

动物生理学原理

[英]Dennis W. Wood 著

云南大学 李水材 译

Principles of Animal Physiology

人民教育出版社

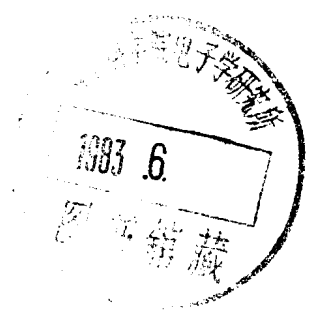
57.110
210

动物生理学原理

[英] Dennis W. Wood 著

云南大学 李永材 译

北京师大 王 玢 魏开元 校



人民教育出版社

1110673

内 容 提 要

这是根据英国Dennis W. Wood所著《Principles of Animal Physiology》(第二版)一书翻译的。此书的特点是将普通生理学和比较生理学结合起来,介绍了一些动物生理学的基本知识。

此书可作为高等院校生物系师生及有关科学工作者的参考读物。

0575/13

动物生理学原理

【英】Dennis W. Wood 著

云南大学 李永材 译

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本850×1168 1/32 印张11.75 字数278,000

1981年9月第1版 1982年10月第1次印刷

印数00,001—5,700

书号13012·0659 定价1.50元

译者的话

目前，国内出版的生理学教材主要是介绍人和高等动物的材料，有关低等动物，尤其是无脊椎动物的材料则很少提及，对综合性大学和师范院校生物学系的学生来说，显然嫌知识面窄了一些。英国Durham大学Dennis W. Wood所著《动物生理学原理》是一本把普通生理学和比较生理学结合起来的教材，篇幅不大，深入浅出，介绍了一些动物生理学的基本知识，可以作为高等院校生物系师生的参考读物，现在把它译成中文供同志们参考。由于译者水平有限，译文中缺点和错误肯定不少，希望读者批评指正！

译本中，把插图来源和书后所附的参考书略去了，读者需要时，请查阅原著。

本书由北京师范大学生物学系王玢教授和魏开元副教授校订（第一、二、九、十、十一、十二章由王玢校订，其余各章由魏开元校订）。在翻译过程中，云南大学生物学系肖承宪教授给予不少帮助，谨于此致以谢意！

李永材 1978年于云南大学

目 录

第一章 绪论	1
第二章 能量与食物	4
物质的动力学.....	4
2.1 能(4) 2.2 热力学第一定律(5) 2.3 热力学第二定律(6) 2.4 熵(6) 2.5 焓(7) 2.6 自由能(8) 2.7 热力学在生物系统中的应用(11) 2.8 原子的动力学(13) 2.9 放射性同位素(15) 2.10 分子的动力学(17) 2.11 高能化合物(18)	
生活物质的成分.....	21
2.12 原生质(21) 2.13 蛋白质(22) 2.14 蛋白质的分析(24) 2.15 蛋白质的特性(27) 2.16 脂类(28) 2.17 糖(29)	
动物的营养需要.....	32
2.18 需要量(32) 2.19 碳和氮的需要(33)	
第三章 细胞的结构与功能	36
3.1 细胞结构的研究(36) 3.2 质膜(38) 3.3 细胞的通透性(43) 3.4 主动运输(46) 3.5 细胞核(47) 3.6 DNA的复制(47) 3.7 编码(49) 3.8 信使RNA(50) 3.9 细胞质(51) 3.10 内质网(51) 3.11 蛋白质的合成(52) 3.12 线粒体(55) 3.13 酶(56) 3.14 酶对温度和pH的敏感性(61) 3.15 多酶系统(62) 3.16 糖的氧化(63) 3.17 氧化脱羧作用(65) 3.18 三羧酸循环(66) 3.19 氧化磷酸化(68) 3.20 脂肪代谢(72) 3.21 蛋白质代谢(74) 3.22 溶酶体(75)	

第四章 呼吸与代谢.....77

4.1 氧的利用(77) 4.2呼吸表面与气体交换(78) 4.3
呼吸色素(80) 4.4 呼吸色素的特性(82) 4.5 二氧化碳
的运输(87) 4.6呼吸空气的水生动物(89) 4.7 呼吸商
(92)4.8 代谢率(93)

