



中国医学百科全书

生物化学



上海科学技术出版社

中国医学百科全书

中国医学百科全书编辑委员会

上海科学技术出版社

中国医学百科全书

⑩ 生物化学

张昌颖 主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 21 字数 818,000

1989年1月第1版 1992年12月第2次印刷

印数 3,901—6,500

ISBN 7-5323-0198-2/R·46

定价: 12.80元

(沪)新登字108号

《中国医学百科全书》编辑委员会

主任委员 钱信忠

副主任委员 黄家驷 季钟朴 郭子恒 吴阶平 涂通今 石美鑫 赵锡武

秘书长 陈海峰

副秘书长 施莫邦 冯光 朱克文 戴自英

委员 (以姓氏笔划为序)

丁季峰	土登次仁	马飞海	王懿(女)	王玉川	王世真	王用楫
王永贵	王光清	王叔咸	王季午	王冠良	王雪苔	王淑贞(女)
王鹏程	王德鉴	王翰章	毛文书(女)	毛守白	邓家栋	石茂年
石美鑫	卢惠霖	卢静轩	叶恭绍(女)	由崑	史玉泉	白清云
邝贺龄	冯光(女)	兰锡纯	司徒亮	毕涉	吕炳奎	曲绵域
朱潮	朱壬葆	朱克文	朱育惠	朱洪荫	朱既明	朱霖青
任应秋	刘世杰	刘育京	刘毓谷	米伯让	孙忠亮	孙瑞宗
苏德隆	杜念祖	杨医亚	杨国亮	杨树勤	杨铭鼎	杨藻宸
李昆	李永春	李宝实	李经纬	李振志	李肇特	李聪甫
吴之理	吴执中	吴阶平	吴英恺	吴征鉴	吴绍青	吴威中
吴貽谷	吴桓兴	吴蔚然	余灃	宋今丹	迟复元	张祥
张世显	张立藩	张孝騫	张昌颖	张泽生	张学庸	张涤生
张源昌	陆如山	陈信	陈中伟	陈明进	陈国桢	陈海峰
陈灏珠	林巧稚(女)	林克椿	林雅谷	郁知非	尚天裕	罗元恺
罗致诚	季钟朴	依沙克江	周金黄	周敏君(女)	郑麟蕃	孟继懋
赵炳南	赵锡武	柴独山	胡传揆	胡熙明	钟学礼	钟惠澜
侯宗濂	俞克忠	施莫邦	姜春华	洪子云	夏镇夷	顾学箕
顾绥岳	钱惠	钱信忠	徐丰彦	凌惠扬	郭迪	郭乃春
郭子恒	郭秉宽	郭泉清	郭振球	郭景元	唐由之	涂通今
诸福棠	陶桓乐	黄量(女)	黄文东	黄耀桑	黄家驷	黄禛祥
黄绳武	曹钟梁	盖宝璜	梁植权	董郡	董承琅	蒋豫图
韩光	程之范	傅丰永	童尔昌	曾宪九	谢荣	谢少文
裘法祖	蔡荣	蔡翹	蔡宏道	戴自英		

序

《中国医学百科全书》的出版是我国医学发展史上的一件大事，也是对全人类医学事业的重大贡献。六十年代初，毛泽东同志曾讲过：可在《医学卫生普及全书》的基础上编写一部中国医学百科全书。我们深感这是一项重大而艰巨的任务，因此积极进行筹备工作，收集研究各种有关医学百科全书的资料。但由于十年动乱，工作被迫中断。粉碎“四人帮”后，在党和政府的重视和支持下，医学百科全书的编写出版工作又重新开始。一九七八年四月，在北京正式召开筹备会议，拟订了编写出版方案和组织领导原则。同年十一月，在武汉举行了第一次编委会，落实了三十多个主编单位，全国医学界的著名专家、教授和中青骨干都参加了编写工作。

祖国医学发展史中，历代王朝就有学者编纂各类“集成”和“全书”的科学传统，但系统、全面地编写符合我国国情和医学科学发展史实的大型的医学百科全书还是第一次。这是时代的需要，人民的需要，是提高全民族科学文化水平，加速实现社会主义现代化建设的需要。从长远来看，这是发展我国医药卫生事业和医学科学的一项基本建设，也是建设社会主义精神文明建设的重要组成部分。因此，编写出版《中国医学百科全书》是我国医学界的一项重大历史使命。

我国既有源远流长的祖国医学，又有丰富多彩的现代医学。解放以来，在党的卫生方针指导下，还积累了群众性卫生工作

和保健强身的宝贵经验，涌现了许多中西医结合防治疾病的科研成果。在我们广大的医药卫生队伍中，有一大批具有真才实学，又善于写作的专家，他们都愿意为我国科学文化事业竭尽力量，把自己的经验总结出来，编写出具有我国特点的医学百科全书。

《中国医学百科全书》是一部专科性的医学参考工具书，主要读者对象是医药院校毕业及具有同等水平的医药卫生人员，但实际需要查阅这部全书的读者将远远超过这一范围。全书内容包括祖国医学、基础医学、临床医学、预防医学和特种医学等各个学科和专业，用条目形式撰写，以疾病防治为主体，全面而精确地概述中西医药科学的重要内容和最新成就。在编写上要求具有高度的思想性和科学性，文字叙述力求言简意明，浅出深入，主要介绍基本概念、重要事实、科学论据、技术要点和肯定结论，使读者便于检索，易于理解，少化时间，开卷得益。一般说来，条目内容比词典详尽，比教材深入，比专著精炼。

