

(美) A. 皮尔兹 R. 范贝弗 著

生物钟



科学出版社



58.183
120
(1)

生 物 钟

[美] A. 皮尔兹 R. 范贝弗 著

王树凯 刘锦城 译



科 学 出 版 社

1979

中科院植物所图书馆



S0017500

内 容 简 介

本书介绍生物的活动和生理变化的节律，讨论控制这些节律的生物钟的作用机制及其与周围环境的关系，并说明研究生物钟对发展农业、畜牧业和医学的意义。

本书可供具有中等文化水平的读者阅读。

A. Piltz, R. Van Bever
TIME WITHOUT CLOCKS
Crosset & Dunlap, 1970

生 物 钟

[美] A. 皮尔兹 R. 范贝弗 著
王树凯 刘锦城 译

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979年5月第一版 开本：787×1092 1/32

1979年5月第一次印刷 印张：3 1/4

印数：0001—101,200 字数：62,000

统一书号：13031·987

本社书号：1390·13—10

定价：0.25元

目 录

第一章	大球和小球——太阳和月亮	1
第二章	天上的征兆	7
第三章	宇宙中的节律	11
第四章	生物体内的时钟	26
第五章	生物钟的某些解释	43
第六章	空间实验	59
第七章	人类的节律	71
第八章	生物钟的实际应用	86

目 录

第一章	绪论	第一章
第二章	大地的构造	第二章
第三章	地壳的变动	第三章
第四章	地壳的侵蚀与堆积	第四章
第五章	地壳的均衡与地壳的均衡	第五章
第六章	地壳的均衡与地壳的均衡	第六章
第七章	地壳的均衡与地壳的均衡	第七章
第八章	地壳的均衡与地壳的均衡	第八章

第一章 大球和小球——太阳和月亮

假如我们把一只螃蟹从美国东北部新英格兰的海滩带到世界的另一端，它还会知道新英格兰的海滩在什么时候涨潮。这是为什么呢？一只果蝇在黑暗的地方呆了一星期之后，还能知道什么时候是白天，什么时候是黑夜。这又是为什么呢？蜜蜂是怎么知道时间的？把一只猴子带到宇宙空间，对它的日常生活规律会有什么影响？是不是所有生物的体内都有一只时钟？是不是存在着人们还不知道的力在控制着地球上动物和人类的活动？在宇宙空间中，时间会不会变慢？对于这些问题，科学家们是多么希望能够找到答案啊！

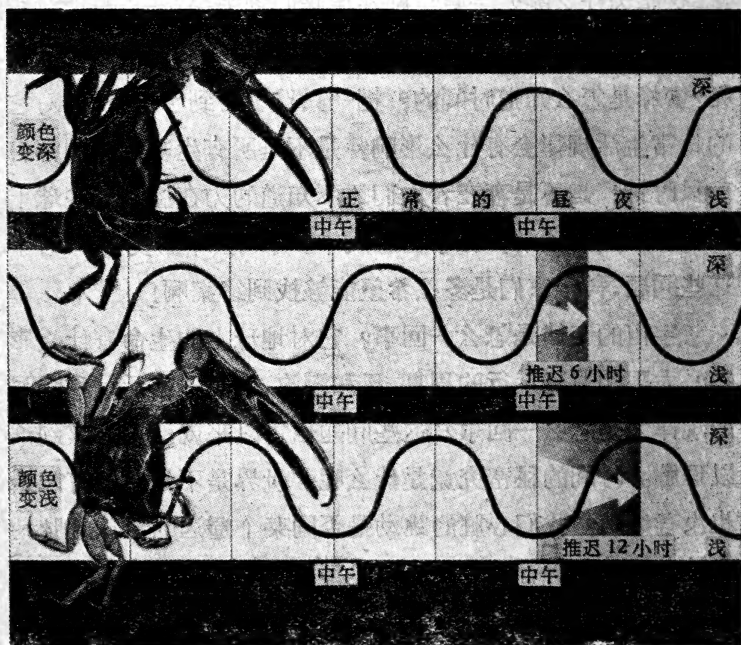
宇宙的节律是怎么一回事？它对地球上的生命有什么影响？太阳和月亮运行的周期，风和潮汐，人类日常活动和睡眠的规律又是怎么一回事？这些问题自古以来就使人们感到难以理解。时间的秘密究竟是什么呢？世界是不是既没有起始也没有终结？我们心脏的跳动是否同某个遥远的星球的脉动合拍？地球上所有的生物是不是都能感觉到来自太空的信号呢？

古人以为天体运动是受神的意志支配的，因而祈求神不要同天体开太多的玩笑。古代巴比伦的天文学家们发现，如果把太阳和月亮分别看作围绕圆形轨道运行的大球和小球，

那么大球运转一周(一年),小球则运转 12.47 周(太阴月)。在运转中小球不断超越大球,而且,每当大球运转十九周时,小球恰恰是十九年前小球超越大球的同一地方超越大球的。在那个位置上,月亮赶上了太阳。

巴比伦人关于月亮怎样运行和宇宙时间怎样流逝的伟大发现,使人类得以第一次真正按照天体的运行校正日历。

为了设计与天体运行相符的日历和时钟,人类已经花费



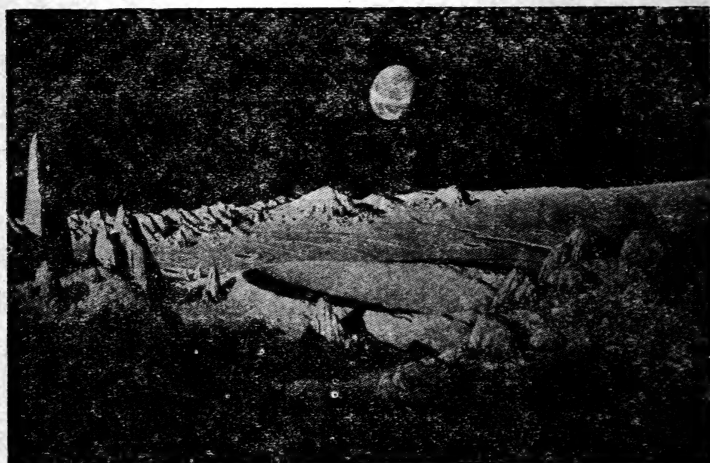
在正常的白昼和黑夜的条件下,招潮蟹的颜色白天变深,夜晚变浅。到黎明时,颜色又变深。如果重新安排二十四小时中光亮和黑暗循环交替的时间,螃蟹在新环境里呆几天之后,它的生物钟就会得到相应的调整,按新的时间改变颜色

了许多个世纪的时间。然而，在美国大西洋西岸科德角的海滩上，却有一种螃蟹能够根据太阳和月亮的运行每天校正自己的“日历”！

提琴蟹(即招潮蟹)的颜色一日几变。这种蟹(雄蟹前面长着一个大螯，看上去很象在拉提琴)白天颜色变深，晚上颜色变浅，黎明时，颜色又变深。这种蟹颜色变深的时间，每天比前一天晚大约五十分钟。把它们放在黑暗的房间里，过几个星期后，它们颜色变深的时间还是每天都晚五十分钟。可见，招潮蟹通过某种办法得知它原来生活的海滩上什么时间退潮。但是，关在黑屋子里的螃蟹怎么会知道海滩上潮水涨落的情况呢？为什么它们在临涨潮时，显得特别活跃？尤其是马撒葡萄园岛的螃蟹怎么会知道自己改变颜色的时间应该比科德角的螃蟹晚四个小时呢？(马撒葡萄园岛位于美国大西洋沿岸，距科德角大约五英里，每天涨潮的时间比科德角晚四小时。)是不是所有的螃蟹都对某种神秘的外力有所反应？是不是即使把它们关在黑屋子里，磁场、气压变化或宇宙辐射也能影响到它们，从而使它们知道什么时候应该改变颜色？是不是生命的原生质本身有某种内在時計，因此某些动物不管在哪儿都能知道时间？对于这些问题，科学家们得不出一致的答案。

科学家们确实知道，海洋潮汐主要是由月球引力造成的，而潮汐的高低也受太阳引力的影响。看来招潮蟹既能根据太阳又能根据月亮来校准自己的“时钟”。它们按太阳日改变颜色，同时又随潮汐的涨落，也就是按太阴日来寻觅食物。它们

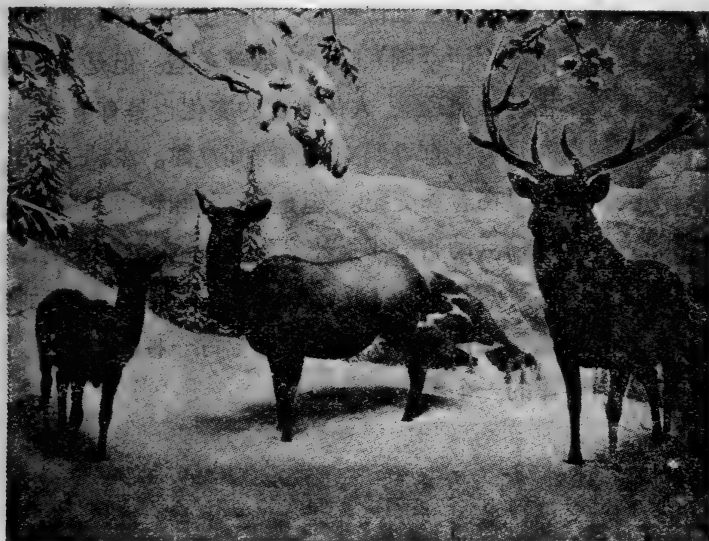
是怎样校准自己的“时钟”来测定太阳日和太阴日的长短的？它们怎么会知道海滩上什么时候又要退潮，而且几乎一分钟也不差呢？老鼠、鸟类、蝌蚪和蚯蚓怎么也能知道时间呢？



海洋潮汐主要是由月球的引力造成的。图中看到的是月球的面，远处见到的是地球

人类利用钟表来计时。过去，人们根据某些过程每昼夜进行的速度来试制時計，如水钟滴水的速度，蜡烛燃烧的速度或沙子流过沙漏窄颈的速度。今天，钟表是以机械能、电能甚至原子能为动力来转动的。但是，人类还不能发明一种能与太阳、月亮和星星的运动(无论是真实的运动还是视运动)完全一致的钟表。那么，招潮蟹又怎么能做到这一点呢？其他动物也没有钟表和日历，它们是怎样知道时间和日期的？为什么狐狸只在一月份交配？是什么东西告诉海龟，出发远洋长游的时间到了？为什么蜘蛛都在夜里十二点到清晨四点之

间织网？为什么猫头鹰的体温恰好在夜间十二点最高？看来奥秘是无穷的。



动物有寻偶交配的时间规律。有些动物只在春季交配。还有些动物，如麋，只在秋季交配

千百年来，人类一直在观察着可以用来计时的各种循环往复、周而复始的自然现象，并发现在动物身上有着无穷无尽的、种类繁多的有节律的变化，但是一直没有找到产生这些节律的真正原因。植物生长的速度是有节律的。大多数植物都在日出的时候长得快些。有的植物在春天生长，有的则在秋天生长。动物的活动也是有节律的：兔子喜欢在夜里跑来跑去；老鼠也是如此。而猪和羊则喜欢在白天活动。这是为什么呢？

人体本身也有节律。人的心脏每分钟大约跳动七十次，将 1.5 加仑（约 5,700 毫升）的血液输送到身体各个部分。如果活动剧烈，心跳的速度就快些。人的一生中，每分钟肺部吸气十五至二十次。活动剧烈时，次数就多些。但是人们对这种节律说不出什么道理。人体温度的变化也是有节律的，每天晚上最高。动物还有寻偶交配的时间规律。象鸭子、鹅、天鹅一类的水禽只在春季交配。但是鹿、驼鹿和麋却只在秋季交配。各种动物活动的节律是什么因素决定的？为什么这种节律在一定的时间开始，或者具有一定的频率？各种动物怎么会知道什么时间该干什么呢？地球上每一种生物又是怎样构成宇宙节律的一个组成部分的？

第二章 天上的征兆

人的时间概念是由宇宙的规律决定的。地球这个行星每二十四小时围绕假想的地轴自转一周。地球非常有规律地围绕着太阳旋转，运行一周需要三百六十五又四分之一天。月亮绕地球转一周需要大约二十九天半。

天上的这些现象，早在最原始时期，就被人们发现并加以利用，用来指导关系人类生存的重要活动，例如什么时候睡觉、打猎，什么时候播种、收获等等。在古代原始公社中，就连举行宗教仪式也要根据天上的征兆来决定。不看天上凶吉之兆就作出重要决定是很少见的。

今天同整个宇宙间的更加惊人的脉动和节律现象比较，我们可能把太阳系可预报的运行周期看成无关紧要、不足为奇的。虽然这些自然现象决定了我们的命运，但除了象日食、月食和彗星的出现这样一些最可畏的现象外，其他的现象我们都不大理会。

大家都知道的一个可以预报的周期就是离我们最近的恒星太阳的活动周期。每过十一年，太阳的表面就一定会出现剧烈的爆炸，使太阳表面受到严重的干扰。这种爆炸称为太阳耀斑。在爆发的过程中，巨大的白炽气流火焰从太阳表面喷向太空，高达几十万英里。因为我们并不了解这种情形，所

以如果我们的短波收音机的接收情况受到天电的严重干扰，我们唯一的反应只不过是烦恼罢了。

除了太阳以外，其他恒星好象正在经历或者已经经历了一个温度变化的周期，同时还伴随着膨胀和收缩。这个周期开始于这些恒星的产生，结束于这些恒星自身的毁灭。这种周期长达好几百万年，当然，这只能通过观察处于这种周期的不同阶段的恒星来加以推论，而我们现在所观测到的各种恒星也正是处于不同阶段的。的确，有人甚至曾经提出：宇宙有节律的膨胀和收缩可以作为宇宙起源之谜的答案。没有人能估计出宇宙膨胀到今天这样大已经用了多长时间。我们甚至还不知道宇宙到底有多大。当宇宙膨胀时，恒星和星系以稍慢于巨大光速的速度互相飞散，那么，谁敢说宇宙不会达到它的最大极限，然后经过极长的时间又收缩成一整块巨大的物质，而后又爆炸开来，重新开始膨胀呢？

从时间和质量的另一极端我们也知道，节律存在于物质最基本的单元——原子——之中。

原子的振动给科学家提供了当今最准确的计时器。已经发现，含有三个氢原子和一个氮原子的氨分子具有恒定的振动频率。这种振动是氮原子以频率为每秒 23, 870, 100 次的上下运动引起的。根据这种情况，一秒钟的新的科学定义就是氮原子在氨分子中振动 23, 870, 100 次所需要的时间。这种计时标准现在常被称为“原子钟”。同样，如果推测比原子还小的粒子也保持着有节律的振动，这也是合乎逻辑的。不过，它们的振动频率如果用普通的计时单位来表示，也许是难

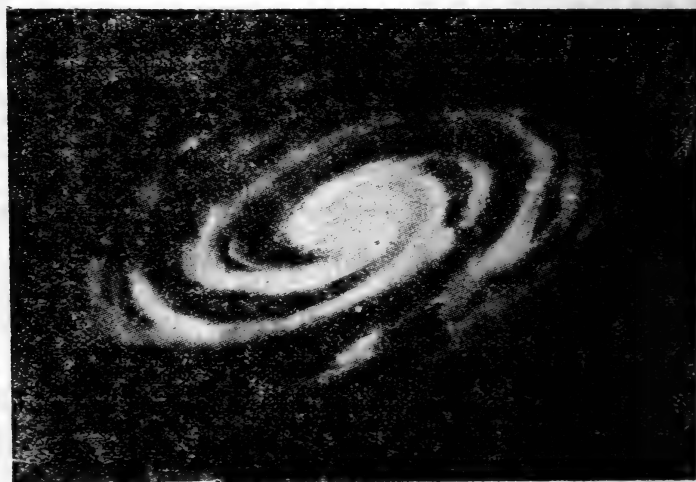
以理解的。

从恒星发射出来的不仅有光和热,而且有多种其他辐射。多年来,天文学家们一直在用无线电望远镜探索宇宙的秘密。这些庞大的电子装置使科学家们能够测定来自宇宙中最遥远的已知天体的射电信号的射电源的位置,这些天体距地球达一百亿光年,因为科学家们认为它们的组成和能源同“正常”的恒星相比大不相同,所以把这些射电源称作类星体。但是射电天文学同宇宙节律又有些什么关系呢?

在对类星体进行观察研究的过程中,科学家们发现了一个非常有规律的射电信号源,它每过 1.337 秒必定发出一个信号!这一发现被看作天文学中一个非常惊人的里程碑。这种信号源被称为脉冲星。对这些信号源有种种推测,有些理论说它可能是远方某文明世界发出的联系信号,也有人提出了很好的解释,说这种脉动是某天体有节律的自转的结果。后来人们发现另外有三个源也发出了相似的有节律的脉动信号,因此第一种理论就使人感到不大可信了。不管其来源如何,这些脉冲星信号都是这复杂的难以捉摸的宇宙节奏的又一例子。而这些节律不知不觉地每时每刻在影响着地球和地球上的生物。

在这个物质的宇宙中,节律的明显例子是无时不在、到处都有的,从地球上拍打着海岸的浪花,到按一定周期重新出现在天空中的彗星,都是具有节律的。某些为我们所认识的现象重复出现的周期是目前能够测量的,对于这样的现象,我们是能够掌握的。另一些现象虽然表现出循环出现的迹象,

但是它们的周期比人类存在的历史还要长，因此我们不能测量它们，而只能加以推测。所有各种时间单位，从微微秒到小时，以至极长的时间，人们都是关心的。我们已经看到，这些节律和周期有的是会影响地球的环境的，因此最终也会影响到地球上所有的生物。现在就让我们从某些情况来看：宇宙节律可能是怎样影响生物的习惯和行为的？生物的节律和宇宙的周期是怎样联系起来的？已经知道对生物有影响的自然节律究竟是怎么一回事？



银河系只不过是无限太空中的几十亿个星系之一。它包括一千亿个恒星和它们的行星，加上星云、宇宙尘埃和气体以及各种可能的天体，包括已知的和未知的，已经观测到的和未观测到的

第三章 宇宙中的节律

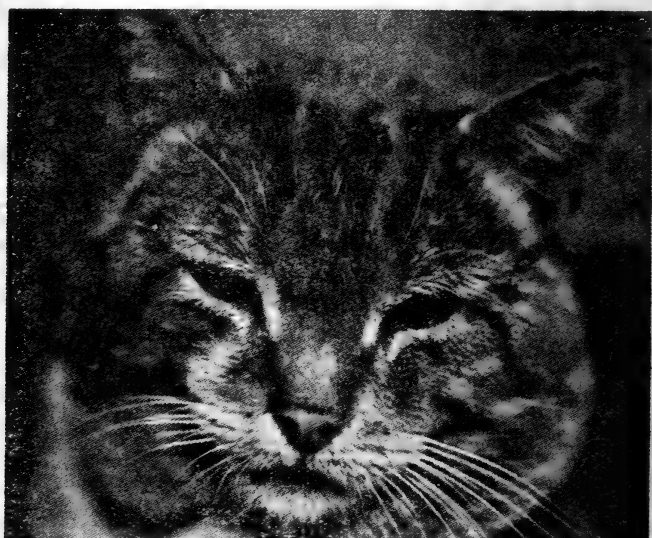
人类感觉最深的宇宙节律是昼夜的循环交替。地球绕地轴自转,所以地球上所有的生物在二十四小时当中,都经历一段光亮和一段黑暗的时间。这样的二十四小时叫做一个大阳日。植物和动物对黑夜和白天的反应是各种各样的,有多少种生物就有多少种反应。