第五章 排泄.....97

5.1 脱氮作用和转氨作用(97) 5.2 排泄物的合成与性质(99) 5.3 排泄物的出现情况(103) 5.4 胚胎时期的排泄(106)

第六章 渗透压及离子的调节..... 108

6.1 水和盐类 通过细胞膜的情况(108) 6.2 体液的渗透压(109) 6.3 水生动物(111) 6.4 进入淡水(112)
6.5 淡水动物(116) 6.6 陆生动物(118) 6.7 回到海中(123) 6.8肾器官(126)

第七章 氢离子浓度(pH) 130

7.1 pH的性质(130) 7.2pH对动物的影响(131) 7.3缓冲系统(132) 7.4天然缓冲系统(134)7.5离解常数(137)

第八章 温度关系..... 139

8.1 温度与生存(139) 8.2 动物的热平衡(140) 8.3 变温动物(141) 8.4 异温动物和恒温动物(142) 8.5 恒温机制(144) 8.6 恒温的中枢调节(147) 8.7 冷死和对寒冷的抵抗(147) 8.8 热死(149) 8.9 冬眠(151)

第九章 神经联系..... 154

神经元的结构与功能..... 155

9.1 神经元的形态(155) 9.2 质膜的电学模型(158)
9.3 休止电位的起源(162) 9.4 神经冲动(168) 9.5 膜电位的记录(171) 9.6 神经的电刺激(173) 9.7 有髓鞘神经的传导(177) 9.8 神经的不应期(178) 9.9

两价离子对神经机能的影响(180)	
突触传递	180
9.10突触(180) 9.11递质(183) 9.12抑制性突触(190)	
9.13 突触的电学传递(191)	
感受器	195
9.14 感受器的特异性(195) 9.15感受器内的电位变化(196)	
9.16感受器的适应(200) 9.17光感受器(201)	
9.18光感受器的形态(202) 9.19节肢动物的复眼(204)	
9.20 头足类动物及脊椎动物的眼睛(207) 9.21 视网膜的精细结构(209)	
9.22 夜适应和昼适应(211) 9.23 视色素(212)	
9.24色视觉(213) 9.25眼的调节(214)	
9.26 声音感受器(215) 9.27 无脊椎动物的声音感受器(215)	
9.28 脊椎动物的声音感受器(218) 9.29 脊椎动物的听觉(220)	
9.30 哺乳类的耳朵(221)	
第十章 神经系统的整合作用	225
10.1 反射弧(225) 10.2 整合作用的基础(227) 10.3 突触上的总和作用与易化作用(227)	
10.4 传入输入(229)	
10.5 反射之间在中枢内的相互作用(231) 10.6 决断单位(233)	
10.7 学习的生理学(235)10.8神经系统好比计算机(236)	
10.9 化学学习(239) 10.10 潜在记忆的特征(240)	
10.11 神经系统的大体结构(241) 10.12 腔肠动物的神经网络(242)	
10.13 棘皮动物和原索动物的神经系统(245)	
10.14 神经节(247) 10.15 脊椎动物的运动反射(249)	
10.16 头端优势和脑(250) 10.17 头足类软体动物的脑(252)	
10.18 脊椎动物的脑(254) 10.19 后脑(256)	
10.20 中脑和间脑(257) 10.21 端脑(258)	
第十一章 肌肉	262
11.1 脊椎动物的骨骼肌纤维(263) 11.2 肌肉蛋白质(265)	
11.3 收缩的动力学(267) 11.4 肌纤维内的离子(270)	
11.5 肌丝滑动学说(271) 11.6 无脊椎动物	

