

生理 化学 评论

H. A. 哈 珀
〔美〕 V. W. 罗德韦尔 著
P. A. 梅 斯

科学出版社

内 容 简 介

本书为学习生物学和医学人员提供的一本参考书。全书系统介绍了生理化学的基本理论,并能联系医学实践。其内容比较丰富,基本上反映了这一领域的最新成就。全书共四十一章。

可供高等医药院校和综合性大学生物系师生、临床医师以及生理化学科研人员参考。

H. A. Harper V. W. Rodwell P. A. Mayes
REVIEW OF PHYSIOLOGICAL CHEMISTRY
Lange Medical Publications, 17th Edition, 1979

生 理 化 学 评 论

[美] H. A. 哈珀 V. W. 罗德韦尔 P. A. 梅斯 著

王明运 马 岫 徐松德 林毓琴 译
滕爱莲 赵永绩 于忠科 姚泽贤

责任编辑 娄朋逊

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

*

1985 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1985 年 9 月第一次印刷 印张: 51
印数: 0001—3,200 字数: 1,187,000

统一书号: 13031·2946
本社书号: 3922·13—10

定 价: 12.10 元

译 者 的 话

本书译自 H. A. Harper 等著《Review of Physiological Chemistry》第 17 版(1979 年), 原书主要为学习生物学和医学人员提供的一本参考书, 自从 1939 年初版以来, 基本上每二年修订再版一次, 以这种速度修订再版的著作比较少见, 这也足以表明生理化学发展的迅速。第 17 版内容比上一版又有不少变动。

本书系统地介绍了生理化学的基本理论, 紧密联系医学实际, 内容比较丰富, 且阐述比较简明, 基本上反映了这一领域中的最新成就。本书不仅可供专业人员阅读, 对初学生化者也是一本有益的参考书。由于原书系多人撰写, 内容不免有所重复, 但这是次要的。

本书按原文全部翻译, 书中参考文献照列, 以便读者查阅。每章后附有译者姓名以示负责。全书均经王明运、马岫两同志校阅, 不过本书的译成也是我教研室全体同志的劳动成果。由于译者校者学识浅陋, 错误不当之处在所难免, 希望读者批评指正。

译者

1981 年 3 月于济南山东医学院

著者为中译本撰写的序言

《生理化学评论》受到美国和讲英语国家学生的赞赏，使本人极为欣慰。在我最初写这本书时，未曾预料到它会如此受到欢迎。然而，可能使我更为满意的是许多版本已译为外文。本书能有机会为世界各国学生服务乃是继续鼓励保持本书的宗旨——为一切卫生科学基础的重要理论方面提供简明的现代知识。

无疑，现在普遍承认本学科在医学和其他卫生科学教育方面的重要性，并且已经促使人们付出巨大努力来翻译本书。我特别高兴的是本《评论》即将为中华人民共和国的学生所利用。希望作为生物学和化学的这门重要学科现代知识来源的本书，将对在医学和生物学科具有许多历史贡献的中国的悠久传统得以维持和帮助。我除了感谢译者欣然承担了这一艰巨任务外，还感谢他们选译该书而给予本人的荣誉。

Harold A. Harper PhD

生理化学教授

主编和主要出版者

于美国，加利福尼亚州，旧金山

1981年5月1日

作者序言

本评论自 1939 年问世以来,其宗旨一直未变: 为学习生物学和医学提供一部全面而精练的生理化学论述。我们从生物学现象的“整体器官”论开始, 又介绍了亚细胞和分子的概念, 因为这些概念终于支配了新一代研究者的研究工作。我们相信这样处理完全符合医学学生和从事医学卫生科学专业人员的利益, 而又不忽视分子化学和生物学的基本原理。

上版已开始将内容重新编排, 这次第 17 版仍然继续进行。各章的作者(列于目录表中) 同前。 我们很荣幸在绘制图表方面再次得到了 Laurel V. Shaubert 的技术精湛的帮助。

我们抱歉地承认本书又略有增大, 这是由于临床和研究两方面生化知识迅速增长所迫使的。我们的愿望是把所有我们认为具有重要意义的内容全部包括在内, 而学生们需要的是把广泛的科学资料进行简明叙述, 对这二方面我们力求兼顾。

