

쥐의 學習行動에 미치는 Sleeping Rhythm의 영향에 관한 研究

張 楠 基
姜 鎬 監
(生物教育科)

緒 論

生物의 行動은 크게 本能的 行動(innate behavior)과 학습된 行動(learned behavior)으로 나눌 수 있다. 본능적 行動을 種特有的 行動(species-specific behavior)이라고도 한다. 이는 어떤 환경하에서 어떤 동물들의 行動중에서 학습되어지는 아니하였으나, 비교적 수정하기 어려운 行動을 말한다. 김(1979)의 학습행동에 관한 정의는 학습을 “強化받은 練習의 結果로 일어나는 行動潛在力の 비교적 영속적인 變化”라고 하였다.

學習過程에는 習性化(habituation), 刻印(imprinting), 고전적 조건화(classical conditioning), 도구적 조건화(operant or instrumental conditioning), 시행착오 및 통찰 등이 있다 (Villem, 1972). 이 중 시행착오학습(미로학습)은 도구적 조건화의 한 형태이다(Ochs, 1965).

學習原理에 대한 研究는 人間의 行動을 理解하는데, 많은 도움을 주며, 교육실제와 밀접하기 때문에 이에 대한 研究는 대단히 중요하다. 학습의 원리를 해명해 주는 法則이나 理論의 체계가 學習理論이며 지금까지 여러學者에 의해 연구되어 왔다. 크게 S-R理論(자극-반응이론), 認知理論, 數理理論, 정보처리이론, 神經生理理論등으로 나누고 있다(鄭 등, 1980).

적용면에서 어려움이 많지만 쥐, 고양이, 개등과 같은 下位動物을 재료로 학습의 원리를 연구하고 있다. 그중 쥐를 가지고 행한 研究를 보면, 학습대상에 관한 연구(Tolman, et al, 1946; Talish, et al, 1946; Denny, Adelman, 1955), 회피학습에서 strain간의 차이에 관한 研究(Oliverio, et al, 1969; Royce, Covington, 1960; Oliverio, 1980), 연령간의 차이에 관한 研究(Bartus, et al, 1980; Ricco Marrazo, 1972) 및 회피반응의 파지에 관한 研究(Kamin, 1957, 1963; Barrett, et al, 1971) 등 많은 研究가 행하여 졌다.

그러나 生物 rhythm(biological rhythm)이 water T-maze에서 문제 解決能力에 어떤 영향을 미치는가 하는 研究는 찾아볼 수 없었다. 그러므로, 本 研究에서는 쥐의 4가지 strain을 재료로해서 water T-maze에 대한 문제해결능력의 학습곡선을 구하고, Estes (1950)의 통계

적 학습이론을 적용하여 strain간의 차이점을 정량적으로 분석하여 보았다. 그리고, 주야에 따른 학습의 차이를 봄으로써 sleeping rhythm이 학습에 미치는 영향과 기학습의引出變化에 관하여 연구하였다.

方 法

1. 실험동물의 공급 및 사육

실험에 사용된 쥐의 각 strain은 서울대학교 부설 동물사육장에서 공급받았다. 실험실에서는 매일 낮 12시경 물과 먹이를 쥐에게 충분히 주었다.

사료는 제품화(제일사료 Co.) 되어있는 것을 사용하였다.

한 cage당 10마리 정도씩 넣어 길렀으며, cage는 동물사육실에서 사용하는 것과 동일한 것을 사용하였다(Fig. 1). 깔판에 있는 배설물들은 이틀에 한번씩 갈아주었다. 실험에 사용한 쥐의 strain은 DDY, ICR, C57BL, Wistar이었으며, 이들의 연령 및 몸무게등은 훈련과정에서 상술한다.

2. Apparatus

두께 2mm의 철판으로 Fig. 2에서보는 것과 같은 T-maze를 만들었다. 쥐를 훈련시킬 때는 약 10cm정도의 물을 채워두었으며 학습시키는 동안에는 하루에 한번씩 물을 갈아 주었다.

그리고 출발시키는 곳에 발판(5×7cm)을 놓았으며 T-maze 끝부분에도 역시 설 수 있는

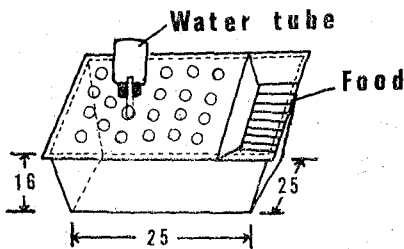


Fig. 1. Drawing of the cage to breed mice (Unit: cm).

