

一、睡眠与大脑之间的“亲密关系”

睡眠是自然界各物种间广泛存在的一种自然现象，我们对其所进行的各个层面上的研究工作从未停止。对睡眠的研究方向主要集中在以下三个方面：睡眠是什么？睡眠的机制是什么？睡眠的功能是什么？想要很好地解答这些问题，需要借助基础神经科学和应用神经科学领域最新的研究方法。此外，对睡眠的研究也有助于人们了解意识，因为意识会随着睡眠引起的脑部活动的改变而改变。

数十年来，人们一直认为，人在睡眠状态下脑部活动会极大地减弱甚至消失。在睡眠状态下感觉到意识消失以及心理活动的记忆消失等主观感受似乎支持了上述观点。即使像Charles Sherrington和Ivan Pavlov这两位伟大的科学家也同样支持这个观点。

不过，在20世纪50年代至60年代，科学家发现了快速动眼（rapid eye movement, REM）睡眠期和慢速动眼（non-REM, NREM）睡眠期循环交替的现象，于是上述有关睡眠的观点也随之被推翻了。因为REM睡眠期与幻觉样梦境（hallucinatory dreaming）有关，而这就证明了大脑在睡眠期的确有高度活跃的脑部活动。在发现这个现象之后不久，人们注意到如果大脑在REM睡眠期被“激活”，那么感觉信号的输入（sensory input）和动作信号的输出（motor output）都会同时中断，也有研究人员形象地将这种现象称为“离线”（‘off-line’）。

在90分钟的REM睡眠期内，大脑处于高度的兴奋状态。在整个睡眠过程中，REM睡眠期占到了20%。这一事实推翻了以往被人们普遍接受的睡眠是由于大脑活动停止而形成的观点。其它的证据也都证实，大脑在睡眠期会一直处于活跃状态。最早由Seymour S. Kety以及继他之后的Sokolov开展的脑血流量（CBF）研究表明，在睡眠状态下，大脑的脑血流量只减少了20%。在睡眠状态下，人们发现有多少脑神经元细胞活性降低，就几乎会有同等数量的脑神经元细胞神经冲动频率（firing rate）增加。鉴于血流量与脑神经元细胞的活性相关，所以出现上述这种现象也就不奇怪了。即使是在意识完全消失的NREM睡眠期，大脑还是保持着一定的活跃程度的。

在进行睡眠研究工作的实验室所做的早期工作中，研究人员使用脑成像（brain imaging）和数量化脑电图（EEG）等技术对睡眠开展了描述性研究（descriptive study），并获得了丰硕的成果。成像技术发现，在两种EEG激活状态下，即REM睡眠期和觉醒状态，大脑中局部区域的活跃程度差别非常明显，而且这两种状态下的大脑活跃程度都与NREM睡眠期——此时EEG显示高电压慢波而不是低电压快波——的大脑活跃程度不同。数量化脑电图分析还发现大脑区域间的电活动也不相同。

这些新的研究数据显示，大脑在NREM睡眠期——此时的脑电波主要由纺锤波和高电压慢波组成——处于相对静止的状态。但是，需要强调的是，这种大脑整体的静止状态只是相对的。虽然此时意识比较迟钝，但大脑还是有大约80%的活跃程度，而且还具有精细的信息处理能力。因此，脑电波睡眠纺锤波和慢波代表了大脑皮质区（cortical）和丘脑区（thalamic）电活动兴奋性的改变，不能主观认为这些波是“噪声”，它们也是大脑行使某些功能需要使用到的一种信号。

1. 睡眠的机制和功能

总的来说，所有的研究成果都支持两种观点。第一种观点认为，睡眠是一种大脑主动控制的过程，而不是非觉醒状态下的被动结果；另一种观点认为，睡眠应该被看做是对大脑神经活动的重组而不是活动的停止。按照第一种观点，很明显，虽然哺乳动物的睡眠发生在昼夜节律中的休息时间，但事实上还是受下丘脑（hypothalamus）和脑干主动控制的结果。正是在这样的前提下，Saper最近对睡眠开关（具体内容参见“下丘脑对人体睡眠和昼夜节律的调控机制研究”）的描述才获得广泛的接受和赞誉。