为适应各方面的需要，《中国医学百科全书》的编写出版工作准备分两步走：先按学科或专业撰写分卷单行本，然后在此基础上加以综合，按字顺编排出版合订本。这两种版本将长期并存。随着学科发展的日新月异，我们并将定期出版补新活页。由于涉及面广，工作量大，经验不足，缺点错误在所难免，希望读者批评指正。

钱信忠

1982年11月

中国医学百科全书

生物化学

主 编：张昌颖（北京医科大学）

副主编：（以姓氏笔画为序）

任邦哲（暨南大学医学院）

李玉瑞（中国预防医学科学院卫生研究所）

编 委：（以姓氏笔画为序）

张惠珠（上海第二医科大学）

林钧材（大连医学院）

顾天爵（上海医科大学）

徐晓利（中山医科大学）

梁之彦（同济医科大学）

学术秘书：梁 康（北京医科大学）

编写说明

一、这是《中国医学百科全书》的生物化学分卷，共选收与医学有关的生物化学大小条目二百余条。既然以分卷的形式出版，虽然每一条目各具独立性和完整性，但条目的归类及排列顺序，还须从简到繁，由浅入深，循序渐进，应有一合理的安排，故本分卷主要内容的排列次序，除以“生物化学”及“物质代谢”两条目为前导及以现代生物化学常用的一些技术和方法等条目为殿后之外，其它与普通生物化学教材中的基本相同，尤其在一类物质中的更是如此。

生物化学近年来发展迅速。许多生物现象均能在分子水平上，用生物化学的理论及技术来阐明和探索。这样，生物化学就渗透到各个生物学学科；由于对生物大分子的结构与功能有了较多的了解，所以分子生物学及遗传学不免与本分卷有重复之处。

二、本分卷中的名词术语多为医学院校生物化学教材所采用者。

三、本分卷的主编单位为北京医科大学。

四、本分卷在编写过程中，编辑委员会选定条目之后，由各编辑委员分头邀请同道撰稿，继由主编修改后印发给各编辑委员征求意见，然后由主编再加工，学术秘书整理，即行定稿，因此难免有不当及错误之处，请同道及读者不吝批评指正。

生物化学分卷编辑委员会

一九八六年六月

中国医学百科全书

生物化学

目 录

总 论

生物化学	1
物质代谢	4
物质代谢的调控	7

氨 基 酸

氨基酸	10
氨基酸的一般代谢	14
一碳单位	17
甘氨酸及其代谢	19
丝氨酸及其代谢	20
苏氨酸及其代谢	20
组氨酸及其代谢	21
丙氨酸及其代谢	22
缬氨酸及其代谢	23
亮氨酸及其代谢	23
异亮氨酸及其代谢	23
半胱氨酸及其代谢	24
蛋氨酸及其代谢	25
苯丙氨酸及其代谢	25
酪氨酸及其代谢	26
色氨酸及其代谢	27
精氨酸及其代谢	29
赖氨酸及其代谢	29
脯氨酸及其代谢	31
天门冬氨酸及其代谢	32
天门冬酰胺及其代谢	33
谷氨酸及其代谢	33
谷氨酰胺及其代谢	34

蛋 白 质

蛋白质	34
结合蛋白质	35
蛋白质的一级结构	35
蛋白质的空间结构	36
纤维状蛋白质	38
球状蛋白质	39
肽键	39
副键	40

蛋白质的变性	41
蛋白质的消化	41
蛋白质的分离	42
蛋白质生物合成	42

核 酸

核酸	45
嘧啶碱和嘌呤碱	46
核苷	46
核苷酸	48
信使核糖核酸(mRNA)	49
核蛋白体核糖核酸(rRNA)	52
转运核糖核酸(tRNA)	53
脱氧核糖核酸(DNA)	56
核苷酸的合成代谢	59
核苷酸的分解代谢	63
脱氧核糖核酸(DNA)的合成	64
核糖核酸(RNA)的合成	67
反转录酶	69
遗传密码	70
操纵子	70
嘌呤核苷酸循环	71

糖 类

糖类	72
单糖	72
生物体内的单糖及衍生单糖	75
寡糖	76
多糖	77
糖蛋白	78
糖的分解代谢	82
糖酵解	82
糖有氧氧化	85
磷酸戊糖途径	88
2, 3二磷酸甘油酸支路	91
糖醛酸途径	92
乙醛酸循环	94
糖原合成与分解	94
葡萄糖异生作用	96
血糖	97

脂 类

脂类	99
脂肪酸	99
甘油脂	104
磷脂	105
糖脂	110
血脂	118
胆汁酸	121
脂类分离及检测原则	124
生物膜中的脂类	128
固醇	129
磷脂糖脂	132

维 生 素

维生素	133
维生素 A	137
维生素 D	138
维生素 E	138
维生素 K	139
维生素 B ₁	140
维生素 B ₂	140
烟酸与烟酰胺	141
维生素 B ₆	141
泛酸	142
生物素	143
叶酸	144
维生素 B ₁₂	145
维生素 C	146

激 素

激素	147
激素作用机理	147
甲状腺激素	148
胰岛素	150
胰高糖素	152
甲状旁腺素	153
降钙素	153
肾上腺髓质激素	154
肾上腺皮质激素	155
雄性激素	158
雌性激素	160
胎盘激素	161
垂体激素	162
下丘脑激素	166
胃肠道激素	167
前列腺素	168
肾脏激素	169
胸腺激素	170

松果体激素	171
-------	-----

酶

化学反应, 活化能, 能阈	172
催化剂和催化作用	173
酶	173
全酶	174
酶作用的特异性	175
酶作用物复体	175
酶作用机理	176
酶反应动力学	176
酶活性的调节	178
限速酶	180
同功酶	180
固相酶	182
多酶系统	182
酶生成的诱导与阻遏	182
酶在细胞内的分布	182
酶与疾病的关系	183

