

## 各系マウスの発情周期に及ぼす連続照明および連続暗黒の効果

竹生友二, 白間一彦, 清水 澄, 前川久太郎

160 新宿区 東京医科大学第二解剖学教室

1976年11月13日 受領

Effects of Continuous Illumination and Darkness on Estrous Cycles of Various Strains of Mice. YUJI TAKEO, KAZUHIKO SHIRAMA, KIYOSHI SHIMIZU AND KYUTARO MAEKAWA (Department of Anatomy, Tokyo Medical College, Shinjuku, Tokyo 160)

**ABSTRACT** Effects of various lighting environments on estrous cycles were examined in mice of ICR-JCL, AA, IVCS, RR, C3H/He and C57BL/6N strains. Each strain was divided into 3 groups consisting of 7-10 animals: cyclic illumination (LD); continuous illumination (LL); and continuous darkness (DD). All groups were exposed to the respective lighting environment for 100 days (31 to 130 days of age). Only the IVCS strain maintained a regular 4-day cycle in the environment of LD, while cycles of all other strains remained irregular for all the experimental periods. LL induced persistent estrus in some animals of ICR-JCL, IVCS, RR and C57BL/6N strains of mice. Most other mice of the strains, however, did not show persistent estrus, though they showed varying changes in each cycle. AA strain, especially, had a remarkable pseudopregnant diestrous phase in LL. DD environment, on the contrary, had no effect on the estrous cycles except for some prolongation of the estrous phase. Generally, mice in DD seemed to respond to this environment by two-days estrus. It is difficult to draw a conclusion on the influence of light on the estrous cycles of mice because of considerably large differences among strains in their responses. (*Zool. Mag.* 86: 87-93, 1977)

雌ラットを連続照明(LL)下におくと、やがてその発情周期は乱れ連続発情の状態となる (Browman, 1937; Hemmingsen and Krarup, 1937; Fiske, 1941; Dempsey and Searles, 1943; Jöchle, 1956; Maekawa, 1959; 前川, 1961; Everett, 1961; Takahashi and Suzuki, 1969; 本間ほか, 1972; Hoffmann, 1973; 竹生ほか, 1974; Takeo et al., 1975)。一方、連続暗黒環境におかれた雌ラットは発情の周期性を失うことはなく、ただ発情後期 (metestrus) の延長を示すといわれている (Fiske, 1941)。マウスにおいては短期間の連続照明(LL)および連続暗黒(DD)における発情頻度に系統差があることがみられているが (Chu, 1965), 長期にわたっての発情周期の状態および系統間の連続発情誘導の有無について報告はない。

今回、著者らは種々の光環境がマウスの発情周期に及ぼす影響、特に系統差を調べる目的で closed colony である ICR-JCL (白), inbred strain で

ある AA (白), IVCS (白), RR (チョコレート), C3H/He (野生), C57BL/6N (黒) の計6系統のマウスを用いて実験を行なった。括弧内は体毛の色を示している。有色ラットは白色ラットほど連続照明下で発情率の増加を示さないという報告もあるので (Brown-Grant, 1974) マウスの光に対する反応に及ぼす pigmentation の影響をもあわせて検討した。

## 材料および方法

使用された各系マウスは IVCS を除き東京医科大学動物実験センターのコロニーから供給を受けた。IVCS 系マウスだけは動物実験センターを介し動物繁殖研究所から購入されたものを供した。

各系とも 7-10 匹の3群からなり、それぞれの群は3-5匹ずつケージに分離し、ケージは実験の必要上透明マウスケージを用いた。実験は生後 31 日を起点とし、この日をもってそれまでの12時間明-12時間暗の環境から、各群を、明暗反復 (LD), 連続

照明 (LL), 連続暗黒 (DD) 環境に分けた。飼料は船橋農場支給のマウス飼育用固型飼料を用い, 給水は水道水をもつとも同時に随時摂りうるようにした。

対照群として設けた明暗反復 (LD) 環境は 12 時間照明-12 時間暗黒の繰り返しであり, 外界の明暗に極力あわせて午前 6 時点燈, 午後 6 時消燈とした。連続照明 (LL) はマウスケージの床面で照度 500-600 lux に調節された。照明にはすべて昼光色蛍光灯を使用した。連続暗黒 (DD) は四方壁に囲まれた暗室を用い, より完全な遮光のため出入口はカーテンで二重にし出入時の完全遮光を図り, ほぼ完全暗黒状態を保った。