作者和主要撰稿人非常高兴的是本书在全世界得到充分的肯定和支持。有几版英文本已在日本、黎巴嫩、菲律宾、朝鲜翻印。此外, 现在还有西班牙文、日文、巴基斯坦文、土耳其文、法文、意大利文、葡萄牙文、捷克文、德文和波兰文的翻译本。希腊文、塞尔维亚-克罗地亚文、印度文、中文和印度尼西亚文的翻译在准备之中。

Harold A. Harper

Victor W. Rodwell

Peter A. Mayes

1979 年 6 月于旧金山

目 录

译者的话	x
著者为中译本撰写的序言	xi
作者序言	xii
第一章 引言 Victor W. Rodwell, PhD	1
周期表中第二和第三周期的元素	1
有机化学复习	3
生理化学中重要的功能基	10
第二章 水 Victor W. Rodwell, PhD	14
前言	14
水的分子结构	14
水的大分子结构	14
氢键	15
水的离解	15
pH 的概念	16
弱酸或弱碱的功能基的质子平衡	18
Henderson-Hasselbalch 方程式	21
缓冲剂和缓冲作用	22
第三章 氨基酸和肽 Victor W. Rodwell, PhD	24
前言	24
氨基酸	24
氨基酸的质子平衡	24
氨基酸的结构	26
氨基酸的旋光异构体	31
氨基酸的物理学性质	32
氨基酸的化学反应	32
肽	35
肽一级结构的测定	38
测定肽一级结构所使用的技术	42
肽在溶液中的构象	43
肽的合成	43
生理活性肽	44
第四章 蛋白质 Victor W. Rodwell, PhD	47
蛋白质的分类	47
蛋白质的大小和形状	48
维持蛋白质结构的键	49

蛋白质结构的分级	50
蛋白质的一级结构	53
蛋白质的二级和三级结构	55
蛋白质的四级结构	57
蛋白质的变性	59
蛋白质的颜色反应	60
第五章 酶的一般性质	Victor W. Rodwell, PhD 61
催化作用	61
辅酶	61
酶的特异性	64
酶的分类和命名	65
酶活性的定量测定	68
酶的分离	69
酶在细胞内的分布	70
第六章 酶的动力学性质	Victor W. Rodwell, PhD 75
反应动力论	75
反应物浓度的影响	76
酶活性的抑制作用	83
催化部位	86
酶作用的机制	91
同功酶	95
临床诊断方面的酶	97
第七章 酶活性的调节	Victor W. Rodwell, PhD 101
代谢调节的生理意义	101
供调节酶选择的方案	102
酶量的调节	102
酶催化效率的调节	108
催化效率的调节: 反应物的可利用性	109
催化效率的调节: 反馈抑制	110
催化效率的调节: 共价修饰作用	116
第八章 糖类	Peter A. Mayes, PhD, DSc 118
单糖	121
己糖	121
糖苷	121
单糖的重要化学反应	123
脱氧糖	127
氨基糖(己糖胺)	127
二糖	127
多糖	128

细胞膜的糖类	132
糖类试法	132
第九章 脂类	Peter A. Mayes, PhD, DSc 134
脂肪酸	134
甘油三酯	138
磷脂类	138
脑苷脂类(糖脂)	142
类固醇	143
血浆脂蛋白	145
脂类特异的化学反应和性质	147
细胞膜	150
第十章 核苷酸	David W. Martin, Jr., MD 153
核苷和核苷酸	155
自然界的核苷酸	158
合成的衍生物	160
第十一章 核酸与染色质	David W. Martin, Jr., MD 163
第十二章 脂溶性维生素	Harold A. Harper, PhD 176
维生素A	176
维生素D	180
维生素E	183
维生素K	186
第十三章 水溶性维生素	Harold A. Harper, PhD 191
维生素C(抗坏血酸)	191
维生素B族	193
硫胺素	193
核黄素	195
烟酸和烟酰胺	196
吡哆醇	199
泛酸	202
硫辛酸	204
生物素	205
叶酸族	207
肌醇	213
对氨基苯甲酸	214
维生素B ₁₂	214
胆碱	221
第十四章 血液、淋巴和脑脊髓液	Harold A. Harper, PhD 225
血液	225
血液的凝固	227