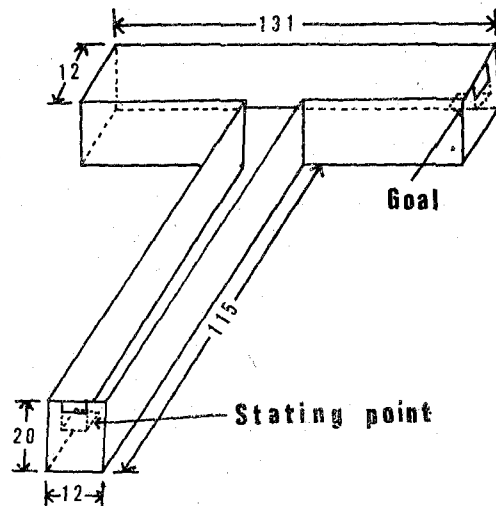


Fig. 2. Drawing of T-maze (Unit: cm)

발판을 놓아주었다. 이들은 각각 바닥에서 12, 10cm되는 곳에 설치되었으며 필요에 따라서 언제든지 뿔 수 있도록 만들었다.

3. 훈련과정(Training procedures)

1) Strain들의 학습곡선 결정방법

훈련에 들어가기전에 물에 적응을 시켰으며, 적응과정에서 수영능력이 떨어지는 것은 훈련에서 제외시켰다.

ICR strain은 몸무게 약 25g인 생후 90일 정도, DDY strain은 몸무게 약 30g인 생후 90일 정도, C57BL strain은 몸무게 약 26g인 생후 80일 정도, Wistar strain은 몸무게 약 55g인 생후 25~30일 정도된 것을 훈련시켜 각 strain의 학습곡선을 얻었다.

각 strain마다 10마리씩 사용하여 훈련을 시켰다. 훈련시간은 하루에 두번(오전 10시, 오후 4시경)시켰으며 각개체마다 한 session당 3번씩 훈련하였다.

훈련의 결과 나타난 반응시간은 출발점의 발판을 출발하여 오른쪽 끝부분에 있는 목표에 도달하는데 걸리는 시간으로 초로 나타내었으며, 3번 훈련한 것을 평균하여 표시하였다.

2) Retention의 결정

DDY strain(몸무게 30g, 연령 60일)을 (1)번 과정과 같은 방법으로 훈련시켜 steady state에 도달시킨후 실험실에 놓고 기르면서 35일후 똑같은 방법으로 훈련을 시켰다.

이의 대조군으로 DDY strain 10마리를 같은 조건에서 길러 재학습시키는 것과 동일하게 훈련을 시켰다.

3) 밤·낮의 학습시간에 따른 학습곡선 결정 방법

DDY strain(몸무게 35g, 연령 120일)을 10마리씩 두 그룹으로 나누어 한그룹은 빛이 거의 들어가지 않는 暗所와 또한 그룹은 계속 빛이 있는 밝은 곳에서 15일간 기른 후, 다시 각 그룹은 5마리씩 두 그룹으로 나누어 밤시간(저녁 10시, 새벽 5시)과 낮시간(오전 10시, 오후 5시)에 두번씩 훈련을 시켰다.

이것들도 역시 훈련에 들어가기 1시간전에 물에 적응을 시켰으며, 적응과정에서 수영능력이 떨어지는 것은 훈련에서 제외시켰다.

반응시간의 기록은 1)번에서 설명한 것과 동일하게 하였다.

4) Sleeping rhythm의 결정

실험실에서 DDY strain 37마리를 30분 간격으로 3일간 관찰하여 시간마다 눈을 감고 있으며 비활동적인 개체수를 헤아려 sleeping rhythm을 조사하였다(Morgan, 1965). 각 시간마다 잠자는 개체수를 평균하여 그래프를 작성하였다.

5) Swimming activity의 측정

이미 완전하게 학습이 된 DDY strain중 5마리를 골라서 한 시간 간격으로 3일간 swim-

ming activity를 측정하였다. swimming activity는 직선거리 115cm를 가는데 걸리는 시간을 stop watch로 측정하여 기록했다.

6) Stress가 인출에 미치는 영향

DDY strain(몸무게 약 35g, 생후 120일) 10마리를 하루에 4번씩 6시간 간격으로 훈련시켜 steady state에 도달시킨후, 이를 세그룹으로 나누어, 제 1그룹을 한시간 간격으로 3일간 출발점에서 목표에 도달하는데 걸리는 시간을 측정하였으며, 제 2그룹은 첫째날은 한시간 간격으로 깨우지만 훈련시키지 않았으며 이를째부터 한시간 간격으로 훈련시켜 반응시간을 측정하였고, 제 3그룹은 첫째날, 둘째날은 매시간 깨어있지만 훈련시키지 않았으며 삼일째부터 제 1, 2그룹과 동일한 방법으로 반응시간을 측정하였다.

위와같은 조작을 위하여 세그룹을 한 cage에 넣고, 한 그룹을 꺼낼때 다른 그룹도 깨도록 하였다.

4. 수리학습이론의 적용

數理學習理論중 Estes의 통계적학습이론을 각 strain의 학습곡선 및 학습시간에 따른 학습곡선에 적용하였다.

Estes(1950)의 통계적 학습이론식은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\bar{L} = \frac{h}{1 - \frac{(\bar{L}_0 - h)e^{-qT}}{\bar{L}_0}} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 \bar{L} 은 試行당 평균시간으로 처음치 \bar{L}_0 로부터 최소 점근치(asymptotic minimum value), h ,로 된다. T 는 특정한 시행횟수이며, q 는 상수로서 학습속도 계수이다.

i) \bar{L}_0 , h 및 q 의 값 결정

\bar{L}_0 , h 는 데이터로부터 직접 구했으며, q 는 수식을 변형시켜 회귀직선으로부터 구했다.

(1)식을 변형하면

$$1 - \frac{h}{\bar{L}} = ae^{-qT} \dots\dots\dots (1)'$$

$$\left(\text{단, } a = \frac{\bar{L}_0 - h}{\bar{L}_0} \right)$$

이다.

(1)'식의 양변에 log를 취하면

$$\log\left(1 - \frac{h}{\bar{L}}\right) = \log a + (-qT) \cdot \log e \dots\dots\dots (2)$$

(2)식에서 log e는 常數이므로 여기에 상수 q 를 곱한 $q \log e$ 를 새로운 상수 b' 로 놓을 수 있으며, $\log a$ 는 새로운 y 절편 a' 로 놓을 수 있다. 새로 설정한 상수를 써서 (2)식을 정리하면

$$\log Y = a' + b'x \text{이다} \dots\dots\dots (3)$$

$$\left(\text{단, } Y = 1 - \frac{h}{L} \right)$$

(3)式에서 기울기 b' 를 구할 수 있고 $b' = (\log e) \cdot q$ 이므로 q 를 결정할 수 있다.

위의 같은 상수를 결정하고, 이를 (1)式에 代入하여 각 학습곡선의 이론식을 구하였다.

結果 및 論議

1. DDY, ICR, Wistar, C57BL의 학습곡선

DDY를 T-maze에서 훈련시켜 얻은 학습곡선은 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 첫 시행의 폭은 26.83~9.93초이지만 試行이 반복됨에 따라 점점 줄어들어 10회 정도되면 폭은 8.17~4.3초로 된다.

Fig. 4는 ICR을 훈련시켜 얻은 학습곡선을 보여주는 것으로, 첫 시행의 폭은 51.3~10.2초이지만 시행이 반복됨에 따라 점점 줄어들어 6회 정도면 9.13~4.53초 정도되고 10회가 되면 7.73~4.53초로 된다.

Fig. 5는 C57BL을 훈련시켜 얻은 학습곡선을 보여주는 것으로, 첫 시행의 폭은 96.6~15.1초로 다른 strain에 비해 대단히 크며 시행이 반복됨에 따라 점점 줄어들어 10회 정도 되면 7.77~5.53초로 된다.

Fig. 6은 Wistar를 훈련시켜 얻은 학습곡선을 나타내는 것으로 첫시행에서 각 개체간의 폭은 24.57~9.67초이지만 10회 정도되면 7.47~4.63초로 더 줄어든다.

각 strain의 변화해가는 양상을 쉽게 보기위해 각 시행의 평균치를 취하여 그린것이 Fig. 7이다.

약간의 차이가 있지만 10회 시행기간동안 도달되는 속도와 개체간의 폭은 거의 비슷함을 알 수 있다.

처음시행에서 정반응을 보이는 정도는 각 strain마다, 그리고 strain내에서도 각개체마다 확연히 다름을 알 수 있었다.

그리고 학습하는 속도도 각 strain간에 차이가 있는 것을 알 수 있다.

이를 좀더 정량적으로 分析하기 위하여 Estes의 통계적 학습이론을 적용한 理論式을 구하여 보면 다음과 같이 된다.

$$DDY; \bar{L}_{DDY} = \frac{5.95}{1 - 0.6704e^{-0.21T}}$$

$$ICR; \bar{L}_{ICR} = \frac{5.29}{1 - 0.7389e^{-0.48T}}$$

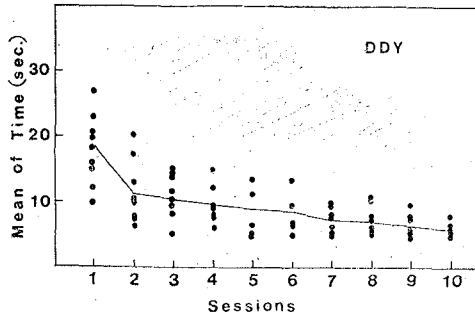


Fig. 3. Learning curve of DDY strain of mice.

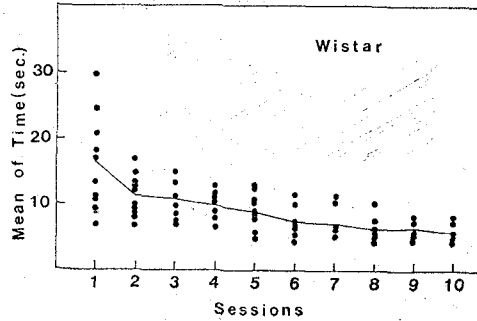


Fig. 6. Learning curve of Wistar strain of rats.