実験は 5-8 月の 4 カ月内に全群終了した。実験期間中の温度は明暗に関わらず 24-27°C に調節され, 湿度は 50-60% を維持した。

陰スミアの採取は各照明環境への転換後 20 日 (生後 51 日) より開始し, 実験終了時 (生後 130 日) まで, 毎日一定時刻 (9:00-12:00 A.M.) に行なった。

実験終了と同時に使用されたマウスは直ちに屠殺され, 体重を測定した後剖検し, 卵巣, 子宮, 副腎, 脳下垂体を取り出してブアン液に固定した。臓器重量の測定は固定後に行ない, 秤量には直読式天秤 (L-SM Type, Shimadzu) を用いた。その内卵巣はパラフィン包埋後, 10  $\mu$ m の連続切片とし, hematoxylin-eosin 染色を施して組織学検索に当たった。

各系マウスの体重および臓器重量の統計処理には Student's t-test を使用し, 発情頻度および発情周期数の比率の検定には chi square test を用いた。

## 結 果

### ICR-JCL 系

今実験に用いた 6 系統のうち唯一の closed colony マウスであり, そのスミア記録は Fig. 1 に示した。この系統では対照の LD 群でもしばしば prolonged estrus が見受けられ, 発情周期も長いものと短いものが混在した不規則な周期を示した。マウスの雌は単独で飼育されている時にはラットの雌と同様に 4 日または 5 日の発情周期をほぼ規則的に繰り返すが, これを他の雌と集団飼育するとその周期に乱れを生じるとされる。この現象は最初に記載した van der Lee と Boot (1955, 1956) の名をとって "Lee-Boot 効果" とよばれるが, 当初, 彼らは 4 匹以上の雌のグループを飼育すると偽妊娠が頻繁におこることによって発情周期が乱れることを報告した。その後この効果にはマウスの系統によ

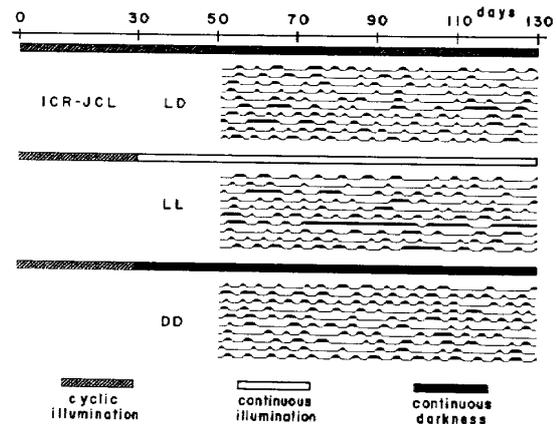


Fig. 1. Vaginal records in ICR-JCL strain mice. The method of Maekawa (1956) is used for the expression of all vaginal smear records; the thin baseline of figures corresponds to non-estrous stages which contain proestrus, metestrus and diestrus and the thick top to perfect estrus.

り差があることも報告されているが (Whitten, 1959; Lamond, 1959; Champlin, 1971), 今回の著者らのデータにおいても, この現象は程度の差こそあれ IVCS 系以外のマウスにみられた。

LL 群では完全に連続発情を示した個体は 10 例中 1 例にすぎず全体としての発情パターンは LD 群と大きな違いをみせなかった。DD 群は 2 日にわたって発情を示す割合が高かったが, 発情の周期性は LD 群に近いものであった。

光環境の効果を数量的に検討すべく, 各群の発情周期の長さを, 3 日以下, 4 日, 5 日, 6 日, 7 日以上 の 5 型に類別すると (Fig. 7), 陰スミアを観察した 80 日間の個体当りの各周期の度数はそれぞれ LD 群, 0.9, 2.9, 3.1, 1.9, 3.4 の計 12.2 周期, LL 群, 0.5, 2.2, 2.6, 2.0, 3.7 の計 11.0 周期, DD 群, 0.9, 4.6, 2.8, 2.0, 2.7 の計 13.0 周期となった。したがって上記各発情周期数の比率には対照群 (LD) との間に有意差はみられなかった。全実験日数中の発情日数すなわち発情頻度をみると, LD 群 31.8%, LL 群 37.8%, DD 群 35.6% となり, 10 例中 1 例に完全なる連続発情状態を示した LL 群のみが対照群との間に有意な発情率の増加を示した ( $P \leq 0.05$ ) (Fig. 7)。