血浆蛋白质	233
血红蛋白	242
红细胞的代谢特征	252
贫血	256
血液化学	257
淋巴	259
脑脊髓液	260
第十五章 呼吸化学	David W. Martin, Jr., MD 261
影响氧和二氧化碳扩散的化学与生理学因素	261
血液中氧的运输	265
血液中 CO ₂ 的运输	267
酸-碱平衡的呼吸调节	268
第十六章 卟啉和胆色素	David W. Martin, Jr., MD 273
血紫质病	279
血红素的分解代谢;胆色素的形成	282
结合型高胆红素血症	287
第十七章 胃肠道的消化和吸收	Peter A. Mayes, PhD, DSc 290
口中的消化	290
胃内的消化	290
胰和小肠的消化作用	291
胆汁	294
肠的腐败作用和发酵作用	299
胃肠道的吸收作用	300
第十八章 生物能学	Peter A. Mayes, PhD, DSc 307
前言	307
高能磷酸化物在生物能学和能量截获中的作用	309
第十九章 生物氧化	Peter A. Mayes, PhD, DSc 314
参与氧化还原作用的酶和辅酶	315
呼吸链	321
呼吸链在能量截获方面的作用	323
氧化磷酸化的机制	325
化学学说	325
化学渗透学说	329
第二十章 柠檬酸循环——乙酰-CoA 的分解代谢	Peter A. Mayes, PhD, DSc 335
第二十一章 糖类代谢	Peter A. Mayes, PhD, DSc 344
糖的中间代谢	345
糖酵解	345
丙酮酸氧化成乙酰-CoA	349
糖原的生成和分解	350
糖原生成	351

糖原分解.....	354
己糖一磷酸途径(或磷酸戊糖途径).....	357
葡萄糖异生.....	361
己糖的代谢.....	364
葡萄糖代谢的其他途径.....	364
糖醛酸途径.....	364
果糖的代谢.....	366
半乳糖的代谢.....	367
第二十二章 脂类代谢: I. 脂肪酸..... Peter A. Mayes, PhD, DSc	371
脂肪酸的氧化.....	372
饱和脂肪酸的生物合成.....	375
不饱和脂肪酸的代谢.....	380
必需脂肪酸.....	382
甘油酯的代谢.....	384
鞘脂类的代谢.....	388
磷脂和鞘脂类病(脂沉积症).....	390
第二十三章 脂类代谢: II. 组织的作用..... Peter A. Mayes, PhD, DSc	392
脂肪组织的代谢和脂肪的动员.....	393
血浆脂蛋白的代谢.....	397
肝脏在脂类代谢中的作用.....	403
酮病.....	405
胆固醇的代谢.....	409
第二十四章 糖类和脂类代谢的调节..... Peter A. Mayes, PhD, DSc	418
代谢调节的一般原则.....	418
非平衡反应和调节酶的鉴定.....	419
酶促反应的代谢调节.....	419
糖代谢的调节.....	420
在细胞和酶水平上对糖代谢的调节作用.....	420
血液葡萄糖.....	425
脂类代谢的调节.....	429
生酮作用的调节.....	431
主要食物的相互转变.....	433
整体内糖类和脂类代谢间的经济学.....	434
第二十五章 氨基酸的生物合成..... Victor W. Rodwell, PhD	437
氨基酸代谢.....	437
营养必需与非必需氨基酸.....	437
营养非必需氨基酸.....	438
由无定向中间产物形成的营养非必需氨基酸.....	438
营养非必需氨基酸从其他营养非必需氨基酸生成.....	444
营养非必需氨基酸由营养必需氨基酸生成.....	445

