22 $^\circ\text{C}$ )群に対する比較で行った。なお、図では標準偏差値の表示を省略した。

## 結果

(回転カゴ運動) 22 $^\circ\text{C}$ (対照)群の回転カゴ運動活性(Motor Activity)を図1に示したが、若齢および成熟ラットの活性は夜間高く、全運動量の9割以上を示した。

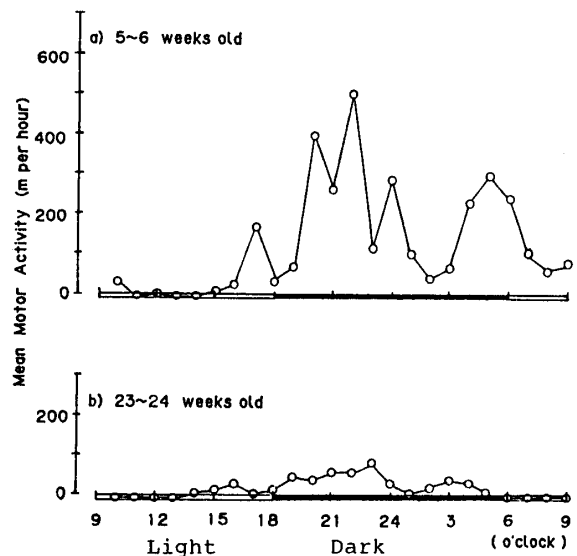


Fig.1 Patterns of circadian rhythm in wheel-running activity of rats of 5-6 and 23-24 weeks old at 22 $^\circ\text{C}$

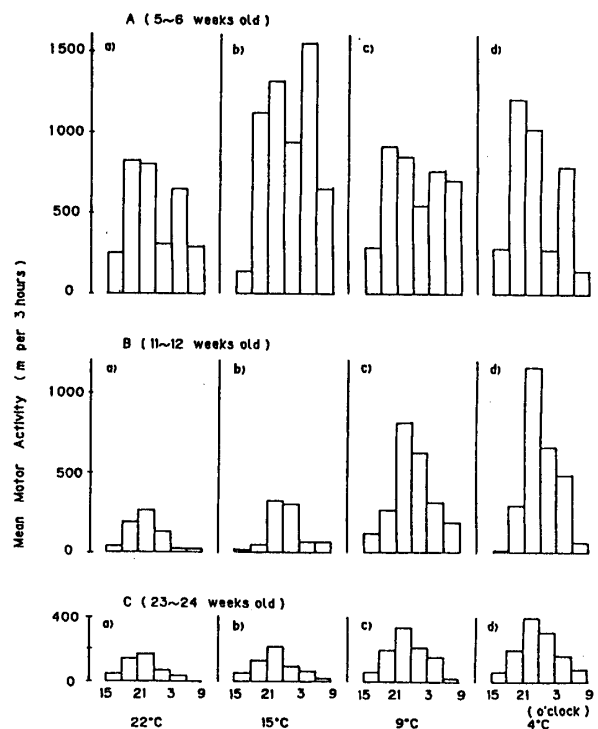


Fig.2 Effects of lower temperatures on wheel-running activity of rats of 5-6, 11-12, and 23-24 weeks old

## 第10回人間-熱環境系シンポジウム記念大会報告集(東京 昭和61年12月)

15時-9時の運動量では、若齢群(平均値3,115ml)は中間齢群(平均値699ml)の約4.5倍また成熟群(平均値455ml)の約6.8倍大きかった。図2にも示したが、この時間帯の運動活性は、中間齢群と成熟群では温度が低くなるに従って増加した(4℃での夫々の値: B-d, 2,698ml, C-d, 1,222ml)が、若齢群では15℃で最も高く(A-b, 5,715ml)、4℃では22℃の値と同レベル(A-d, 3,722ml)に低下していた。

次に、運動活性の経時的变化では、22℃でいずれの群も運動活性は18-24時の間で高かったが、温度低下に伴い中間齢や成熟群は21-24時に最も高くなり、それ以降も高い活性を示した(図2-B, C)。一方、若齢群では低温環境下で全暗期を通して高い運動活性を示した(図2-A)。

