

评《从摆钟到混沌：生命的节律》*

A T Winfree

[美] Arizona 大学生态学及进化生物学系

半个多世纪以前，医学生理学(medical physiology)把体内[环境]平衡定常态(homeostatic steady state)概念融汇到临床实践之中。Walter Cannon¹⁾的名著²⁾出版的时候，Balthasar van der Pol³⁾正在研究如下生理系统的动力学特性，这些系统偏离其定常态，自发地或因受节律性扰动而在定常态附近作周期运动；van der Pol 着重研究搏动心脏的组织，但由此揭示出的原理同样适用于其他生理节律，诸如我们的昼/夜或睡眠/清醒周期，月经周期，两者的失常，以及推而广之的“动态病”——这本通俗晓畅专著的主题。

作者 Leon Glass 和 Michael MacKey，是加拿大蒙特利尔市麦吉尔大学(McGill University)医学院生理系的生理学家。他们认为将动力学系统理论应用于适当的疾病过程，并不像听起来那么困难，而且在若干启发性的实例里已经成功地实现了，病人、医生和理论工作者对这些成果都相当满意。

“我们写作本书有两个目的：一是使物理科学工作者意识到生理学和医学中动态现象的极端复杂性和魅力；二是使生理学和医学工作者认识到非线性数学⁴⁾方法不但可用于分析生理学中的动态现象，而且有时是必不可少的”。

他们的著作切合时宜，说服力强，具有巨大的现实意义，文笔与插图俱佳(而且买得起)。本杂志的读者均不会遇到数学障碍。附有27页“数学附录”供希望深入钻研的读者之用。正文之外有丰富而最新的引证文献(约350篇，其中2/3带有临床或实验色彩)，每章末还特辟一节注释详尽的文献目录(几乎占正文篇幅的10%)。

在日常健康和各种临床状况下，在体内[环境]平衡定常态附近的振荡现象引人注目。在对所含机制有一定认识的前提下，应用数学家可以比仅仅描述这些节律做得更好；他们还能借助医学手段来推断这些节律对控制参量的响应。具备这种认识，就能调整参量，要么消除体内平衡定常态的周期性偏离，要么使其更有规律些，或者使其与起搏点(pacemaker)同步——至少在模型上做到这些。但是这种认识付诸常规临床实践过于缓慢。近来认识到动力学系统在其招数中还有另一招，这更加剧了对理论和实践的挑战：除了摆脱体内平衡定常态的振荡之外，尚存在从振荡向混沌的转变，后者对微小作用的极端敏感性使得其后的生理状况实际上无法加以预测。哪种吸引子支配着生理调控系统的运作？是体内平衡吸引子，振荡吸引子，还是混沌吸引子？什么样的现存条件或病人临床历史确定上述这些吸引子的特性？睡眠、呼吸、循环和激素平衡等许多病理状况仍旧阻碍着认识和控制，原因多半在于尚未用非线性动力学系统理论的各种方法来研究它们。Glass 和 Mackey 用实例表明，吸气过程就是如此。

* 题目系译者所加。所评书籍为：Leon Glass, Michael C Mackey. From Clocks to Chaos: The Rhythms of Life. Princeton University Press (1988), 248 pp, 96 figures. ——译者

1) Walter Bradford Cannon (1871—1945)，美国生理学家。——译者

2) 大概是指1932年出版的《躯体的智慧》，有中译本。——译者

3) Balthasar van der Pol (1889—1959)，英国数学家。——译者

4) 原著“跋”中的这段话，用的是“非线性动力学”，而非“非线性数学”，系评者引述之误。——译者

本书的独到贡献是，重点放在疾病过程，这些疾病过程涉及对节律性迫动或动力学混沌的有序响应，它们的复杂性靠第一原理(first principles)来刻画。振荡动力学和相移(phase shifting)的基础知识，部分取自我本人的著作，所以我觉得有资格来证明他们的表述令人钦佩地明白易懂。早在20年前，所引入的黑洞(black hole)、等时线(isochron)、潜相(latent phase)、组织化中心(organizing center)、重调型(resetting type)、无相集(phaseless set)、相奇点(phase singularity)、时间晶体(time crystal)等对生理学工作者极有意义的概念就是极其棘手的事情，因为在每个例子里我只做了最基本的实验，几乎未进行任何计算。我欣慰地看到，通过介绍已研究过的丰富实例，这些七零八碎的概念现在在医学应用的框架内得到了阐释。但是时过境迁，如今应该着重指出这些概念跟几个与实验室之外的世界有很大关系，因为它们的存在相当大地依赖于严格恒定环境中的精确周期性。Glass和Mackey主要针对的是节律性驱动系统(如心脏的房室结或带呼吸机者)，归咎于混沌吸引子的白血病、胰 β 细胞(pancreatic beta cells)，以及受迫心脏起搏点细胞。(在某些情况下实现的)希望在于，在治疗上可以把参量调整到一个较为可控的范围，或者把治疗程式与疾病过程的内在节律相匹配，以便减少副作用，乃至消除有害的动力学特性。

Glass和Mackey拘泥于特定的生理实验和医学案例的定量分析；纯粹作为一位评论者，我用一些思辨性议论，斗胆冒昧地比他们乐意推测的走得更远。显而易见，现存的生理功能通常不仅依赖于现存的条件，还依赖于机体的“历史”。手指头一旦被咬下，便不能正常行使功能，哪怕那些犯错的牙齿不再存在；使大脑缺氧5分钟，大脑将不会像先前一样地利用氧，即便后来有氧可得。有些动态病表明，没有什么比在若干共存吸引子当中作出错误选择更难以捉摸的了，这合理吗？就复杂系统而言，具备供选择的行为吸引模态、而非唯一的平衡态或极限环，是有益的。扰动把系统从一个模态击到毗邻模态的吸引盆内，系统将一直保持该模态，除非通过扰动越过分开它们的“活化能阈(activation energy barrier)”使系统回到原来的模态。人为加上的扰动不一定要很特别。折返性心律失常(reentrant cardiac arrhythmias) [例如，纤维性颤动(fibrillation)] 即如此，几乎用任何强电刺激均可驱除它。或许它们正是普遍原理的个例。若果如是，那么何以如此众多的人类文化都具有看上去彼此无法理喻和荒诞不经的医疗实践，就将容易理解得多，这些医疗实践靠施加器质性和精神性刺激(电复律、咒语、放血术、电惊厥、化疗等)，指望病人以一种生理上较易接受的方式康复。如果强烈的无规扰动经常奏效的话，则通过了解内在动力学特性，我们就能够更有选择性地取得同样的结果，而没有不必要的副作用。由此看来，有理由期望，Glass和Mackey引导我们探索的“动态病”的领域，可能比他们的众多实例所显示的更为宽泛。我们归功于现代医学的许多东西，是通过与药物(它们可被生产、贮存和销售)紧密相关的商品活动发展起来的：发现难以商品化的程式(例如，减轻时差反应的最佳日照定时)已不难做到。因此，在这一领域里尚有许多东西有待发现并不足为奇。

依笔者之见，在2001年的医学图书馆里，必将与一本泛黄的、翻烂了的著作《从摆钟到混沌》并排存放着许多关于上述这些主题的临床方面书籍。

潘 涛译自：*Mathematical Biosciences*，
95 (1989)：241—243。(潘 泓 董务民校)