营养必需氨基酸·····	447
营养必需氨基酸由谷氨酸生物合成·····	447
由天冬氨酸合成营养必需氨基酸·····	447
营养必需氨基酸由无定向中间产物合成·····	449
第二十六章 氨基酸氮的分解代谢····· Victor W. Rodwell, PhD	452
概述·····	452
氨基移换作用·····	452
氧化脱氨基作用·····	454
L-谷氨酸脱氢酶·····	455
氨的形成·····	455
氨的运输·····	456
血浆氨基酸水平的周期性变化·····	457
尿素合成·····	458
尿素合成的调节·····	459
有关尿素循环的代谢紊乱·····	460
第二十七章 氨基酸碳架的分解代谢····· Victor W. Rodwell, PhD	462
一般 L- α -氨基酸的碳架转变为无定向代谢中间产物·····	462
形成草酰乙酸的氨基酸·····	463
形成 α -酮戊二酸的氨基酸·····	463
形成丙酮酸的氨基酸·····	465
形成乙酰-CoA 的氨基酸·····	470
形成琥珀酰-CoA 的氨基酸·····	475
氨基酸代谢缺陷·····	480
第二十八章 氨基酸转变成特殊产物····· Victor W. Rodwell, PhD	489
甘氨酸·····	489
丙氨酸·····	490
丝氨酸·····	491
苏氨酸·····	491
蛋氨酸·····	491
半胱氨酸·····	492
精氨酸·····	492
组氨酸·····	493
色氨酸·····	494
苯丙氨酸和酪氨酸·····	496
肌酸和肌酸酐的代谢·····	497
第二十九章 嘌呤和嘧啶核苷酸的代谢····· David W. Martin, Jr., MD	500
嘌呤代谢疾病·····	515
嘧啶代谢疾病·····	518
第三十章 核酸的代谢····· David W. Martin, Jr., MD	521

DNA 的性质	521
哺乳类动物基因组的遗传构造	523
DNA 代谢	526
遗传物质的改变和重组	531
核糖核酸(RNA)的生物学作用	535
RNA 代谢	536
DNA 和 RNA 合成的抑制剂	542
核酸酶	543
第三十一章 蛋白质合成和遗传密码	David W. Martin, Jr., MD 544
蛋白质的合成过程	553
第三十二章 基因表达的调节	David W. Martin, Jr., MD 561
第三十三章 激素的一般特征	Gerold M. Grodsky, PhD 569
第三十四章 激素的化学和功能: I. 甲状腺、胰腺、肾上腺和胃肠道	575
.....	Gerold M. Grodsky, PhD 575
甲状腺	575
甲状旁腺	582
胰	585
胰岛素	585
高血糖素	596
生长激素释放抑制激素	598
肾上腺	598
肾上腺髓质	598
肾上腺皮质	603
产生性激素的器官	616
男性激素	616
女性激素	618
胃肠激素	621
第三十五章 激素的化学和功能: II. 垂体和下丘脑	Gerold M. Grodsky, PhD 627
垂体	627
垂体前叶	628
垂体前叶激素	628
垂体中叶	637
垂体后叶	639
第三十六章 水和无机盐代谢	David D. Tyler, MA, PhD 641
水代谢	641
无机盐代谢	647
钙	648
磷	651
镁	652
钠	654

钾.....	655
钠-钾泵	658
锂.....	659
氯.....	659
硫.....	660
微量元素.....	660
必需的微量元素.....	660
铁.....	660
铜.....	665
碘.....	666
锰.....	667
钴.....	667
锌.....	668
氟.....	669
钼.....	670
硒.....	670
铬.....	672
可能必需的微量元素.....	672
非必需的微量元素.....	672
铝.....	672
硼.....	673
镉.....	673
其它非必需微量元素.....	673
第三十七章 量热学、营养成分.....Harold A. Harper, PhD	675
基础代谢.....	678
能量需要量的测定.....	680
特殊动力作用(SDA).....	683
营养成分.....	683
推荐的膳食补给量.....	693
第三十八章 免疫化学.....Kent R. Cochrum, DVM	696
免疫球蛋白的结构.....	696
免疫球蛋白的电泳测定.....	700
免疫球蛋白定量测定(辐射扩散技术).....	702
抗原.....	705
抗原决定簇.....	705
免疫强.....	708
第三十九章 肾与尿.....John David Wallin, MD	711
尿的生成.....	712
尿液的酸化作用.....	722
肾脏调节酸-碱的失常	724
利尿剂的作用机制.....	726