一般说来,人们对地球自转的反应是十分相似的。白天是活动、工作、娱乐和旅行的时间。当夜幕降临的时候,人们的活动一般就逐渐减少了。

当我们观察周围的世界时,我们看到的生物界的反应好象也同人类的反应相似。粗略地一看,动物世界同我们人类社会好像是合拍的。

狗和笼中鸟之类的驯养动物对黑夜和白天的反应似乎同人的反应很相似。黎明时树上的鸟儿用歌声唤醒我们;黄昏时它们的歌声又随着日落而消失。我们在白天工作和娱乐,动物世界也是在这个时候最活跃。然而,养猫的人都知道,猫喜欢白天睡大觉。到我们上床睡觉的时候,猫就呆不住了,总想跑到黑暗的地方去。如果细心观察猫在黑暗世界中的活动,而且假定我们具有同猫一样敏锐的视力,我们就会吃惊地发现,黑夜充满了令人兴奋的活动。我们也许会突然意识到,

有许多双动物的眼睛在紧盯着我们。当然，猫也许在四处寻找伙伴，但是也可能在寻觅夜里活跃的老鼠，以便捉来充饥。猫头鹰和其他夜间觅食的动物对于这样的美味也是同样感兴趣的。在闷热的夏夜，毫无疑问，我们都知道蚊子在夜里最猖狂。



猫同大多数驯养动物不一样，喜欢在白天睡大觉，而到夜晚就活跃起来。

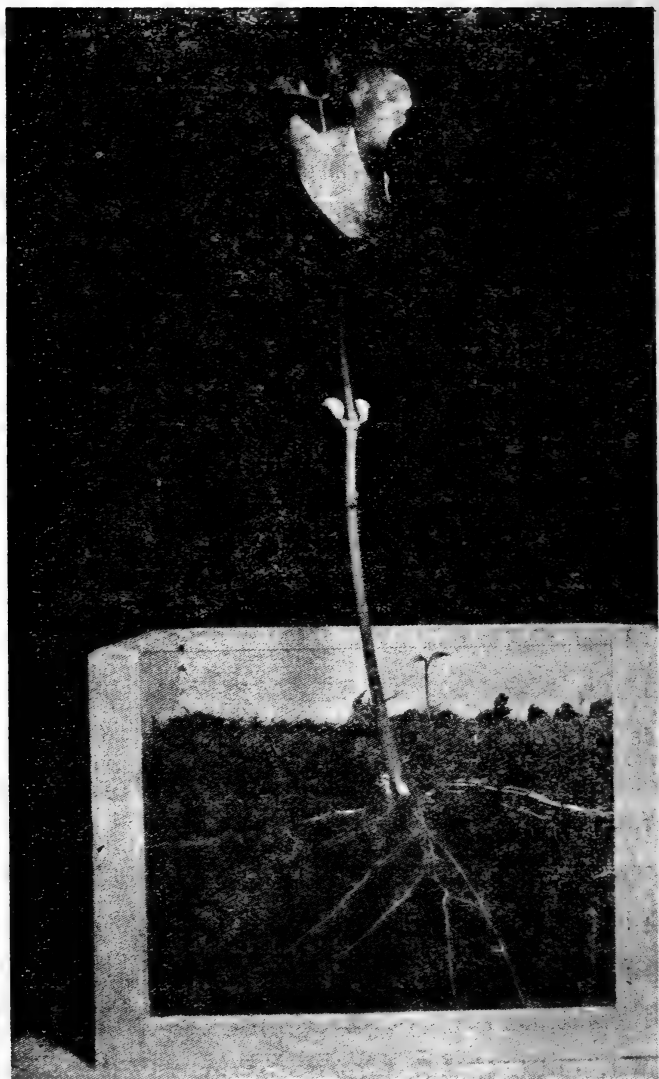
如果我们在黑夜中观察蜘蛛，就会发现蜘蛛也是在夜间织网的。这种活动从午夜开始，大约要持续四个小时。这些只不过是大大小小许多种习惯于夜间活动的“夜行”动物中的几种。这些动物夜间活动，白天睡觉。白天活动，夜间睡觉的动物叫做“昼行”动物。昼行动物比夜行动物多得多。人和动物休息和活动的交替是很明显的，这也是生物对黑夜和白天

作有节律的反应的最好例证。

招潮蟹对黑夜和白天的反应比较特别。皮壳颜色变深是许多种动物运用保护色的一个很好的例子。颜色变深不仅使螃蟹可以保护自己防御敌人，而且因需要变深而增加的色素，又使螃蟹能够经得起中午强烈阳光的照射。植物对昼夜变化的反应就更加复杂了。显花植物并不是都在白天开花。有一种芳香的开花烟草就是一个很好的例子，这种植物只在日落以后几小时才开花。有趣的是，动植物在黑暗中的生活习惯继续保持着相互依存的关系。动植物的生存有赖于生物界的平衡，所以这种相互依存关系是动植物的生存所必需的。夜间活动的老鼠可供夜间活动的猫作食物。同样，开花烟草和其他夜间开花的植物可以为夜间飞来飞去的蛾提供花蜜。反过来，这些昆虫又可以帮助植物授粉。

夜间开花这种特征也许同花粉和花蜜的分泌有关，因为我们知道，某些植物花粉和花蜜的分泌是按一定的时间表进行的。在自然界中还有许许多多这种在时间上协调一致的例子。动植物为适应昼夜的变化而进行调节所显示出来的和谐和节律到处可见。

除了花开、花落的周期变化以外，有些植物还在其枝叶上反映出周期变化。举例说，豆类植物幼苗的叶子定时抬起，定时垂落。白天叶子抬起，夜间叶子垂落。如果在半夜把一棵豆类植物放在光下照射，会发生什么变化呢？它会不会在夜间“醒来”，白天又“睡着”呢？大家不妨试一试，看看怎么样！一连试它几天！更值得注意的是光合作用所具有的节律，光



豆苗的叶子白天抬起,天黑下垂

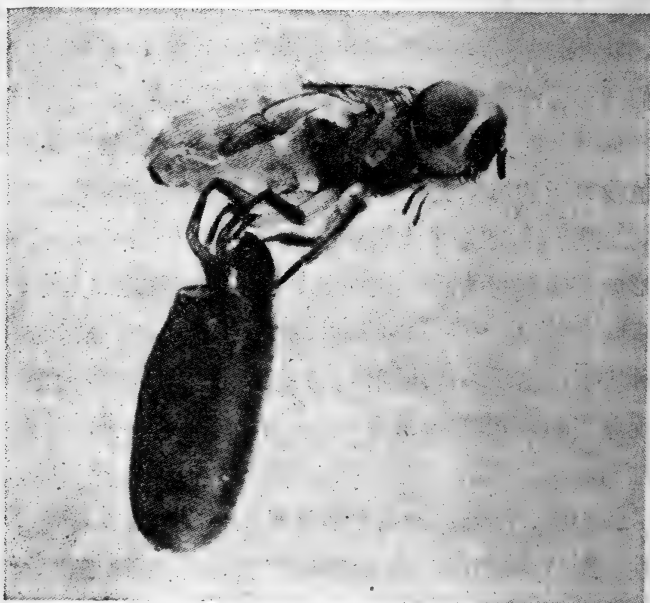
合作用是绿色植物最重要的机能。

科学家们对植物光合作用的过程已经研究多年了。光合作用的过程是这样的：含有一种叫做叶绿素的绿色物质的植物能够利用光作能源，使来自土壤中的水分和空气中的二氧化碳结合而产生一种糖。在这个过程中所放出的氧是光合作用的副产品。如果没有光线，植物是不能制造养料的，呼吸过程也就反过来，所以在夜间植物同动物一样，吸入氧而放出二氧化碳。如果根据制造养料的过程来划分，那么，植物是属于白昼型的。但是，已经发现，单是在白昼这段时间里，植物也表现出某些无法解释的节律。植物在中午的光合作用显然比较慢，即使光线、温度和湿度都保持恒定不变，也是这样。科学家们同样无法解释，为什么植物在早晨长得最快，而在一天中的任何其他时间里都长得慢些。有一种非常有趣的现象似乎同植物每天的周期变化有关，这就是植物在白天放出有机气体。这些气体增加了大气外层的阳电荷，而且被认为同霾雾的形成有确定的关系。这些霾雾只出现在陆地的上空，特别是森林地区的上空。这就说明，霾雾的出现同植物肯定有关。这种霾雾的出现具有周期性，每天在黎明后几小时内最大，这种现象表明，霾雾的出现具有一定的节律，而且是以太阳日为基础的。

我们已经知道，动物和植物对光亮和黑暗有着明显的敏感性。同时，我们还应该认识到，除阴天引起阳光强度的变化外，阳光还具有自然的变化。这是指一年中阳光每日照射时数的变化，在地球表面上，几乎所有地方都有这种变化。

这种变化是由于地轴并不垂直于地球绕日的轨道平面而造成的。说得更准确一些，地轴与轨道平面所成的角度大约是 23° 。实际上，当地球绕太阳公转时，它的北极有时朝向太阳，有时背离太阳。一年中，随着太阳在这两个极限之间的移动，地球各地就出现了季节的变化。

当地球北极开始朝着太阳倾斜时，北半球的白天就逐渐变长。随着照射的时间越来越长和阳光更加直射地面，地面所接受的阳光也越来越多，就达到了最高的温度。于是夏天已经来到了。这时春天发芽的种子就要开花。长时间的光照



春季是一年里动植物出生和复苏的时期。在这个季节，象苍蝇等昆虫从蛹壳中蜕化出来，或从卵中孵化出来

和温暖的气候产生更多的食物供给早春才出世的幼小动物，使它们逐渐长大。因为一年当中春天是飞禽、两栖动物和爬行动物孵化的时候，也是多种哺乳动物出生的时候。春天是一些昆虫从卵中孵化出来或从蛹壳中飞出来的时间。春天也是冬眠动物苏醒过来和移栖动物从过冬的地方归来的时候。但是在夏天，太阳的温暖渗透大地，树上的叶子茂密成荫，到处可听见昆虫的叫声，大地是一片光明，这正是万物生长的時候。在北半球这是夏季的七、八月，而南半球这时却是隆冬季节。

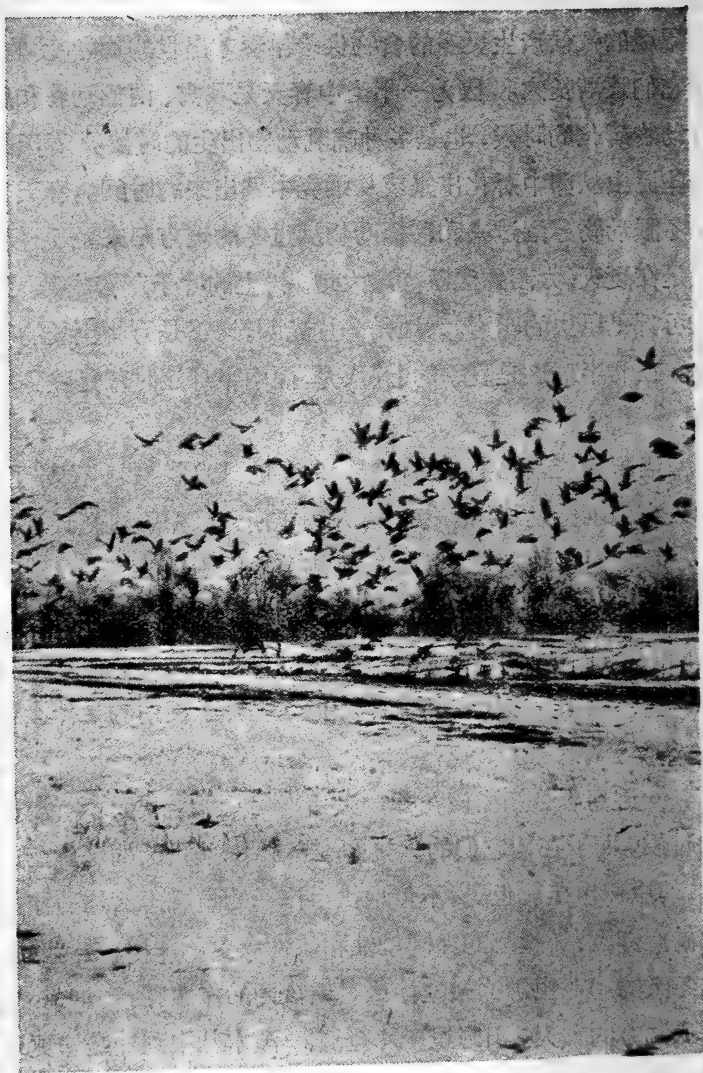
当秋天接近北半球的时候，北方的飞鸟越来越不安了。不久它们就出发飞往南方，因为到了南方又可以过夏天了。

移栖对多种鸟类来说是一种季节性的现象。但是，对于美国加利福尼亚州卡皮斯特拉诺区的燕子来说，移栖有一个共同的日期。它们每年都在三月十九日前后的几天里从南美洲飞到美国来。然而，谁也不知道这些燕子使用的是什么日历。

一群鸟怎么知道该在哪一天启程呢？正当秋天不断流逝的时候，燕子在为它们的离去作准备。一些夏天的昆虫在产卵，幼虫在作茧。但是，不停地拱手作揖的螳螂怎么知道什么时候产卵呢？（螳螂的卵同雄性和雌性成虫不一样，是需要度过冬天的。）毛虫怎么知道什么时候该开始作茧呢？

北方的秋天，田野里一片金黄。灌木丛中到处是知更鸟的叫声，它们在为飞往南方的旅程做准备。

地球绕地轴自转，同时又以倾斜的角度向前运行，逐渐背



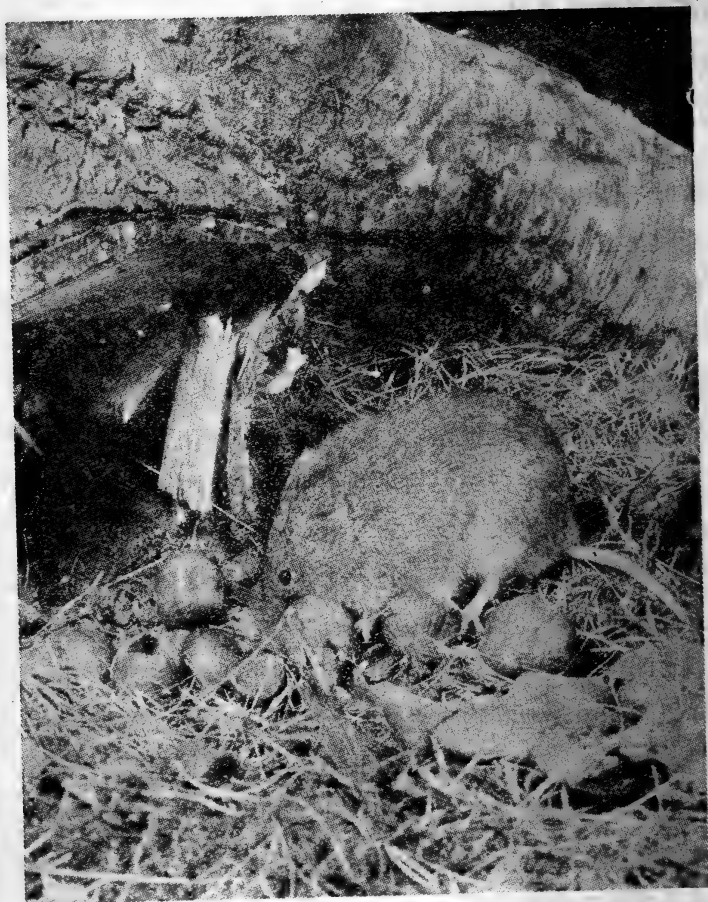
移栖是大多数鸟类的一种季节性的现象。但是一群鸟怎么知道该动身飞往南方或者飞回来过冬的时间呢？

离太阳的一面就慢慢变冷了。在北半球，冬天正在到来。白天变得越来越短了，因为地球上的这一部分朝着背离太阳的方向倾斜。

是什么秘密信号告诉山雀和白喉雀飞来过冬的呢？松鼠在落叶上跑来跑去，收集橡子。在夏天，一只活跃的松鼠一夜间能收集二十个硬壳果，但是在秋天，它能收集三百个之多。当秋天产卵的蟋蟀在凉爽的秋夜鸣叫的时候，毛皮动物身上的毛也逐渐厚起来，准备适应冬天的低温。有些动物在贪婪地寻觅食物，准备冬眠。还有些动物，象高山牧场上的麋，则在寻找过冬的地方。但是它们怎么知道时间和季节就要变化呢？是什么因素使得棕毛白爪的小野兔身上的毛开始变成白色好准备过冬呢？

对地球上的生命有影响的天体并不限于太阳。招潮蟹根据太阳改变颜色，但却按照月亮确定吃食的时间，因此在它感到潮水即将涌来的十分钟之前，它就会安全地藏到洞穴里了。同样，海洋中其他动物吃食的时间安排同月球的节律也是一致的。

太阳的辐射温暖着大洋的水面，而月球的引力则影响着海洋的潮汐。海滩上的生命，甚至水中的生命也是一样，都根据潮涨潮落来觅食和繁殖。像蛤蜊、藤壶、蜗牛和牡蛎等动物，当涨潮被水淹没时，就积极地寻找食物，而落潮被暴露在沙滩上时，就躲在紧闭的硬壳内。但是，如果你把牡蛎拿到它们看不到也感觉不到海滩的地方，拿到离它们熟悉的水域很远的地方，它们每日活动和休息的时间规律同月球的运动仍然



秋天,小木鼠为即将到来的漫长冬天收集橡子

是合拍的。实际情况似乎表明，几乎每种海生动物都以某种方式对月光的变化或者月球引力的变化作出反应。

太阳和月亮互相吸引，同时也都对地球表面有引力作用。尽管月球的质量比太阳的质量小，地球表面受月球的影响却更大些，这是因为月球离地球比太阳离地球近得多。从根本上来讲，月球引力对地球海洋表面的作用比对陆地表面的作用要大些。结果，面向月球的水面升起形成海潮。但是，与此同时，在地球相反的一方，洋面也上升了，因为这里离月球较远，所以引力也较小。于是，随着地球的自转，这两个因涨潮而凸起的部分也在地球表面上不断移动。因此，沿岸的海水也就交替地涨落，白天和黑夜各涨落一次。

人在利用海洋的时候，很快就学会了利用潮水来保证航海的安全，涨潮时就进港，退潮时就出港。人类由于不断努力想征服自然力，已经学会了利用潮水的能量来发电，利用海水的力量使巨大的发电机运转。

退潮的时候海滩上非常活跃。涨潮的时候被冲到海滩上的动物在落潮时就暂时留在海滩上。这时，居住在岸上的许多种生物就很容易在海滩上找到丰富的食物。人类也不例外，可以拾到退潮后留在沙滩上的蛤蜊。

招潮蟹随着潮水的涨落表现出一种“打游击”的节律。低潮时，沙滩露出水面，招潮蟹非常活跃，到处找食吃。高潮时，它们就静静地在洞穴里休息。贻贝则是靠海潮觅食物。贻贝以及蛤蜊和牡蛎的活动同招潮蟹正好相反：贻贝在涨潮时张开贝壳捕捉食物，落潮时把贝壳紧紧地关闭着。

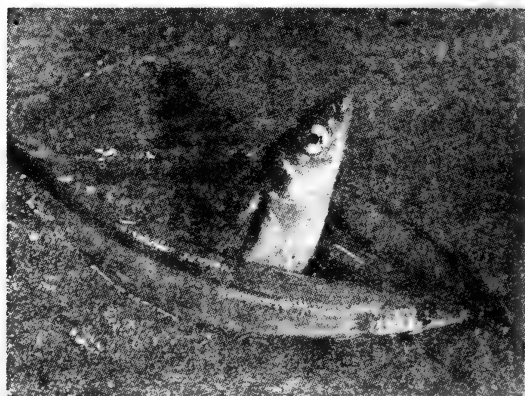


退潮的时候海滩上非常活跃，涨潮时被冲到海滩上的动物在落潮后就暂时留在海滩上

每年五月在美国太平洋沿岸出现一种与海潮有关的非常有趣的动物活动。就在月圆以后,有一次最大的海潮,这时有一种小鲈鱼就来产卵。大群大群的鲈鱼突然被海浪带到海滩上。潮湿的鱼身闪闪发光,它们在沙滩上扭动,产卵,受精。但是把它们冲来的海浪只有一个!鲈鱼总是等着海潮达到高峰后立刻冲向海岸的那一个海浪。“渔夫们”不用冒多大的险就能拣到整桶的鲈鱼,因为它们已经离开安全的深水域来到海滩上实现它们传种接代的本能。

就连微小的单细胞动物和植物看来也都受到潮水周期变化的影响。眼虫藻是一种不寻常的、微小的单细胞机体。眼虫藻虽然被当作动物,但是它的体内却含有一些叶绿素,这是绿色植物制造养分所必需的绿色物质。眼虫藻的活动周期是在河床作垂直的上下移栖。眼虫藻在英国的亚芬河中特别明显,这条河的特点是海潮水位非常高,落潮时,整个河床被厚厚一层绿色细胞所覆盖。涨潮时,水位开始上升,这些微小的动物就跑到泥土里去了。随着潮水退到泥层表面以下,厚厚的绿色细胞眼虫藻又再现在河床上。

其他有节律的周期变化看来是以周月为基础的,同海潮无关。这种变化同某一特定的月相有关。月相就是我们从地球上看到的月球反光部分,这部分根据地球、月球与太阳的相对位置,逐夜略有变化。就科学家目前所能判断的来说,这些周期在海洋动物的身上表现得最明显,而且同繁殖有关,鲈鱼就是一例。在某些月份中的特定时间里,大群大群的海虫出现在特定的海洋区域,进行交尾。例如,在夏天月圆的时候,



每年五月月圆以后,大群大群的鲑鱼被海浪带到海滩上产卵受精。
下图示一尾雌鲑鱼在产卵,而雄鲑鱼在旁边等待使卵受精

大量的大西洋萤火虫就聚集在百慕大群岛附近。在秋天下弦月时,有一种昆虫就在太平洋上进行繁殖¹⁾。海洋里的每种生物似乎都以某种方式对月光的变化或者月球引力的变化作出反应。

但是动物怎么能够预见月球和海潮的变化呢?

1) 这种虫子原文叫 Palolo, 又叫 Bololo, 生活在太平洋的一些珊瑚礁上, 每年到十月和十一月的下弦月时就大群大群地跑到海面上进行繁殖。——

译者

第四章 生物体内的时钟

到目前为止，我们对节律的兴趣牵涉到两个基本概念：第一是节律存在于物质世界的精确规律和日常活动之中；第二是生物争取生存的基本活动似乎是和这种物质环境紧密联系着的。

二百多年来，人们一直把生物存在节律这一现象看作是一种科学奥秘。细心的植物学家首先对这一现象进行了研究。他们观察了植物的叶子和卷须的日常活动节律。有趣的是，某些植物在一定的时间开花，所以人们可以预知开花的时间。根据这一点，有一个科学家设计了一只钟，钟面上用几种特殊的花的图案做标志，代替了惯用的数字。后来又发现，人们常见的鸟类也存在着日常生活节律。有些鸟会在白天或晚上的一定时间醒来。于是，又设计出一种钟面，上面用几种鸟的图案做标志。

从那时起，尤其是近五十年来，世界各地的科学家研究了许多种动植物的生活情况，力求揭示生物存在节律这一秘密。

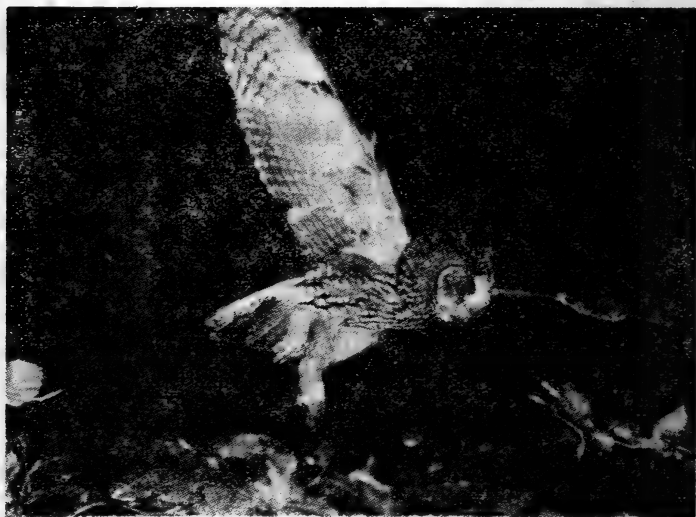
科学家们实验范围之广，所获资料数量和种类之多，使她们觉得很有必要聚在一起交换意见，对所得到的科学情报进行分析、组织和综合。在种类繁多的生物界早就发现存在着

节律这一现象。但是，“生物钟”到底在哪里？还是没有人知道。一九六〇年六月，代表世界许多国家的二百多名科学家在美国长岛举行了国际讨论会，大家回顾并且总结了已经取得的收获。会上提出了五十多份长篇论文，汇集的科学情报编成二十六卷，总计 8,200 页。出席这次大会的科学家不仅有生物学家和植物学家，而且还有化学家、物理学家、内科专家、数学家和心理学家。为什么动植物的习性会在世界范围内引起新的、浓厚的科学兴趣呢？原来，科学家们发现动植物的节律好象与人类的各种问题有着重要的联系。

动植物常常能在不利的自然环境中生存下来。这是为什么呢？看来这是因为它们的构造或习性具有某些特征。多年来，科学家们在多数情况下都用“适应性”这个词来解释这些特征。我们可以用同样的方法比较容易地解释动植物的节律，例如，我们可以说一些动物是昼行性的，因为它们适应白天的光照；另一些动物是夜行性的，因为它们适应夜晚的黑暗。但这种说法完全吗？是什么自然力量或物质力量支配着这种适应性呢？

如果说夜行动物醒来是因为它们适应黑暗的缘故，这样讲全面吗？光的强弱变化当然是不会有声音的。虽然在日落的时候，气温一般会降低，这种因素也不能看作线索。因为哪怕气温不变，夜行动物到时还会醒来。夜行动物知道在夜幕降临时醒来；孵化的虫卵形成幼虫，知道什么时候钻出卵壳；做茧的幼虫变成成虫，知道什么时候钻出茧壳。这是“谁”告诉它们的呢？某些鸟知道什么时候移栖；某些哺乳动物知道

什么时候冬眠。这又是怎么回事？很明显，动植物为了在经常变化的恶劣的环境中生存下来，就必须具有一定的办法来确定已经到了一天之中的什么时辰和一年之中的哪个季节。更重要的是，动植物为了生存，就必须具备某种知觉，能预先感觉到环境将要发生变化。



猫头鹰是典型的夜行动物。它白天睡觉，晚上醒来变得很活跃

科学家们一致认为，动植物的生理机能和生活习性好象受着某种内在時計的控制。这种神秘的時計称为“生物钟”。但是，给这种没有加以解释的现象起个名字只能引起更多的疑问。这种神秘的時計到底是什么呢？

对动植物做的大量实验表明，似乎存在着几种互相联系而又互相区分的生物钟。有些生物钟确定生物某些特定活动

的时间,如鸟类开始移栖的时间。另一种生物钟对某些支配着一个时期内的逐渐变化的节律起着调节作用,如鸟的生殖器官季节性的发展和萎缩。最后还必然有一种生物钟,能够使鸟儿知道一天之中的确切时间。这样,尽管地球和月亮相对于太阳的位置在不断改变,它们也能在飞行中保持正确的方向。在这里我们用鸟来做例子,是因为鸟很能说明以上三种時計的存在,其实所有动植物的体内都至少存在着一种上述的生物钟。

不仅对于生物钟的种类有许多种设想,而且对于这些時計通过什么方式在生物体内起作用也有许多不同的意见。在一个生物体内,是有各种各样的钟控制着许多不同的机能和活动呢?还是仅有一只钟同时控制着所有的机能和活动?就任何一只钟来说,什么现象使它一下一下地计算着秒的消逝?更使人费解的是,这只钟怎样以小时、日、星期、月或以这些时间单位的任何倍数来记录时间的消逝呢?

关于生物钟的这些理论性问题,几乎有多少科学家进行研究,就有多少种符合逻辑的答案。

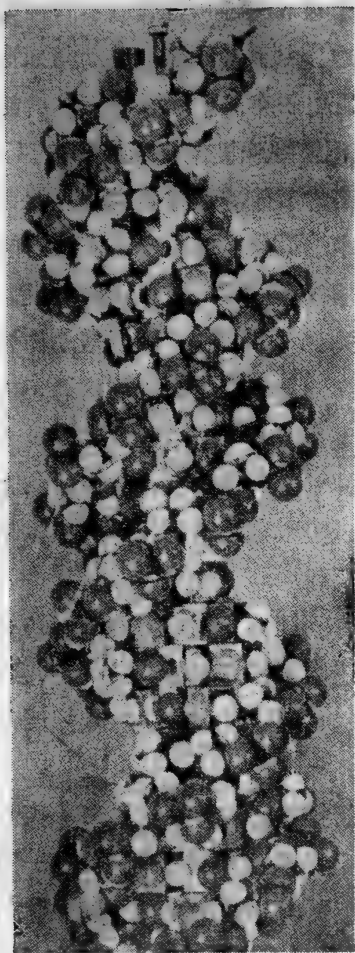
科学家们普遍认为,生物钟看来是一种复杂的生理过程。就某种意义来说,是生物体内化学变化和物理变化的结果。虽然现在还不能证实低等生物(如病毒、细菌)存在着生物的节律。但是我们完全可以相信,生物钟的存在绝不只局限于高等生物。现在已经用低等生物做了一些研究。

科学家们利用高倍电子显微镜已经能够对单细胞动物进行研究。他们发现,这些小小的低等生物的某些机能也存在

着有节律的变化。例如，草履虫的生命中枢——细胞核——的大小以二十四小时为周期发生着变化。中午十二点时最小，然后逐渐增大，到了夜间十二点时变得最大。到第二天中午十二点，体积又变成最小。为了把这种节律的控制中枢分离出来，人们对草履虫做了一系列的复杂实验。这些实验包括对统称为“脱氧核糖核酸”分子的合成的研究。这种分子是目前科学界所知道的最大的分子。这些分子已经被证明是所有动植物活细胞的一个组成部分。人们早就知道，染色体是遗传特征的载体。实际上，染色体就是脱氧核糖核酸分子。而遗传某些生物特性的基因已判定是脱氧核糖核酸分子内部的特殊化合物。但是，脱氧核糖核酸分子同生物钟有什么关系呢？

生物的所有构造和机能都有赖于细胞所制造的蛋白质。虽然蛋白质的种类看来是无限多的，但是每一种细胞只能制造某几种蛋白质。一天之中在不同的时间里，每个细胞制造出不同种类的蛋白质。一个细胞在一天的某一特定时间里制造出哪种蛋白质，这决定于基因中存在的遗传因子。

在用草履虫所做的精心实验中，人们觉得有必要在一天的不同时间里，把脱氧核糖核酸分子分离出来。分离过程当然会使这种在培养基中大量培养的单细胞动物遭到破坏。实验是通过一个大的离心机把细胞从溶液中分离出来。离心机在白天和夜里的预定时间，自动地把一些细胞甩出。甩出的细胞经过脱水，然后用化学试剂把脱氧核糖核酸从这些细胞中分离出来。这些实验过程给我们提供了哪些科学情报呢？



脱氧核糖核酸分子的模型。脱氧核糖核酸分子是科学界所知道的最大的分子。已经证明，脱氧核糖核酸是动植物的每个活细胞的组成部分，它起着传递某些遗传特性的作用

实验结果说明，每个细胞的各个时间间隔可能和每个脱氧核糖核酸分子在一天的不同时间里制造不同种类的蛋白质所需要的时间是一样的。由于各种细胞活动与细胞在一天的不同时间里所具有的蛋白质有关，所以细胞的机能也具有一定的节律周期。即使把单细胞机体的细胞核去掉，原生质剩下的部分也还保留着某些节律。这不正说明生物钟是所有生物中的所有细胞的基本结构的组成部分吗？这样说也许是正确的。但是还有许多事实说明，一种叫作激素的化学物质也与生物钟的作用有关。人们知道，激素是动物体内的腺体分泌出来的化学物质。它影响着生物体的构造和机能。

人们用低等生物蟑螂专门对激素进行了一些引人入胜的研究。蟑螂是一种家喻户晓的夜行昆虫。实验首先是为了证实激素的来源。一些激素是蟑螂头部的腺体制造的。如果把头摘除，蟑螂还能活吗？

结果证明没有问题。正如科学家们事先估计到的那样，摘除头部的蟑螂还活了好几个星期。使人感到十分奇怪的是，蟑螂失去了头，也就同时失去了它夜间活动的节律。这是什么原因呢？

是不是失去了视觉而破坏了这种节律呢？是不是脑子同这种节律有关联呢？要解决这个问题，唯一的办法是把一只蟑螂的头摘除，把另一只蟑螂的脑子移植到它的循环系统上。但是，这只蟑螂还是没有表现出有节律的活动。

接着又做了一系列实验。把靠近蟑螂脑子附近的各种腺体分别移植到若干个将头摘除的蟑螂身体上。最后有一只蟑

螂恢复了夜间活动的节律。这证明是一种特殊的激素控制着蟑螂的夜行节律。复杂一些的动物会不会也是这样呢？

以上这些发现和人们广泛研究的鸟类的移栖节律有联系吗？

我们知道，鸟的移栖节律是和它的生殖生理变化分不开的。进行长途移栖的鸟类每年只繁殖一次。它们只是飞到最北部的时候才产卵。生理变化的节律使鸟的生殖器官在南飞之前处于不活动状态，而北飞繁殖之前又变得活跃起来。与生殖周期有关的其他生理变化，包括秋季移栖之前换羽毛和



科学家们认为，鸟类和哺乳动物的视神经对光的敏感性与它们的夜行或昼行节律有一定的关系

春秋两季移栖之前体内脂肪的储存。我们知道，所有这些生理变化都受位于鸟脑底部的脑下腺所分泌的激素控制。

特别值得注意的是，鸟类和哺乳动物的脑下腺都长在紧靠视神经的地方，可以受到光的刺激。动物的昼行和夜行节律与它们对光的反应有没有关系呢？科学家们认为可能是有的。

例如，我们知道，哺乳动物血液中某些白血球的数量有着明显的节律性变化。这些血球的数量在夜间增到最高，白天降到最低。这种节律受什么控制呢？

血球的这种节律可以追溯到从不同腺体分泌出来的几种激素的连锁反应。激起连锁反应的腺体长在视神经附近。哺乳动物的眼睛所接受的光的多少很有可能以某些方式控制着血液中这些白血球的数量。

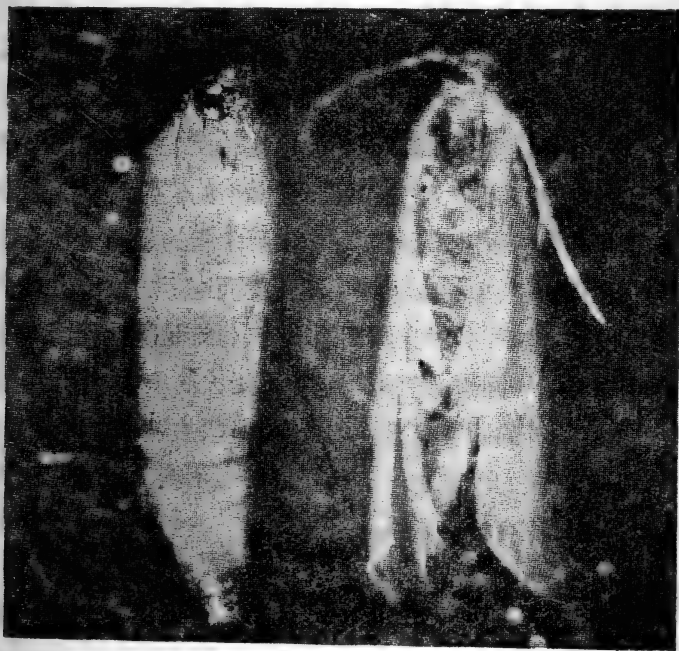
眼睛是全身对光最敏感的器官。日光照射时间长短的变化会引起眼细胞的变化。眼睛的这些变化反过来又影响着传入丘脑下部的神经冲动。丘脑下部是脑子的一部分，控制着身体的许多机能。丘脑下部的某些神经细胞控制着位于它的底部的脑下腺的活动。

于是，脑下腺的分泌物刺激位于脊椎附近的肾上腺。释放到血液中的肾上腺激素引起身体的变化。现在可下的唯一结论，是光在影响生理变化方面起着某种作用，这种作用是以一种非常间接和复杂的方式通过眼睛实现的。

但是，用光的刺激来解释并不是完整的答案。例如，它不能解释为什么生来就没有视力的动物也能显示出象有视力的

动物一样的节律性。这就产生了这样的问题：丘脑下部会不会就是一种由遗传事先安排好的生物钟呢？不过，我们可以暂时不去考虑这个难题，让我们先看一看除了生物的血成分外，还有哪些生理变化是在某方面由生物所感受的光的多少来控制的。我们已经谈到的某些节律是怎样受这种光的影响的？

多年来，科学家们一直用动植物对温度变化的敏感性来解释它们的某些每天的和季节性的节律。就动物来说，科学



过去曾认为，蝴蝶和蛾的幼虫在秋天变成蛹是由于气温降低和它们喜欢吃的食物减少

家们往往认为，它们能否得到所需特定食物是引起变化的原因。过去曾认为，蝴蝶和蛾的幼虫在秋天变成蛹是由于气温降低和它们喜欢吃的叶子这类食物减少。几乎每个人都曾听到过这种错误的说法：寒冷引起树的变化，如秋天树叶变色、脱落等等。但是现在我们已经知道，动植物生活的这种变化实际上是对光照时间长短和强弱变化的反应，而不是对温度变化的反应。动植物都有控制内在过程的感光器。对植物和简单动物来说，受光照射的细胞起着感光器的作用，复杂一些的动物，则是由眼睛感光的。

有些科学家似乎总是急于给一些现象起有意义的名字。不久前，他们曾造出“光照期”这个词。光照期当然是指日光说的。广义地讲，生物对日光的敏感性和反应叫做光照期效应。但由于地球表面大部分地区日光照射的实际时数随着季节的不同而不同，所以，光照期效应实际上指的是动植物为适应日光照射时间长短的变化和光照强度而进行的调节。这个含义似乎清楚地表明，对光照期的反应，也就是所谓光照期效应，同生物钟是一回事。但是问题并不这么简单，虽然光照期效应对于生物钟的研究有重要的关系，必须加以考虑，但这只是许多看来有关的现象之一。科学家们还不能确定光照期效应和生物钟到底有什么联系。不过，目前我们将暂时假定光照期效应就是生物钟。

种西红柿有经验的人都知道，光对于液汁丰富的西红柿的生产和成熟有特殊关系。看来西红柿在阳光充足的条件下长得很好，而在背光的地方结出的果实就很少。秋天，日光

照射时数的减少使种植者遭到失败，收获一大批青西红柿。这些一般的常识会使人相信，如果长时间的光照对西红柿生长有好处的话，那么持续不断的光照不是更好吗？但是这种设想对不对呢？