生物氧化

脱氢酶	184
氧化酶	184
细胞色素	185
呼吸链	186
过氧化物酶	186
过氧化氢酶	186
加氧酶	186
超氧化物歧化酶	187
线粒体内膜三联体	188
化学渗透学说	188
解偶联剂	189
高能磷酸化合物	189
微粒体氧化	190
氧化磷酸化	191
尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸	192
尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸	192
黄素单核苷酸	193
黄素腺嘌呤二核苷酸	193
辅酶 Q	194
铁硫蛋白	194
生物转化	194
腐败	195
吸收与转运	196

神经组织

神经组织的化学组成	198
脑的物质代谢	200
神经递质	201

肌肉组织	
肌肉组织	206
肌管系统	206
肌原纤维	207
肌肉蛋白质	208
肌肉收缩与松弛机理	212
肌肉收缩的能量来源	213
肌红蛋白	214
肌酸、磷酸肌酸和肌酸磷酸激酶	215
肌肽、鹅肌肽、肉毒碱	216
心肌	216
平滑肌	221

结缔组织

结缔组织	223
结缔组织的纤维	226
胶原纤维	226
弹力纤维	231

血 液

血液	233
血浆蛋白质	234
血液凝固	237
抗凝物质	241
纤维蛋白溶解	242
免疫球蛋白	244
补体	246
血红蛋白	249
血红蛋白与气体运输	252
血红素的分解——胆红素代谢	255
血液有形成分代谢	257
血液 pH	259

铁代谢	260
-----	-----

无 机 盐

无机盐	261
钠	263
钾	264
氯	265
微量元素	265
氟	265
碘	266
锌	266
铜	266

骨骼与钙磷

骨骼	268
牙齿	269
钙	270
磷	271

常用方法

层析法	273
电泳法	275
分光光度法	277
电化学分析法	280
气体分析	282
离心法	284
盐析法	287
汉英生物化学词汇	289
英汉生物化学词汇	300
略词检索	311
索引	314

生物化学

生物化学即生命的化学。它用化学的原理及方法探讨生命的秘密，是一门化学、生物学与物理学之间的边缘学科，所以也常采用生物学的、微生物学的及物理学的方法及技术。随着科学的发展，生命的奥秘还必须从分子水平上去探讨；生物化学就是在分子水平上探究生命秘密的学科。

生物体有多种，所以生物化学也有多种。

本卷主要指作为医学基础的那种生物化学。

生物化学的发展简史 生物化学是一门较年轻的学科。在欧洲约在160年前开始，逐渐发展，一直到1903年才引进“生物化学”这个名词而成为一门独立的学科，但在我国，其发展可追溯到远古。我国古代劳动人民在饮食、营养、医、药等方面都有不少创造和发明。生物化学的发展可分为：叙述生物化学、动态生物化学及机能生物化学三个阶段。

叙述生物化学阶段 (1) 饮食方面：公元前21世纪，我国人民已能造酒。相传夏人仪狄作酒，禹饮而甘之。作酒必用曲，故称曲为酒母，又叫做酶，与媒通，是促进谷物中主要成分的淀粉转化为酒的媒介物。现在我国生物化学工作者将促进生物体内化学反应的媒介物（即生物催化剂）统称为酶。从《周礼》的记载来推测，公元前12世纪以前，已能制饴，饴即今之麦芽糖，是大麦芽中的淀粉酶水解谷物中淀粉的产物。《周礼》称饴为五味之一。不但如此，在这同时，还能将酒发酵成醋。醋亦为五味之一。《周礼》上已有五味的描述。可见我国在上古时期，已使用生物体内一类很重要的有生物学活性的物质——酶，为饮食制作及加工的一种工具。这显然是酶学的萌芽时期。

(2) 营养方面：《黄帝内经·素问》的“藏气法时论”篇记载有“五谷为养，五畜为益，五果为助，五菜为充”，将食物分为四大类，并以“养”，“益”，“助”，“充”，表明在营养上的价值。这在近代营养学中，也是配制完全膳食的一个好原则。谷类含淀粉较多，蛋白质亦不少，宜为人类主食，是生长、发育以及养生所需食物中之最主要者；动物食品含蛋白质，质优且丰富，但含脂肪较多，不宜过多食用，可用以增进谷类主食的营养价值而有益于健康，果品及蔬菜中无机盐类及维生素较为丰富，且富于粗纤维，有利食物消化及废物的排出；如果膳食能得到果品的辅助，蔬菜的充实，营养上显然是一个无可争辩的完全膳食。膳食疗法早在周秦时代即已开始应用，到唐代已有专书出现。孟诜(公元7世纪)著《食疗本草》及昝殷(约公元8世纪)著《食医必鉴》等二书，是我国最早的膳食疗法书籍。宋朝的《圣济总录》(公元前12世纪)是阐明食治的。元朝忽思慧(公元14世纪)针对不同疾患，提出应用的食物及其烹调方法，并编写成《饮膳正要》。由此可看出我国古代医务工作者应用营养方面的原理，试图治疗疾患的一些端倪。