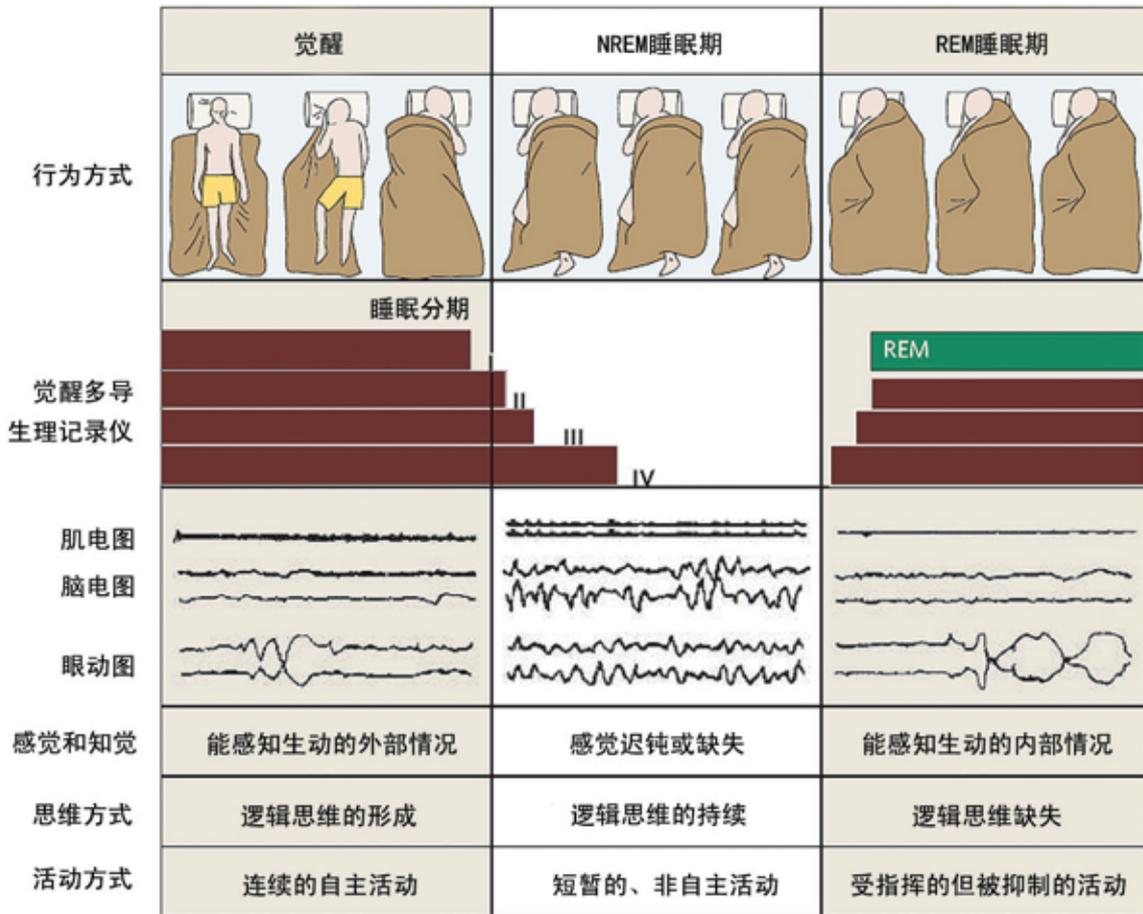


图1 人类行为状态。人在觉醒、NREM睡眠期和REM睡眠期中行为、生理检测指标以及心理活动状态都有所不同。在图中“行为方式”这一行中可以发现，觉醒状态下人的姿势是不同的，姿势的差异会因睡眠周期所处的阶段不同而不同。有两种不同的机制可以解释睡眠的非移动现象。第一种是I-IV期NREM睡眠期的去促进作用（disfacilitation）；第二种是REM睡眠期的抑制现象。在梦境中，我们想象我们在动，但实际上却没有。采用三项指标来判断处于睡眠的哪一期，这三项监测指标分别是肌电图、脑电图和眼动图。肌电图指标在觉醒状态最高，其次是NREM睡眠期，而REM睡眠期最低。脑电图和眼动图均在觉醒状态下较为活跃；在NREM睡眠状态下，脑电图显示慢而同步，无明显的眼球运动，此期被唤醒则感疲倦。在REM睡眠状态下，脑电图与觉醒状态类似，并出现快速水平眼球运动，此期如被唤醒，意识清楚、无倦怠感，还会出现丰富多彩的梦。图中显示的每一项监测项目都是20秒内的记录结果。图中底部三行描述了其它主观和客观的检测指标。