的骨骼肌(274) 11.7 肌肉收缩的特征(276) 11.8 骨骼(281) 11.9 运动神经末梢(284) 11.10 肌肉反应的类型(286) 11.11 脊椎动物的快反应和慢反应(289) 11.12 不随意肌(内脏肌)(293) 11.13 脊椎动物的心肌(293) 11.14 心肌细胞的膜电位(295) 11.15 心肌的控制(297) 11.16 离子对心肌的影响(298) 11.17 软体动物的心脏(299) 11.18 神经原性心脏(300) 11.19 其它不随意肌(301) 11.20 离子对内脏肌的影响(302) 11.21 药物对内脏肌的影响(303)

第十二章 变形运动及纤毛运动..... 305

变形运动..... 305

12.1 定义(305) 12.2 变形运动的特征(306) 12.3 变形运动的学说(308) 12.4 变形运动的控制(310)

纤毛运动..... 310

12.5 纤毛与鞭毛(310) 12.6 纤毛运动的特征(311) 12.7 纤毛的结构(312) 12.8 纤毛的机能与控制(314)

第十三章 激素..... 316

13.1 脑垂体(317) 13.2 神经垂体激素(319) 13.3 中间部与动物的颜色变化(321) 13.4 生长激素(324) 13.5 甲状腺(324) 13.6 甲状旁腺(329) 13.7 肾上腺髓质(嗜铬组织)(329) 13.8 胰(331) 13.9 肾上腺皮质(333) 13.10 性激素(338) 13.11 激素与消化(344) 13.12 其它类似激素的物质(345) 13.13 无脊椎动物的激素(346) 13.14 昆虫的生长、蜕皮和生殖(348) 13.15 昆虫的其它激素(351) 13.16 甲壳类动物的生长、蜕皮和生殖(351) 13.17 无脊椎动物的颜色变化(354) 13.18 激素的作用方式(356)

第十四章 回顾：内环境的稳定..... 360

14.1 与控制系统相比(361) 14.2 传递函数(364) 14.3 控制系统分析的限度(366)

第一章 绪 论

生理学是分析活的有机体的机能的一门科学。因为有机体是由化学物质组成的，所以这种分析包括物理和化学原理的应用，不必去引用特殊的“生机论”来解释活的有机体的活动。当然，这并不是说研究生命的其它方法就是错误的或无用的。

生理过程是非常复杂的，是许多相互联系的反应的总和。正因为如此，动物常常可以通过遗传突变的选择作用来改变它们的某些生理情节，但是，在原则上，而且常常在基本的生理现象的情节上，仍旧存在着明显的一致性。这使一些学者把生理学分为普通生理学和比较生理学。前者是用物理学和化学方法来研究基本的生理过程的，而后者则想在所有的有机体主要系统之间寻找机能上的相似点和相异点。这种区分有时是方便的，但却是人为的。因为，假若对基本过程没有充分的知识，就不可能理解整个有机体的机能。因此，本书就不打算把这两方面的探讨分割开来。

这样，生理学家开初的研究工作必然是把构成生理过程的各个反应进行分析，然后把它们综合起来，使整个过程成为一个可以理解的图像。这种研究方法已经得到有价值的资料，但是必须记住，当把各个反应整合为一个完整的过程时，可能包含这些过程的改变，而且可能有整个过程所特有的某些特性的发展，而这些改变和发展又不一定是由个别反应的研究中所能推论出来的。正如化学对比那样，分子本身所具有的特性并不是其所含原子单独存在时所呈现的特性。

要想理解一个复杂系统，一个方法是制定一个具有同样性质的模型。例如，我们可以根据一个相当的电路来描述一个可兴奋的膜，或者在肌肉的收缩机制与阻尼弹簧(damped spring)之间来进行比拟。但是这种比拟不能过于勉强，否则，这样的模型可能引起误解，但是，假若比拟得恰当，则有助于阐明思想，而且有助于提出进一步的实验，这些实验又有助于检验制定模型时所依据的概念。