(3) 医药方面：我国古代医学对某些营养缺乏病的治

疗，也有所认识，如地方性甲状腺肿古称“瘰病”，主要是饮食中缺碘所致，可用含碘丰富的海带、海藻、紫菜等海产品防治。公元4世纪，葛洪著《肘后方》中载有用海藻酒治疗瘰病的方法。唐·王焘(公元8世纪)的《外台秘要》中载有疗瘰方36种，其中27种为含碘植物。而在欧洲直到公元1170年才有用海藻及海绵的灰分治疗此病者。脚气病是缺乏维生素B₁的病。孙思邈(公元581~682年)早有详细研究，认为是一种食米区的疾病，分为“肿”、“不肿”及“脚气入心”三种，可用含有维生素B₁的车前子、防风、杏仁、大豆、槟榔等治疗。酿酒用的曲及中药中的神曲(可生用)均含维生素B₁较丰富，且具有水解糖类的酶，可用以补充维生素B₁的不足，亦常用以治疗胃肠疾患。夜盲症古称“雀目”，是一种缺乏维生素A的病症。孙思邈首先用含维生素A较丰富的猪肝治疗。我国最早的眼科专著《龙木论》记载用苍术、地肤子、细辛、决明子等治疗雀目。这些药物都是含有维生素A原的植物。

我国研究药物最早者据传为神农。神农后世又称炎帝，是始作方书，以疗民疾者。《越绝书》上有神农尝百草的记载。自此以后，我国人民开始用天然产品治疗疾病，如用羊靛(包括甲状腺的头部肌肉)治甲状腺肿，紫河车(胎盘)作强壮剂，蟾酥(蟾蜍皮肤疣的分泌物)治创伤，羚羊角治中风，鸡内金止遗尿及消食健胃等。而最值得一提的是秋石。秋石是从男性尿中沉淀出的物质，用以治病者。其制取确实是最早从尿中分离类固醇激素的方法，其原理颇与近代所有者相同。近代的方法为Windaus等在本世纪30年代所创，而我国的方法则出自11世纪沈括(号存中)著的《沈存中良方》中，现仍可在《苏沈良方》中寻着。其详细制法，在《本草纲目》上亦有记载，可概括为用皂角汁将类固醇激素，主要为睾酮，从男性尿中沉淀出来，反复熬煎制成结晶，名为秋石。皂角汁中含有皂角苷，是常用以提炼固醇类物质的试剂。这样看来，人类利用动物产品，调节生理功能，治疗疾病是从10世纪开始，实为内分泌学的萌芽。

明代李时珍(公元1522~1596年)撰著《本草纲目》，凡52卷，共载药物1800余种，其中除植物药物外，尚载鱼类63种，兽类123种，昆虫百余种，鸟类77种及介类45种。书中还详述人体的代谢物、分泌物及排泄物等，如人中黄(即粪)、淋石(即尿)、乳汁、月水、血液及精液等。这一巨著不但集药物之大成，对生物化学的发展也不无贡献。

这样看来，中国古代在生物化学的发展上，是有一定贡献的。但是由于历代封建王朝的尊经崇儒，斥科学为异端，所以近代生物化学的发展，欧洲就处于领先地位。18世纪中叶，Scheele研究生物体(植物及动物)各种组织的化学组成，一般认为这是奠定现代生物化学基础的工作。随后，Lavoisier于1785年证明，在呼吸过程中，吸进的氧气被消耗，呼出二氧化碳，同时放出热能，这意味着呼吸过程包含有氧化作用，这是生物氧化及能代谢研究的开端。接着，Beaumont(1833年)及Bernard

(1877年)在消化上, Pasteur (1822~1895年)在发酵上,以及Liebig (1803~1873年)在生物物质的定量分析上,都作出显著的贡献。1828年Wöhler在实验室里将氰酸铵转变成尿素,氰酸铵是一种普通的无机化合物,而尿素是哺乳动物尿中含氮物质代谢的一种主要产物。人工合成尿素的成功,不但为有机化学扫清了障碍,也为生物化学发展开辟了广阔的道路。自此直到20世纪初叶,对生物体内的物质,如脂类、糖类及氨基酸的研究,核质及核酸的发现,多肽的合成等,而更有意义的则是在1897年Buchner制备的无细胞酵母提取液,在催化糖类发酵上获得成功,开辟了发酵过程在化学上的研究道路,奠定了酶学的基础。9年之后, Harden与Young又发现发酵辅酶的存在,使酶学的发展更向前推进一步。

以上包括我国古代及欧洲的发明创造、研究发现,均可算是生物化学的萌芽时期,虽然也有生物体内的一些化学过程的发现和研究,但总的说来,还是以分析和研究组成生物体的成分及生物体的分泌物和排泄物为主,所以这一时期可以看作叙述生物化学阶段。

动态生物化学阶段 从20世纪开始,生物化学进入了一个蓬蓬勃勃的发展时期。在营养方面,研究了人体对蛋白质的需要及需要量,并发现了必需氨基酸、必需脂肪酸、多种维生素及一些不可或缺的微量元素等。在内分泌方面,发现了各种激素。许多维生素及激素不但被提纯,而且还被合成。在酶学方面Sumner于1926年分离出脲酶,并成功地将其做成结晶。接着,胃蛋白酶及胰蛋白酶也相继做成结晶。这样,酶的蛋白质性质就得到了肯定,对其性质及功能才能有详尽的了解,使体内新陈代谢的研究易于推进。在这一时期,我国生物化学家吴宪等在血液分析方面创立了血滤液的制备及血糖的测定等方法,至今还为人们所采用;在蛋白质的研究中,提出了蛋白质变性学说;在免疫化学上,首先使用定量分析方法,研究抗原抗体反应的机制;在营养方面,比较荤膳与素膳的营养价值,并发现动物的消化道可因膳食中营养素价值的不同及丰富与否而发生一定的改变;食素膳者与食荤膳者相比,胃稍大而肠较长。自此以后,生物化学工作者逐渐具备了一些先进手段,如放射性核素示踪法,能够深入探讨各种物质在生物体内的化学变化,故对各种物质代谢途径及其中心环节的三羧酸循环,已有了一定的了解。第二次世界大战后,特别从50年代开始,生物化学的进展突飞猛进;对体内各种主要物质的代谢途径均已基本搞清楚。所以,这个时期可以看作动态生物化学阶段。