(飲水行動) 若齢および成熟ラットの22℃における飲水行動の日周リズムを図3に示した。日周リズムは類似のパターンを示したが、若齢群の活性リズムは暗期においてもより変動が少なかった(図3-a)。15-9時における総飲水量は、若齢および中間齢群では少なく(夫々23.6および19.2 ml)、成熟ラットでは多かった(30.0 ml)。成熟ラットの飲水量は温度下降に伴って減少した(図4-C-d, 4℃では14.5 mlで22℃の48%)が、若齢や中間齢群ではほとんど変わらなかった(図4-A, B)。なお、低温下での経時的变化は、齢が若い群ほど平均化された活性を示した。

(4℃における若齢ラットの運動活性と飲水行動の経日変動) 低温環境下で回転カゴ運動活性が高く、逆に飲水活性は変動が少なかった5-6週齢ラットの行動観察を4℃で5日間連続観察した。図5-Aに示したように、運動活性は2日目まではほとんど同じパターンと活性が見られた(a, b)が、3日目以降徐々に活性は低下した(c, d, e)。5日目の運動量は、平均値として2,287 mlで1日目の61%であった(d)。また、飲水活性は2日目以降10%前後の増加傾向を示した(図2-g-j)。

(摂食行動) 図6に示したように、いずれの群も温度が下るに伴ない摂食量は増加した。特に、若齢ラット

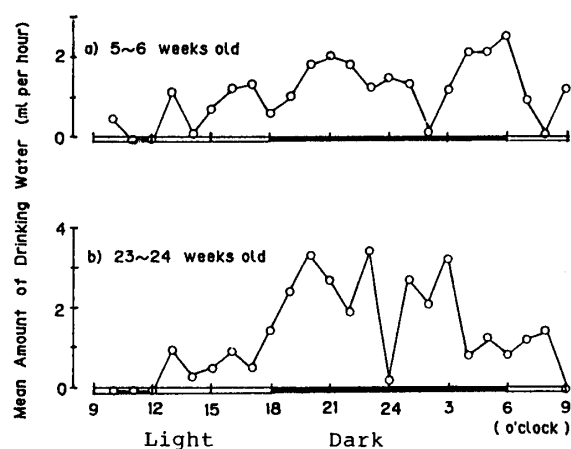


Fig.3 Patterns of circadian rhythm in water-drinking activity of rats of 5-6 and 23-24 weeks old at 22 °C

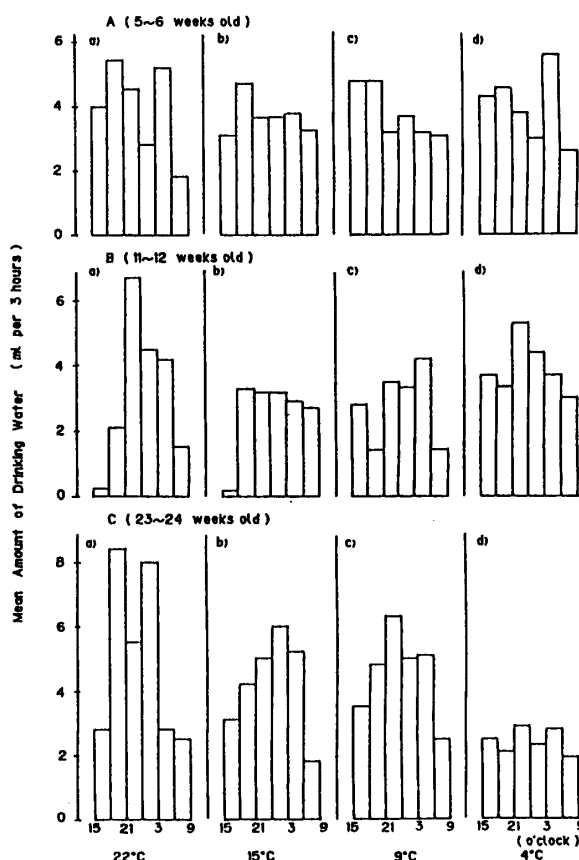


Fig.4 Effects of lower temperatures on water-drinking activity of rats of 5-6, 11-12, and 23-24 weeks old

## 第10回 人間-熱環境系シンポジウム記念大会報告集(東京 昭和61年12月)

の増加割合は大きく、体重100g当りの摂食量は15、9、および4℃で夫々14.2 g(22℃に対して約1.4倍)、21.1 g(約2倍)、25.7 g(約2.5倍)であった。ただ、若齢群が4℃に連続して暴露されると、徐々に摂食量は低下した(4-5日目には1日目の6%減の24.1 g)。なお、4℃での中間齢および成熟群の摂食量は、体重100 g 当り夫々8.1 g(22℃の約2倍) および7.7 g(約1.5倍)であった。

## 考察

低温環境下で恒温動物は、温度刺激に対する生理的適応反応が現れる。長期間寒冷暴露下の温度馴化と異り、短期(時)間では生理的には温度変化に適応しにくいので、骨格筋の不随意的持続的収縮である“ふるえ”を含む筋運動により熱生産が行われる。環境の選択が出来ない場合の動物は、体温調節(熱平衡の維持)のための行動をとる。この行動には、外部から熱を得る手段としてのオペラント行動と体内で熱生産するための筋運動や摂食などの自発行動がある。ここでは、自発行動に関して低温環境下におけるラットの行動における変化を、加齢と関連させて観察した。

回転カゴ運動活性は、若齢ラットが最も高く、低温に対する反応が不安定である観察結果を得た。これは成長のためのエネルギー生産機能は高いが、温度刺激に対する適応機能は十分に備わっていないためと思われる。ただ、低温下での日数が増えるにつれ活性が低下していたことは、運動機能が低下したのか、低温になれたため無駄な運動をしなかったのか、現時点では不明である。

筋運動のエネルギー源になる栄養素の摂食量は、単位体重(100g)当りで若齢なほど、また低温下ほど多いことが示された。使われた固形飼料100g中のカロリーは345Calであるので、若齢(平均体重110g)群では、4℃で約89Cal(22℃で36Cal)のエネルギー源を得たことになる。ただし、この実験では生産された、または消費された熱量を測定してないので、どのくらい運動に使ったかなどについては不明である。

飲水行動に対する低温の影響は、運動や摂食に対するほど強く示されなかった。

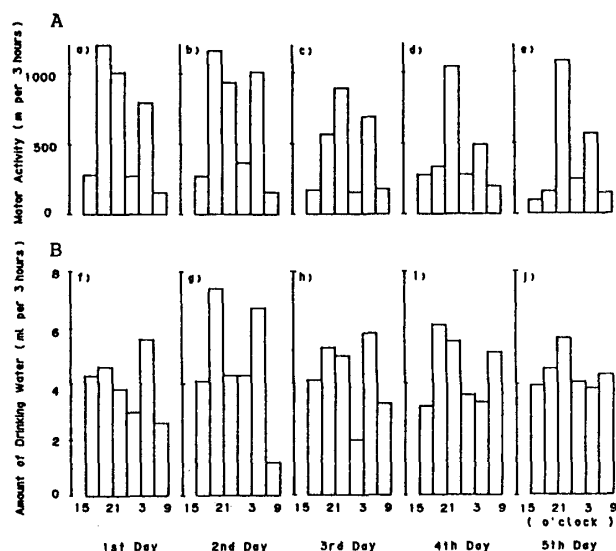


Fig.5 Changes in activities of wheel-running and water-drinking of rats of 5-6 weeks old with passing days at 4 °C

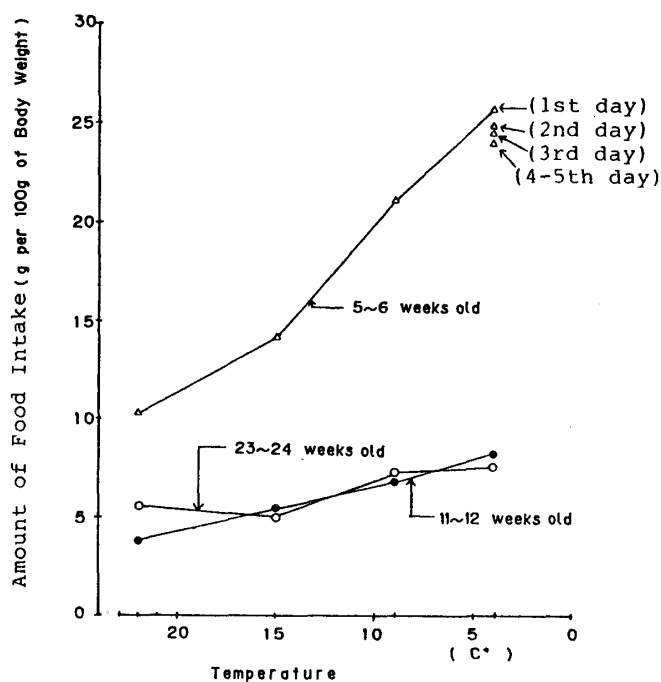


Fig.6 Changes in food-intake of rats at lower temperatures