

過重力環境がマウスの行動に及ぼす影響

竹井元、奥野誠 東大・総合文化研究科

Effects of hyper gravity on mouse behavior

Gen Takei and Makoto Okuno

Department of Life Sciences, Graduate School of Arts and Sciences, University of Tokyo, Komaba, Meguro-ku, Tokyo, Japan 153-8902

E-Mail: cokuno@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

Abstract: Effects of hyper gravity (3G) on mouse behavior were examined. Mature mouse exposed to 3G initially showed smaller amount of food consumption, short feeding period and weight loss. Four days after exposure started, feeding period increased and at the same time food intake and body weight also increased. These results suggest that little food intake and loss of weight may be due to the appetite suppression.

Compared to the mouse under 1G environment, 3G mouse showed “pressed” posture. We employed the bend angle of the back of the mouse as the index of the posture. Then back angle decreased immediately after exposure to hyper-gravity and recovered within four days. It was likely that posture recovered because body load is reduced by decreasing weight.

The mouse under 3G environment also exhibited little horizontal and vertical movement. These parameters didn't increase until 10 days from the onset of exposure. Thus, it could be assumed that increase of movement and recovery of posture are regulated by other mechanisms.

Key words: hyper-gravity, behavior, mouse, posture, appetite

近年、多くの宇宙計画が進行中であり、人類が宇宙空間や地球外惑星で長期滞在することが現実のものとなりつつある。ところで、宇宙環境は地球上とは重力、放射線、磁場などが大きく異なってくる。地球外で生命が維持されるためには、これらの環境に適応することが求められてくる。特に、地球上の生命は長年にわたり 1G という環境に適応して進化してきたこと、磁場などと異なり重力は地球上のどこでもほぼ一定であり地球上ではその変化に対応する必要がほぼなかったことを考えると重力環境は地球外環境への適応を考えるとときに重要なファクターとなってくる。

ところで、地球上の重力と異なる重力環境は、1G より重力の大きい過重力と、1G より重力の小さい低重力の二つに大きく分けることができる。宇宙空間や地球より小さい惑星や月では 1G より重力の小さい低重力環境であり、また、地球より大きい惑星(木星、土星など)上では 1G より大きい過重力環境であるといえる。このうち、低重力を実現する方法としてパラボリックフライトやクリノスタットが知られているが、パラボリックフライトによる微小重力は実現時間が非常に短く、またクリノスタットは動物個体など動的な生物を飼育するには不向きである。宇宙ステーションを利用するという方法も考えられるが、使う機会が非常に少なく実験上の制約も大きい。一方過重力環境については大型遠心器を用いることによって容易に、定常的に長時間にわ

たって作り出すことが可能である。そこで、当研究室では大型遠心器を用いてマウスを飼育し、長期間にわたる過重力の曝露がマウスに生理的などの様な影響を及ぼすのかを調べてきた。先行研究により、以下のようなことが分かっている。

1. 3 週齢マウスを過重力(3G)環境下に 2 週間曝露すると、1G 環境下で飼育したマウス(コントロール群)に比べて摂餌量の減少、また体重増加及び体脂肪量増加が抑制される(1)。同様の減少は成熟マウスでも観察された(2)

2. 体重減少に伴い、肝臓、腎臓などの臓器重量も減少するが、精巣重量のみコントロール群と同程度に維持され、そのため体重に占める精巣重量の割合は増加する。さらに、精子の発現時期や運動性にも変化がない(1)

3. 餌の量を過重力群と同量に制限し、1G 環境

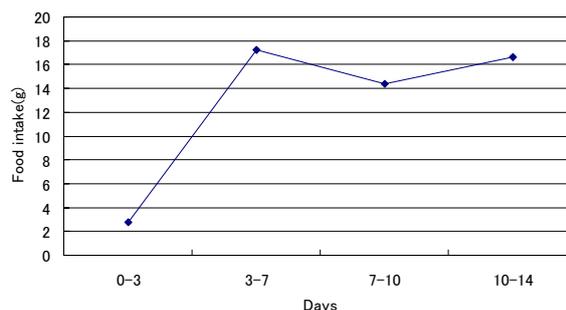


Fig.1: Food intake of matured mouse under 3G.