机能生物化学阶段 近20多年来,除早已在研究代谢途径时所使用的放射性核素示踪法之外,还建立了许多先进技术及方法。例如,在分离和鉴定各种化合物时,有各种各样敏感而特异的电泳法及层析法,还有特别适用于分离生物大分子的超速离心法;在测定物质的化学组成时,可使用自动分析仪,如氨基酸自动分析仪等;甚至在测定氨基酸在蛋白质分子中的排列顺序时,也有

可供使用的自动顺序分析仪。还有不少近代的物理方法和仪器(如红外、紫外、X射线等各种仪器),用以测定生物分子的性质和结构。在知道生物分子的结构之后,就有可能了解其功能,还有可能用人工方法合成。1965年我国的生物化学工作者和有机化学工作者首先人工合成了有生物学活性的胰岛素,开阔了人工合成生物分子的途径。除此之外,生物化学家也常常采用人工培养的细胞及繁殖迅速的细菌,作为研究材料,并用现代的先进行手段,不但把糖类、脂类及蛋白质的分解代谢途径弄得更清楚,而且还将糖类、脂类、蛋白质、核酸、胆固醇、某些固醇类激素、血红素等的生物合成基本上已搞明白;不但测出了某些有生物学活性的重要蛋白质的结构(包括一、二、三及四级结构),尤其是一些酶的活性部位,而且还测出了一些脱氧核糖核酸(DNA)及核糖核酸(RNA)的结构,从而确定了它们在蛋白质生物合成及遗传中的作用。体内构成各种器官及组织的组成成分都有其特殊的功能,而功能则来源于各种组成的分子结构;有特殊机能的器官和组织,无疑是由具有特殊结构的生物分子所构成。探索结构与功能之间的关系正是现时期的任务。所以,可以认为生物化学已进入机能生物化学阶段。

生物化学的重要内容 (1)物质组成及生物分子:生物体是由一定的物质成分按严格的规律和方式组织而成的。人体约含水55~67%,蛋白质15~18%,脂类10~15%,无机盐3~4%及糖类1~2%等。从这个分析来看,人体的组成除水及无机盐之外,主要就是蛋白质、脂类及糖类三类有机物质。其实,除此三大类之外,还有核酸及多种有生物学活性的小分子化合物,如维生素、激素、氨基酸及其衍生物、肽、核苷酸等。若从分子种类来看,那就更复杂了。以蛋白质为例,人体内的蛋白质分子,据估计不下100 000种。这些蛋白质分子中,极少与其它生物体内的相同。每一类生物都各有其一套特有的蛋白质;它们都是些大而复杂的分子。其它大而复杂的分子,还有核酸、糖类、脂类等;它们的分子种类虽然不如蛋白质多,但也是相当可观的。这些大而复杂的分子称为“生物分子”。生物体不仅由各种生物分子组成,也由各种各样有生物学活性的小分子所组成,足见生物体在组成上的多样性和复杂性。

大而复杂的生物分子在体内也可降解到非常简单的程度。当生物分子被水解时,即可发现构成它们的基本单位,如蛋白质中的氨基酸,核酸中的核苷酸,脂类中脂肪酸及糖类中的单糖等。这些小而简单的分子可以看作生物分子的构件,或称作“构件分子”。它们的种类为数不多,在每一种生物体内基本上都是一样的。实际上,生物体内的生物分子仅仅是由不多几种构件分子借共价键连接而成的。由于组成一个生物分子的构件分子的数目多,它的分子就大;因为构件分子不只一种,而且其排列顺序又可以是各种各样,由此而形成的生物分子的结构,当然就复杂。不仅如此,某些生物分子在不同情况下,还会具有不同的立体结构。生物分子的种类是非

常多的。自然界约一百五十余种生物体中，据估计总共约有 $10^{10} \sim 10^{13}$ 种蛋白质及 10^{10} 种核酸；它们都是由一些构件分子所组成。构件分子在生物体内的新陈代谢中，按一定的组织规律，互相连接，依次逐步形成生物分子、亚细胞结构、细胞及组织或器官，最后在神经及体液的沟通和联系下，形成一个有生命的整体。

(2) 物质代谢：生物体内有许多化学反应，按一定规律，继续不断地进行着。如果其中一个反应进行过多或过少，都将表现为异常，甚至疾病。一旦这些反应停止，生命即告终结。

生物体内参加各种化学反应的分子和离子，不仅有生物分子，而更多和更主要的还是小的分子及离子。有人认为，没有小分子及离子的参加，不能移动或移动不便的生物分子便不能产生各种生命攸关的生物化学反应。没有二磷酸腺苷(ADP)及三磷酸腺苷(ATP)这样的小分子作为能量接受、储备、转运及供应的媒介，则体内分解代谢放出的能，将会散发为热而被浪费掉，以致一切生理活动及合成代谢无法进行。再者，如果没有 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 K^{+} 等离子的存在，体内许多化学反应也不会发生。凭借各种化学反应，生物体才能将环境中的物质(营养素)及能量加以转变、吸收和利用。营养素进入体内后，总是与体内原有的混合起来，参加化学反应。在合成反应中，作为原料，使体内的各种结构能够生长、发育、修补、替换及繁殖。在分解反应中，主要作为能源物质，经生物氧化作用，放出能量，供生命活动的需要，同时产生废物，经由各排泄途径排出体外，交回环境。这就是生物体与其外环境的物质交换过程，一般称为物质代谢或新陈代谢。据估计一个人在其一生中(按60岁计算)，通过物质代谢与其体外环境交换的物质约相当于60 000kg水，10 000kg糖类，1 600kg蛋白及1000kg脂类。