### AA 系

スミア記録は Fig. 2 に示した。AA 系のスミア記録においても一目して明らかに偽妊娠状の発情パ

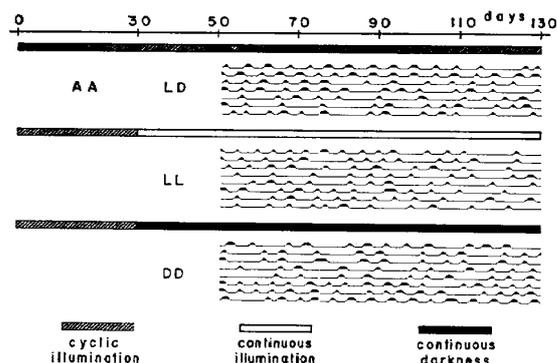


Fig. 2. Vaginal records in AA strain mice.

ターンがみられ“Lee-Boot 効果”が強くでていることがわかる。特に LL 群においてその傾向が強く認められた。したがってこの LL 群においては発情期の延長はまったくみられず、偽妊娠状反応のため LL 環境にありながら逆に総発情日数の減少を示した。

ちなみに、この系統の発情頻度は、LD 群 24.3%、LL 群 18.2%、DD 群 24.2% であり、LL 群での減少は有意のものであった ( $P \leq 0.01$ ) (Fig. 7)。個体当りの、3 日以下、4 日、5 日、6 日、7 日以上の各周期の度数は、LD 群 1.1, 2.6, 3.9, 2.1, 2.9 の計 12.6 周期、LL 群、0.4, 2.8, 3.3, 0.5, 4.1 の計 11.0 周期、DD 群、0.6, 3.4, 3.9, 1.1, 3.1 の計 12.1 周期であり、各周期の比率からみても LL 群は有意差を示した ( $P \leq 0.05$ ) (Fig. 7)。

#### IVCS 系

この系統はマウスとしては比較的良好に 4 日の発情周期が確立されており、それは今回のスメア記録からも窺える (Fig. 3)。すなわち対照の LD 群はほぼ完全に 4 日の規則正しい発情周期を示した。これに対し LL 群は発情周期に乱れをみせ、連続照明期の後半には連続発情マウスもあらわれた。DD 群は発情周期にはほとんど変化はなかったが、2 日にわたってみられる発情が頻発した。個体当りの、3 日以下、4 日、5 日、6 日、7 日以上の各周期の度数は、LD 群では、0.8, 16.9, 0.4, 0.2, 0.2 の計 18.5 周期となり、4 日周期が全体の 91.4% を占め、ほぼ完全に 4 日の発情周期を維持しているといえる。これと比較すべき LL 群は、4.8, 8.8, 2.3, 0.3, 1.3 の計 17.5 周期で 4 日周期は全体の 50.3% と大きく減少し、統計的にも 0.1% の危険率で有意差を示した (Fig. 7)。DD 群は、1.5, 15.2, 0.7, 0.1, 0.8 の計 18.3 周期となり、各周期数の比率は LD 群との間に差を示さなかった。

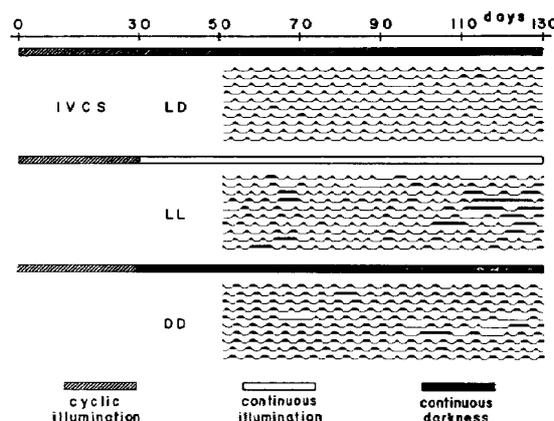


Fig. 3. Vaginal records in IVCS strain mice.

発情頻度は LD 群 25.4%、LL 群 40.3%、DD 群 47.5% であり、LL、DD 群とも発情率の有意な増加をみた ( $P \leq 0.001$ ) (Fig. 7)。

今回調べられた 6 系のマウスでは、この 4 日周期反復の方向に淘汰された IVCS 系が、連続照明および連続暗黒の光環境に対する反応のしかたにおいて、もっともラットに近いものであった。また他のマウスにみられた偽妊娠様反応ももっとも少なかった。

#### RR 系

チョコレート色の体毛をもつマウスで、そのスメア記録は Fig. 4 に示した。LD 群は“Lee-Boot 効果”が著しく偽妊娠状の発情パターンを示した。LL 群では、その光環境に対して実験の当初から連続発情を示した個体と、終了時まで偽妊娠状のパターンを繰り返して維持したものとにはっきりわかれた。LL 群は 10 例中 4 例に完全なる連続発情を示したことから当然ながら発情率の有意な増加をみた ( $P \leq 0.001$ )、各周期数の比率には差を示さなかった。

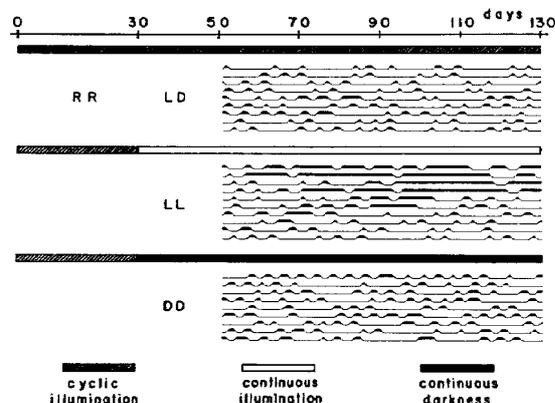


Fig. 4. Vaginal records in RR strain mice.

(Fig. 7)。DD 群は連続暗黒における一般傾向でもある2日にわたる発情が多く、これによる発情日数の有意な増加もあり ( $P \leq 0.01$ )、全体の周期数をみても比較的4日周期の占める割合も高く、発情周期数の比率にも有意差を示した ( $P \leq 0.05$ ) (Fig. 7)。

ちなみに、3日以下、4日、5日、6日、7日以上各周期の度数を示すと、LD 群、0.9, 2.7, 2.3, 1.1, 3.4の計10.4周期、LL 群、0, 1.5, 1.1, 0.9, 4.1の計7.6周期、DD 群、1.2, 5.0, 1.4, 0.7, 3.2の計11.6周期であった。又LD, LL, DD 群の発情頻度はそれぞれ22.6, 43.5, 30.3%であった。

### C3H/He 系

この系統は野生色の体毛を持ち、Fig. 5のスミア記録からも光処理3群間には大きな違いをみせなかった。3日以下、4日、5日、6日、7日以上各周期の度数は、個体平均で、LD 群、2.6, 8.0, 2.9, 0, 2.2の計15.7周期、LL 群、2.1, 5.1, 4.1, 0.8, 2.5の計14.6周期、DD 群、1.4, 7.7, 1.9, 0.2, 2.6の計13.8周期であった。LL 群は4日周期の減少があり、これによって各周期数の比率にも有意差を生じた ( $P \leq 0.05$ ) (Fig. 7)。また視点を変えて発情頻度でこれを見ると、LD, LL, DD 群それぞれ、32.0, 32.1, 39.9%となり、DD 群で発情率の有意な増加をみた ( $P \leq 0.01$ ) (Fig. 7)。

### C57BL/6N 系

黒色の体毛をもつマウスで、スミア記録は Fig. 6に示した。この系統は対照群のLD群にもかなりの頻度で発情率の延長すなわち prolonged estrusが見受けられた。したがってLD群の発情率は48.9%にも達し、これは他系統のマウスには見られない現象であった。LL 群では10例中4例に連続発情がみられたが、残りの6例は全実験期を通じて周期