为了增加西红柿的产量，一些种植商品西红柿的人在一天二十四小时内持续不断地用人造光照射种植的西红柿。奇怪的是，西红柿不但没有长得更好，没有结更多的果实，反而生病死去。虽然光对于所有植物的生长都是不可缺少的，但是很明显，植物对于光照时间的长短和强度的耐受性是有一定限度的。

职业花匠们懂得必须使光照期和黑暗期之间保持适当的平衡。多年来，他们知道，控制暖房的光照情况，就有可能使植物开花的时间同一些商业上容易获利的时间取得一致。这样，任何地区的花匠都能够为圣诞节(十二月二十五日)提供一品红，使百合花在复活节(春分月圆后第一个星期日)盛开，让这些花随着人们的心意开放。这种技术对今天的花匠们来说倒不算太重要，因为盛开的鲜花现在可以从世界任何一个地区很快地运来。但是，这对于科学家们研究生物钟却是非常重要的。很明显，诱使或抑制植物开花不过是光照期效应的一个方面。

对光照期效应进行一系列研究的结果，过去曾把动植物分为“长日生物”和“短日生物”两类。在春天交配的动物和显花植物显然容易对日光照射时数的逐日增加作出反应。这些动植物属于“长日”类。大多数常见的动植物都属于这一类。

还有些生物明显地随着日光照射时数的减少而繁殖。这些生物属于“短日”类。一些蝙蝠和鹿在秋天交配，它们属于这一类。菊花和鼠尾草是两种常见的短日植物。那么，我们怎样能在秋天这个正常的开花季节前得到盛开的菊花呢？这只需要每天把它们在黑暗处多放上几小时，延长黑暗期就行了。



“短日”植物，如菊花，随着日照时数的减少而繁殖

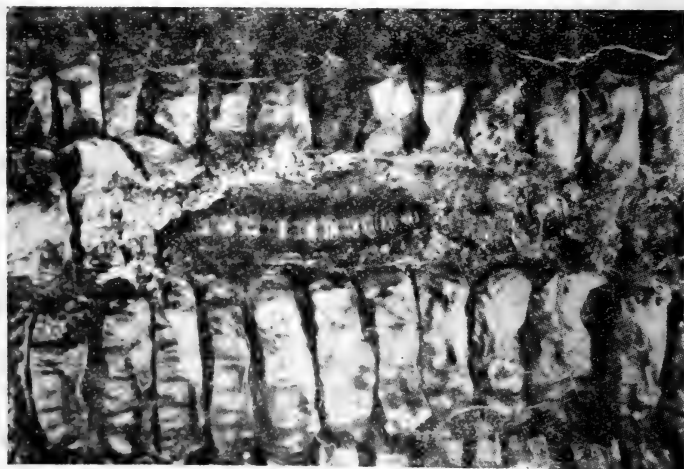
反过来,如果我们不让菊花在正常的时间开花,那就把它们在光亮处多放几小时,这样就缩短了黑暗期。上述两种方法使用多年之后,植物会对光照期作出反应的看法就为人们普遍接受。但是,用大豆这种典型的短日植物所进行的农业实验却使人们获得了出奇的发现。如果在每天半夜仅用一分钟的时间用光照射大豆,它们开花的时间就会推迟!黑夜里插进极短的照明时间对植物来说就意味着缩短了黑暗期。这使研究人员感到惊奇。他们明白了,原来植物的光照期效应是对黑暗期长短的反应,而不是对光照期的反应!就是最微弱的人造光也会取得同样的效果。于是科学家们就想知道植物的全部枝叶是否对光的变化都同样敏感。他们用一株大豆做了一个实验。这株大豆的全部叶子,除了一个叶片外,都经历了八小时的黑暗期。通常这会推迟大豆的开花时间。但是,如果让那一个叶片经历十六小时的黑暗期(比原来的时间多一倍),那么,大豆就会按照正常的时间开花,就好象全部枝叶都放在黑暗的地方一样。你看,只延长一片叶子的黑暗期,这种诱使开花的条件就会影响到全株植物!这些现象使我们认识到,光照期反应是极度敏感的,并且在整个生物体的各个部分都可能有一些生物钟在起作用。

本着真正的科学研究精神,研究人员不愿仅仅根据一组实验的结果就全面修改他们关于光照和黑暗的相对重要性的理论。他们很想知道,如果中断光照时间是否会发生同样的反应。他们的设想是以这样一种可能性为基础的,这就是:中断了光照时间对植物来说,就等于缩短了白天的时间。但

是,在中午把植物短时间放在黑暗中,它们开花的时间并没有变化。这种现象看来证实了这样一条理论:光照期效应是对黑暗期长短变化的反应,至少对植物来说是这样。

根据目前用动物做的大多数实验的结果,似乎可以假定,动物的光照期效应是对光照时间长短的反应。但是有一些实验表明,动物正常的生活周期需要有最起码的黑暗期。对一种蚕所进行的研究表明,这种蚕至少要有八小时的黑暗期,不然它就不作茧。玉米螟虫对于这种时限也有同样的反应。它们至少要在黑暗的地方呆上十小时,不然就不会休眠。今后的研究可能会证明,在进化程度上比较高级的动物同样会需要最起码的黑暗期。

以上谈到的全部实验所使用的光只限于白光。太阳光和普通的人造光都是白光。白光是由彩虹所包含的所有颜色的



玉米螟虫至少要经历十小时的黑暗,否则就不会休眠

光(科学术语叫做光谱)组成的。每一种颜色的光都具有一定的波长。红光波长最长,紫光波长最短。比红光的波长还长的叫做红外线,比紫光的波长还短的叫做紫外线。光的波长对植物的生长有什么影响呢?为了找到这个答案,科学家们又进行了一系列实验。

一个有趣的发现是:植物对紫外线特别敏感。科学家们还了解到,如果植物直接暴露于光线的过长,就会遭到损伤。在所有的色光中,就改变植物开花时间来说,最有效的是红光。在红光照射下,玉米苗的根能加快生长,普通豌豆的茎和根都能加快生长。红光还能加快莴苣种子发芽的过程。但是,用红外线照射却得到同上述反应相反的结果:红外线会抑制植物的开花和种子的发芽。

人们也曾用各种波长的光照射过各种动物,看看对它们的节律有没有影响,以及有什么影响。结果发现,前面谈到的单细胞动物草履虫的交配节律受白光的影响。在正常情况下草履虫只能在白天交配。但是,如果把它们持续地放在黑暗处,它们能在任何时间交配。

在另一些实验中,人们让生长着草履虫的一系列培养基分别受到不同波长的光的照射。结果发现,某些波长的光也能改变草履虫的交配节律。这说明不仅白光、而且某些其他颜色的光也能影响用脱氧核糖核酸分子合成蛋白质的过程。如果受到色光的干扰,整个周期就要重新安排,重新开始,但却是在一天之中的不同时间开始的。还有一些实验是让蝙蝠暴露于各种颜色的可见光中,研究结果告诉我们,光的颜色和

我们已经了解的蝙蝠体温的节律性起伏有某种关系。

上述有关光照期和动物节律的点滴情况，为帮助我们寻找生物钟提供了什么线索呢？也许它们会引导我们去发现，光照期效应本身就是一种独立的节律，起着时钟的作用。也许有许多不同的生物钟在同时起作用，而光照期使每个时钟与宇宙间许多节律中的一个吻合。看来很明显，动植物对光和暗的反应就是一种计时机制，这种机制依照太阳日或季节控制着动植物的生理和习性。

我们有雄辩的证据可以说明，生物体中确实存在着节律，而光和暗看来起着重要的作用。但是，如果失去日夜正常变换的条件，而生物还继续显示出节律，那么，科学家们就要面对一个新的问题——除了光和暗之外，对节律还有其他解释吗？

第五章 生物钟的某些解释

到此为止，我们所讨论的生物节律似乎都是同太阳日或太阴日之类的宇宙节律有关的。但是，在千差万别的生物界中，有无数的节律，从它们的频率来看，似乎同太阳的升起或月亮的落下以及潮汐的涨落并没有什么关系。那些同太阳日或太阴日相比周期很短的节律，我们怎样来解释呢？怎样解释动物的呼吸节律或鸟类翅膀拍击的节律呢？蚯蚓爬行或者动物肠内在输送被消化了的食物时的肌肉收缩，能不能同某种宇宙节律联系起来呢？

科学家们认为，这些调节生物体内部功能的节律，乃是属于“内源”节律，也就是说，来源于生物体内部的作用。有些科学家认为，内源节律的周期是预先由基因确定下来的，因此是遗传性的。这些科学家认为，一些特殊的身体细胞、组织或器官是由生物体内固有的守时机制控制着的，而这种情况又是在进化过程中形成的结果。

如果把内源节律看作是内部原因引起的，那么，这些节律一定与新陈代谢率、即生物体内复杂的化学物理变化的发生率有着十分密切的关系。大家知道，生物体的新陈代谢率随着其周围温度的升高而加快。许多实验也已经表明，新陈代谢率可以用某些药物和其他一些化合物来加快或减慢。内源

节律同新陈代谢一样，通常可用温度变化和某些药品使它加快或减慢。

多年来，有些科学家满足于将生物有节律的昼夜相间的功能和习惯当作十分缓慢的内源节律的表现。对于某些内源节律恰巧同太阳或月亮升起的周期相同的现象，好像不必去研究。说来也巧，有些内源节律甚至从一个秋季延伸到下一个秋季，如鸟类移栖和动物冬眠就是这样。但是，还有些科学家却认为，这些在时间上有联系的现象并非只是巧合。对这些周期长的节律、特别是对那些与太阳日有联系的节律进行更仔细的研究，导致了某些惊人的发现。

例如，有一位科学家推测，招潮蟹的节律会像其他一些内源节律一样受到温度变化的影响。为了证实他的想法，他把一些招潮蟹放在一间暗室内长达两个月的时间。装蟹容器的温度逐渐变化，从 25°C 降到 16°C ，又降到 6°C ，十分接近水的冰点。但是，甚至在这个温度下，颜色变化节律仍然没有变化。实际上，这个节律同太阳日非常一致。这个节律同其他内源节律确实不一样，因为它的频率不受温度变化的影响！这些发现引导人们去对其他动物的内源节律进行更详尽的研究。

科学家们也极想知道，如果将一些夜行动物，如仓鼠、老鼠和蟑螂，放在用光连续照射的环境中，它们的节律会有什么变化。它们是否仍然在夜间活动？例如，作这样一个实验，把经常在夜间出来活动的老鼠放在带有转动轮子的笼子里。轮子上装有自动计数器和自动计时器，可以表明何时轮子开始转动以及转动了多长时间。这些老鼠在相同的温度和连续的

光照下过了几个星期，但是，它们睡眠和活动的的时间仍然同实验室外面正常昼夜变化的节律几乎完全一致！这一点很重要，因为从环境中得不到白天和黑夜的信号时，这种节律仍然在起作用。在实验室内的连续光照和恒温条件下所保持的节律称为“自激”节律。



通过实验，科学家们发现，即使把喜欢夜间活动的老鼠放在连续照明而温度不变的环境中，它们照常到了夜间就活跃起来

继续用老鼠做实验，又得到一项重大发现。根据观察，在连续光照下，节律周期（即相邻两次醒来的时间间隔）逐渐缩短，以致最后少于二十四小时。同太阳日的二十四小时周期近似相等的自激内源节律叫做似昼夜节律*。似昼夜节律的周期长短不等，最短只有十八小时，最长可达二十八小时。

* “似昼夜”一词是哈尔伯格博士（Franz Halberg）五十年代初期在马萨诸塞州坎布里奇学院和医院创造的。

在实验室中光亮和黑暗交替的人为控制条件下，已经观察到一些夜行动物的正常活动方式受到颇不寻常的干扰。如果光亮和黑暗交替的周期各为十二小时，动物表现正常，活动时间是从下午六时到第二天早上六时这段通常是黑夜的期间。然而，在这以后如果把动物放在漆黑的暗室内，其节律立即变成自激的和似昼夜的，周期的开始逐日提前，整个周期逐渐长于二十四小时。

另一方面，让动物经历了正常的十二小时光亮和十二小时黑暗周期以后，又把动物放在连续光照的环境中，此时就会出现似昼夜节律，并且持续一个阶段，最后终于失调，以致完全没有任何节律的迹象。在再经历一系列的正常周期以后，如果接着进入一段完全黑暗的周期，又会出现通常的似昼夜节律。然后，出乎意料地，节律周期分成两种截然不同的自激周期，一种周期趋向提前，而另一种则趋向于推迟。

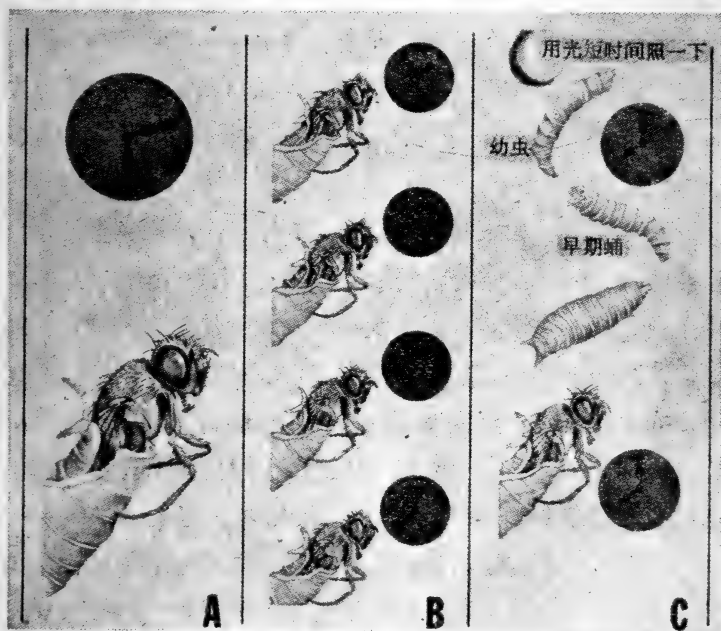
已经对许多似昼夜节律进行了广泛的研究，并对许多种动物在活动方面和生理功能方面进行了核实。总的说来，置于连续光照实验下的夜行动物的似昼夜周期一般短于二十四小时。反之，始终放在黑暗中实验的昼行动物的似昼夜周期一般比二十四小时长。

用招潮蟹研究温度变化的作用时，又发现了一个有关似昼夜节律的使人振奋的事实。

在一个实验中，把招潮蟹放在水中，水温保持接近冰点，长达六小时。然后，把水迅速加热到室温。结果得出了一种令人振奋的发现：招潮蟹颜色变化的时间推迟了六小时！本

来招潮蟹的颜色应在中午变深，可是现在到了下午大约六点钟时颜色才变得最深。虽然一般温度变化没有改变生物钟的速度，但是，剧烈的温度变化已明显地使生物钟停摆六小时！

果蝇也被用作实验的对象，因为果蝇也表现出一种似昼夜节律，然而果蝇这种节律同它们的生殖周期有关。果蝇是一种很小的昆虫，在发育过程中要经历四个阶段：卵，幼虫，蛹和成虫。产在腐烂植物上(如水果)的卵，在室温下一般经



果蝇的成虫通常在破晓时分从蛹壳中羽化出来(A)。如果蝇卵在黑暗中生长，那么果蝇在一天之内的任何时刻都可以羽化(B)。在早期发育阶段用光照射，就可以使生物钟一致起来，成虫羽化时刻同光照时刻大致一样

过两天便可孵化。孵化出的幼虫是一些很小的蛆，摄食水果。经过三、四天以后这些蛆变成蛹，进入休眠期，在这期间蛹转化为成虫。蛹经过四、五天以后变为成虫，几乎无一例外，都在破晓后不久便从蛹壳内羽化出来。这种羽化节律，如同招潮蟹的颜色变化一样，是生存的重要因素。羽化后的一段时间里果蝇有脱水的危险。假如果蝇不在一天之中湿度通常较高的时候(如在黎明时刻)羽化，就不能成活。因此，它的生物钟就调整到使它总是在成活机会最大的时候羽化。

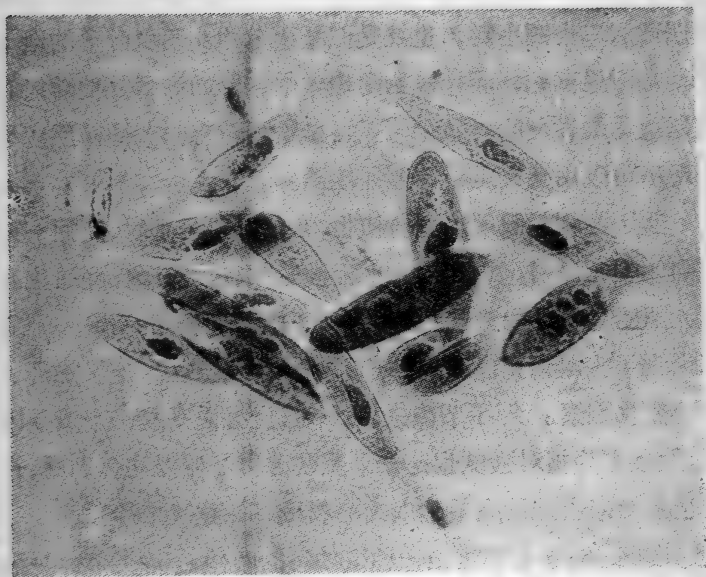
如果果蝇的各个发育阶段全都置于连续光照和恒温下，羽化的似昼夜节律没有变化。相继成熟的蛹仍在黎明时羽化。甚至在这样的条件下培养了十五代果蝇之后，其似昼夜节律仍然不变。

另一方面，如果使果蝇的生活周期各个阶段完全处于黑暗当中，一天之中各钟点羽化的成虫数目大致相同。但是，如果完全在黑暗中培养的正在发育的果蝇的幼虫或是蛹，用光短暂地照一下，几天之后，所有成虫羽化的钟点同它们受光照射的钟点相同。正在发育的果蝇的生物钟可以用闪光重新校正！这种改变一个过程或一些现象的发生时间、使之超出正常的周期范围的过程被称为“调相”。

目前已经研究了与草履虫似昼夜交配节律有关的类似调相作用。在显微镜下可以看到这些单细胞动物通过接触和交换体内物质进行交配。交配一般都在白天进行。

然而，实验人员发现，如果把草履虫一直放在黑暗中，控制这种节律的生物钟似乎失去了作用，草履虫随便在什么时

候都可以交配。把这些细胞暴露在光下，只要很短的时间，就能重新校正生物钟，结果交配就只能在正常的时间内进行。



在正常情况下，单细胞小动物草履虫在白昼期间通过接触及交换细胞物质进行交配

另外还用招潮蟹做了一些实验。在完全黑暗的情况下，用飞机把招潮蟹从美国的一端运到另一端，安置在不同的时区内。把招潮蟹从美国的东海岸送到了美国的西海岸时，原先同东海岸日出时间同步的颜色变化节律仅仅持续了一段短暂的时间。然后，这种节律就逐渐变化，最后同西海岸太阳时的节律取得一致。植物钟对光信号的反应在前面已经提到

了。已经讲过,豆科植物有一种节律表现为白天叶子抬起,夜间叶子下垂。这种节律也已经查明属于似昼夜节律。如果豆科植物在正常的白天和黑夜条件下生长,然后受到连续的光照,这些豆科植物仍然在白天抬起叶子,夜间垂下叶子,节律周期近似二十四小时,也就是似昼夜节律。不仅叶子的活动周期是似昼夜的,而且植物生理学中包括的许多其他功能的周期也是似昼夜的。而且,豆科植物所特有的节律性反应也表现出可以用光来重新调整的性质。