生理学，如同所有的自然科学那样，是依靠实验发展起来的。我们从收集一个系统的描述性资料来着手这个系统的研究，而当研究资料达到一定数量时，我们就可以建立一个假说来解释它。这个假说必须用实验来进行检验，假若我们的实验结果与我们的假说相一致，这个假说就会成为被广泛接受的理论，而且这个理论将继续成立，除非或者直到得到与这个理论看来不相符的一些资料，这时就必须修改这个理论，或者另建立一个新的理论。在生物学研究中，我们很少能知道一种情况的全部事实，而假说是建立在证据的份量的基础上的，当资料收集得更多时，假说可能会被更改。因此，本书所讨论的问题就经常处于如此振奋人心的境地，每天都有关于这些问题的新资料发表，但是，有时令人吃惊的是，经过若干年之后，有许多基本概念仍旧没有争议地保留下来。

对任何一个喜爱健康和具有谨严感的人来说，生理过程本身就具有一种内在的兴趣，为此，它甚至可以被用来显示一种雅致和美。但是生理学家的主要目的应该是了解活的有机体与其环境间的相互联系。因此，本书从讨论生物与其环境间能量的相互关系开始，也正是能量的利用这个问题上把有生命的有机体和无生命的物质区别开来。这样自然而然地把我们引向动物的营养要求，动物是以吞食固体食物的办法来获得能量的，从这里我们再转来

讲细胞的结构和机能,因为处理摄食所获得的原料是细胞的职能。这就包括讨论细胞内代谢物的氧化,进而讨论如象呼吸和排泄等有关代谢的更为一般性的问题。在这个基础上,再看一看动物与温度、pH以及水的供应等等各种环境因素之间的相互关系。

从这些问题的研究中出现一个特点,就是动物有适应于一种特殊环境的倾向,它们的行为也使其尽可能地在这种环境中生存下去。为此,它们必定能够察觉各种环境的特征,而且当这些特征发生改变时能产生适当的反应。因此,在后面的章节里就讨论神经整合作用以及讨论用来对其环境发生反应的各种效应器系统。最后一章打算在前面各章的基础上作一般的回顾,看一看生理过程中究竟有哪些特点使动物能够保持对所有动物都共通的大体上稳定的生存条件。

第二章 能量与食物

动物为了生长，为了维持其身体于生活状态，也就是为了呈现我们所谓的生命特征，需要消耗能量，因而也就需要摄取食物。因为与生长有关的那些过程也需要能量的供给来推动，所以，任何动物摄食的基本要求是，它应该含有可以作为燃料的食物，以便释放能量，这是显而易见的。生物学的基础书籍中常常企图用描述性的词汇来给“生命”下定义，但是活的有机体和非生物之间的真正差别在于其利用能量的方式不同。虽然两者都服从同样的物理化学规律，可是生物和非生物上应用这些规律的方式却不同。

物质的动力学

2.1 能(Energy)

虽然，常常用“做功的能力”来给能下定义，但是这个定义在实践中遇不到，只在系统中才得到充分的应用。功的定义是：一定的力与其所作用的一定距离的乘积。这意味着当做了功时，必定有运动产生。这个运动的产生包括两个因素：一个是强度因素(力)，另一个是容量(capacity)因素(距离)。例如，牵拉、电流的通过、以及膨胀等的强度因素分别为张力、电压和压力，而其相对应的容量因素则分别为长度、电荷和容积。这种解释可以同样有效地应用到功的其它类型，但热则属于例外，虽然热也是

能的一种类型。但热并没有容量因素来与其强度因素(温度)相配对。此外,热的产生显然没有做功,虽然,象蒸汽机那样的确能将热转变为机械能,从而变为能的其它形式。但是,到下面我们将会看到,这种转变绝不是100%的有效。这些初步的讨论已足以表明在动力学(energetics)中,热占据着一个特殊的位置。

各种系统的动力学是受热力学定律支配的。热力学定律有三个,但第三个事实上是第二个的扩充,是关于温度为绝对零度时的情况,与我们这里讨论的问题无关。应该强调的是,对于热力学基本概念的理解并不需要特殊的才能,因为热力学讲的是最简单、最基本的科学定律。