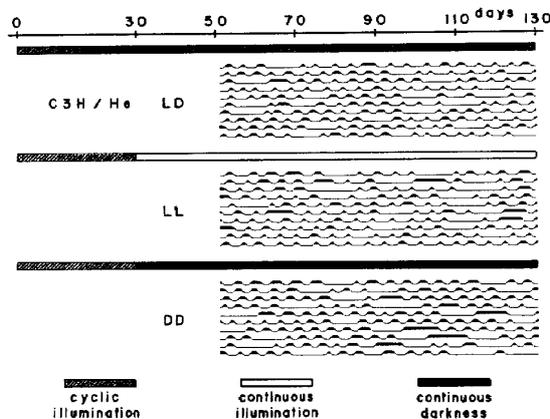


Fig. 5. Vaginal records in C3H/He strain mice.

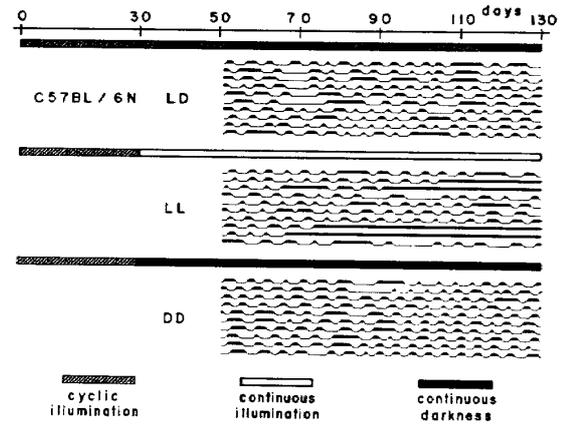


Fig. 6. Vaginal records in C57BL/6N strain mice.

性を維持した。その発情頻度は57.5%と対照よりさらに高く、対照群とは有意な差となった。48.5%の発情頻度を示した暗黒下のDD群は周期数の比率にも有意差を示さなかった (Fig. 7)。

個体当りの、3日以下、4日、5日、6日、7日以上各周期数は、LD 群、1.3, 5.4, 4.1, 1.1, 2.4の計14.3周期、LL 群、0, 3.3, 3.6, 1.7, 1.5の計10.1周期、DD 群、1.1, 6.9, 4.6, 1.2, 1.6の計15.4周期であり、10例中4例に連続発情を示したLL 群に総周期数の減少をみたが、各周期数の比率には大きな違いをみせなかった (Fig. 7)。

### 体重および臓器重量

各系統各群の体重および臓器重量は Table 1に示した。体重においてはICR-JCLとIVCSのDD群に有意な減少をみたが、この機序は明らかでない。卵巣重量はIVCSのDD群に、脳下垂体重量はC57BL/6NのLL群にそれぞれ有意な重量増加をみた以外は他の系統のどの臓器にも有意差はみとめられなかった。

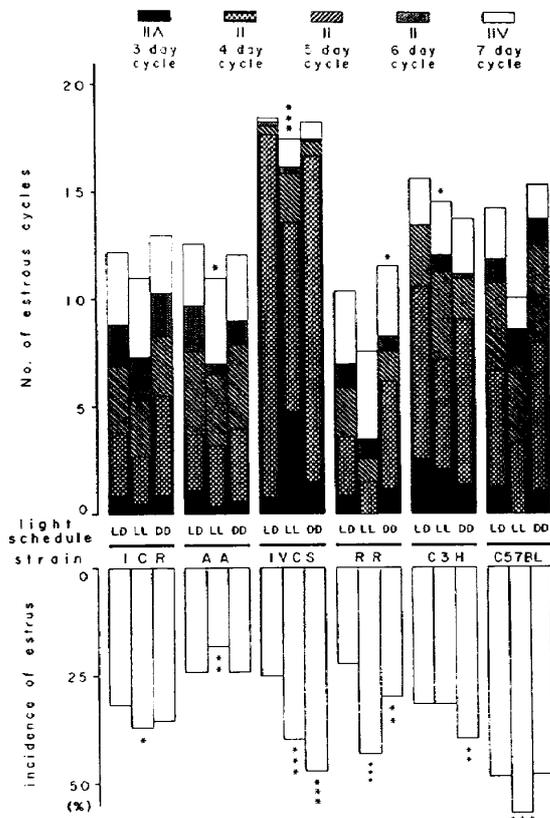
### 卵巣組織像

偽妊娠状の発情パターンを強く示したAA, RR系のマウスは黄体細胞の非常によく発達した明調な細胞質を持つ大きな偽妊娠黄体の存在が認められた。ICR-JCL, IVCS, RR, C57BL/6Nの一部にみられた連続発情マウスの卵巣は黄体の存在が認められないか、存在してもその数、形態は正常な発情周期をもつマウスの卵巣とは比較にならないほどのものであった。

Table 1. Body weights and organ weights per 10 g body weight in all strains used in the present experiment.

Strains	Light schedules	Body weight	Ovaries	Uteri	Adrenals	Hypophysis
		Mean±S.E. (g)	Mean±S.E. (mg)			
ICR-JCL	LD	34.3±0.9 (10)	4.4±0.5	54.5± 5.7	1.9±0.1	0.68±0.03
	LL	35.5±0.5 (10)	3.8±0.8	62.0± 5.6	1.7±0.1	0.56±0.04
	DD	29.9±0.6*(10)	4.8±0.3	60.5± 7.1	1.8±0.1	0.69±0.04
AA	LD	26.5±1.2 ( 7)	4.1±0.2	51.0± 3.3	2.4±0.2	0.66±0.03
	LL	27.4±1.2 ( 8)	3.5±0.2	41.6± 3.0	1.9±0.1	0.58±0.03
	DD	26.1±0.4 ( 8)	3.4±0.1	47.9± 6.9	1.8±0.1	0.64±0.03
IVCS	LD	28.4±0.4 (10)	5.6±0.1	60.6± 5.7	4.0±0.1	1.09±0.04
	LL	27.4±0.3 (10)	6.2±0.2	65.1± 7.9	4.4±0.2	1.02±0.05
	DD	26.7±0.4*(10)	6.2±0.2*	55.0± 6.5	3.8±0.2	1.00±0.04
RR	LD	23.7±0.8 ( 9)	5.5±0.1	46.7± 5.6	2.6±0.1	0.65±0.03
	LL	23.5±0.6 (10)	4.7±0.4	37.4± 4.5	2.2±0.1	0.61±0.01
	DD	25.1±1.3 ( 9)	5.4±0.2	46.8± 6.4	2.4±0.1	0.67±0.05
C3H/He	LD	27.0±0.9 (10)	5.2±0.2	59.3± 5.6	2.0±0.1	0.73±0.02
	LL	27.2±0.8 (10)	5.4±0.2	51.6± 4.7	1.9±0.1	0.70±0.03
	DD	25.9±0.5 (10)	4.6±0.2	47.5± 3.6	2.0±0.1	0.70±0.03
C57BL/6N	LD	24.4±0.3 (10)	2.7±0.1	44.1± 5.3	2.1±0.1	0.58±0.02
	LL	23.6±0.4 (10)	3.0±0.1	75.9±14.5	2.1±0.1	0.76±0.04*
	DD	24.0±0.3 (10)	3.2±0.1	41.5± 4.2	2.4±0.1	0.65±0.03

\* P≤0.05; Significantly different as compared with respective control group (LD). The number of mice is given in parentheses.



考 察

系統差も大きいことと思われるが、雌マウスは単独で飼育すると4日ないし5日の規則正しい発情周期を示すのに対し、一般的に集団飼育では性周期に乱れをみせるという (van der Lee and Boot, 1955, 1956; Whitten, 1959; Lamond, 1959; Champlin, 1971)。今回の実験はすべて同一ケージに複数の同系雌マウスを入れており、これが対照の明暗反復すなわち LD 環境のものにも規則的周期を示す個体の少なかった一つの原因になっているかもしれない。しかし、飼育条件が同じでありながら、各系統間の比較ではその乱れ方にはかなりの違いがみられる。すなわち、ほぼ完全に4日の規則正しい周期をもつ IVCS 系のもとは別としても、偽妊娠周

←Fig. 7. Upper bar graphs show number of estrous cycles per a mouse for 80 days (51 to 130 days of age). Lower bar graphs show incidence of estrus per a mouse for 80 days. \* P≤0.05, \*\* P≤0.01, \*\*\* P≤0.001; Significantly different as compared with respective control group (LD).

期を比較的強く繰り返す AA, RR 系, prolonged estrus の出現頻度の高い C57BL/6N 系, 4 日ないし 5 日の発情周期を比較的維持し続ける C3H/He 系といった具合である。

連続照明環境はマウスにおいても発情周期にある種の乱れを生じた。一般的に言い得ることの第一は相対的に 4 日周期の頻度が減少することであろう。特に 4 日周期の確立されている IVCS 系においてはその現象は著しい。第二は乱れをみせるものでも連続発情の誘導がかなり困難であることである。著者らが連続照明に関連する実験で使用している Wistar 系のラットは今回のマウスと同じ照明条件で例外なくすべての個体に完全かつ速かな連続発情の誘導をみるが(本間ほか, 1972; 竹生ほか, 1974; Takeo et al., 1975), マウスでは系統差もあり, 同一系統内での個体差も大きく, 全般的に LL 環境下での連続発情の誘導はラットにみられるほど容易ではない。今回の 100 日間という照明時間は, マウスの連続発情の誘導には充分でないことも考えるべきであろうが, それにしては 100 日の実験期間内での前半期と後半期の違いがあまりにも少く, このまま連続照明を続行しても完全な連続発情は望みがたいようにも思われる。すなわち, 各系統のスメア記録をみると, C3H/He 系のように全く連続発情を示さないもの, IVCS 系のように照明の後半期に多少の連続発情状態を示し始めるもの, ICR-JCL, RR, C57BL/6N の一部にみられるように, 照明の当初に早くも連続発情を示しているものと終了時まで周期性を維持し続けているものとが同一系統内に混在するもの, AA 系のように全個体にわたって偽妊娠を強く示すもの等々, これらの事実は単に照明時間の長短だけでは説明しえないように思われる。

著者らの照明期間に比べれば極めて短期間にすぎないが, Chu (1965) は 4 系統のマウスを使って連続照明の発情頻度に及ぼす効果をみた。結果は今回の著者らのものと同様にかなりの系統差のあることを認めている。

連続照明による発情周期の乱れとして挙げうる第三のものは, ある種の系統での偽妊娠の多発であろう。スメア採取に際しては子宮腔部の機械的刺激を最少限にとどめるよう努力したことはいうまでもない。にもかかわらず, 先に記したごとく AA 系では明暗反復環境の下にある対照に比べ連続照明を受けたものは明らかに偽妊娠状態がより高い頻度で出現する傾向を示した。

DD 環境は上記 LL 環境に比べ性周期への影響は

小さいものと思われる。しかし幾分の発情期の延長がみられ, 2 日にわたって発情を示す個体がより多くなって来る。これに関連して, 連続暗黒下のラットにおいても発情後期 (metestrus) の延長をみるという報告もあり (Fiske, 1941), 未発表ながら, 著者らも Wistar 系のラットは DD 環境下では 4 日の性周期を保ちながらも 2 日にわたって発情を示す個体が頻発する傾向をみている。したがって, この現象はマウス, ラットに共通したもののようである。

連続照明下のラットは, 少なくともその初期には連続発情を示しつつ排卵しうることが知られているが (Maekawa, 1959), より長期にわたると発情率の増加とともに排卵, 妊娠ともにあり得ない状態になるものと思われる。この問題に関連して Brown-Grant (1974) は白色ラットを連続照明下におくと発情率のいちじるしい増加を示して無排卵状態となるが, 有色ラットは連続照明下にありながらも排卵を繰り返す個体が存在し, その発情率は白色ラットに比べて著しく低い値を保つという。換言すれば, 有色ラットは白色ラットに比べて, 連続照明により連続発情を誘導しにくいということになる。しかし上記 Brown-Grant (1974) は, 同じ有色ラットである hooded Lister 系でも, 彼の研究室で系統維持した closed colony からのものと, 外部から入手したものとでは, 連続照明下の発情率に大きな違いがあるとも述べている。