下で飼育した餌制限マウスでも、過重力群と同様に体重、体脂肪量増加が抑制され、体重に占める精巢の割合のみ大きくなった(1)。これにより、過重力による一連の変化は摂餌量の減少によって引き起こされていることが示唆された。

4. 過重力によって、食欲を抑制することで知られているホルモンであるレプチンやインスリンの分泌量は減少する(2)。

ところで、マウスの食欲の減少や内分泌系の変化はその行動にも大いに関係があると考えられる。そこで、今回は今までとは視点を変えて過重力環境下でのマウスの行動の変化を調べた。

〔実験方法〕

動物はICR系マウスを用いた。大型遠心器のバケットに赤外線カメラを二箇所(上、横)に取り付け、成長期マウス(3週齢)もしくは成熟マウス(28週齢)の行動をビデオカメラに記録した。そして時間経過とともに行動パラメータがどのように変化するかを観察した。行動パラメータとして摂餌量に関わる食餌時間(成熟マウス)、休息時の姿勢の変化(成熟マウス)、また水平方向への運動、垂直方向への運動などの運動パラメータ(成長期マウス、成熟マウス)を

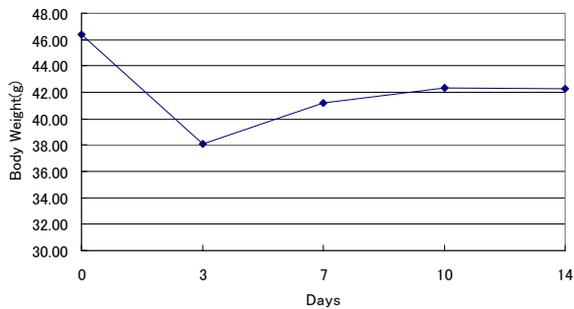


Fig. 2: Time-course change of body weight of matured mouse under 3G.

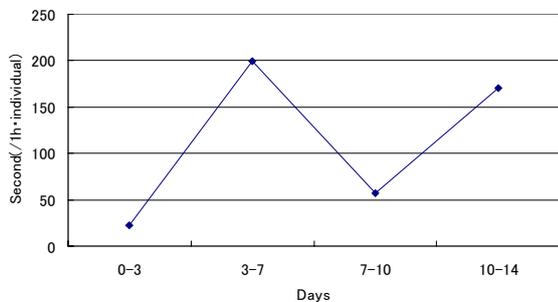


Fig. 3: Length of feeding period under 3G.

Feeding period was evaluated by measuring the length of time that mice biting the foods.

計測した。水平方向への運動は巣から出た回数、垂直方向への運動は壁伝いに立ち上がった回数で評価した。姿勢を評価するパラメータは、休息時の背中中の盛り上がりの角度を測定した。

〔結果・考察〕

先行研究にあったように、過重力にマウスを曝露すると摂餌量および体重の減少が観察された(Fig.1,2)。ところでこの少ない摂食量は食欲が減少したため

なのか、もしくは重力によって食べること自体が阻害されてしまっているかは不明であった。

過重力にさらしたマウスの餌への食いつき時間の測定することによってマウスの空腹度を推測するテストが以前、当研究室で行われたが、これは

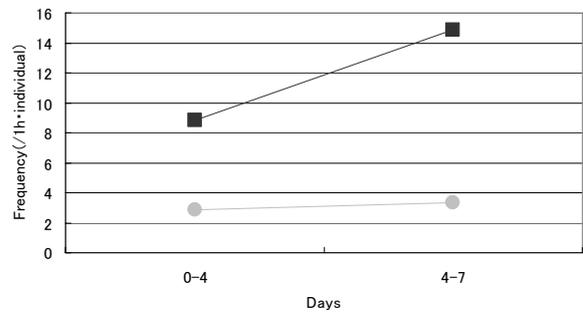


Fig. 4: Frequency of horizontal movement of young mouse. Horizontal movement was evaluated by counting the frequency of mice going out of the nest.

■: 1G ●: 3G

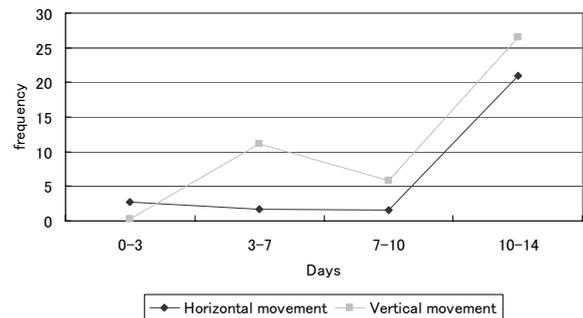


Fig. 5: Frequency of horizontal and vertical movement of mature mouse under 3G. Horizontal movement was evaluated by counting the frequency of mice going out of the nest. Vertical movement was evaluated by counting the frequency of mice standing on hind legs and placing forelimbs on the wall of the cage.