几乎所有被人们研究过的哺乳动物在睡眠过程中都呈现NREM-REM交替的现象，这说明睡眠不仅是一个普遍的机制，它的作用也绝不只是想象中的节省能量这么简单。研究发现，睡眠具有连续、精细的调控机制，这进一步提示我们，睡眠一定具有更多的功能。比如最近发现的睡眠具有控制机体能量稳定以及加强学习能力的功能。这也让人们回想起Stickgold的观点：睡眠能够增强程序学习能力（具体内容参见“睡眠依赖性记忆巩固过程”）。

现在，科研界对睡眠和学习能力研究领域又重新燃起了热情。这主要是由于研究人员在陆栖哺乳动物中观察到，睡眠能够帮助这些动物强化所学习到的运动技能。有一些动物即使非常缺乏睡眠，仍然能够学习，但这并不意味着人们发现的睡眠与学习能力提高之间的联系不存在。普遍的现象是，如果可以，大部分动物都会利用睡眠来帮助学习。要阐明睡眠如何帮助（或者不帮助）叙述性记忆（**narrative memory**）这个问题，还有一个更棘手的困难需要解决，这需要进行更加精巧的实验设计和辛苦的工作才能做到。接下来需要考虑的问题是，如果记忆指的是对学习过的东西进行有意识的回忆和整理，那么我们就可以讨论睡眠对记忆的帮助问题了。按照上述定义，记忆依赖于学习，但绝不等同于学习。

对各个物种之间以及同一物种不同年龄段之间的睡眠差异进行深入研究表明，睡眠具有多种功能。在各个物种间，这些功能各异，甚至某个物种缺失某个功能。同样的功能也可能在觉醒状态下的不同阶段实现，但这并非说明睡眠不起作用，只能说明睡眠时间相对少一些的物种必定还有其它的渠道来满足这方面的要求，这种“可塑性”很明显具有多重作用。大脑有很多功能与机制都与睡眠有关。正是这种观点启发并支持了Siegel的系统发生研究（具体内容参见“哺乳动物睡眠功能探秘”）。

人们对睡眠系统发生的研究已经开展很长一段时间了，而且人们很快就发现，通常只有大脑体积相对较大的恒温动物才会出现睡眠现象。这与人们通常所认为的只有高等哺乳动物才会有睡眠的观点是一致的。Allison和Cichetti的研究表明，为了适应不同的生态小环境（**ecological niche**），各物种睡眠的次数多少、睡眠深浅以及睡眠时间的分布也都各有不同。普遍的规律是，狮子一类的大型食肉动物都喜欢露天栖息，在非觅食和交配时间，它们的睡眠时间都比较长，入睡程度也比较深；与此相反，兔子一类的小型食草动物都喜欢穴居，它们的睡眠时间就要短一些，因为它们需要更多的时间来觅食和交配。同时，它们也必须保持觉醒状态以防被捕食。因此，本研究得出的结论是，如果动物可以睡觉，它们就会睡觉。

对人体睡眠的研究也表明，睡眠具有很大的可变性，因为研究人员发现了很多很复杂的睡眠紊乱类型。如果认为睡眠是一个主动的调控过程，就能够理解为什么有的人睡眠时间那么少，而另一些人又睡的那么多，还有一些人睡眠时间与普通人不同。这些不同类型的睡眠紊乱导致的功能性结果也是各不相同的。Mahowald和Schenck专门就这些睡眠障碍现象写过一篇综述，他们指出，许多睡眠与觉醒状态分离的情况都会严重困扰我们（具体内容参见“睡眠障碍研究进展”）。