(3) 物质代谢的调节控制：物质代谢的调节控制是生物体维持生命的一个重要方面。物质代谢中绝大部分化学反应是在细胞内由酶促成，而且具有高度自动调节控制能力。这是生物的重要特点之一。一个小小的活细胞内，几近两千种酶，在同一时间内，催化各种不同代谢中各自特有的化学反应。这些化学反应互不妨碍，互不干扰，各自有条不紊地以惊人的速度进行着，而且还互相配合。结果，不论是合成代谢还是分解代谢，总是同时进行到恰到好处。以蛋白质为例，用人工合成，即使有众多高深造诣的化学家，在设备完善的实验室里，也需要数月以至数年，或能合成一种蛋白质。然而在一个活细胞里，在 $37^{\circ}C$ 及近于中性的环境中，一个蛋白质分子只需几秒钟，即能合成，而且有成百上千个不相同的蛋白质分子，几乎象在同一个反应瓶中那样，同时在进行合成，而且合成的速度和量，都正好合乎生物体的需要。这表明，生物体内的物质代谢必定有尽善尽美的安排和一个调节控制系统。根据现有的知识，酶的严格特异性、多酶体系及酶分布的区域化等的存在，可能是各种不同代谢能同时在一个细胞内有秩序地进行的一个解

释。在调节控制方面，动物体内，除神经体液发挥着重要作用之外，作用物的供应及输送、产物的需要及反馈抑制，基因对酶的合成的调控，酶活性受酶结构的改变及辅助因子的丰富与缺乏的影响等因素，亦不可忽视。

(4) 结构与功能：组成生物体的每一部分都具有其特殊的生理功能。从生物化学的角度，则必须深入探讨细胞、亚细胞结构及生物分子的功能。功能来自结构。欲知细胞的功能，必先了解其亚细胞结构；同理，要知道一种亚细胞结构的功能，也必先弄清构成它的生物分子。关于生物分子的结构与其功能有密切关系的知识，已略有所知。例如，细胞内许多有生物催化剂作用的蛋白质——酶，它们的催化活性与其分子的活性中心的结构有着密切关系，同时，其特异性与其作用物的结构密切相关；而一种变构酶的活性，在某种情况下，还与其所催化的代谢途径的终末产物的结构有关。又如，胞核中脱氧核糖核酸的结构与其在遗传中的作用息息相关；简而言之，DNA中核苷酸排列顺序的不同，表现为遗传中的不同信息，实际是不同的基因。生物化学近年来在这方面的进展极为迅速，有人将这部分内容叫作分子生物学。

在生物化学中，有关结构与功能关系的研究，才仅仅开始；尚待大力研究的问题很多，其中重大的，有亚细胞结构中生物分子间的结合，同类细胞的相互识别、细胞的接触抑制、细胞间的粘附、抗原性、抗原与抗体的作用、激素、神经介质及药物等的受体等。

(5) 繁殖与遗传：生物体有别于无生物的另一突出特点是具有繁殖能力及遗传特性。一切生物体都能自身复制；复制品与原样几无差别，且能代代相传，这就是生物体的遗传特性。遗传的特点是忠实性和稳定性。三十多年前，对遗传的了解，还不够深入。基因还只是一个神秘莫测的术语。近年来，随着生物化学的发展，已经证实，基因只不过是DNA分子中核苷酸残基的种种排列顺序而已。现在DNA分子的结构已不难测得，遗传信息也可以知晓，传递遗传信息过程中的各种核糖核酸也已基本弄清，不但能在分子水平上研究遗传，而且还有可能改变遗传，从而派生出遗传工程学。如果能将所需要的基因提出或合成，再将其转移到适当的生物体内去，以改变遗传、控制遗传，这不但能解除人们一些疾患，而且还可以改良动、植物的品种，甚至还可能使一些生物，尤其是微生物，更好为人类服务，可以预见在不远的将来，这一发展将为人类的幸福作出巨大的贡献。

生物化学与其它学科的关系 生物化学是一门边缘学科，研究的是生命的化学，所以与其它有关的生物学科必然有或多或少的关系。生物学科总是互相为用，互相渗透的。生物体不只一种，因此生物化学有研究动物(包括昆虫)方面的，也有研究植物方面的，还有研究微生物方面的。它们之间有差异，也有共同之处。生物化学在医药、卫生、农业及工业等方面都有应用，是一门

基础医学学科，也是一门基础农学学科，而在工业上，如食品加工、酿造、制药、生物制剂制备、以及制革等上，都有应用。

生物化学是从有机化学及生理学发展起来的；一直到现在，它与有机化学及生理学之间，仍然关系密切。了解生物分子的结构及性质，并将其合成，乃是有机化学和生物化学的共同课题；在分子水平上弄清生理功能，显然是生理学和生物化学的一个共同目的。从现在的趋向来看，生理学是在更多地采用生物化学的方法，使用生物化学的指标，以解释许多生理现象。

微生物学及免疫学，在研究病原微生物的代谢、病毒的化学本质，以及防治措施等，无不应用生物化学的知识和技术。就免疫学而言，不论是体液免疫，还是细胞免疫，都必须在分子水平上，才能阐明机理问题。近来一些生物化学家常以微生物，尤其是细菌为研究材料；这样，一方面可验证在动物体内得到的结果，另一方面由于细菌繁殖生长极其迅速，为在分子水平上研究遗传，提供有利条件；于是应运而生出生化遗传学，又称分子遗传学，进而又派生出遗传工程学。由此不难看出，生物化学与微生物学、免疫学及遗传学之间的关系是何等密切。

生物物理学是从生物化学发展起来的，主要应用物理学的理论和方法来研究生物体内各种生物分子的性质和结构，能量的转变，以及生物体内发生的一些过程，如生物发电及发光。生物物理学与生物化学总是相辅相成的。随着量子化学的发展，生物体内化学反应的机理，特别是酶促反应的机理，将来必定要应用生物分子内及作用物分子内电子结构的改变来加以说明。

近代药理学往往以酶的活性、激素的作用及代谢的途径等为其发展的依据，于是出现了生化药理学及分子药理学等。病理生理学也注重运用生物化学的原理及方法来研究生理功能的失调及代谢途径的紊乱。甚至，组织学、病理解剖学及寄生虫学等学科，也开始应用生物化学的知识和方法，以探讨和解决它们的问题。这些学科的名称之前，现在多冠以“分子”字样，就是这方面的一个明证。

生物化学称为医学学科的基础，在医药卫生的各学科中广泛应用，是理所当然的。事实也是如此。临床医学及卫生保健，在分子水平上，探讨病因，作出论断，寻求防治，增进健康，莫不运用生物化学的知识和技术。镰状细胞性贫血已被证明是血红蛋白 β 链N末端第六位上的谷氨酸为缬氨酸所取代的结果。关于许多疾病的防治方面，免疫化学无疑是医务工作者所熟知的一种重要的预防、治疗及诊断手段。肿瘤的治疗，不论是放射疗法，抑或是化学疗法，都是使肿瘤细胞中重要的生物分子，如DNA、RNA、蛋白质等分子，改变或破坏其结构，或抑制其生物合成。放射疗法主要是对DNA起作用。而抗肿瘤药物，如抗代谢物、烷化剂、有丝分裂抑制剂及抗生素等，有的在DNA生物合成中起作用，有的在RNA生物合成中起作用，还有的在蛋白质生物合成中

起作用，当然不能除外有的药物能抑制不只一种生物合成过程。只要这三种生物分子中任何一种的生物合成有阻碍，都会使肿瘤细胞遭到不同程度的打击，其最致命的要算是破坏DNA的生物合成了。至于用生物化学的方法及指标作为诊断的手段，最为人们所熟知的莫若肝炎诊断中的血液谷丙转氨酶了。总之，生物化学在临床医学及卫生保健上的应用的例子是很多的。

(张昌颖)

物质代谢

物质代谢又称新陈代谢，是生物体内各种化学变化的总称。在体内进行的变化包括同化作用中的化学变化，也包括异化作用中的化学变化。同化作用意味着合成代谢，而异化作用意味着分解代谢。合成代谢是将食物中得来的或体内原有的小分子物质合成为体内结构上的及功能方面的分子，一般多为大分子化合物；例如，氨基酸在有可利用的能量的条件下，缩合成为大分子的蛋白质。而分解代谢的产物总是一些小分子，如大分子的糖原降解为葡萄糖，而葡萄糖又降解为二氧化碳，同时产生能量，暂时储存于高能磷酸键的ATP中，供合成代谢及各种生理活动之用。不论是合成代谢，还是分解代谢，都不是简单的过程，需要通过一系列的化学反应来逐步完成。而这些化学反应是在体内较温和的环境中，在酶的催化下，以极高的速度进行。这一系列的化学反应依次衔接起来，就称为代谢途径。总之，物质代谢就是生物体在其生命过程中，从其周围环境中取得物质，在体内通过各种代谢途径，最后将其转变为最终产物，又交回环境的过程。

物质代谢的研究方法 体内物质代谢的途径不只一种，而许多途径中的化学反应更是多且复杂，而且都在同一微小细胞内同时进行，因此研究起来比较困难。随研究方法的发展，现在对体内许多重要代谢途径已有一定了解。

(1) 完整动物的饲养平衡实验：测定食物中的一种物质的食进量及其本身或其代谢产物的排出量，并用以推断其在体内的代谢情况。氮平衡实验就是一个例子，虽然不能测出蛋白质在体内所经过的代谢途径中各个化学反应，但可确定其利用率、需要量及生理价值。这种饲养平衡实验，对断定其它物质，如无机盐等，是否是必需及其需要量，无疑是有益的。此外，完整动物的饲养实验，对多种维生素的发现，均作出了一定的贡献。而某些维生素又是物质代谢中不可缺的物质。

(2) 器官灌注法：将一物质注入进某一器官的血液中，然后分析测定流出器官血液中该物质的衍生物，当可获知该物质在此器官中的代谢变化。例如，研究氨基酸在肝脏内的变化时，在将氨基酸注入门静脉后，分析肝静脉血液中氨基酸衍生物，即可发现氨基酸经氧化脱氨基而成为 α 酮酸，并放出氨，同时还可看出尿素的浓度在流出肝脏的血液中比进入的要高。由此可以证明氨基酸的脱氨基作用是在肝脏中进行的，而且脱下的氨在肝脏

中转变为尿素。这一方法的优点是所灌流的器官并未脱离动物整体，一切生理条件均正常，尤其是神经及激素的控制调节仍与正常动物基本相同。灌流的方法也应用于离体器官，如肝脏，心脏等，使被研究物质的衍生物更易于辨认及测定。在器官水平上，还可采用切除器官的办法来确定某物质在一器官中的代谢情况；如果将蛋白质饲养去除肝脏的动物，当可发现其血液中氨基酸及氨(来自肠的吸收)的浓度均显著升高，而尿素的含量则大量下降。这无疑能佐证器官灌流实验的结果：那就是氨基酸在肝脏中被氧化脱去氨基及尿素在肝脏中合成以解除氨毒。