肾功能试法.....	727
尿液的组成成分.....	729
肾脏激素.....	734
第四十章 肌肉组织..... Harold A. Harper, PhD	738
肌肉的结构.....	738
肌肉中的蛋白质.....	739
肌肉收缩的分子状态.....	742
肌肉的代谢.....	742
肌肉磷酸原.....	743
肌肉的无机成分.....	744
第四十一章 上皮、结缔和神经组织..... Harold A. Harper, PhD	746
上皮组织.....	746
结缔组织.....	746
神经组织.....	754
生理化学中遇到的缩写	758
索引	761

第一章 引言

这一章的目的在于,(1)复习与生理化学有关的某些有机化学知识,(2)为帮助学生学习和融汇本书的资料提供指导。

本书前几章将讨论对生理化学有重要意义的化合物的结构和性质。学生通过学习有机化学会发现,有些化合物的结构是熟悉的,但许多化合物的结构是非常复杂的(如杂环结构*),或许以前未曾遇到过。对于这些不熟悉的化合物的化学和生理化学,基本上是可以根据结构上相似的化合物的化学和生理化学以及具有相同功能基**的化合物的结构预料的。一般说来,分子中每一功能基,就其要进行的反应而论,是按预料的方式发生变化的。这对于了解活细胞中各种酶催化的功能基的变化,也是一种有价值的指导。下面将首先讨论构成功能基的元素。

周期表中第二和第三周期的元素

除了某些金属离子外,生理化学在很大程度上与周期表中第二和第三周期元素的化学有关。

为了探测新的或已知的生命形式而设计的装置,已在 1976 年着落到火星上。这些实验的指导思想假设,地球上的生命和想像的宇宙中其它星体上的生命之间,有某些相似之处。主要的假设是,地球以外的生命,部分地或全部地利用地球上生命所利用的相同元

表 1-1 活细胞的元素组成

元 素	组成重量(%)	元 素	组成重量(%)
O	65		
C	18	Cu,Zn	0.70
H	10	Se,Mo	
N	3	F,Cl,I	
Ca	1.5	Mn,Co,Fe	
P	1.0		
K	0.35	Li,Sr	微量†
S	0.25	Al,Si,Pb	
Na	0.15	V,As	
Mg	0.05	Br	
总计	99.30		

† 在细胞中出现和含量均不恒定,大多数情况尚不知其功能。

* 杂原子,像是 O、N 和 S,也与碳原子形成共价键,例如乙胺($C_2H_5NH_2$)、乙醇(C_2H_5OH)和乙硫醇(C_2H_5SH)。杂原子有一对或几对电子未参与共价结合。由于这些未共用电子有一负电场,所以具有杂原子的化合物能吸引质子,即它们起碱的作用(见第二章)。杂环结构是含有杂原子的环状结构。

** 功能基(如 $-NH_2$ 、 $-COOH$ 、 $-OH$)是由化学元素结合成的具有确定化学和物理性质的特殊原子团。

素。

地球上所有的细胞,不管其来源于动物、植物或微生物,均含有近于同一比例的相同元素(表 1-1)。在 100 多种已知元素中,只有 19 种对地球上的生命是必需的。生命对于这些元素的选择,也许有某种符合逻辑的化学解释。

6 种非金属元素(O、C、H、N、P 和 S)构成原生质的结构元素,这 6 种元素几乎占细胞总量的 98%。细胞的功能成分(壁、膜、基因、酶等)就是由这 6 种元素形成的。它们都位于周期表中的前三个周期(表 1-2)。

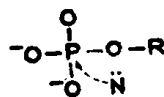
表 1-2 原生质的结构元素

周期	族							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar

这 6 种元素在海洋、地壳和大气中含量比较丰富,但含量丰富本身并不说明它们必为生命所利用。铝比碳更为丰富,但不知铝对生命有何种必需的功能。相反,这 6 种元素的内在化学性质表明,它们是特别合适的生命建筑材料。对结构元素来说,合乎要求的特点如下:(1)小的原子半径;(2)由形成 1-、2-、3-和 4-电子键的能力所赋予的多方适应性;(3)形成多价键的能力。