1G条件下に戻してから行われたのでどの程度過重力による作用を反映しているかは不明だった。そこで、今回過重力条件下でマウスがどの程度餌へ食いついているか(食餌時間)を測定したところ、遠心開始直後では食餌時間が非常に短いことが観察された(Fig.3)。また、遠心飼育の時間経過に伴い食餌時間の上昇が観察された。更に、それと同時に摂餌量、体重の増加も観察された。これらの結果より、過重力環境下でマウスの摂餌量が抑制されるのは食欲が抑制されるためであると考えられる。

成長期マウスの過重力環境下における水平方向への運動は地上コントロール群に比べて強く抑制された(Fig.4)。この抑制は時間経過に伴い回復したが、7日が経過しても地上コントロール群のレベルまでは回復しなかった。この傾向は垂直方向においても同様であった。これと同様に、過重力環境下にさらした成熟マウスにおいても水平、垂直方向への運動回数は非常に少なかった(Fig.5)。また、運動パラメータの顕著な上昇は遠心開始12日目後まで観察されなかった。

今回、上からの画像に加えて横側に赤外線ビデオを取り付けたことによって今までは観察できなかった過重力環境下でのマウスの姿勢変化を捉えることが出来た。すると、遠心開始前(1G)に比べて遠心開始直後のマウスの姿勢に大きな差が現れることが分かった(Fig.6)。そこで、この姿勢の違いを評価するパラメータとして背中中の盛り上がりの角度を測定し、過重力曝露直後からの経時変化を追った(Fig.7)。その結果を Fig.8 に示す。すると、姿勢は時間経過に伴い回復することが観察された。しかし過重力曝露5日後には定常状態に達するものの、1Gの水準までは回復することはなかった。

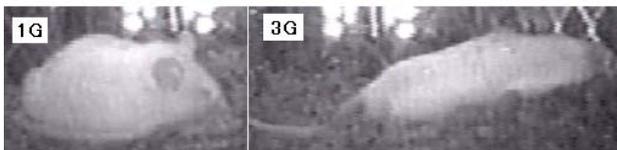


Fig.6: Difference of posture between 1G and 3G mouse.

過重力曝露から4日目までは非常に食餌時間、摂餌量が非常に小さく、マウスの体重が減少する。この体重減少に伴い、マウスの姿勢が回復することが観察されたことから、マウスの姿勢の回復は過重力によって急激に増加した体重に対する負担が体重の減少によって小さくなったために起こるのでは

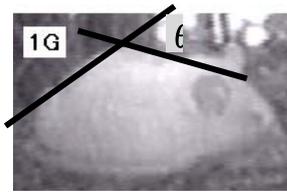


Fig.7: Bend angle of the back of the mouse.

ないかと推測される。つまり、あたかも食欲を抑制して体重を減らすことにより重力の増加へ適応しているような挙動を示しているということである。しかし、姿勢や食欲が上昇しても水平、垂直方向への運動はそれと同時に上昇することはなく、過重力曝露後10日が経過するまで大きな上昇を示すことはなかった。このことより、非常に少ない運動量は体が押しつぶされて体勢に無理があることによるのではなく、筋肉量など他の要因によるものであることが示唆された。10日後まで運動量が上昇しないのは、10日経過まで体への負担に見合った筋肉量が付かないためではないかと考えられる。

以上をまとめると、過重力へ曝露されると、まず食欲の抑制により体重の減少が起こり、その結果、体への負担が減る。この言わば過重力環境に対する慣れともいえる負担減少により食欲が上昇し、また姿勢も回復する。その後しばらくしてから筋肉等が重力に適応し、運動性も上昇するという2段階に分かれた重力への適応をマウスは行っていると考えられる。このことを確かめるために、過重力曝露後の各時点におけるマウスの筋肉量、筋断面積などを調べたいと思っている。

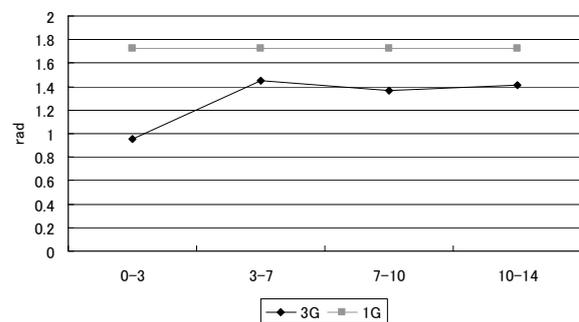


Fig.8: Time-course changes of angle of back bend of mouse,

ところで、過重力曝露後にマウスの体重が一時的に減少し、その後上昇の傾向を見せるが、1Gのころの体重まで戻ることはなく曝露後7~10日目ま

ではほぼ定常状態に達していることが観察された。このことより、それぞれの重力や骨格の大きさに対応した最適な体重や体型があるのではないかと考えられる。今後はこの可能性を確かめるためにマウスの体長、体重、筋量、体脂肪量を調べたいと思っている。

〔参考文献〕

- (1)奥野誠. (1999) 哺乳類の雄性生殖器及び精子形成に及ぼす重力の作用に関する研究. 宇宙環境利用に関する地上研究報告書 : 321-333
- (2)Ichiyo K., Makoto M (2007) Effects of hyper gravity on growth of mice. *Space Utiliz Res* 23:250-252