有关睡眠的最新科技进展对梦境的相关理论又有什么影响呢？与Freud对梦境的看法相反（他认为梦就是记忆对白天体验的一种反应），最新的研究数据表明，梦境中掺入了大量的记忆片段，这些片段能提前6天预先在梦境中反映出来。然而，等待系统复制（**awaiting systematic replication**）的发现提示我们，应该以一种宽容的、非批判的态度接受任何有关梦境成因的理论，哪怕这些理论并没有任何依据。一个很好的证据就是，不论掺入梦境中的事件在时间上延迟多久，梦境中大部分的内容都不能根据日常生活记忆被识别出来。Nielsen的研究主要就是为探究这些现象背后的秘密（具体内容参见“梦境的记忆源头是什么？”）。

2. 睡眠与意识

可能现代睡眠科学最为关注的问题之一——意识本质之谜在本文中并没有提及。

片刻的反应证实，意识是状态依赖性的。几个世纪以来，我们一直都错误理解了睡眠和大脑的关系，因为我们做出了错误的判断，认为在睡眠状态下意识是停止的，只有睡醒之后才会再次活跃起来。不过，偶尔出现的梦境推翻了上述理论，但是众多伟大的科学家，包括Sigmund Freud在内，也都错误地认为梦境只有在觉醒过程中才会发生。

虽然在NREM睡眠期的确没有意识存在，但是它还是会在刚刚入睡时（此时会有做梦一样的心理活动）和大脑活动一起发生改变。这种活动发生在NREM睡眠期入睡比较浅的阶段和梦境持续时间更长，更明显的REM睡眠期。因为睡眠会给记忆带来很大的影响，因此很难准确可靠地描述出睡眠时的心理活动状态。但现在我们了解到，人在睡眠状态下，意识会随着大脑在不同睡眠阶段发生相应的变化。

这更加支持了意识状态假说。该假说认为，人们的意识状态会像大脑功能在睡眠-觉醒周期中的变化一样，以一种模板式的架构发生改变。有一种研究意识的方法是同时记录大脑的改变和想法的改变，然后再仔细分析它们之间的联系。那么，大脑活动如何调节意识呢？直接研究睡眠过程中的主观体验是目前正开展得如火如荼的意识研究领域非常重要的一个方法。不过，这种主观体验的研究方法还存在很多问题，即使是最勇敢的科学家也都因此而沮丧过。而且还需要注意，个人的主观意见根本不能用来作为研究材料，除非花很大的精力对这些主观数据进行筛查、过滤。

普通的志愿者会被要求报告他们在非常清醒状态、清醒状态、刚刚入睡状态、NREM睡眠期和REM睡眠期的心理活动情况。研究人员根据志愿者对幻觉、思考以及与当时大脑之间相互关系的描述情况进行评分。在非常清醒状态下出现幻觉的情况是最少见的，而在REM睡眠期出现幻觉的情况是最多见的。与此相反，在清醒状态下出现思考活动的情况最多，而在REM睡眠期出现思考活动的情况最少。

这些现象说明，入睡之后的大脑既能够产生知觉，也能进行思考。不过，它不能同时进行这两项工作。从这个意义上来说，梦境就和那些被称作精神疾病的幻觉与妄想一样。

在另一项研究中研究人员检验了这个假说。他们对精神分裂症患者进行主题统觉测验（TAT），这些患者在评价认知不连续性和不一致性方面都取得了高分。与这些患者同年龄及同性别的正常对照组人群具有同样怪异的梦境，但是在觉醒状态下对照组这种怪异描述的情况就要少得多。

这些发现支持了有关REM睡眠期的假说，即REM睡眠期是大脑的一种生理状态，它能形成独特的精神病样的心理活动。不过，在觉醒状态下大脑的这种功能是被抑制的。换句话说，觉醒状态下的大脑都没有正常的做梦活动。反过来，正常的梦境可以被认为大脑和心理高度不正常条件下的一种正常反应。现在我们已经很清楚，意识就是大脑的一种功能。

睡眠与大脑研究是生物科学和心理科学研究领域之间非常少见的一个聚合点。现在在该方向正在进行的研究将有望连接分子细胞生物学和行为意识科学，甚至能够帮助人们治疗身心疾病。

原文检索：

J. Allan Hobson. (2005) Sleep is of the brain, by the brain and for the brain. *Nature*, 434: 1254-1256.