原子小可形成最紧密最稳定的键,这对结构元素来说显然是一大优点。H、O、N 和 C 是能分别形成 1-、2-、3-、4-电子键的最小原子。所有各型电子键的利用,在分子造型方面,容许最大的多方适应性。形成多价键的能力也是这样,这种性质几乎完全限于 P、S 和第二周期的元素。以 C 为基础的生命比以 Si 为基础的生命优点包括:(1)C—C 键比 Si—Si 键有较大的化学稳定性;(2)C 能形成多价键, Si 则不能(如 C 的氧化物是可扩散的单体气体,而 Si 的氧化物是一种粘稠的多聚体);(3)C—C 键对亲核试剂*如 O₂、H₂O 或 NH₃ 的断裂作用稳定,而 Si—Si 键不稳定。

类似的因素使 P 和 S 特别适用于能量转换反应。对亲核作用敏感的键有助于能量转换†(例如葡萄糖的 6-OH 对 ATP 末位 P—P 键的亲核作用,形成 ADP 和葡糖-6-磷酸)。P 和 S 类似于 Si, 因为 P—P 键或 S—S 键像 Si—Si 键一样, 由于未占据的第三轨道的缘故,易被亲核作用断裂。但是与 Si 不同, P 和 S 形成多价键(更能多方适应), 这是其原子直径较小的原因。生物化学中的绝大多数能量转换反应可看作是亲核剂(N)作用在磷原子未占据的第三轨道引起的:



* 电子丰富的元素或化合物。

† 亲核作用指电子丰富的中心作用于电子缺乏的中心。

在整个已知的宇宙界,与生命有关的化学元素的特有的化学和物理性质是相同的。因此,如果在其它星体上有生命存在的话,很可能由于同样的或类似的原因而应用同样的元素。进而也很可能由这些元素形成的生物分子的种类及其可能进行的反应的种类与地球上是非常类似的。因此,生物化学工作者大概是最有可能认识和了解地球以外生命(不管这种生命的大小和物理形状如何)的科学工作者。

有机化学复习

正确领悟有机化学知识是学习生理化学的必要前提。充分的有机化学知识,将会加深人们对细胞内由酶催化的化学反应的理解。

这一节不准备全面复习有机化学,而是总结主要几点。这部分材料,对于刚学过有机化学的人们来说,是相当熟悉的。

共价键

电子经常出现的空间区域称轨道。不同轨道的大小和形状决定着原子在分子中的空间排列。描述原子中电子构型的最基本的“规则”是 Pauli 不相容原理:只有 2 个电子可占据任一给定的轨道,而且这 2 个电子自旋方向相反。自旋方向相同的电子尽可能彼此远离。分子中的电子按同样的规则占据轨道。

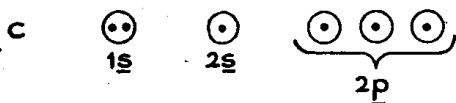
要形成共价键,2 个原子必须放到适当的位置,使 2 个原子轨道相迭合。每一轨道必须各含一个电子,而且电子的自旋方向必须相反。2 个原子轨道合并,形成含有两个电子的单一键轨道。由于这种新的排列含的能量比单独的原子时少(即比较稳定),因而在键形成时要放出能量。键形成时所释能量的量(每克分子)称为键解离能。对于给定的原子对,原子轨道迭合的越大,键就越强。

碳原子(原子序数=核电荷=6)有 6 个电子,其中 2 个是未成对电子,分别占据 2p 轨道:



虽然这提示 C 应与 H 形成 2 个键轨道,但实际上形成 4 个键,生成 CH_4 。由于键形成是一个放能的(稳定的)过程,因而趋向于形成尽可能多的键。即使产生的键轨道与原来的原子轨道不同,这种情况也会发生。

要产生一个 4 价碳原子,2s 中的 1 个电子激发到空的 P 轨道:



虽然这种示意图表明, C 形成的键应 3 个为一型(利用 P 轨道)而第 4 个为另一型(利用 s 轨道),但已知甲烷中的 4 个键是等同的。这种分子轨道具有混合或杂化的特点,而且,由于这些轨道是由 1 个 s 和 3 个 P 轨道混合产生的,因而称为 sp^3 -轨道: