

# 快速眼动相(REM)

## 睡眠剥夺对大鼠记忆巩固的影响<sup>\*1)</sup>

李德明 邵道生

中国科学院心理研究所

### 摘 要

本实验应用小站台水环境技术剥夺大鼠快速眼动相(REM)睡眠,比较了在学习后不同时间剥夺REM睡眠对记忆巩固的影响异同,结果证明:大鼠在学习后,立即剥夺REM睡眠24小时对记忆巩固明显不利;如在立即剥夺REM睡眠24小时后再让其恢复自由睡眠24小时,记忆成绩无明显改善;学习后允许自由睡眠24小时对记忆巩固明显有利;如在自由睡眠24小时后再行REM睡眠剥夺24小时,记忆成绩仍保持良好。说明学习后一段时间自由睡眠对于记忆的巩固是重要的,剥夺REM睡眠对于记忆的巩固明显不利。

### 前 言

睡眠与记忆的关系是研究睡眠和研究记忆共同涉及到的一个重要课题。这个方面的研究工作已在人和动物身上广泛进行。1924年, Jenkins, J. G.和Dellenback, K. M.<sup>[1]</sup>首次在人身上证明睡眠“保护”记忆痕迹,有助于记忆的保持,随后进一步得到证明<sup>[2-4]</sup>。相反,睡眠剥夺影响记忆,以人<sup>[5-7]</sup>和动物<sup>[8-10]</sup>为被试对象,也有不少报告。近年的工作尤其注意到REM睡眠与记忆的巩固过程可能有密切关系<sup>[8-10]</sup>。

本实验利用一种灯光回避辨别反应作为大鼠的学习内容,应用小站台水环境技术剥夺大鼠REM睡眠,比较在学习后立即剥夺REM睡眠,剥夺REM睡眠后再让其恢复自由睡眠、延时剥夺REM睡眠以及自由睡眠四种情况对大鼠记忆巩固影响的异同。

### 实 验 方 法

被试动物为成年(体重260—330克)、健康的雄性大白鼠。于第一实验日学习灯光回避辨别反应,以条件反射百分率(CR%) $\geq 20\%$ 为录用标准,学习训练凡条件反射百分率 $< 20\%$ 者予以淘汰。录用的被试动物共40只。按该项学习成绩优劣搭配分为四组,每组10只动物,使各组间平均学习成绩相近。第一组是“立即剥夺睡眠组”,即在动物学习完毕立即开始剥夺REM睡眠,时间为24小时,于第二实验日睡眠剥夺结束时作记忆检查。第二组是“延时恢复自由睡眠组”,即在动物学习完毕立即行24小时REM睡眠剥夺再把动物送回饲养笼,让其自由睡眠24小时,于第三实验日作记忆检查。第三组是“延时剥夺睡

\* 本论文曾在1980年中国心理学会生理心理学专业委员会成立大会第一次学术讨论会上宣读。

1) 本文于1980年6月16日收到。

眠组”，即在动物学习完毕立即把动物送回饲养笼，允许自由睡眠24小时后再行REM睡眠剥夺24小时，于第三实验日睡眠剥夺结束时作记忆检查。第四组是“对照组”，即在动物学习完毕允许动物自由睡眠24小时，于第二实验日作记忆检查。四个实验组设置图示见图1。学习训练和记忆检查均在上午进行。

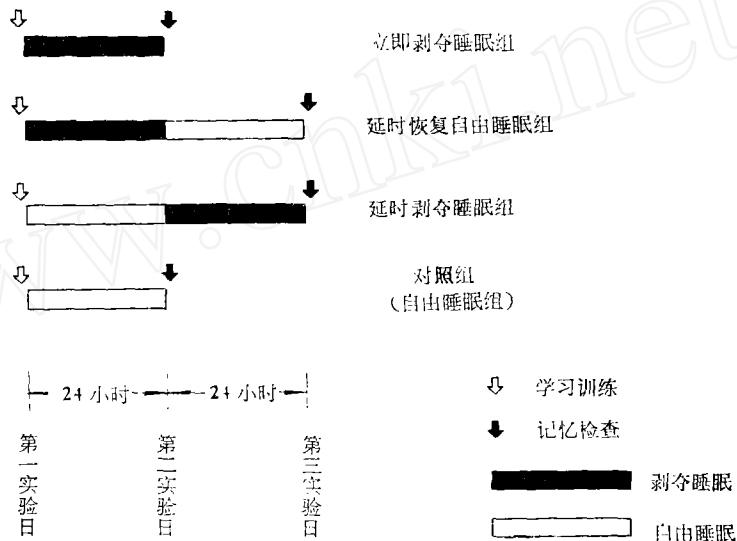


图 1 四个实验组设置图示

REM睡眠剥夺方法采用小站台水环境剥夺方法<sup>[11]</sup>。直径为4.5厘米的圆形铁丝网盘状支撑座安放在水池中，盘面高于水面1厘米。把大鼠放在圆盘上面，只要动物进入REM睡眠，身体肌肉全部松弛，动物就会掉入水中，这样可以得到对动物选择性REM睡眠剥夺的结果。这已由其他作者用脑电图(EEG)记录得到证明<sup>[12,13]</sup>。动物睡眠剥夺与自由睡眠在同一实验室内进行。睡眠剥夺周期均为上午几时至次日上午几时，分别在上午8:00—8:30和下午7:00—7:30给睡眠剥夺动物喂食物和水；自由睡眠动物群养于饲养笼内，自由摄取食物和水，与动物房饲养条件相同。

灯光回避辨别模式是由我们制作的，平面图见图2。箱的外面四周为木结构，上面是透明有机玻璃盖，里面除左侧安全箱外各面均设有电网。实验在暗室内进行。学习训练方法是：在三个灯(均为15瓦，220伏)亮和箱内两道门打开的条件下，打开起始箱上面的盖子，把动物放入箱内，让其在箱内各室自由活动2—3分钟适应环境。待动物回到起始箱后，熄灯并关闭门1，准备开始学习训练。以三个灯亮为条件信号(同时打开门1)，持续5秒钟，随后由箱内各面电网给予电击为无条件刺激(交流电：20—25伏、电流约1.0毫安、50赫)，电击至动物逃入左侧目的箱(即安全箱，无电网)为止。关闭门2，从侧门抓出动物。关闭门1，再把动物放入起始箱，待动物安静1分钟，打开门1，再进行第二次训练，操作同前。连续学习训练13次，前3次为预备训练，不记入学习成绩；后10次为正式训练，记入学习成绩。记忆检查与此操作相同。学习与记忆成绩由三项指标表示，即条件反射百分率(CR%)、条件反射连续出现次数(SNCR)和条件反射平均反应时(RT<sub>CR</sub>)。

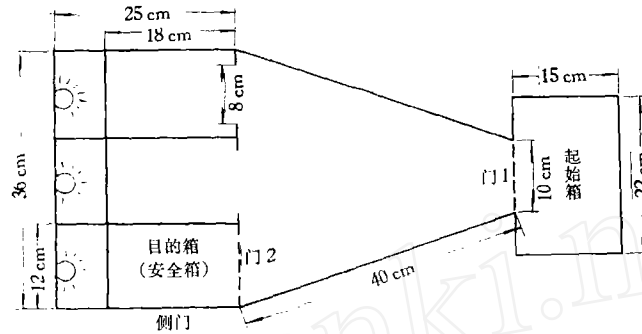


图 2 灯光回避辨别反应模式平面图

## 实 验 结 果

1. 各组间动物记忆成绩的比较。四组动物的学习成绩与记忆成绩列于表 1。从表 1 可以看出,立即剥夺睡眠组动物的条件反射百分率(CR%)和条件反射连续出现次数(SN<sub>CR</sub>)明显低于对照组和延时剥夺睡眠组,而延时恢复自由睡眠组较立即剥夺睡眠组稍有改善,但不明显。另一项指标条件反射平均反应时(RT<sub>CR</sub>)的结果是:立即剥夺睡眠组和对照组明显较延时恢复自由睡眠组短。

2. 各组内动物记忆成绩与学习成绩的比较。从表 1 可以看出,对照组和延时剥夺睡眠组在条件反射百分率(CR%)和条件反射连续出现次数(SN<sub>CR</sub>)两项记忆成绩上显著

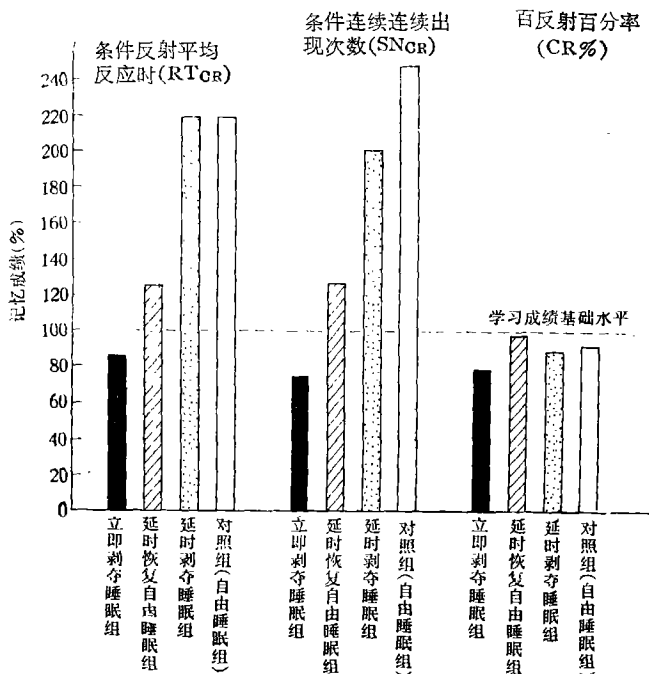


图 3 各组内动物记忆成绩与学习成绩的比较

高于学习成绩,而立即剥夺睡眠组的这两项记忆成绩较学习成绩稍有降低,延时恢复自由睡眠组稍有升高。四组动物在记忆检查时的条件反射平均反应时(RT<sub>CR</sub>)均较学习训练时缩短,其中以立即剥夺睡眠组缩短最多,延时恢复自由睡眠组缩短最少。以各组动物的学习成绩为100%,可以计算出各组动物各项指标的记忆成绩的相对百分率,结果见表 2 和图 3。

3. 各组动物条件反射百分率(CR%)的学习曲线与记忆曲线的比较。由每组 10 只动物每连续二次的学习

成绩(或记忆成绩)的平均值共 5 个数值, 绘制集体学习曲线(或记忆曲线), 结果见表 3、图 4 和图 5。从图 4 可以看出, 四组动物的学习曲线均属上升类型, 说明学习成绩随学习训练次数的增加而增加。在图 5 中, 对照组和延时剥夺睡眠组记忆成绩的水平明显高于学习成绩的水平, 说明有记忆保持的效果, 可以把该二条曲线看作再学习曲线。而立即剥夺睡眠组的记忆曲线, 不仅成绩的水平低, 而且形式异常, 有下降倾向。

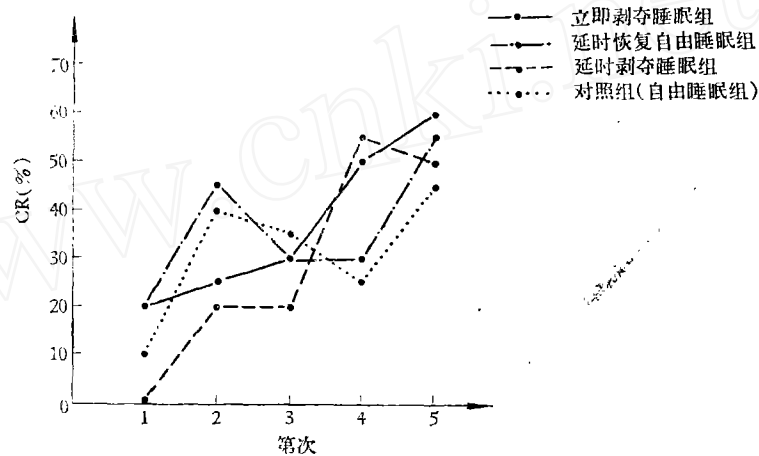


图 4 四组动物条件反射百分率(CR%)学习曲线

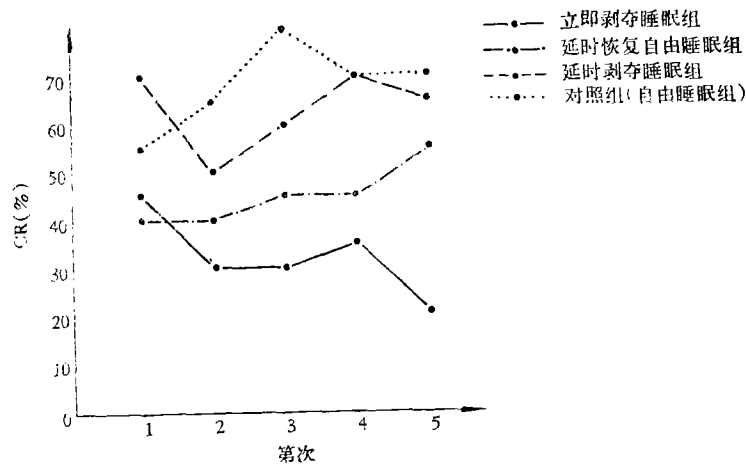


图 5 四组动物条件反射百分率(CR%)记忆曲线

## 讨 论

从实验结果看出: 大鼠在初步学会灯光回避辨别反应后, 立即剥夺REM睡眠24小时明显影响记忆的巩固。但是, 在学习后至少立即剥夺睡眠几小时才明显影响记忆的巩固, 而在学习后至少让其自由睡眠几小时才明显有利于记忆的巩固呢? 本实验尚不能回答这个问题。已有作者报告学习之后的三个小时对于记忆的巩固是重要的<sup>[5,6,12]</sup>。大鼠对该模式的学习是否也如此, 尚待验证。

近年来,关于REM睡眠剥夺引起动物脑兴奋性升高的报告不少,从电休克阈值的变化<sup>[14,15]</sup>、诱发电位的变化<sup>[16]</sup>以及脑内自我刺激阈值的变化<sup>[17]</sup>等方面证明了这一点。我们在该实验记忆检查时观察到:立即剥夺睡眠组动物条件反射平均反应时(RT<sub>CR</sub>)缩短最多,延时剥夺睡眠组次之(10.9%),而对照组和延时恢复自由睡眠组缩短最少(分别为7.8%和2.0%)。该结果表明:REM睡眠剥夺对动物条件反射反应时有影响。如果可以认为条件反射反应时是反映脑兴奋性的指标之一,那么,该结果与上述作者关于REM睡眠剥夺影响脑兴奋性的结果是相一致的。

## 结 论

应用小站台水环境技术剥夺REM睡眠的方法,证明在大鼠初步学会灯光回避辨别反应后,立即剥夺REM睡眠24小时对该模式记忆的巩固产生明显的不利影响;如在立即剥夺REM睡眠24小时后再让其恢复自由睡眠24小时,记忆成绩无明显改善;学习后让其自由睡眠24小时对记忆的巩固明显有利;如在自由睡眠24小时后再行REM睡眠剥夺24小时,记忆成绩仍保持良好。由此说明,学习后一段时间对于记忆的巩固是重要的,在这段时间内允许动物自由睡眠对于记忆的巩固是有利的,而剥夺REM睡眠明显不利。

表 1 各组动物的学习成绩与记忆成绩

组 别	学 习 成 绩(M±σ)			记 忆 成 绩(M±σ)		
	条件反射百分率(CR%)	条件反射连续出现次数(SN <sub>CR</sub> )	条件反射平均反应时(RT <sub>CR</sub> )	条件反射百分率(CR%)	条件反射连续出现次数(SN <sub>CR</sub> )	条件反射平均反应时(RT <sub>CR</sub> )
立即剥夺睡眠组	37.0±17.7	2.4±1.2	2.77±1.25	32.0±30.1*	1.8±1.8**	2.19±0.60***
延时恢复自由睡眠组	36.0±19.9	2.3±1.6	2.95±0.83	45.0±26.0	2.9±1.9	2.89±0.82
延时剥夺睡眠组	29.0±9.9	1.8±1.1	2.65±0.73	63.0±21.1	3.6±1.8	2.36±0.60
对照组(自由睡眠组)	31.0±16.0	1.9±0.9	2.30±0.98	68.0±23.0	4.7±2.6	2.12±0.72****

各组间记忆成绩的比较:

- 1) 条件反射百分率(CR%): \* 立即剥夺睡眠组与对照组比  $P < 0.01$ ;  
立即剥夺睡眠组与延时剥夺睡眠组比  $P < 0.001$ 。
- 2) 条件反射连续出现次数(SN<sub>CR</sub>): \*\* 立即剥夺睡眠组与对照组比  $P \sim 0.01$ ;  
立即剥夺睡眠组与延时剥夺睡眠组比  $P < 0.05$ 。
- 3) 条件反射平均反应时(RT<sub>CR</sub>): \*\*\* 立即剥夺睡眠组与延时恢复自由睡眠组比  $P < 0.05$ ;  
\*\*\*\* 对照组与延时恢复自由睡眠组比  $P < 0.05$ 。