2.2 热力学第一定律

这个定律讲的是宇宙的能量守恒。虽然能可以从一种形式转变为另一种形式,但在这个转变中能并没有损失。这并不是说一个系统不会把能丧失到其环境中去,而这个定律讲的只是宇宙的总能量的守恒。它也不意味着能的所有形式都同样有用(这在第二定律中还要提及)。能可分势能和动能,势能是一个系统做功的固有的能量,而动能是在做功中真正消耗的能量。它们之间的差别可用静止的汽车和开动的汽车来说明。当汽车静止时,假若油箱中装有汽油,虽然它没有做功,但它具有势能。当汽车开动后,势能变为动能,当车开到旅程的终点后,汽车的势能已经比开初减少,势能的丧失大体上可以从油箱中汽油量的减少表现出来。应该注意的是,这个系统(汽车)的势能已经转变为热和动能。在正常情况下,当势能转变为动能时总是有热的产生,产生的热传到周围环境中去,因而造成一些势能的损耗。

2.3 热力学第二定律

这个定律可以用各种形式来表达，它讨论的是产生特殊能量变化的可能性问题。这个定律讲，物质倾向于无序 (disorderliness) 而不是倾向于有序 (orderliness)，因为在物质内，有序总是伴随着具有高的势能，而各种系统的势能则始终有转变为动能和热的倾向，这种动能将被用来做功，但是在做功的过程中，它实际上会从这个系统中丧失。假若它是用来使一种化合物转变为另一种还具有一些势能的化合物，则这个转变作用会使一些原来的势能以热能的形式丧失。因此，新的化合物的势能一定会比原来的化合物低，而这种新的化合物又将按照同样的趋势发展下去。从理论上讲，所产生的热能可以借助热机(例如蒸汽机)来做一些功，但是这种转变绝不是100%有效。因为热机从热源取得热能，并把它传给比较不热的区域(所谓散热)，因此正是这种转换机制需要丧失一些热能。事情非常清楚：除非由外源来供给一个系统的热能，否则，这个系统的势能必将减少，因为它会转变为其它形式的能而丧失。

2.4 熵(Entropy)

有序向无序的转化使有序的模式变为杂乱无章。用分子分解的术语来说，它倾向于由大分子分裂为小分子，直到这个系统原来具有的势能最后变为小分子的杂乱无章的运动为止。在这种混乱的没有组织的状态下，能量只是作为分子无规则的运动动能起作用，这种能量称为熵。叙述热力学第二定律的一个普通的说法是：“全部过程都倾向于产生最大程度的熵”。因此，任何会增加熵的反应，在热力学上将是自发的。这并不是说增加熵的反应将立即自动地发生，而是说，假若条件适当，这种反应将会发

生，而且不会朝向其反面进行。这样，热力学第二定律告诉我们一个反应正常进行的方向。

化学家通常使用的是所谓的密闭系统，在这个密闭系统中，反应开始时，反应物的量是固定的，已知的。根据热力学第二定律，在这种系统中，能量变化的结果可用如下的方程式来表示：

$$\Delta E = Q + W \quad (2.1)$$

式中 ΔE 是这个系统中能量的变化， Q 表示放出的热， W 表示所做的功。因为这个密闭系统内的反应物是固定的，而且这个系统又没有和周围环境相隔离，这样，热 Q 将与系统周围的环境发生交换。有时在方程式2.1的 W 之前还写上一个负号，来强调能量的变化可以是正的(获得能量)，也可以是负的(丧失能量)，这决定于反应发生的条件。从方程式2.1中得到的明确结论是：在一个系统和其周围环境之间，热的任何流动必定伴有这个系统能含量的变化，以及它对其周围环境所作的功的变化。

2.5 焓(Enthalpy)

一个系统与其周围环境之间的温度变化称为焓，用 ΔH 来表示。这样，方程式2.1可改写为

$$\Delta E = \Delta H + W \quad (2.2)$$

一个化学系统作了功就意味着必定发生压力和容积的变化。假若压力和容积可以保持恒定，那么

$$\Delta E = \Delta H \quad (2.3)$$

事实上，在生活的细胞内，压力和容积的变化是微不足道的，因此，对生活细胞来说，应用的正是这个方程式。通过适当的技术，也可以将它应用到直接测热计(direct calorimetry)内的物质燃烧作用中去，在这种测热计中，物质的势能完全变为热能，然后测量之。这样，生活细胞的动力学以及各种化合物的势能都可根