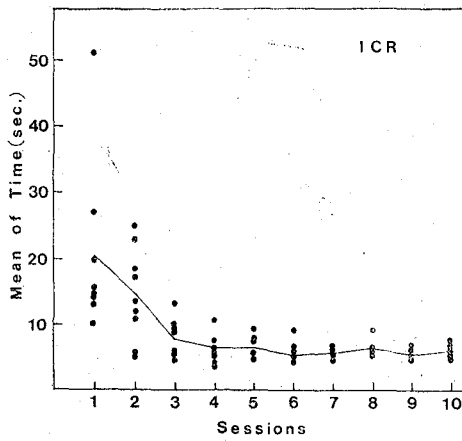


Fig. 4. Learning curve of ICR strain of mice.

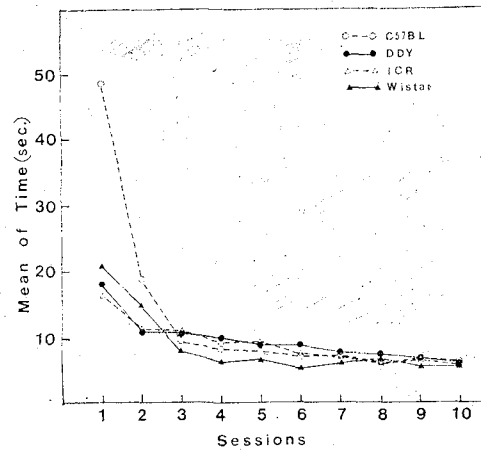


Fig. 7. Learning Curves of DDY, ICR, C57BL, and Wistar strains.

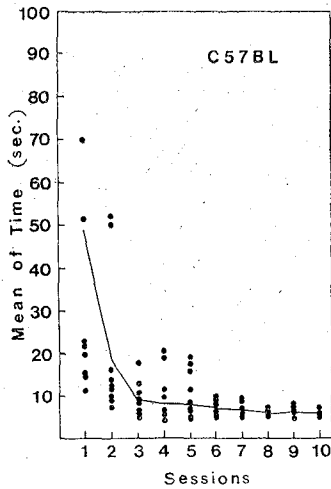


Fig. 5. Learning curve of C57BL strain of mice.

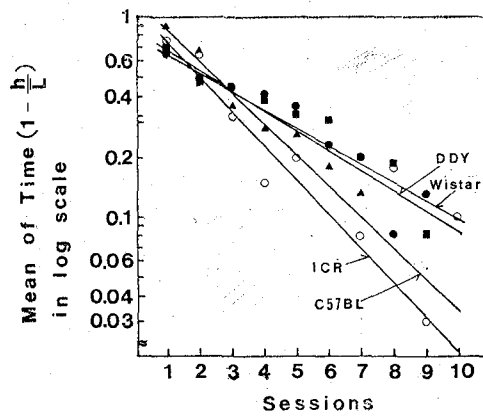


Fig. 8. Logarithmic transformation of the dependent variable in regression.

$$\text{Wistar; } \bar{L}_{\text{Wistar}} = \frac{5.74}{1 - 0.6714e^{-0.23T}}$$

$$\text{C57BL; } \bar{L}_{\text{C57BL}} = \frac{6.0}{1 - 0.8771e^{-0.41T}}$$

10회의 시행으로 최소 접근치가 거의 같아진다는 것은 각 strain간의 수영할 수 있는 능력에는 거의 차이가 없음을 나타내며, 단지 문제를 풀수있는 능력에 있어서 각 strain간에 차이가 있는 것으로 보인다. 그리고 학습속도 계수 q 를 보면 DDY와 Wistar는 거의 비슷하며 ICR과 C57BL도 비슷하다(Fig. 8).

이 결과는 Daniel Bovet, Filomena Bovet-Nitti, Alberto Oliverio(1969)들이 9종류의 strain을 써서 shuttle box에서 조사한 회피행동을 본 실험결과와 유사하나 한가지 다른점은 최소 접근치에서 다른 경향을 보인다는 것이다.

Daniel등이 실험한 것을 보면 각 strain간에 최소접근치는 상당히 차이가 있으나, 본 실험의 결과는 거의 비슷하였다.

이것은 측정하는 도구의 차이에 의한 것으로 생각된다.

2. Retention

Fig. 9는 DDY를 water T-maze에서 훈련시켜 얻은 학습곡선이다. 앞에서 상술한 바와 같이, 첫 시행의 폭은 상당히 크나, 시행이 계속됨에 따라 폭이 줄어들었다.

Estes의 이론을 적용하여 理論式을 구하여 보면,

$$\bar{L}_{\text{DDY}} = \frac{5.25}{1 - 0.8357e^{-0.357T}} \dots \dots \dots (A)$$

이다.

이를 35일후 재학습시킨 결과는 Fig. 10에서 보는 바와 같으며, 최소 접근치가 거의 변

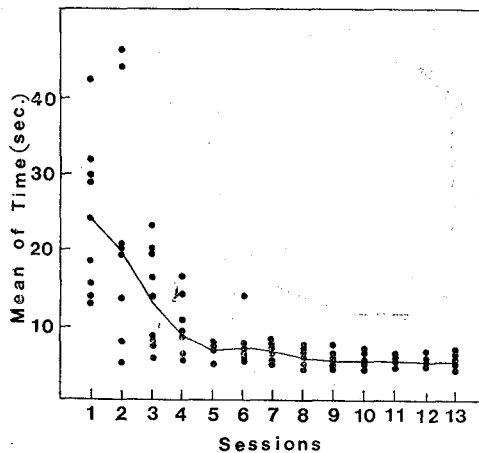


Fig. 9. Learning curve of DDY strain of mice

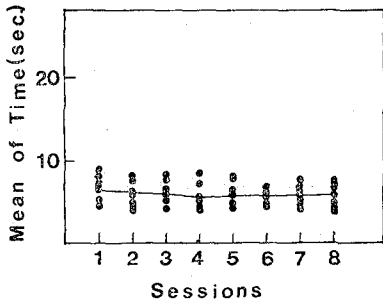


Fig. 10. Relearning performance (retention) during relearning trials after retention interval of 35 days.

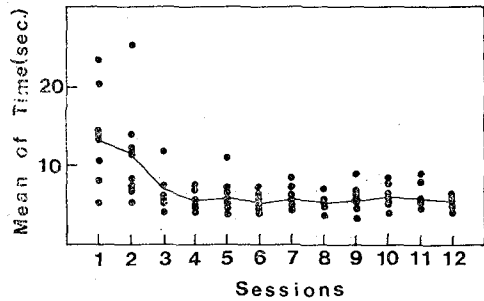


Fig. 11. Learning curve in DDY strain of mice of 95 days old.

화하지 않고 있는 것으로 보아 retention이 계속되고 있음을 알 수 있다.

이는 불완전하게 학습된 회피반응의 retention을 본 Kamin(1957, 1963)의 실험 결과와 일치한다.

이와 대조군으로 실험한 DDY 10마리의 학습곡선은 Fig. 11에서 보는바와 같다. 이에 Estes의 이론을 적용하여 이론식을 구하여 보면

$$L_{DDY} = \frac{5.28}{1 - 0.6e^{-0.13T}} \dots\dots\dots (B)$$

이다.

(A)식은 생후 60일 된 것을 훈련시킨 결과이며, (B)식은 이보다 35일동안 더 자란것을 훈련시킨 결과이다.

위 두식을 비교하여 볼 때 최소점근치는 같으나, 다른 상수에 차이가 있음을 알 수 있다.

3. 밤·낮의 학습시간에 따른 학습 곡선

Fig. 9는 밝은 곳(L)에서 기른 것과 어두운곳(D)에서 기른 것을 밤시간(D)과 낮시간(L)에 학습시킨결과 얻은 학습곡선을 나타낸다.

A)와 B) 그래프를 비교해 볼 때 기른 곳에 의한 차이는 거의 볼수 없으며, 밤에 훈련시킨 것과 낮에 훈련시킨 것의 차이가 분명한 것을 알 수 있다.

이들을 좀더 정량적으로 분석하기 위하여 Estes의 통계적 학습이론을 적용하여 각 그래프의 이론식을 구하여보면 다음과 같다.

i) 밝은 곳에서 길러 밤에 훈련시킨 것(LD)

$$L_{LD} = \frac{5.84}{1 - 0.5189e^{-0.59T}}$$

ii) 밝은 곳에서 길러 낮에 훈련시킨것(LL)

$$L_{LL} = \frac{5.91}{1 - 0.6786e^{-0.60T}}$$

iii) 어두운 곳에서 길러 밤에 훈련시킨 것(DD)

$$\bar{L}_{DD} = \frac{5.98}{1 - 0.5913e^{-0.57T}}$$

iv) 어두운 곳에서 길러 낮에 훈련시킨 것(DL)

$$\bar{L}_{DL} = \frac{6.38}{1 - 0.6420e^{-0.25T}}$$

밝은 곳에서 길러 밤에 훈련시킨 것이 최소 접근치가 가장 낮았으며, 어두운 곳에서 길러 낮에 훈련시킨 것이 최소 접근치가 가장 높았다.

DL에서 학습속도 계수는 상당히 작았으며, 나머지 셋은 거의 비슷하였다. (Fig. 13)

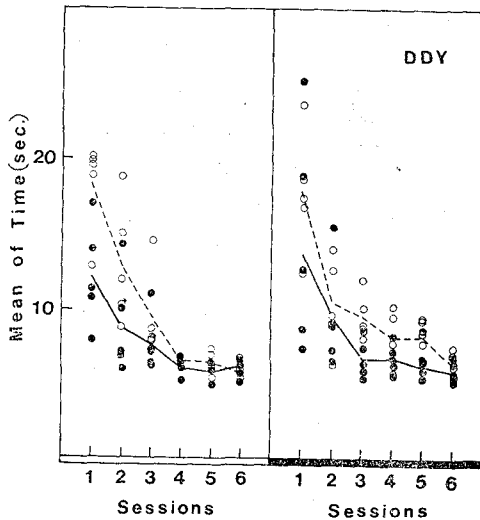


Fig. 12. The learning curves in DDY strain mice of different lighting conditions and different training times. (a) Mice maintained under continuous light. (b) Mice maintained under continuous light. Dotted lines; training during the day, solid lines; training during the night.

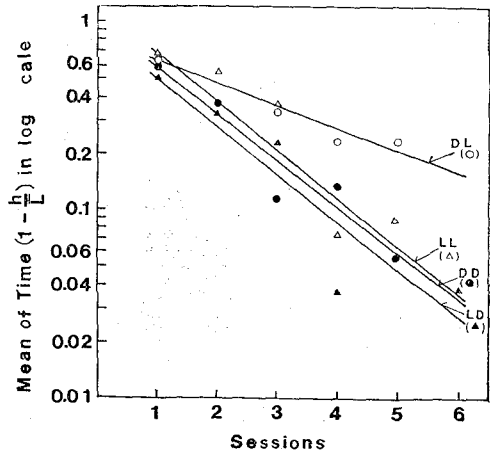


Fig. 13. Logarithmic transformation of the dependent variable in regression.

4. Sleeping rhythm

실험실 조건에서 DDY strain의 경우 잠을 자는 개체수가 11~15시 사이에 가장 많았으며, 07~09시 사이에는 약 70% 정도, 17~19시경에는 약 55% 정도가 잠을 자는 것을 알 수 있었다.

밤동안에도 약 20% 정도의 개체가 잠을 자고있는 것으로 미루어보아 밤에도 모든 개체가 다 활동하는 것은 아니라는 것을 알 수 있었다. (Fig. 14)

지금까지 알려진 바로는(Morgan, 1965) 쥐의 잠자는 형태는 monophasic이 아니고 polyphasic한 것으로 알려져 왔으나, 본 研究에서는 거의 monophasic에 가깝다고 볼 수 있었다.

이는 population의 sleeping rhythm을 본것이기 때문이라고 생각된다.

5. Swimming activity rhythm

Fig. 15에서 윗그래프는 sleeping rhythm의 반복되는 현상을 나타낸 것이고 밑의 그래프는 한시간 간격으로 swimming activity를 측정 한 결과이다.

A그래프를 볼때 swimming activity는 sleeping rhythm과 거의 일치하는 것을 알 수 있었다.

한시간 간격으로 계속활동을 시키면서 잠을 부족하게 하면 swimming activity rhythm은 거의 볼 수 없으며, activity는 계속 떨어지는 현상을 보여준다.

이와같은 현상은 잠이 부족하게 되면 근육이 극도로 이완되기 때문이라고 생각된다. (Kleitman, 1963, Cited by Morgan, 1965)

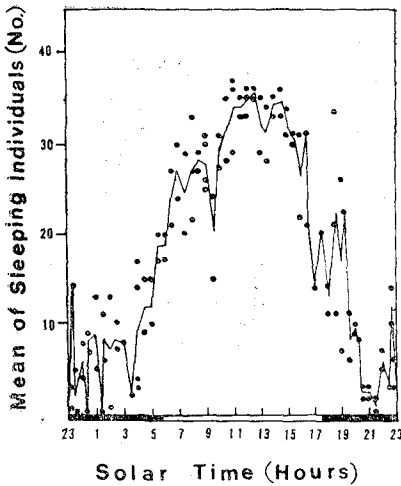


Fig. 14. The average hourly sleep of 37 male DDY strain mice in laboratory conditions.

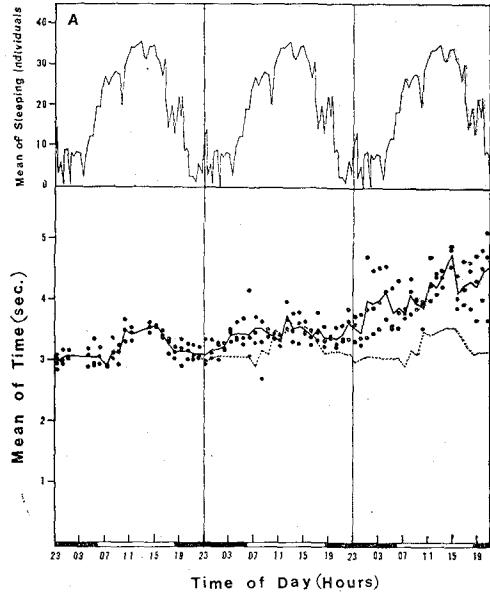


Fig. 15. The change of swimming activity rhythm in DDY strain mice trained every one hour. (A) The average sleeping numbers of DDY strain mice in laboratory conditions.

5. Retrieval의 變化

Fig. 16은 DDY를 T-maze에서 훈련시킨결과 얻어진 학습 곡선이다. 이와 같이 steady-state에 도달한 것을 세 group으로 나누어 잠을 재우지 않고 계속 活動시킨 결과, 引出의 變化를 보여주는 것이 Fig. 17이다.

Fig. 17의 윗그래프는 sleeping rhythm의 반복현상을 나타낸 것이다. A 그래프는 swimming activity rhythm에 따라 약간의 rhythm 현상을 볼수 있으나(15시전), 15시 이후 목표까지 오는 시간은 조금 높아짐을 알 수 있다. 이는 water T-maze의 출발점에서 목표까지 오는데는 swimming activity의 영향을 받고, 그 이후 오른쪽으로 돌아목표까지 오는데 걸리는 시간은 선택점에서 오른쪽으로 도는 속도 및 방향결정에 걸리는 시간이 swimming activity에 첨가되어 나타나게 된다는 것을 보여준다.

이런 점에서 볼때 15시 이후 목표까지 오는데 걸리는 시간이 증가한 것은, Fig. 15의 activity변화와 비교해 볼 때 선택점에서의 방향결정에서 지연된 것이라 思料된다.

이틀째는 전체적으로 증가된 현상을 보여주는데, 단지 swimming activity의 능력저하로 보기는 힘들고, 잠을 재우지 않고 계속 활동시킨 결과 선택점에서 기억을 회상해내는데 장애가 일어난 것으로 생각된다.

삼일째는 목표까지 도달하는데 시간이 더 증가하는 것을 알 수 있다. (Fig. 18c)

하루동안 재우지 않고 이틀째부터 훈련시킨 결과는 03시부터 19시까지는 거의 영향을 받지 않지만 19시 이후에는 목표까지 도달하는데 걸리는 시간이 상당히 증가된 것을 보여 주

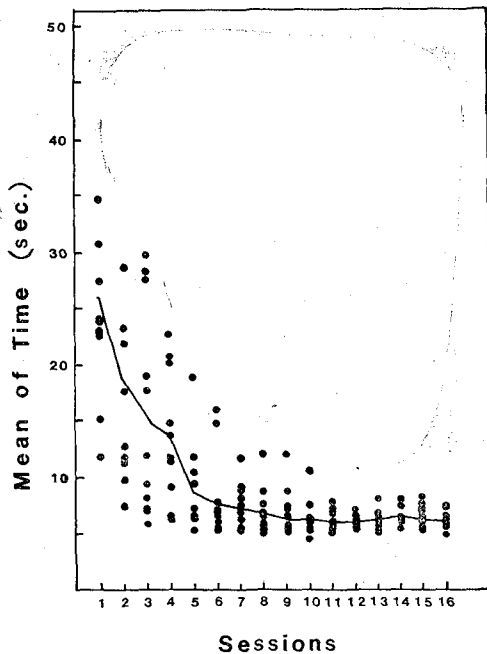


Fig. 16. Learning curve of DDY strain mice. Training session performed at 6-hour intervals. Each session has 3 trials.

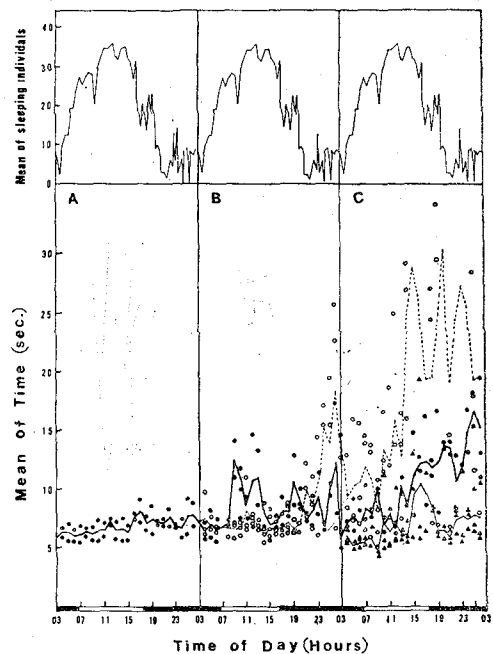


Fig. 17. The change of retrieval of early learned in DDY strain mice trained every one hour. (●-●); The others were treated with sleep stress during the first day (o··o); during the first two days (▲-▲), before the test.

었으며, 이와 같은 현상은 삼일째 더욱더 뚜렷이 나타났다.

이틀동안 재우지 않고 삼일째 훈련시킨 것을 보면 거의 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다.

이렇게 짧은시간 sleep deprivation을 줄때 개체마다의 deprivation을 받는 정도의 차이때문에 잠을 재우지 않았을 때 기억을 해내는 정도가 얼마나 영향을 받는가는 예측하기 힘들지만, 전반적으로 sleeping rhythm에서 잠을 많이자는 시간인 낮보다는 활동을 많이하는 시간인 초저녁부터 밤(03시까지)시간에 더 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

이는 짧은 기간동안 관찰한 것이기 때문에 나타나는 것이며, peak가 점점 더 낮시간쪽으로 이동하는 것을 볼때, 더 계속해서 훈련을 시키면 전체적인 rhythm이 깨어지면서 모든 시간에 다 영향을 미칠것으로 생각된다.

要 約

DDY, ICR, C57BL, Wistar등 쥐의 4가지 strain을 재료로하여 water T-maze에서 훈련시켜 얻은 학습곡선의 비교분석과 DDY의 명암조건에 따른 학습곡선의 차이, sleeping rhythm, swimming activity rhythm 및 기학습의引出變化를 연구한 결과는 다음과 같다.

1) 各 strain의 학습곡선을 수식(Estes, 1950)으로 표시하면 다음과 같다.

$$\text{DDY: } L = \frac{5.95}{1 - 0.6704e^{-0.21T}}$$

$$\text{ICR: } L = \frac{5.29}{1 - 0.7389e^{-0.48T}}$$

$$\text{Wistar: } L = \frac{5.74}{1 - 0.6714e^{-0.23T}}$$

$$\text{C57BL: } L = \frac{6.0}{1 - 0.8771e^{-0.41T}}$$

2) DDY를 밝은 곳에서 길러 낮에 훈련시킨 것의 학습속도가 가장 빨랐으며, 어두운 곳에서 길러 낮에 훈련시킨 것의 학습속도는 가장 늦었다.

3) swimming activity는 sleeping rhythm에 의존되는 biological rhythm을 나타내며, 잠을 재우지 않고 계속 훈련시켰을 때에는 swimming activity rhythm은 점차로 깨어지는 경향을 나타내며 activity는 감소하였다.

4) 잠을 재우지 않고 계속 활동시킬 때 기학습의引出은 낮보다 밤에 더큰 장애를 받았다.

參 考 文 獻

Barett, R.J., N.J. Leith, and O.S. Ray (1971) KAMIN EFFECT IN RATS: Index of

- Memory of Shock-induced inhibition? *J. COMP. Physiol. Psychol.*, 77, 234-239.
- Batus, R.T., R.L. Dean, J.A. Goas, and A.S. Lippe(1980) Age-Related Changes in Passive Avoidance Retention: Modulation with Dietary Choline, *Science*, 209, 301-303.
- Bovet, D., F. Bovet-nitti, A. Oliverio, (1969) Genetic aspects of learning and memory in mice, *Science*, 163, 139-149.
- Denny, M.R. & Adelman, H.M. (1955) Elicitation theory: I. An Analysis of two typical learning situations, *Psychol. Rev.* 62, 4. 290-296.
- Estes, W.K., (1950) Toward a statistical theory of learning ing, *Psychol. Rev.*, 57, 4-107.
- Estes, W.K., (1964) All-or-none process in learning and retention, *American Psychology*, 19, 16-25.
- Hilgard, E.R., Bower, G.H., (1975) *Theories of learning*, Prentice-Hull of India, 4th ed, 374-427.
- 鄭元植, 李相魯, 李星珍, (1980), *현대교육심리학* 156-179.
- Kamin, L.J., (1975) The retention of an incompletely learned avoidance response, *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 50, 457-460.
- Kamin, L.J., (1963) Retention of an incompletely learned avoidance response: some further analysis, *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 56, 713-718.
- 김영채 역, (1979) *학습심리학, 중앙적성 연구소.*
- Morgan, (1965) *Physiological Psychology*, 3th ed, Mcgraw-Hill, 339-358.
- Ochs, S., (1965) *Elements of nerophysiology*, John Wiley and Sons, Inc., 424-450.
- Oliverio, A., (1980) Genetic and environmental factors in relational to behavioral rigidity and plasticity in neurobiological basis of learning and memory, edited by Tsukada Y. and B.W. Agranoff, 193-212.
- Palmer, D., (1976) *An introduction to biological rhythms*, Academic Press, 60-65.
- Ricco, D.C., M.J. Marrazo (1972) Effects of Punishing Active Avoidance in Young and Adult Rats, *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 79, 453-458.
- Royce, J.R., M. Covington, (1960) Genetic differences in the avoidance conditioning of mice, *J. Comp. Physiol., Psychol.*, 53, 197.
- Talish, E.C., B.F. Ritchie, and D. Kalish (1946) Studies in spatial learning II. Place learning versus response learning, *J. Exp. Psychol.*, 36, 13-24.
- Tolman, E.C., Ritchie, B.F. and Kalish, D. (1946) Studies in Spatial learning. I. Orientation and the short-cut. *J. Exp. Psychol.* 36, 13-24.
- Villee, C.A. (1977) *Biology*, 7th ed., W.B. Saunders Company. 484-520.

Effects of Sleeping rhythm on Learning Behavior in mice

Nam Kee Chang and Ho Kam Kang
(Department of Biology)

Summary

The theoretical functions of learning curves of DDY, ICR, and C57BL strain of mice and Wistar strain of rats are derived from statistical learning theory according to Estes (1950). The results are as follows:

$$\text{DDY} : L = \frac{5.95}{1 - 0.6704e^{-0.21T}}$$

$$\text{ICR} : L = \frac{5.29}{1 - 0.7389e^{-0.48T}}$$

$$\text{C57BL} : L = \frac{6.0}{1 - 0.8771e^{-0.41T}}$$

$$\text{Wistar} : L = \frac{5.74}{1 - 0.6714e^{-0.23T}}$$

In DDY strain mice, the differences in learning curve of different training times show that the learning coefficient, q , is the largest for the light-reared training during the day time and the smallest for the dark-reared training during the night.

The swimming activity rhythm was in accordance with sleeping rhythm. Training every one hour leads to sleep deprivation and disturbance of swimming activity rhythm and lessened swimming activity.

Training every one hour leads to sleep deprivation and changes of retrieval of early learned, its effect on retrieval was more serious during the night than during the day.