表 2 各组内动物记忆成绩与学习成绩的比较

组 别	条件反射百分率(CR%)			条件反射连续出现次数(SN <sub>CR</sub> )			条件反射平均反应时(RT <sub>CR</sub> )		
	记忆成绩	与学习成绩比较	P	记忆成绩	与学习成绩比较	P	记忆成绩	与学习成绩比较	P
立即剥夺睡眠组	86.5%	-13.5%	不显著	75.0%	-25.0%	不显著	79.1%	缩短 20.9%	不显著
延时恢复自由睡眠组	125.0%	+25.0%	不显著	125.1%	+26.1%	不显著	98.0%	缩短 2.0%	不显著
延时剥夺睡眠组	217.2%	+117.2%	<0.001	200.9%	+100.0%	<0.02	89.1%	缩短 10.9%	不显著
对 照 组 (自由睡眠组)	219.4%	+119.4%	<0.001	247.4%	+147.4%	<0.01	92.2%	缩短 7.8%	不显著

各组动物的各项学习成绩为100%。P值根据表1的数据计算的。

表 3 各组动物条件反射百分率(CR%)的学习成绩与记忆成绩

组 别	学 习 成 绩(CR%) (每连续 2 次的平均学习成绩)					记 忆 成 绩(CR%) (每连续 2 次的平均记忆成绩)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
立即剥夺睡眠组	20	25	30	50	60	45	30	30	35	20
延时恢复自由睡眠组	20	45	30	30	55	40	40	45	45	55
延时剥夺睡眠组	0	20	20	55	50	70	50	60	70	65
对照组(自由睡眠组)	10	40	35	25	45	55	65	80	70	70

## 参 考 文 献

- [1] Jenkins, J. G. and Dallenbach, K. M. Amer.: J. Psychol. 35:605—612, 1924
- [2] Berrett, T. R. and Ekstrand, B. R.: J. Exp. Psychol. 96:321—327, 1970
- [3] Benson, K. and Feinberg, I. Psychophysiology, 12:192—195, 1975
- [4] Benson, K. and Feinberg, I. Psychophysiology, 14:375—384, 1977
- [5] Williams, H. L. et al.: Perceptual and Motor Skills, 23:1287—1293, 1966
- [6] Ekstrand, B. R. et al. In René R. Drucker-Colin et al. (eds): Neurobiology of Sleep and Memory, 419—438, 1977
- [7] Torbjörn Akerstedt and Mats Gillberg: Psychophysiology, 16:49—52, 1979
- [8] Pearlman, C. and Becker, M.: Physiol. Psychol. 1:373—376, 1973
- [9] Pearlman, C. and Decker, M.: Physiol. Psychol. 2:509—512, 1974
- [10] Pearlman, C. and Becker M.: Physiol. Psychol., 13: 813—817, 1974
- [11] Fujol, J. F. et al. Science, 159:112—124, 1968
- [12] Eobillier, P. et al.: J. Neurochemistry, 22:23—31, 1974
- [13] Duncan, R. H. et al.: Psychophysiology, 4:379, 1968
- [14] Vincent Bioch et al. In René R. Drucker-Colin et al. (eds): Neurobiology of Sleep and Memory, 255—272, 1977
- [15] Cohen, H. B. and Dement, W. C.: Science, 150, 1318—1319, 1965
- [16] Cohen, H. B., Duncan, R. and Dement, W. C.: Science, 156:1646—1648, 1967
- [17] Saitouff, E., Drucker-Colin, R. J. and Hernandez, I. E.: Physiology and Behavior, 7:103—106, 1971
- [18] Steiner, S. S. and Ellman, S. J.: Science, 177, 1122—1124, 1972

EFFECT OF REM DEPRIVATION ON  
CONSOLIDATION OF MEMORY IN RATS

Li De-ming, Shao Dao-sheng  
(Institute of Psychology, Academia Sinica)

The retentions of memory were tested in 4 groups of Albino Rats. REM deprivation was carried out on small platform surrounded by water for 24 hrs after discrimination learning in Group 1. The free sleep was returned for 24 hrs after REM deprivation in Group 2. The interval between REM deprivation and learning was 24 hrs free sleep in Group. 3. The free sleep

was allowed for 24 hrs after learning in Group 4 which was the control one. Then the retentions of memory were tested in all animals.

The experiment demonstrated that REM deprivation had produced a considerable impairment to the consolidation of memory in Group 1. The consolidation of memory in Group 2 was little better than Group 1. However, the retentions of memory were better in Groups 3 and 4 in both of which animals were allowed to sleep freely immediately after learning or imposed to deprive REM sleep afterwards.

The results indicated that it is very important for the consolidation of memory to sleep freely after learning, but REM deprivation is harmful.

WWW.CNKI.NET