据热力学的变化来进行研究。因此，习惯上将一个生物学系统中的能量变化看作热的变化。过去的测量单位是卡，把1克水从14.5℃升高到15.5℃(也就是升高1℃)时所需的热量称为1卡。但是现在已经改用焦耳(Joule)来代替卡(1卡 = 4.19焦耳)。由于生物学反应通常具有大的热值，因此常用千焦耳(kJ)来计算。

2.6 自由能(Free energy)

现在我们已经认识到每个物理的和化学的现象都是由其能量关系所决定的，第二定律指出了一种变化发生的可能性。要算出这种变化的全部能量关系常常是困难的，因此有必要再介绍另外一个概念：自由能，用 F 来表示。自由能是在一个系统的变化中能够作为有用功而得到的能量。换句话说，它是在这种变化中可以释放出来的能量。在一个反应中得到的有用的能量等于总的能量变化减去熵，即

$$\Delta F = \Delta E - T\Delta S \quad (2.4)$$

这里的 ΔF 是这个系统中自由能的变化，或有用能转变的程度， $T\Delta S$ 表示熵的变化(降解为热的能量)， S 是熵的符号， T 是反应的温度。

在实践中常用的是修改过的自由能的概念，称为标准自由能，在教科书中用各种各样的符号(如 F° ， $^\circ G$ 及 F')来表示。在总结性反应中



其反应物 A 转变为产物 B ，自由能的变化可以用下式来表示。

$$\Delta F = \Delta F^\circ + RT \log_e \frac{B}{A} \quad (2.6)$$

这里 R 是气体常数(8.3焦耳克分子 $^{-1}$ 度 $^{-1}$)， T 为绝对温度，而 A 和 B 是反应物 A 和产物 B 的克分子浓度。现在我们来看一看当这个系

统处于平衡时的特殊情况。在这种情况下， A 不再转变为 B ，因而产生两种后果，其一是反应物 A 和产物 B 可以用一个平衡常数来表示，即

$$\frac{B}{A} = K_{eq} \quad (2.7)$$

其二，因为没有发生转变，系统中的自由能没有进一步的变化， $\Delta F = 0$ ，这样，由于这个系统处于平衡状态，于是我们可以把方程式2.6改写为

$$0 = \Delta F^\circ + RT \log_e K_{eq}$$

经过移项后

$$\Delta F^\circ = -RT \log_e K_{eq} \quad (2.8)$$

因为 R 是常数，对一定的温度来说， T 是常数，自然对数乘以2.303就可以换算为以10为底的常用对数，于是上式就可简化为：

$$\begin{aligned} \Delta F^\circ &= -(8.3 \times 2.303) T \log_{10} K_{eq} \\ &= -19.1 T \log_{10} K_{eq} \end{aligned} \quad (2.8)$$

根据方程式2.7和2.8，假若一个系统处于平衡时的反应物和产物的浓度已知，显然就可以计算 K_{eq} 和 ΔF° 了。

在理想的情况下，1克分子的反应物转变为1克分子的产物， K_{eq} 就等于1；因为1的对数是0，在这种情况下， $\Delta F^\circ = 0$ 。当 K_{eq} 小于1时，因为一个分数的对数为负值， ΔF° 就必定是正值； K_{eq} 的值愈小，则 ΔF° 的正值就愈大。反之，假若 K_{eq} 的值大于1， ΔF° 就必定是负值，当 K_{eq} 增大时， ΔF° 这个负值随着增加。这种表示 ΔF° 与 K_{eq} 之间的数量关系的表可以在许多生物化学教科书中查到。

根据方程式2.7就可以看出：当 ΔF° 为正值时，反应物 A 多于产物 B ，换言之，反应正朝着反方向进行；而当 ΔF° 为负值时，反应正朝正方向进行。 ΔF° 为正值(K_{eq} 小于1)时的反应称为吸