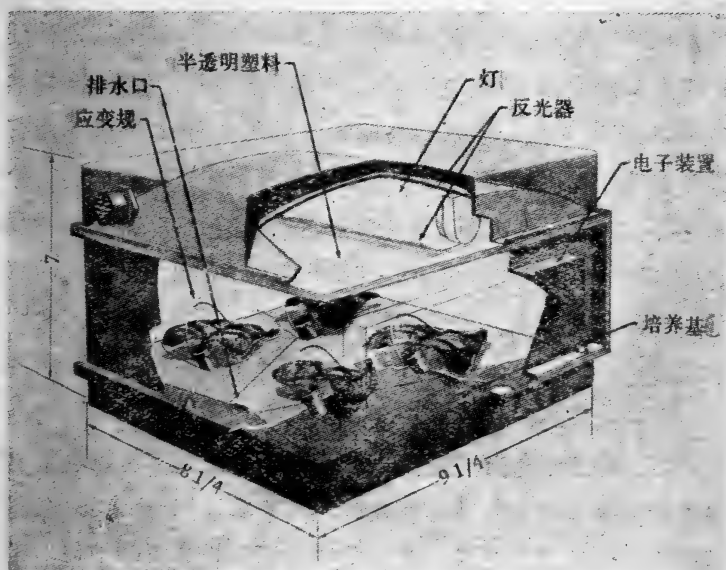
置于连续光照下的豆科植物,在其叶子下垂时,使用一束强烈的闪光照射,可以重新校正它的节律。对于已经适应连续光照的豆科植物来说,强烈的闪光相当于黎明的开始,其后每天到了该次闪光出现的钟点,叶子就抬起来。这又加进了一个变化因素。对于节律来说,不仅光亮似乎是一个重要因素,而且光的相对强度也是一个重要因素。值得注意的是,在完全黑暗中由种子成长起来的植物没有似昼夜节律。

因此,似昼夜节律是一种很独特的节律。这类节律甚至在实验室人为控制的条件下仍然起作用,并且变成自激节律。它们的频率不受温度变化或化学药品的影响。但是,这些节律的周期可以通过温度或受光照射而重新调整。

似昼夜节律所表现的特性与典型的内源节律的不一致,是研究生物钟的科学家们当前正在讨论的问题之一。对这类节律的解释有两种不同的理论,两个学派之间展开了一场科学大争论。

有一个学派认为,生物钟是生物体内固有的,不依靠外界

的力量。这些科学家深信,植物和动物的内源节律是进化过程的结果。他们说,在几百万年中,宇宙的自然节律已经在生物体基因上打下了深深的烙印。生物中只有那些能在生理上和行为上适应这些环境节律(如太阳日)的才能生存下来。他们认为,生物的节律可能是遗传下来的,因为每种动物或植物都有它自己的特殊类型的节律。甚至在同一物种内,类别不同的生物体的节律也可能不同。这难道不是表明进化的影响很大吗? 另外,因为这些节律在实验室人为控制的条件下仍然起作用,它们好象完全不受环境中各种因素的影响。这个事实似乎是内源节律受遗传控制的概念的有力根据。



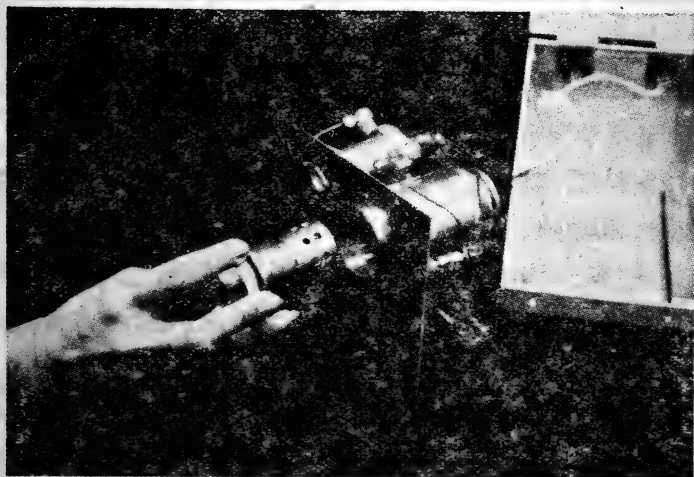
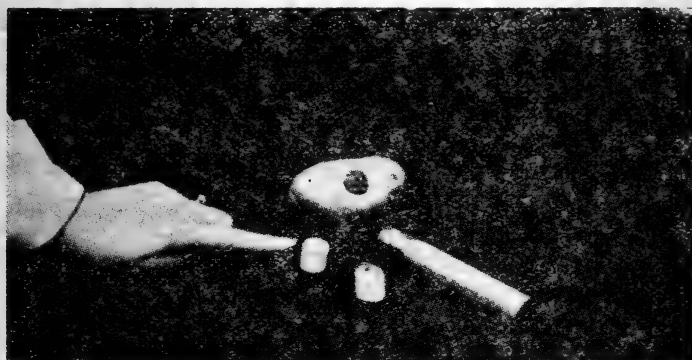
研究豆科植物叶子活动的似昼夜节律的实验装置示意图

虽然对大多数内源节律来说,上述理论是对的,但是用这种理论却难以解释似昼夜节律。如果内源节律是由遗传而来的,那么,这类节律很容易变成自激节律又怎么解释呢?如果它们完全不受环境影响而自行起作用的话,那么,为什么似昼夜节律的周期可以用温度和光之类的环境因素来重新校正呢?

这是另一个学派的科学家们所提出的一些问题。这些科学家持有一种完全不同的理论,一种符合逻辑而又富于想象的理论。这个学派认为,这些节律是生物体的生理功能对来自宇宙环境的某种外部信号的反应。它们受外力的调节,是外源的。是否每种节律都可能受宇宙间不断重复发生的某种现象的调节呢?这些科学家认为,事情正是这样。持这种理论的人争辩说,动物在恒定光照和恒温条件下,虽然节律仍然起作用,但这不能证明这些节律完全是属于内源的,因为还有许多其他能够影响节律的物质力量在自然环境中起作用。除此之外,也可能存在着目前科学家还不知道的有节律的力量。例如,实验室中招潮蟹与潮汐有关的表现,实际上可能是大气压力轻微的节律变化所引起的。这并不是无稽之谈,因为大家知道,大气也有由于地球和月球相对于太阳的位置不断变化而引起的波动或潮汐。

后一种理论是以一系列十分不寻常的实验为根据的。这些实验首先用普通的马铃薯来做。实验者选择了马铃薯,是因为它的新陈代谢不仅具有日节律,而且也具有年节律。由于马铃薯既有养料,又有水分,所以可以把它长期密封在容

器内而不需要任何特殊的管理。从理论上来说，如果在实验室里将马铃薯密封在容器内，保持恒压、恒温和黑暗的条件，那么，它就不会受到来自周围环境中任何能够调节其新陈代



在用马铃薯做的一个实验中发现，即使马铃薯与外界隔绝，密封在一容器内，置于暗室中，不受外界任何信号的影响，马铃薯消耗能量的速度也会随着月球的变化和不断变化着的大气压而变化。实际上，马铃薯能预报天气

谢的信号的影响。将马铃薯长时间密封在容器里，马铃薯似乎不应该会感觉到外界的空气压力。但是，实验表明，新陈代谢率(亦即消耗能量的速度)是随着月球的各种变化和不断变化着的大气压而变化的。马铃薯竟能预报天气！更恼人的是，密封在容器内的马铃薯所消耗的能量也不断地反映出外界的平均温度。有某种因素不断地把每日的温度和气压告诉给被密封起来的马铃薯。马铃薯呼吸的变化和宇宙辐射的变化用图表表示时，也可以发现它们是有关联的。容器内的马铃薯能够以某种方式感觉到月球的节律以及某种宇宙空间力的节律！

如果马铃薯好象能感觉到某种宇宙力，如果从海滩获得的动物的节律同月球的运行一致的话，那么，其他的生物，即使它们已经同天空中正在发生的事情隔离开来，是否也能使它们的活动同宇宙的活动取得一致呢？

实验者用其他各种活的机体来做同样的实验，这些机体在密封环境中仍然能活一个时期。各种实验证明，小鸡胚胎、蝾螈、胡萝卜片和海草的新陈代谢节律的变化，也同上述影响马铃薯的环境力的节律一致。人们甚至还发现，招潮蟹的颜色变化节律在某种程度上同宇宙辐射的变化一致！

其他一些没有直接从事有关生物钟研究工作的实验者，也提供了同这种理论有重要关系的情报，说明地球物理力对生物节律是有影响的。例如，大家知道，甚至磁场对生物也有影响。若干年前就已发现，把小鼠放在强磁场内，它们就不再生长。虽然雌鼠仍处于正常的健康状态，但是雄鼠的体质恶

化了，最后终于死亡。在另一些实验中，人们发现磁场能够影响酵母细胞的繁殖率，甚至能够影响蜗牛爬行的方向。

在我们发现招潮蟹的同一海滩上，我们也发现了泥蜗牛。海滩上的招潮蟹随太阳而变化颜色，随月亮而调节其摄食时间。如果把蜗牛从海滩上拿走，放在一个盘子里，这些蜗牛能从盘子里慢慢爬出来，离开盘子后，它们继续爬行的方向是由太阳或月亮的位置来确定的。但是，如果在蜗牛的下面放一块磁铁，它们会知道磁场已经发生变化，并根据其周围已变化了的磁场来改变它们的爬行方向。我们知道，地球的磁场显示出与太阳周期和月亮周期有关的节律性变化。然而我们却不知道，蜗牛怎么会感觉到磁场的变化。其他生物是否也像蜗牛和马铃薯那样能够感觉出周围的电场或磁场的微小变化呢？

在另一些实验中，人们发现把扁虫放在两块充电的正负极板之间，就可迫使它改变方向，从而表明扁虫能辨别正负电极。这样，就证实了生物体不仅受微妙的磁力的影响，也受静电场的影响。磁力和静电力是两种自然力，它们的变化在地球上是可以测量的，而且已经发现，它们的变化是有节律的。这些节律可能以某种方式决定着动物的一些节律，这样的推断难道不合逻辑吗？甚至地球有规律的自转的影响也起着决定生物太阳日节律的作用，这难道不可能吗？至少有一种具体的地球物理力可被非常客观地分离出来并进行试验，这就是使生物体脱离地球自转的作用。这样做听起来好像很简单，但是，实际情况向我们提出了一个问题；地球上只有两个

地方可以进行这个实验，就是地理北极和南极。只有在地球的两极才能试验地球自转对生物钟有没有影响。

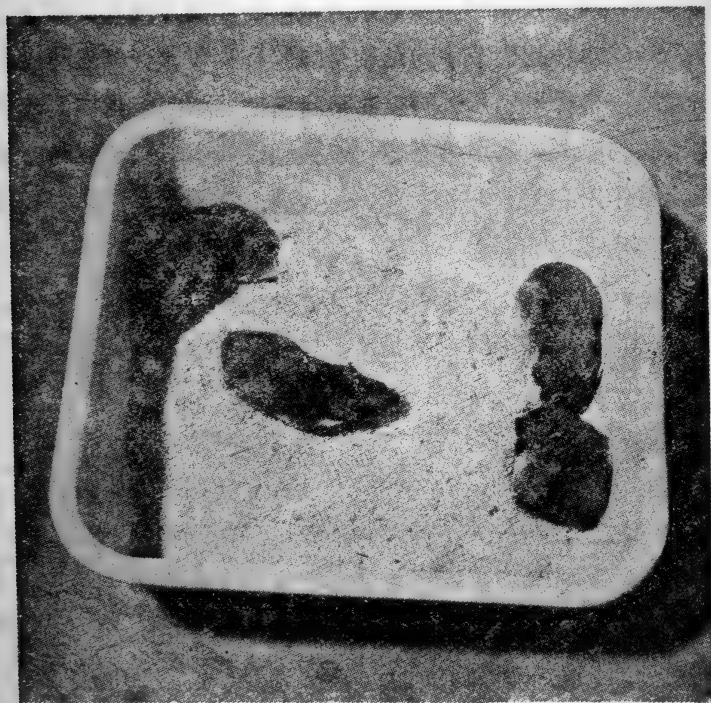
人们以坚韧不拔的毅力和科学实验所特有的精确性，经过精心计划，几年前在南极洲做了这样的一些实验：实验的对象是一些动物和植物，已经确知，这些动植物如蟑螂、仓鼠、果蝇、豆科植物以及一种真菌植物在实验室里都具有似昼夜节律。实验前的一些准备工作确实很复杂，这些植物和动物要放在不透光的容器内由船只来运送。这些不透光容器也可用作实验容器。除了这个主要控制条件外，还有饲养、让动物活动以及实际实验的要求等问题。

实验的对象放在暗室内从美国西海岸运到新西兰，在这里让这些动物按照新西兰的时间调整它们的节律行为。让它们从早晨八点到晚上八点受光照十二小时，在前往南极洲的途中以及到了南极洲以后，直到实验开始为止，都继续依照这样的节律来安排。让我们来看看用仓鼠做的一个典型实验的复杂程序。

首先通过仔细的观察确定，夜行的仓鼠已经按照新西兰的时间进行活动了。然后把六只仓鼠分别锁在不透光的笼子里，里面放有食物和水。把它们分别放在不同的转盘上，转盘的旋转方向和速度可以调节并可保持不变。正如在其他的实验中一样，把它们放置在黑暗处，保持恒温。

其中有三个转盘不用机械操纵转动，这三个转盘用作对照物。对照物是每一科学实验的必要组成部分。它可以使实验者证明他的实验结果是按照他的实验计划取得的，而不是

由他没有意识到但也可能产生相同结果的某种因素造成。不旋转的转盘上的仓鼠，实际上是在随地球作逆时针方向的转动，转动周期是二十四小时。另三只笼子以二十四小时为周期匀速顺时针转动着。这三只笼子实际上没有经受地球的转动，因为它们转动的方向与地球自转方向相反，但转速完全相同。这种不寻常的实验进行了大约十天，这个期间内仓鼠的活动情况都自动地被记录下来。把对照组的活动节律和实验



喜欢在夜间活动的仓鼠在实验室内表现出良好的似昼夜节律，所以仓鼠是生物节律实验的一种理想实验对象

组进行比较之后,没有表现出重大的差别,旋转的动物和不旋转的动物仍像实验前那样按新西兰的时间节律进行休息和活动。这些动物总是在晚上八点到早晨八点之间最活跃。

用其他动物和植物做的实验也得出了一些类似的令人扫兴的结果。显然,缺乏转动对动物早已形成的似昼夜节律没有作用。那么,这些试验说明了什么问题呢?它只是说明地球自转似乎同似昼夜节律无关。但是,以生物体内的循环节律和其他环境力之间的相互关系为依据的理论并没有被否定。

地球永恒的有节律的自转是同似昼夜节律有着最明显的联系的一个环境因素,所以非常容易把地球自转当作引起生物节律的原因。这里可能是一些我们目前还不甚了解的力量在起着作用。

第六章 空间实验

人们已经知道,地球引力的大小是波动起伏的,大概所有天体的引力和其他更加复杂的地球物理因素也是如此。地球引力增大或减小的变化是受太阳系甚至可能受太阳系以外的其他天体引力作用的结果。换句话说,距离地球比较近的太阳、月球和其他行星在轨道上运行的速度不同,它们在各自轨道上正常运行过程中与地球的距离也不同,这样就引起了作用于地球的引力合力的变化。

在载人宇宙航行中,失重、也就是摆脱引力的影响,曾长达十四天之久,这并没有对人体生理产生有害的作用。而用老鼠做的实验却表明,引力对生物寿命是起消极作用的因素。

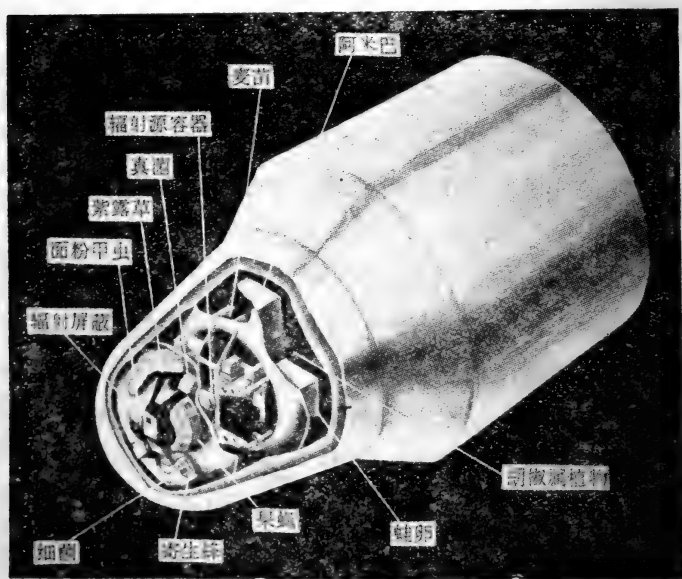
在实验室中消除引力作用的方法是,把动物或植物放在大型离心机上,让它们围绕一个旋转中心长时间连续旋转,同时又让花盆或笼子自转。在这样的离心机上两只雌鼠活了四十七个月,比这种老鼠在引力影响下的正常寿命长十三个月!

引力看来对寿命影响很大,但寿命反过来又取决于生理状况。在地球上自东向西作直线旅行所感受的变化会不会产生我们根本没有注意到的复杂的生理变化呢?由于天体在宇

宙中相对位置的变化而引起的地球引力的主要变化是有节律的。既然这样，引力会不会是影响生物节律的一个复杂的因素呢？

磁力、转动、引力和静电会不会影响生物的节律？找出这个答案的唯一方法是把生物远远地送往太空，使它们完全脱离地球的环境。

为了进行空间实验，美国航空和宇宙航行局在一九六七年九月七日发射了一颗专用卫星，叫做“生物卫星 2 号”。这颗卫星绕地球飞行时的高度为 190 英里。在有关辐射、失重和摆脱地球的周期性变化对生物的影响的问题上，进行了十



上图表示“生物卫星 2 号”上各种实验品的位置

三项引人入胜的实验。用来做实验的生物包括麦苗、胡椒属植物、大变形虫、豹蛙卵、面粉甲虫、寄生蜂、紫露草、某些种类的细菌和果蝇的幼虫和成虫。

你能想象到在上述实验中为了进行对照会涉及到哪些问题吗？首先，地面上和卫星上的生物实验必须同时开始，而且必须为这两组生物保持某些恒定的条件。如果地面和空间两组实验不在同一时间进行，那么，空间实验就不能与地面实验进行适当的对照。

例如，用于地面实验和空间实验的两组受精蛙卵在卫星发射前必须保持接近冰冻的状态，以便在卫星进入轨道前抑制它们的发育。卫星进入轨道之后，又必须细心地使地面和空间的两组蛙卵获得适当的温度，使它们开始发育。

进行辐射实验时，在卫星进入轨道之前，要对实验品加以屏蔽，以防止卫星自带辐射源的影响。卫星进入轨道后，又必须在实验的关键时刻，把某些生物“固定”下来。另外，还必须在其他的关键时刻供给培养基。

为了获得这样的生物实验所需要的精确度，就必须靠近运载火箭建造实验室，以便在这里为实验作好准备。

由于从准备实验到发射卫星这段时间十分紧凑，所以发射前的准备时间从通常十六小时压缩成四小时。卫星回收后的工作程序同样也很复杂，在回收后的一小时内就要对实验进行分析。

为了从实验中得出结论，需要观察对照变量、引力和辐射对摆脱了地球周期变化的直接影响的生物有什么影响。

A. 卫星发射以前



B. 失重 4 小时 40 分钟



C. 失重 12 小时 29 分钟



D. 失重 17 小时 40 分钟



由于失重对胡椒属植物叶子生长方向的影响,使植物生长激素从叶子顶部移向底部,这就使顶部植物细胞长得异常地大,从而使叶子向下弯曲

辐射实验表明，生物体受到了在飞行过程中遇到的辐射和其他因素结合起来的综合影响。空间失重实验所得出的结果，同在地面上将动植物放在抵消引力作用的离心机上得出的结果相似。

已经发现，胡椒属植物的叶子生长不正常。这说明植物叶子生长的方向也取决于引力。麦苗看外表很正常，但发现它的外皮不是向下弯曲，而是向幼芽生长的方向和侧面弯曲。失重对变形虫或蛙卵的生长发育好象不起什么作用。在宇宙空间由胚胎发育成的六只蝌蚪看上去和平常的蝌蚪一样完美无缺。但是由于发射时间的拖延，关键性的第一次细胞分裂是在地面上发生的，科学家们认为，这对实验会有所影响。

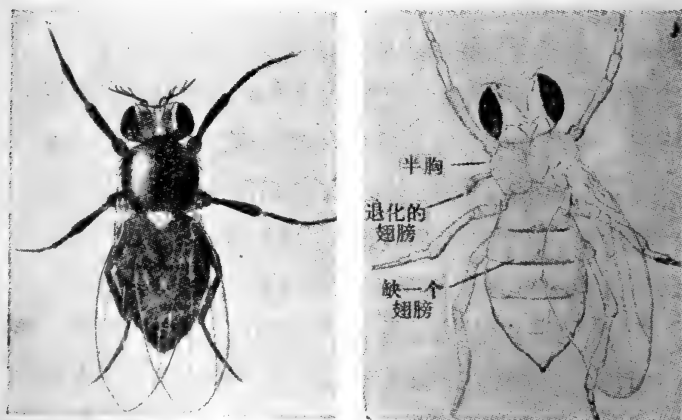
在空间受辐照的面粉甲虫的翅膀发现有些异常。在飞行过程中受到辐照的雌寄生蜂比受地面辐照的雌寄生蜂的寿命长得多。用三十二棵幼小的紫露草做空间辐照实验，另有三十二棵做失重对照实验，在地面上有受辐照的和未受辐照的对照组，结果没有发现各组植物的花瓣变化有什么明显的不同。失重看来在某些方面加剧了辐射所造成的损伤，例如使染色体畸变。但是科学家们认为，必须在飞行后的实验中把振动所造成的影响除去，才能最后确定这种结果。

“生物卫星 2 号”实验获得了一项引人注目的发现，即细菌在宇宙空间中比在地面上繁殖得快。这一点可以应用于人类。由于生物细胞，无论是细菌还是其他细胞有很多共同之处，科学家们认为，在失重的情况下，人体细胞的新陈代谢率会更高。对卫星上细菌数目的早期统计表明，它们比存在引

力的地面上同类细菌的繁殖率高百分之二十到百分之三十。一个细菌度过四十五小时相当于一个人度过许多年。所以在宇宙空间只飞行几个星期,甚至几个月,也不会由于细胞置换增快而使宇航员受损害。但是,如果进一步的研究证明人的细胞在宇宙空间确实繁殖得较快,那么航程更远的宇宙飞船,如飞向其他行星的飞船,就必须配备人造引力设备,否则,宇航员就必须携带药物以防自己的身体细胞置换过快。

果蝇在飞行过程中受到辐射引起的损害显著增加。对果蝇的幼虫来说,失重看来显著加剧了染色体的不适当分裂,加快了染色体自发易位的形成。

失重与 γ 射线和诱发早熟之间的相互作用也观察到了。引力和生物钟看来有着无法摆脱的联系。



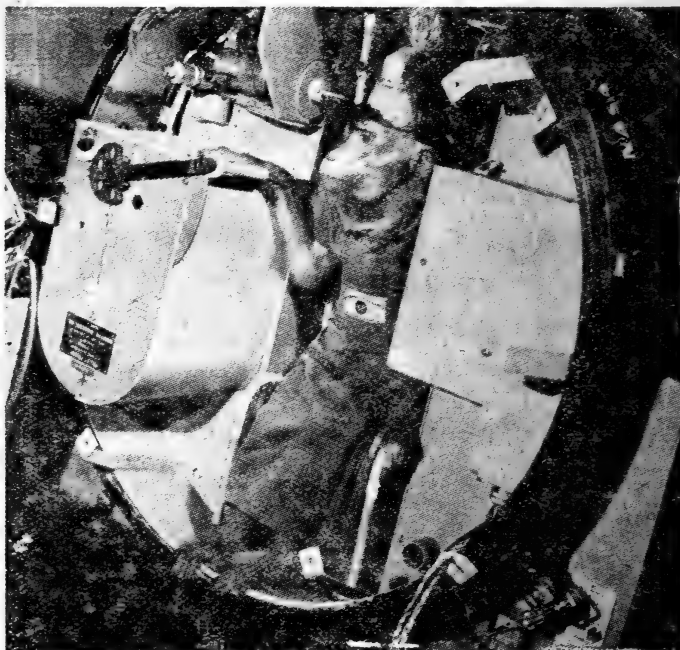
用“生物卫星2号”研究辐射和失重对果蝇的影响。生物卫星上的蝇卵有50%以上变态。左图是由正常蝇卵孵化长大的成虫(地面上);右图是在辐射和失重条件下的蝇卵孵化长大的成虫(在“生物卫星2号”上)

“生物卫星3号”曾把一只猴子送上太空，原来希望进行一次长达三十天的实验。这是研究生物对失重反应的下一个步骤，目的是准备以后将人送往太空度过三十天或一百天。

科学家们曾经希望这次“载猴飞行”能够打破生物处于失重状态的最长时间记录。产自缅甸和印度尼西亚的十只猕猴在肯尼迪角进行了一年的驯养，最后选定了一只进行这次具有历史意义的飞行。这些四岁的雄猴(与人的年龄相比大约相当于十几岁的孩子)，每只大约重十五磅。人们用猴子很喜欢吃的食物做为奖赏，训练它们完成各种各样的任务。名叫“伯尼”的这只在飞行前十二小时才选定的优胜“宇航员”被送上了太空。它头戴一顶硬塑料盔，里面镶嵌着各种仪器，以便监测它的脑电波。重要的是，科学家们必须知道长时间的失重会不会干扰一个宇航员作出决定的能力。其他仪器测量心搏率、血压等项身体节律。眼的活动情况和肌肉的状况也通过无线电波送回地面。

飞行只持续了八天半，没有能够达到预期的三十天，科学家们为猴子的死亡感到非常失望。但是所收集的有关失重作用的资料，比美国科学家以往收集的资料多。这一次所获得有关“伯尼”的脑子，心血管和新陈代谢功能的资料达十亿个信息单位。这次飞行有许多发现。其中有一项是科学家们发现猴子身体的节律周期显然由正常的二十四小时转变为二十六小时。虽然光线的变化以及活动和取食的时间，都是按白昼和黑夜各为十二小时的规律安排的，但是到了飞行的第二天和第三天猴子身体的节律就开始偏离了二十四小时的周

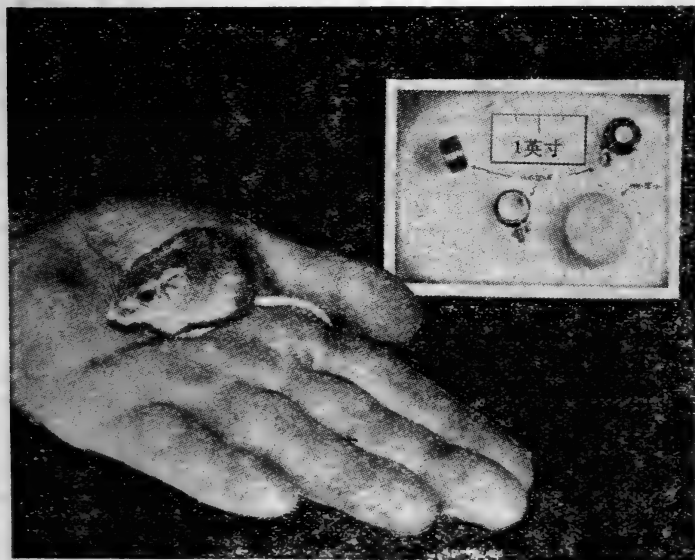
期。美国航空和宇宙航行局的科学家们认为，这种现象可能说明，这是一种“自激”周期。这种周期以身体自己的节律为依据，而不受外界环境因素的影响。



小小的猴子宇航员在“生物卫星3号”里坐在舱椅上进行“载猴飞行”。猴子右边的手柄是取食物用的。猴子头部右边的钢乳头是饮水用的

动物在宇宙空间经历的最长时间记录是二十二天。这是苏联在一九六六年用两只狗创造的。人的最高记录是十八天，是由苏联“联盟9号”飞船的两名宇航员安德烈·尼古拉耶夫上校和维塔利·谢瓦斯基亚诺夫在一九七〇年六月创造的。

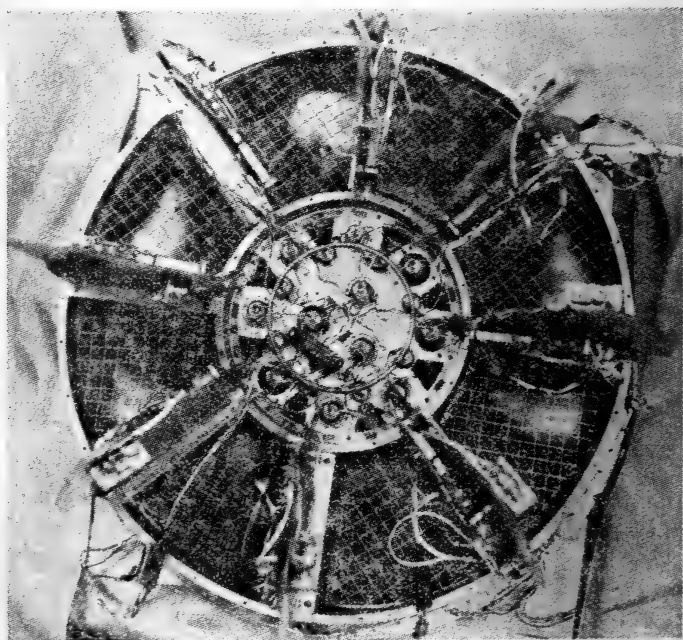
美国航空和宇宙航行局还希望进行一次装载囊鼠的宇宙飞行。囊鼠是一种产于美国西部沙漠地区的啮齿目小哺乳动物。它的两颊上长着具有一定功能的颊袋。囊鼠这个名字就是由此得来的。囊鼠具有良好的夜行似昼夜节律。它习惯于沙漠环境,几个月不喝水也能活着;它能够从干燥的种子和植物类食物中吸取足够的水分。还有一个优点是,这种动物排泄的废物很少。计划在实验中,将十只囊鼠分别放进鼠舱的不同舱室里。这个鼠舱是整个卫星密封舱的一部分。这些动物所需要的食物将按照程序时间表自动供给。密封舱还装有环境调节系统,能供给囊鼠呼吸所需的足够氧气,能保持恒压和华氏 78 度的恒温。象做其他实验一样,囊鼠舱将一直保持



囊鼠及可以放进动物体内的测量仪器

黑暗。

这个装载囊鼠的卫星密封舱计划用美国一个最强大的火箭发射到宇宙空间深处。这个卫星将沿着距离地球很远的轨道绕地球运转二十一天。在这期间，囊鼠的体温将通过微型遥测温度计进行监测。这些仪器经过特殊的设计能够放进这些小动物的体内。同时也将测量它们的呼吸代谢情况，看看密封舱内各种浓度的氧和其他气体(如氮)会不会引起节律的



这种仪器是美国航空和宇宙航行局计划实验的一部分，是专为用于八只老鼠身上而设计的。这八只老鼠将在宇宙空间旅行二十一天。仪器将测量老鼠的体温、生长情况、运动肌活动情况和食物供给系统的工作情况

变化。这些生理变化的测量结果将作为一系列电脉冲记载在磁带记录器上，这些存储的情报可以根据向卫星发出的无线电指令发回地面控制站。

如果这一切显得很奇特的话，那么可以想一想苏联为发射第一颗卫星，进行了多么复杂的准备工作。科学家们计划把正在发芽的马铃薯块送上轨道。他们发现，这种普通的马铃薯如果密封在容器里可以预报天气，反映室外的平均气温，它的呼吸率看来是同某些宇宙变化相联系的，而这些宇宙变化又与太阳和月亮的周期有关。当然，送上轨道的马铃薯还必须伴随有复杂的电子测量仪器，不然就不能帮助科学家们揭开马铃薯潜藏的能力的秘密。由于马铃薯的新陈代谢率可以通过它对氧的吸进率和呼出率来确定，所以就需要有极为灵敏的呼吸测量仪。内装十二块正在发芽的马铃薯块的筒状容器所配备的仪器，可以测出氧的数量的变化，精确度达到千分之五毫升。

为载人宇宙飞行作准备的这些严格实验，关系着要到遥远的太空去旅行的宇航员的生死存亡。

调节人的睡眠、苏醒、细胞的新陈代谢、激素分泌和其他以一日或一月为周期的生理现象的生物钟，如果证明是由来源于体外的因素(如地球磁场)来推动的，那么，如果一个人在根本不存在地球磁场的宇宙空间度过很长的时间，他会发生什么变化呢？与地球有关的其他因素，如引力、静电场和气压变化，如果也不存在了，又会产生什么影响呢？假如象一台收音机接收到广播信号并把它转变为交响乐那样，生物也是依

靠接收“信号”来使它的生物钟运转,那么一旦信号没有了,这个生物又将怎样呢!如果一个人在宇宙空间度过几个星期或几个月,脱离了地球的二十四小时节律,他的体细胞还会继续吸进氧、排出二氧化碳吗?如果人类所熟知的地球上的白昼和黑夜消失了,是不是无论消失多长,自动反应和腺体分泌也会继续下去吗?把马铃薯送往太空,就能得到这些问题的答案。如果连马铃薯都不能活,人还能活吗?

反之,如果象老鼠、猴子和马铃薯这类生物可以在遥远的宇宙空间旅行而不受影响,那么,人大概也会同样安然无恙。

几年前,谁曾想到豆科植物的睡眠活动与今天所研究的人类的节律有联系?谁又曾想到人在宇宙空间能不能生存这个问题,马铃薯可以给我们以启示?

第七章 人类的节律

我们已经看到，生物钟显然普遍存在于我们所研究过的一切大大小小的动植物中。看来，每一种生物钟不仅以某种方式保证单个生物的生存，而且也保证物种的生存。但是，人类的情况又怎样呢？人类有内在的时间感觉吗？人类天生的钟跟人类用来调节其活动的机械钟一致吗？

也许你自己已经体验到某方面的内在时间感觉。比如说，不用上闹钟，你就会在预定的时间醒来。也许你从沉睡中醒来，就能够相当准确地说出当时是白天或黑夜的什么时间。这些体验为我们了解人体复杂的生物钟的本质提供了一个线索。最近科学家们已经开始以极大的热情对人类的生物钟进行探索。

显然，节律在维持人类生命的心脏跳动和呼吸这两个重要的生理过程中是一个重要的因素。而心跳和呼吸都不受人的意识的支配。白天和黑夜，一天又一天，奇妙的心脏在正常的情况下每分钟大约跳动七十次。与心脏共同维持生命的是胸膈肌的节律性运动。随着我们呼吸，胸膈肌每分钟起落二十次。这两种维持生命的节律的任何一种如果发生障碍或完全停止，就会立即引起死亡。但是还有没有其他对人类的健康和安宁具有同等重要的意义而节律更加复杂的身体机能呢？

科学家们已经发现,还有许多这样的机能。

大家知道,人体温度如果同平均值华氏 98.6° 相差太远,通常是疾病造成的。然而,许多项研究表明,人体温度具有同太阳日紧密相关的节律性变化,一日之中有最高值和最低值。甚至健康人的体温在二十四小时内也有华氏 2° 左右的变化。清晨人体温度最低,黄昏最高。虽然这种变化看起来微不足道,但是这种温度节律正是其他一系列生理变化的关键所在。

不久前人们曾认为,纯生物学这门基础科学就足以解释人体的生理学。然而,科学家们现在认为,人体是错综复杂的化学变化和一些互相关联又互相依赖的物理系统的集合体。为了研究这些奇妙的生理过程,生物化学和生物物理学等这些高度专门化的科学领域逐渐发展起来,各有其专门的研究项目。这两个科学领域都已经发现,在许多生理过程中存在着节律。血压和血液中白血球的数目都具有节律性的变化。血糖指标、排尿量及尿中的特殊化学成分每天里都有变化。有证据表明,大脑和身体的其他各种器官都表现出各自的机能节律。甚至骨关节似乎也可能具有节律。今天科学家们坚信不疑,人体中没有哪一种化学变化和物理变化是没有节律的。

为了了解人类的生物节律,曾经对各种不同年龄的人进行了一系列的研究。其中有一项是对新生婴儿进行的研究,目的是想知道婴儿长到多大才开始出现人体的基本节律。是生下来就有呢?还是在以后的一段时间里逐渐发展起来的?为了找出答案,曾对将近一百个刚出生的婴儿进行了研究。结

果发现，婴儿出生后六个星期之内心脏的频率和体温都没有任何节律性的迹象。婴儿出生三个星期以后才开始表现出黑夜睡觉和白天醒着的习惯。婴儿出生后六个月左右肾功能才有明显的周日节律。这种研究证明，各种节律开始的时间是不一样的，但是它的最大意义是说明了，各种节律是一个个单独发展起来的。科学家们所进行的另一项有关的观察还表



对将近一百名婴儿的研究表明，人体的各种节律是各各独立地发展起来的。早产儿比足月儿的节律发展得晚

明，早产儿比足月儿的节律发展得晚。这种情况再加上每一种节律随着孩子的长大而变得越来越像大人的事实，表明在节律发展过程中，人的成熟这个因素似乎比环境更重要。这对节律起源于遗传的理论提供了一些根据。

对人类节律的研究好像相当清楚地表明，多数节律是以太阳日为基础的。这些节律在白天到黑夜再到白天的过程中是有变化的，不过变化的周期并非正好是二十四小时。实际上人类生理节律的周期不是太阳日，而是似昼夜的。由于大家推测，日光和黑暗对节律起着重大作用，科学家们就想知道，人类的节律是不是像动植物那样，在实验室的条件下也能保持下去。他们的设想像过去一样导致了一系列的实验。最早的实验是由一个四十岁的科学家和一个二十八岁的学生做的。他们想测定人体节律对长度不同的周日的适应性。他们住在黑暗的地洞里，那里保持恒温，他们用电灯光来改变光亮和黑暗时间的长短，电灯的开关是自动化的。这两个人的生理节律对十个半小时的白天和十个半小时的黑夜，也就是说二十一小时的周日，适应情况十分良好。然而，如果以二十八小时为一周日，其中十四小时是白天，十四小时是黑夜，这两个人的节律就出现了明显的不同。年轻人的机能很容易适应新的时间表，可是那个中年人的机能还是维持二十四小时的周期。这个实验说明节律不仅能成长，而且显然随着年龄的增长，越来越变得难以改变。

在挪威进行了另一个不寻常的实验。这个地方位于北极圈内，在夏季二十四小时都是白天。两组学生都带上了特制

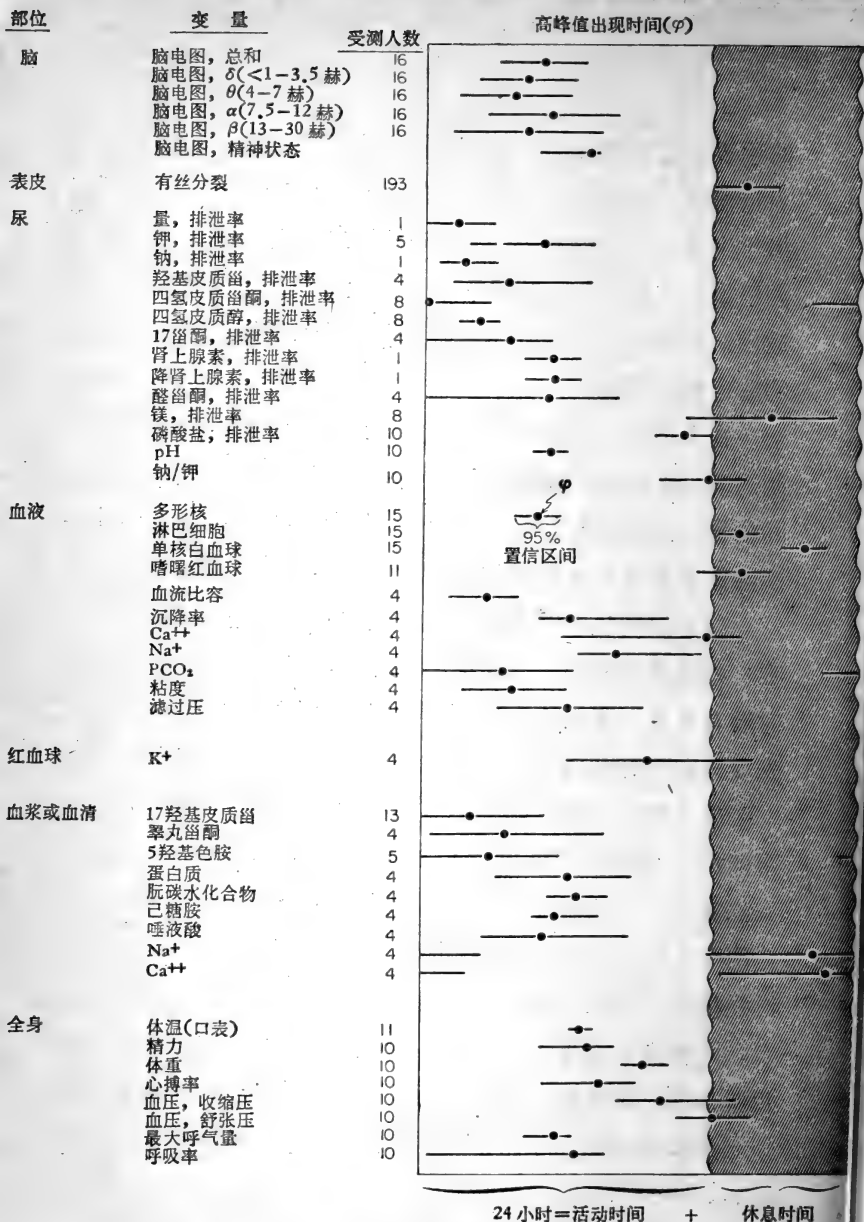
的手表。他们用这样的表来安排他们一天的活动。一组用的表走得快，表针走二十四小时实际上只有二十一小时。第二组学生带的表走得慢，一周日延长为二十八小时。就像在地洞里做的实验一样，短日的学生的生理节律比长日的更容易适应。在这个实验中，年龄的差别并不大，所以同组中各成员的适应性是相似的。

在上述两个实验中，不管是电灯造成的白天、黑夜还是特制的表，都给实验对象提供了时间的信号。如果没有这些时间信号，那么人体生物钟又会发生什么变化呢？人类节律会不会像老鼠和仓鼠那样依然存在？

科学家们也希望得到这个问题的答案。进行这种实验的唯一办法是将两个实验对象关在隔离室里十五天，同外界绝对没有联系。屋内的人没有钟表报时，没有收音机，也没有预先安排的电灯开关来提供室外是白天还是黑夜的信号。

就象把动物放在同样的实验条件下一样，出现了奇怪的事情。实验对象在外界时本来每天半夜一点钟睡觉，但是关在隔离室以后他们开始每天都晚睡一两个小时，因而也晚醒一两个小时。当实验进行到八天半的时候，他们的睡觉时间已经推迟了十五个小时。他们上床睡觉的时间不是在半夜一点，而是推迟到下午四点！这两个人的昼夜节律被打乱了。也就是说，虽然他们的生理节律还保持着二十四小时左右的似昼夜周期，但是同当地时间相比已经差十五个小时了。显然，人类的节律同动物的相似。

以上我们所讨论的节律仅限于正常健康人的明显节律，



这张图表列出人体化学组分的许多特定变化, 这些变化都具有确定的似昼夜节律。图中框内无阴影部分表示活动时间, 阴影部分表示休息或睡眠时间。黑点表示最高输出值, 显然, 大多数高峰期都出现在人醒着和从事活动的时间

但是也还有许多事实表明，很多不寻常的节律只是在人体或精神有病时才显示出来。这种节律的周期远不是似昼夜的，而是几个小时、几个星期到若干年。看来，当人体生理上的和心理上的机能由于或许还有待医学去发现的原因而发生紊乱时，节律周期会发生相当大的变化，变化的幅度从一个太阳日到几个或更多个太阳日。

让我们先简单地看看已经收集到的材料，这是关于两个十几岁的青春期少女的情况。其中一个姑娘每过十二小时体温就异常地升高一次，而医生们检查不出什么原因。另一个姑娘有食物过敏的病史，每二十四小时体温就异常下降一次。据报道，还有一个例子是一个少年每四十八小时就要发烧一次，并且伴随着剧烈的疼痛。

在这一点上，我们很容易看出，以上体温节律所显示的十二、二十四和四十八小时周期都是太阳周日的倍数。这些例子所涉及的都是年轻人。上年纪的人容易得关节炎和风湿病，他们的症状周期就长一些。

有一个中年男子每隔九天患一次膝肿病。另一个患者得了一种很奇怪的病。两个膝关节都肿了起来，可是这两个关节各有各的七天周期。

这样，我们看到确有些不寻常的节律。就时间而论，这些症状究竟是医学上真正能解释的原因还是心理上或情感上的原因造成的，并没有多大区别。实际情况是这些症状不仅存在，而且由于症状的周期性质，我们可以预计症状定时重现的时间。鉴于我们已经知道自然界的周期变化，当我们发现疾

病中的这种节律时,我们会真的感到吃惊吗?

一些科学家提出了一个卓越的理论,想要解释为什么疾病似乎能够使得不显眼的人体自然节律变得那么引人注目。对婴儿做的实验表明,人体各种节律很少是同相的。每一种节律都有它特殊的周期。如果人体生理系统受到冲击,不管是因为感情太冲动还是遭到不幸事件或患病,许多不同相的节律就可能变为同步。这种情况反过来又使得在其他条件下不显眼的各种身体反应变为同步,因而产生病痛症状。

毫无疑问,在人体各种化学成分的复杂的相互关系中明显表现出来的生物节律,的确是对人和动物的生理有影响的。因此,我们怎么感觉就怎么行动的说法,大概是很有道理的。当我们得到适当的休息,定时吃有益于健康的食物,并且劳逸结合得很好时,换句话说,当我们的生理钟能够相对保持正常的周期时,那么,我们就会感觉良好。

在这样的日子里,我们头脑清楚,信心十足。在别的时候,当各个生理钟的位相不对头时,我们可能感到懒散无力,并且心情闷闷不乐。生理钟的作用不仅影响到我们的身体状态,而且也影响到精神状态。这些生物钟很可能是决定我们能否保持正常,或神经上甚至精神上是否出毛病的重要因素。

例如,大家都知道,精神分裂症和狂郁精神病的特征就是激素极度不平衡。我们每天的情绪,甚至每小时的情绪,都可能依赖于激素的平衡。而激素的平衡又依赖于整个生物钟的机制。有些科学家认为,人的整个个性可能是激素平衡统

一规律的結果。月經前的憂郁和絕經期後往往發生的個性變化，就足以證明激素平衡發生變化對精神狀態的影響。在這裡值得提一下，大家知道狂鬱精神病人以十二小時為周期交替狂喜和抑鬱。甚至精神分裂症症狀比較嚴重的表現也是以十二小時為周期的。

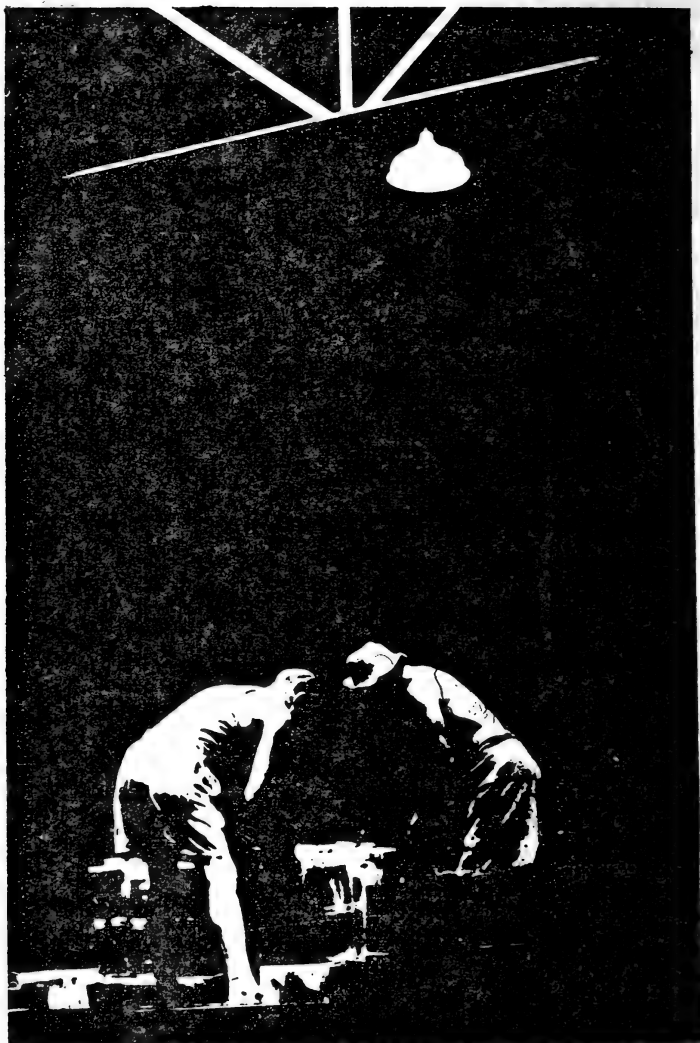
我們當中的許多人能夠暫時濫用生物鐘，而許多人則由於日常職業的原因必須使用同大自然的意圖完全不一致的一種作息時間表。

有時上日班、有時上夜班的產業工人或警察的情況怎麼樣呢？他們一個星期夜間睡覺，然後下星期又必須大調換，早晨七、八點鐘睡覺。班機駕駛員或機上女服務員的情況又怎麼樣呢？他們在傍晚從紐約飛往倫敦，經過空中幾個小時吃力的工作以後，到達倫敦時大約是早晨人人準備上班的時間。

美國有幾百萬人在夜間工作，包括工廠的工人、班機組人員、火車司機、搬運工人、公共汽車和出租汽車的司機、報務員和話務員、電台和電視台的廣播員、警察和消防人員。從事計算機和資料處理工作的人上夜班的也越來越普遍。

有一些研究表明，許多夜班工作者不僅身體健康和安全受到危害，而且精神健康也受到危害。這些研究說明，夜班工作人員比日班工作人員易於患神經官能症，而且患心臟病和其他身體疾病的也要多些。從各種測驗可以看出，夜班工作的影響很大，以致夜班工作人員對於所有需要反應快和警惕性高的活動來說，精神和身體實際上都處於休眠狀態。

當然，上述各類工作人員誰也不希望一直在夜間工作。



由于采用同自然规律不一致的作息时间表,结果夜班工人比日班工人更容易患某些疾病

所以在工业中，上一个星期的日班，然后再上一个星期的夜班，这已经成为制度。但是改上日班后，上夜班时所受到的影响似乎还会持续下去。为了经济方面的利益和提高效率，曾经对两周一换班进行了试验，但是事实证明，情况比一周一换并没有什么改进。工作人员每次换班都要有一个适应时期，时期长短各人不同，最长的需要两个星期，而有些人的生理机能根本不能适应夜班的工作。目前人们认为，日夜班不轮换比较好。

由于人类不能抗拒大自然所确立的节律而受到损害的不仅仅是地面上的工商业。在航空事业中效率不高和随之而来的安全问题已经变得十分紧急，因此，美国联邦航空公司进行了精心计划的实验性研究工作，想确定在什么条件下班机组人员才能执行严格的飞行计划而不致危害机组人员和乘客的生命安全。

在这项研究中，用正常的生理节律同执行特定的飞行计划，飞往某些地区时的生理节律进行了比较。

进行实验的喷气机机组人员都是年龄在三十到五十五岁之间的男性科学家，一共有三组，每组包括四名成员。飞行之前，在二十四小时之内，每隔两小时，就对每一个机组成员的生理机能进行仔细的检查。内容包括脉搏、尿中的化学成份、呼吸频率、血压、直肠温度、手掌出汗量等。

除体格检查以外，还由一位心理学家问他们几个问题，来检查他们的注意力和判断力。并且，通过要求他们一看闪光就按电键的办法，对他们的反应时间进行了测定。到达目的

地以后,在二十四小时之内,对每个机组人员又进行检查,内容同飞行前一样。

有一组人员从美国首都华盛顿飞到智利首都圣地亚哥,这次航程的地区标准时差只有一小时。这些机组人员的基本生物节律变化很少或没有变化。第二组从美国俄克拉何马州的俄克拉何马市飞到罗马,全程穿越七个时区。第三组乘喷气机从俄克拉何马市飞到菲律宾的马尼拉,全程穿越十个时区。后两组飞行证明,这种飞行对人体各部的正常机能是有重大影响的。参加实验的人员精神不能集中,而且作出判断的反应时间反常地长。反应时间似乎是因飞行而受损害最严重的因素,而所有其他用脑的任务所需时间都要比飞行前大约长百分之二十五。到达目的地以后,飞行人员的体温四天以后才能恢复正常,身体其他机能的恢复甚至需要更长的时间。

最使科学家们担心的是飞行以后实验人员的精神迟钝状态持续达二十四小时之久。飞行员作更长的飞行、穿越更多的时区,所受影响会不会增多呢?

除机组人员的生物钟和“心理钟”受到这些明显的有害影响之外,科学家们还作了一些重要观察。例如,节律的变化并不是由连续航行的时间决定的,而是由始点和终点的时差,也就是飞机所穿越的时区数决定的。另一项研究表明,飞行的方向不同所产生的影响也不同。

因为这些影响涉及空中飞行的安全,航空公司作出很大的努力调整他们的时间表来适应难以改变的自然节律。为

帮助飞行人员克服穿越时区飞行的困难，也作了许多努力。

有班机飞往欧洲的一个主要国际航空公司要求他们的驻欧洲机组人员按欧洲时间表作息，而不考虑飞行的终点在什么地方。然而，环球飞行的中途几乎没有休息的飞行员和机上女服务员发现他们不可能按照他们家乡的时间行事。结果飞行人员不断发生生理上的问题。

为了便利旅客，各航空公司都在尽可能努力合理安排起飞时间，以便使到达时间不妨碍正常的睡眠习惯。

如果今天乘喷气机以每小时五百英里到七百英里的速度旅行，对人类的生物钟节律就已经产生这样的破坏作用，那么，目前在客运中正在使用的新式超音速飞机，又会产生什么情况呢？时速约达两千英里的飞机现在已经制造出来了。以更快的速度旅行会不会对人更加有害呢？从载人宇宙飞行中所得到的证据表明，情况可能并不如此。

在航天舱中旅行的宇航员曾以九十分钟一周的速度绕地球飞行。他们的白天，也就是他们得到日照的时间，用地球时间表示，只有五十四分钟，而黑夜只有三十六分钟。他们航行的速度每小时超过一万七千英里，所产生的影响似乎并不比今天的喷气机旅行严重。如果宇航员要进行若干天的飞行，他们必须按规定时间作息。虽然几组不同的宇航员试验了若干种不同的作息时间表，他们通常都睡不好觉。结果当他们返回地球时，体力上和精神上都疲惫不堪。这似乎表明，人的生物钟不易适应高速宇宙飞行。这可能对宇宙科学家们未来



“阿波罗 10 号”飞行以后，宇航员扬、塞尔南和斯塔福德在回收船上显得体力上和精神上都疲惫不堪。科学家们感到，人体生物钟对高速宇宙飞行有些不能适应

的计划提出一些问题。如果对人体生物节律的破坏作用是会积累起来的,那么,人就不大可能经受住往返其他行星所必需的几个月航行的严酷考验。但是最重要的因素究竟是飞行速度还是续航时间,还有待进一步研究。

但是一天到晚生活在地球上的人又怎样呢?对我们仍然神秘莫测的生物钟在地球上对我们有什么影响呢?

第八章 生物钟的实际应用

毫无疑问，生物钟的秘密对于生物学有着极为重大的意义。在探索生物钟的各种表现形式的过程中，我们考察了它们与宇宙节律的关系。我们发现，每种生物的习性和生活功能，都受节律的支配。有些节律以二十四小时为周期，同太阳日相吻合。有些则同月出、月落相一致，或者同大气潮及海洋的潮汐有某种联系。有些节律使某种过程以一年为周期有规律地循环出现。同时，也完全有理由相信，有些节律的周期长达几年甚至更长。

对生物钟的研究表明，生物钟和光线有着确定的关系；而最近的研究结果则表明，它们与黑暗有着更重要的关系。生物能够以某种方法来调整它们的习性和功能的节律，以适应它们必须度过的定时降临的黑夜。由于黑夜的长度逐日有所变化，这就要求生物作生理上的调节，这样也就形成了季节性的调节。

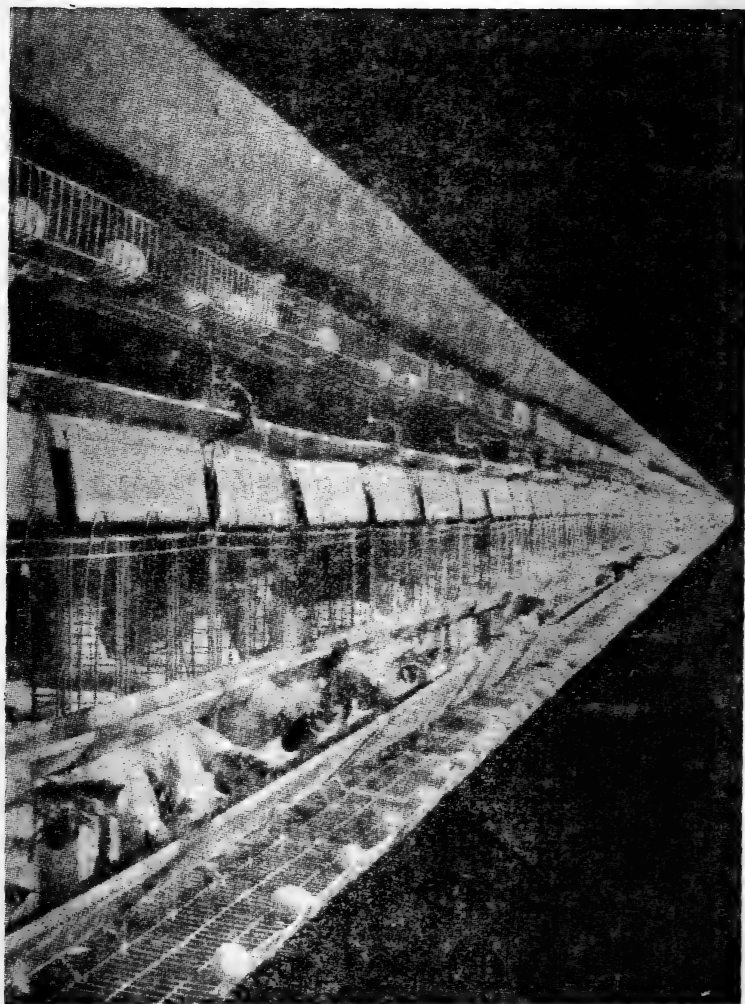
许多事实证明，所有生物钟都是生物体内有关的物理现象和化学现象的总和。的确，就连生物体内在特定时间里的化学成分含量都有周期性的变化。对所有生物的生理功能和动物的精神状态有着重大影响的化学成分的生成，似乎同植物和动物所接受的光照量和所经历的黑暗期的长短有着某种

关系。不仅光照时间和强度很重要,而且光的颜色也很重要。这一点已经由使用不同颜色的光所做的实验得到了证明。更令人感到新奇的是,肉眼看不见的辐射,如红外线和紫外线,似乎也影响着生物钟。

对生物钟的解释有两种理论:一种认为,节律是物种的遗传特征,而且也是单个动物或植物的遗传特征,这些节律可用外部的物质刺激来重新调整;另一种认为,这些节律的周期完全由各种宇宙环境现象所决定。解释生物钟的这两种理论,哪一种最好,还有待于今后去证明。对生物节律真实性质的认识很可能是古今最重要的科学发现。

我们已经谈到过,为市场种植花草的人对光照期的了解的重要性。能在最需要的时候供应盛开的鲜花是很重要的。但是,了解光照期对于种植普通田间作物的人来说更加有意义。举例来说,大家知道,某些种类的作物只能在一定的纬度地区生长,其原因就是不同地区的日照时间有些不同。如果应用目前所掌握的植物遗传学知识,并了解到什么样的光亮和黑暗条件对特定种类的植物最适宜,那就有可能在同一地区使种子植物一年两熟,从而使产量提高一倍。

饲养家禽和家畜的农民应用人造白天和黑夜,已经收到了一些效果。人们发现,缩短黑夜时间,可以使母鸡多生蛋。这样,使用人造光源,可使全年鸡蛋产量保持在夏季的水平,而不受实际的白昼长度的影响。母鸡根本不知道夏季已经过去!养牛羊的农民应用这种方法也得到了好处。他们通过减少黑夜的时数,延长牛羊的发情期。发情期越长,交配的次数



农民缩短“黑夜”时间可以使母鸡多生蛋

就越多,结果繁殖的数目就越大。增加一点光照就能起这样大的作用,真是令人惊叹!

有关生物钟的发现,不仅对提高家禽和家畜的繁殖有重要作用,而且这方面正在积累的知识,对于控制有害动物(特



消灭蚊子之类的害虫的一种方法是重新调整它们的生物钟,使它们的生殖时间正好处在对它们的成活最不利的季节

别是害虫),也很重要。既然我们知道昆虫的发育过程同白天和黑夜的长短有关,那么是否可能在实验室中将有害昆虫的生物钟重新调整一下,使昆虫在缺乏食物或温度不适合的季节成熟,从而无法成活?这样的实验已在进行中。

重新调整对人有害的特定种类的动植物的生物钟,对人类可能是有好处的。但是必须谨慎,在这样做以前,要研究一下,这样做从长远来看对其他生物有什么影响。人类时常因为随便改变自然而吃亏。根除了一个物种,往往引起了另外一个物种的急剧增长。一旦自然界的平衡被破坏,重新调整往往是困难的,甚至是不可能的。

美国全国航空和宇宙航行局提出的一项建议主张发射一批反射卫星,使它们进入距地面约 22,000 英里的轨道。这种卫星在发射时是致密的,但进入轨道后就膨胀起来,形成一个扁平的圆盘,其直径为两千英尺。

巨大的卫星表面好像镜子,可以向地球的黑暗面反射阳光,把相当于两个满月的光连续不断地投射到那里。显而易见,整个月和全年都有明亮的月光是大有好处的。对于城市来说,花费不多就可以加强控制街道上的犯罪行为;农活和娱乐活动,可以从黄昏到黎明一直在室外进行。

每个卫星可以照亮直径为 220 英里的地区。在这里,漆黑的夜晚不见了,这对植物和动物将会产生怎样的影响呢?对所有习惯于黑夜定时来临的生物来说,其生物钟将受到怎样的影响?我们会不会因此打乱了平衡,使有害的植物和动物反而生长得更多?

对生物钟的研究，除了对农业及有关的活动有着极其重要的作用外，其研究结果必然以解决人类问题为重点。我们已经提到对人的周日节律的干扰，如一般的夜班工人因上夜班而较容易出事故，脑力和判断力受到损害。用动物做的实验也证明，似昼夜节律同学习能力有一定的关系。曾用老鼠进行了实验，老鼠通常是夜行动物，因此它们的体温在夜间最高。虽然在实验室里老鼠无法得知什么时候是白天或黑夜，但当实验室外面是黑夜的时候，老鼠能够最快地学会躲避电击。

如果我们的整个生理确实受因人而异的体温周期的支配，那么，是不是可以推论说，我们的脑力最好的时间，也遵循着相似的规律呢？我们一天当中学习能力最强的时间是不是可能同似昼夜节律有关系呢？可以设想，在紧急情况下，外交人员所作出的决定是很重要的，而他们又常常需要绕地球飞半圈去参加现场会议。那么，当他们的生物钟还在适应时间的变化时，他们能够做出最好的决定吗？美国国务院曾经作出决定，要求所有经过长途飞行的外交人员，至少休息一天以后，才能参加重要的谈判。

最近对动物的实验表明，生物节律对医疗有重大的意义。在某些实验中，对若干组老鼠注射了马钱子碱，这是一种剧毒化学药品，通常用很小的剂量就可以使哺乳动物致死。为了防止药物感受性受遗传差异的影响，所用老鼠都选自同一群体。让它们在“白天”和“黑夜”长度相等的条件下过上一段时间。然后给每只老鼠注射相同剂量的马钱子碱。可是，注射

是在二十四小时中不同的时刻进行的。令人吃惊的是，在那段时间里的某些特定时刻注射毒药，可使死亡率超过75%。相反，在其他时刻里注射毒药，死亡率只有6%。对其他一些有毒的化学药品也进行了实验，得到了同样的结果。在另外的一些实验中，发现昆虫对有毒物质的感受性也有一定的节律。

举例来说，对于象苍蝇、蟑螂之类的昆虫，在一天之中的某一时刻使用杀虫剂比较有效。这一点是很说明问题的。这个结论是通过实验得到的：把苍蝇置于一个封闭的容器里，然后喷洒高效杀虫剂，稍待片刻，就把他们放出，置于完全没有杀虫剂的环境中。在一天之中的不同时间里，重复做这样的实验。杀虫剂的效力由施用药物两天以后苍蝇的死亡数来确定。结果发现，下午受到杀虫剂喷洒的苍蝇的死亡率比较高。这个时间正是它们在一天之中最活跃的时间。看来，与生物生理异质的化学药品，在某时刻可以起毒药的作用，但是在其他时刻却完全无害。当然，对致力于消灭害虫的人来说，掌握杀虫剂效力较高的时间可以节省劳力和费用。但是这一发现是否还有更重要的应用呢？

实验表明，在某些时刻动物身体对药物的感受性比在其他时刻高。但这是否也意味着，某些药物对于人来说，在某些时刻服用患处大于益处？

医学已经注意到，对药物的感受性因人而异。从治疗需要服用激素来调整生理缺陷的病症所获得的结果来看，情况就是这样。虽然使用的药品或激素的剂量看来是正确的，而

且一些症状也有所减退,但只因为用药的时间不对头,就总也达不到期望的疗效,不能恢复正常的生理功能。关于这一点,进行治疗的时间不可能恰好是病人身体对药物的感受性最好和最需要这种治疗的时间。

另外一个重要问题是周日节律与疾病的关系。在某些时刻,我们是否比在其他时刻更容易感染细菌呢?老鼠是这样的。白天让老鼠吃腐坏的食物,可以把老鼠杀死,而夜里把同样的食物喂它们,对老鼠却丝毫不起作用!

医学早就注意到,人体内存在着趋向于平衡的倾向,化学和物理学领域中的所有变换也是如此。只要出现不平衡,无论其起因是内部的还是外部的,每个细胞、每个组织、每个器官,就都要受到某种应力的作用。这种应力可以起校正作用,以便恢复原来的状态。

因此,在医学研究中,如果血液成分、血压、体温等偏离了正常的数值,就不仅表明需要恢复平衡,而且表明这是疾病的症状。但在确定标准值时,医学界最近开始认识到,这种偏差在很大程度上是正常的,也就是说,作为生物节律的一种表现形式,激素和酶在血流中的浓度因白天或黑夜的时间不同而异。因此,在一天中生理函数的标准值可以随时间的变化而变化。所以,偏差在一定的范围内是正常的,如果在诊断时不加考虑,那么,就很可能把一个真正的症状忽略掉,或者把一个正常的偏差看作是一种症状。对于同某种激素的浓度直接有关的疾病,就更是如此。如果忽视了某种激素的节律周期,那么,一天之中随着诊断时间的不同,就可能把激素浓度的偏

高或偏低当作症状。值得特别注意的是，某些可能表明严重疾病的偏差，若干天才出现一次。更复杂的是，这种有节律的偏差何日何时出现因人而异。因此，在建立病历时，要确定个人的生理节律，就必须在治疗前观察大约几个星期，甚至几个月。为了研究生物钟与疾病的关系，正在探索酶在这方面的作用，后者是目前还不清楚的。

各种酶是由有生命的细胞产生的特殊种类的蛋白质，它们控制着细胞里化学反应的速度。有一种酶，名字很绕嘴，叫作“磷酸果糖激酶”，已知它的作用是分解糖分(葡萄糖)，促使形成新的化合物。

在正常情况下，酶所促成的化合物形成以后，酶的作用就受到抑制。但是磷酸果糖激酶却与一般的酶不同，它所促成的化合物生成得越多，它的作用反而更快，这样不断加快下去，直到某种葡萄糖分解产物用完为止。这时它的作用就暂停，直到细胞积集较多的葡萄糖再开始作用。

为了确定酶的作用是否真正具有节律性，必须找到一种办法，既能确定细胞内各种化合物的浓度，而又不致破坏细胞。后来发现葡萄糖有一种分解产物在紫外线照射下发蓝光，这才找到了这种办法。在紫外线照射下发出可见光的现象叫做荧光现象。为了测量上述化合物浓度的变化，科学家们必须用测微荧光计，其灵敏度能够测出只有一万个分子的物质！这种仪器显示出“蓝光”化合物的生成具有确定的节律性变化。

今天在美国，癌症和心脏病是引起死亡的主要原因。经

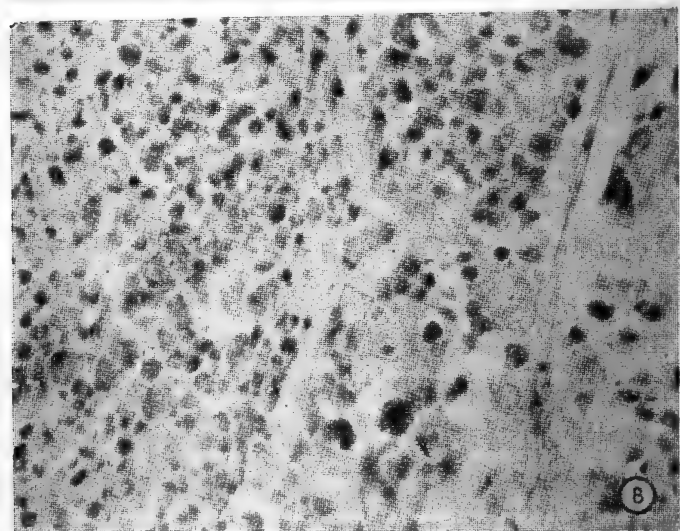
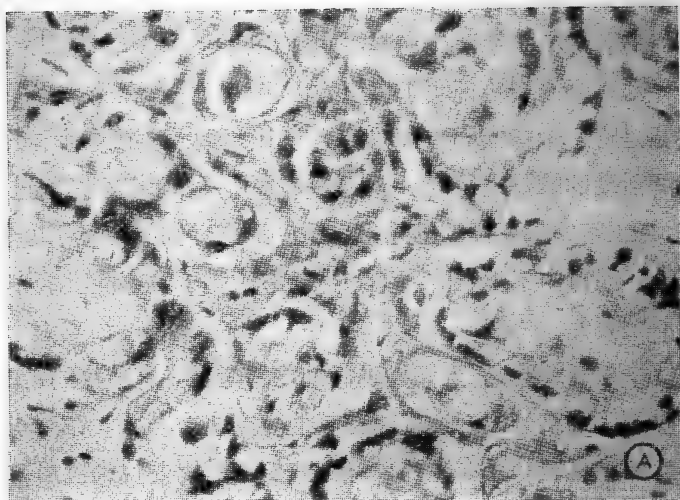
过实验已经证明,如果把猴子的周日节律打乱,就会引起心脏病。这种因果关系对癌症是否也适用呢?

对蟑螂的实验证明了类似的因果关系是存在的。有一个实验是将一个蟑螂的脑移植给另一个蟑螂。移植是对作正常夜间活动的蟑螂进行的。供脑蟑螂的活动节律事先经过调整,与正常的昼夜周期已经不一致。结果受脑蟑螂患了癌症。那么,城市中不正常的活动和休息方式是不是癌症发病率高的原因呢?

令人震惊的是,人们发现癌细胞的增生是有节律的,在某些时刻癌细胞分裂的速度比在其他时刻快。同时,在某些时刻癌细胞更容易受X光的破坏。我们不是需要找到应用X光疗法的最好时刻吗?当然,一般来说,X光治疗都是在白天,是人们醒着的时间。然而,对通常习惯于夜间活动的老鼠在夜间进行X光照射时,效果却很不好。

目前这种实验对外科学有什么意义呢?进行外科手术的钟点同手术效果有关系吗?这对于那些甚至在睡足了觉以后到早晨也不易醒来的人或许是有关系的。这些过夜生活的人们到了早晨应该醒来的时候,血液中缺乏使人体适应从事活动和日常工作与生活所需要的激素。如果在半夜通过服药或X光照射使这样一个人的生理节律受到干扰,这种不理睬他的生物钟的做法是否有害?如果接着就对这个人实行麻醉,并使他经受动手术失血的冲击,而此时他的身体又最不适应这种冲击,那么情况就更加复杂了。

现代医学最近取得的奇迹之一,是将刚死的人的心脏移



癌细胞在某些时刻更容易受X光破坏。证据是很清楚的：A是显微镜下观察到的照射前的肺部癌细胞，B是照射后的情况

植到一个急需健康心脏的病人身上。我们或许没有考虑到，这种奇迹之所以可能实现，乃是因为产生心脏跳动的生物节律的根源看来是就在心脏内。一旦心脏脱离了人体，它只需要电刺激就又开始跳动。而且，一经开始跳动，不需要进一步的刺激就能不停地继续跳动下去。这种现象给研究生物钟的理论工作者提出了新的课题。这个摘除后移入异体的心脏之所以跳动，是因为心脏里的生物钟总是按其进化史的规定来跳动呢，还是对未知的地球物理力量的反应？被移植的心脏的节律与接受移植的病人的其他节律一致吗？

能使人的心脏节律慢下来吗？会冬眠的仓鼠平时体温接近华氏 100 度。冬眠时体温降到华氏 44 度。这时它的心脏跳动变得非常慢。呼吸也是这样。

仓鼠的冬眠能力看来是遗传的。科学家们想研究这种遗传到底复杂到何种程度。他们把一窝小鼠放在一个特殊的房间里。把这个房间蔽光，并且把温度调到华氏 44 度。在这个温度下，这些小动物变得非常安静，有一些冬眠了，另一些则只是睡着而已。

打开笼门时，这些动物并没有反应。这时可用一个软毛刷，刷刷它们。于是，睡觉的小鼠就醒来了。再量一下那些没醒的小鼠的体温。那些体温在华氏 44 度的小鼠继续冬眠。根本不醒。

当这些冬眠动物完全成熟时，让它们互相交配。检查它们的后代的冬眠能力。然后再让其中能够冬眠的进行交配。这样产生了第三代后，其中百分之七十四是会冬眠的。如果

让不会冬眠的互相交配，它们的后代只有一小部分是会冬眠的。科学家们得出结论说，冬眠能力的遗传也许并不比人类血型的遗传更复杂。



这只小地松鼠是在冬眠时被挖出来的。有些科学家认为，像冬眠那样使人体的新陈代谢放慢是治疗疾病的一种方法

现在科学家们必须设法提取由基因所产生的冬眠物质。提取工作可能需要相当一段时间，不过一旦科学家们能够提取出来，宇航员是否可以通过冬眠的方法在宇宙空间中作远程航行呢？在冬眠状态中，人体的节律比较慢，食物需求也非常低。那么，用这种方法使人体的新陈代谢速度放慢是否也是一种对付疾病的办法呢？也许这能杀死侵入我们身体的细菌吧？

有些科学家提出，设法达到一种像北极熊那样接近冬眠的状态，也许对人是有用的，特别是遇到饥荒的时候。

设在阿拉斯加的美国海军北极研究实验室所进行的研究表明，雄性北极熊能够暂时进入新陈代谢几乎完全停止的状态。经过一星期左右的睡眠以后，熊的夜间心搏每分钟仅八次，而熊夏天睡觉时的心搏则为40次以上。然而北极熊并不是真正的冬眠动物，这是因为在冬天睡觉时，它们的体温并不急剧下降。而能够冬眠的仓鼠、地松鼠、金花鼠和土拨鼠的体温在冬眠时下降很多，几乎达到冰点。

熊介乎这些真正的冬眠动物和非冬眠动物之间。像兔、狐狸、狼、狼獾这样的动物在冬天能一觉睡十五小时而不是八小时。但是当它们睡觉时，它们的心搏率实际上加快了，这大概是为了保护自己，抵御严寒吧。

科学家们目前并没有查明所有动物的冬眠能力。像大家所熟悉的臭鼬、獾、鼯鼠、浣熊之类的动物的冬天习性和冬眠能力，到目前仍然是未知数。在美国阿拉斯加州的严寒气候下，雄性北极熊在冬天蜷作一团，用尾巴把鼻子盖上，睡上一



大觉。但是甚至在终日不见太阳的季节里，心搏率也显示出一种周日节律，中午心搏率比较高，到午夜每分钟就只有八次或十次了。熊怎么知道什么时候是中午呢？这仍然是个谜。

一头蜷着身躯度过寒冬的北极熊，必须本身有足够的脂肪才能活下去。干瘦的熊必须不断活动去搜寻食物。如果准备飞往其他行星的宇航员能够暂停新陈代谢的话，那么，理想的宇航员难道不会是体重达到重量级的人吗？当人类识破了他的生物钟的秘密时，关于温克尔在山上睡一觉就过了二十年的故事¹⁾，会不会在这个宇宙航行的时代成为现实呢？

对于我们当中的大多数人来说，相信我们目前的这种状况是遗传的结果，这一点并不太困难。我们甚至可以承认，我们之所以能够存在到今天，完全是因为我们的祖先能够通过调整生物节律来适应恶劣环境的结果。但是，我们能够接受所有关于这些节律的因果关系的臆测吗？我们能够相信人们有能力控制这些节律吗？

今天，随着科学技术的迅速发展，人类已越来越有信心，相信能掌握自己的命运。但是，有一种关于生物钟的理论对于自命不凡的人来说可能是一种打击。如果一个人的身体细胞的脉动可能要受到来自遥远恒星的辐射的制约的话，那么，谁还能说他是宇宙的主人呢？

1) 美国作家华盛顿·欧文(1783—1859年)一篇小说的主人公，他在山中沉睡二十年之后又回到家里。——译者

58.183

010335

120

书 名 生物钟

0.30元 (28)

7597

借者姓名

借出日期

还书日期

李天民

1980.3.3

李天民

1982.2.28

9.8

注 意

请勿在书上批改圈点，
折角。

植物所图

010335

统一书号: 13031·987

定 价: 0.25 元

本社书号: 1390·13-10