今回のマウスの場合も, AA 系のようにアルビノでありながらも連続照明下で偽妊娠周期を繰り返し全く連続発情を示さないもの, ICR-JCL 系のようにほとんど連続照明の効果がないもの, 逆に RR, C57BL/6N のように有色であっても約半数に連続発情を示すもの等々があり問題の解析を困難にしている。体色ならびに目の色素の有無と連続照明による連続発情誘導の難易については, なお今後の研究をまつところが大きいようである。

## 文 献

- BROWMAN, L. G. (1937) Light in its relation to activity and estrous rhythms in the albino rat. *J. Exp. Zool.* 75: 375-388.  
 BROWN-GRANT, K. (1974) The role of the retina in the failure of ovulation in female rats exposed to continuous light. *Neuroendocrinology* 16: 243-254.  
 CHAMPLIN, A. K. (1971) Suppression of oestrus

- in grouped mice: the effects of various densities and the possible nature of the stimulus. *J. Reprod. Fert.* 27: 233-241.
- CHU, E. W. (1965) Effect of environmental illumination on estrous cycles of rodents. *Acta Cytol.* 9: 221-227.
- DEMPSEY, E. W. AND H. F. SEARLES (1943) Environmental modification of certain endocrine phenomena. *Endocrinology* 32: 119-128.
- EVERETT, J. W. (1961) The mammalian female reproductive cycle and its controlling mechanisms. *Sex and Internal Secretions*, 3rd ed., Vol. 1, ed. by W. C. Young, Baltimore, Williams and Wilkins, pp. 497-555.
- FISKE, V. M. (1941) Effect of light on sexual maturation, estrous cycles and anterior pituitary of the rat. *Endocrinology* 29: 187-196.
- HEMMINGSSEN, A. H. AND N. B. KRARUP (1937) Rhythmic diurnal variations in the estrous phenomena of the rat and their susceptibility to light and dark. *Kgl. Danske. Vidensk. Biol. Medd.* 13: 1-61.
- HOFFMANN, J. C. (1973) The influence of photoperiods on reproductive functions in female mammals. *Handbook of Physiology*, Section 7, Vol. 2, Part 1, ed. by R. O. Greep et al., American Physiological Society, Washington, D. C., pp. 57-77.
- 本間征人, 斉藤喬士, 恒成靖生, 前川久太郎 (1972) 連続照明下におくことにより連続発情状態としたネズミの卵巢構造の経時的変化. *解剖学雑誌* 47: 229-236.
- JÖCHLE, W. (1956) Über den Einfluss des Lichtes auf Sexualentwicklung und Sexualperiodik bei Säugern. *Endokrinologie* 33: 129-138.
- LAMOND, D. R. (1959) Effect of stimulation derived from other animals of the same species on oestrous cycles in mice. *J. Endocrinol.* 18: 343-349.
- MAEKAWA, K. (1956) Activation of corpora lutea by estrogen. *J. Fac. Sci., Univ. Tokyo*, IV, 7: 573-584.
- MAEKAWA, K. (1959) Vaginal estrus during gestation and lactation in persistent-estrous rat. *Annot. Zool. Japon.* 32: 185-190.
- 前川久太郎 (1961) 連続発情動物の発情ホルモン分泌量. *動物学雑誌* 70: 283-288.
- TAKAHASHI, M. AND Y. SUZUKI (1969) The dependency of the rat estrous cycle on the daily alternation of light and dark. *Endocrinol. Japon.* 16: 87-102.
- 竹生友二, 穴沢道雄, 白間一彦, 清水 澄, 前川久太郎 (1974) 幼時の光環境が成長後の性機能に与える影響. *解剖学雑誌* 49: 327-336.
- TAKEO, Y., K. SHIRAMA, K. SHIMIZU AND K. MAEKAWA (1975) Correlation between sexual maturation and induction of persistent estrus by continuous illumination. *Endocrinol. Japon.* 22: 453-456.
- VAN DER LEE, S. AND L. M. BOOT (1955) Spontaneous pseudopregnancy in mice. *Acta Physiol. Pharmacol. Neerl.* 4: 442-443.
- VAN DER LEE, S. AND L. M. BOOT (1956) Spontaneous pseudopregnancy in mice II. *Acta Physiol. Pharmacol. Neerl.* 5: 213-214.
- WHITTEN, W. K. (1959) Occurrence of anoestrus in mice caged in groups. *J. Endocrinol.* 18: 102-107.