(3) 组织薄片法：用组织薄片来测定一种物质的代谢途径要比用器官更为便利和准确。这种方法具有完全可靠的控制和对照。肝、肾、脑及其它组织均可切成约50 μm 的薄片，使与溶液有充分的接触面，让营养物质与代谢产物的交换适宜，以便能维持组织中细胞活力长达数小时之久。将一定数量被研究物质混于溶液中，保温一定时间后，分析测定溶液中的各种物质，便能推测或断定被研究物质的代谢途径。例如，将铵盐混于溶液中并与肝脏薄片保温，数小时后，铵盐逐渐减少，尿素随之出现。这一结果证明氨在肝脏中转变成尿素。

(4) 亚细胞水平法：为了确定化学反应在细胞内进行的部位，可将组织在匀浆器中研磨成匀浆，使细胞破裂，然后用差速离心法，可获得各种亚细胞部分，如细胞核、线粒体、微粒体、溶酶体、过氧化物酶体及质膜等。微粒体一般指的是粗面内质网、滑面内质网及高尔基体等的碎片；从粗面内质网上，还可分离出核蛋白体。这些亚细胞结构都各有所司。分别用不同的亚细胞结构作实验，即可证明此点。例如，线粒体可证明是生物氧化的场所，三羧循环、 β 氧化等均在其中进行，将所产生的能量储存于ATP中，供生理活动之用。又如，粗面内质网上的核蛋白体已证实是合成蛋白质的地方，而所合成的蛋白质，通过滑面内质网而运到高尔基体，并在其中加工改造后，再分泌于细胞外。再如，胞核已肯定为合成各种RNA的处所。用亚细胞结构水平的方法，不但能对物质代谢途径定位，而且还推动了代谢途径细节的研究。

(5) 纯酶的应用：从完整动物发展到亚细胞结构水平的各种方法中，各种酶都是相互混杂，而且与生物体内各种组成成分也未分开。这对完全了解一化学反应的细节是极其困难的。使用纯酶不但能知道它所催化的确切反应，而且还可详细研究其促进反应的各个方面。将许多由纯酶促进的反应依次拼凑起来，对一些重要物质的代谢途径，不论是合成的抑或是分解的，均可大体弄清。事实也是如此。现在蛋白质、糖类、脂类、核酸、生物氧化，以及一些生物活性物质等在体内的转变途径，都已有一定的了解。

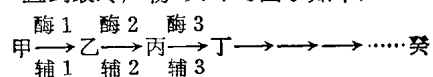
此外，在物质代谢途径的研究中，微生物也常被利用。

从上面的叙述可以看出，在物质代谢的研究中，就使用的材料而言，是由完整动物逐渐发展到纯酶。这一发展过程，正是现代科学技术和仪器发展的结果。近代技

术和仪器的发展不但能定位、分离、提纯、追踪、鉴别及测定代谢物及其产物，而且还能对参加物质代谢中生物分子的组成、结构、构型、构象及其各种性质等加以研究，而所得结果往往有可能用以解释或确定其在物质代谢中的功能。

物质代谢途径 随着研究方法的发展，物质代谢的途径逐渐为人们所了解。

生物体从环境中摄取的营养素，以糖、脂类、蛋白质、核酸等为最多，进入体内后，各自进入其代谢途径。一个代谢途径是由许多化学反应有组织、有次序地一个接一个的发生和完成。绝大多数的反应都是在较温和的温度、pH及离子浓度条件下，由酶促进，以非常高的速度进行。每一酶促反应几乎都是由一特异的酶所催化，而许多酶还有其必需的辅助因子。例如，进入体内的营养素“甲”，在其代谢途径中，将转变为中间产物“乙、丙、丁…”一直到最终产物“癸”，可图示如下：



图中酶1、酶2、酶3等代表促进每一步骤特异的酶，而辅1、辅2、辅3等为每一种酶所需要的辅助因子。这可用实例说明。一个成年人食进多于其一切活动所需要的食物时，往往会发胖，这显然是体内将多余的食物储存为脂肪，亦即脂肪酸的合成增多。脂肪酸的合成与蛋白质、核酸及糖类等相比，较为简单；所用原料为乙酸，但必须以其活泼衍生物，乙酰辅酶A的形式，进入代谢途径。乙酰辅酶A在体内，来源甚广，主要食物，如糖类、脂类及蛋白质等在分解代谢中，均可生成乙酰辅酶A。在其进入脂肪酸合成途径之前，必须由酰基转移酶催化，先与脂肪酰载体蛋白结合，然后再两个碳原子两个碳原子加上，而每加上两个碳原子，包括从乙酰辅酶A合成的主要原料丙二酸单酰辅酶A在内，须经七个步骤，需要七种不同的酶及三种不同的辅助因子。在乙酰辅酶A上，七次加上两个碳原子（实际是丙二酸单酰辅酶A）之后，还须有软脂酰脱酰酶的催化作用，才能完成一分子软脂酸的合成。这一代谢途径可用作合成主要偶数脂肪酸的例子，由于许多化学反应不仅是进行性的、逐步的，而且还是分阶段来完成的，足见其复杂性。

代谢途径的复杂性还表现在一种物质在体内可进入多种代谢途径，可进入合成代谢途径，也可进入分解代谢途径，有的即使是合成代谢抑或是分解代谢，其途径也不只一种。例如乙酰辅酶A不仅可进入三羧酸循环而被氧化以产生能量，而且在合成代谢方面，除合成脂肪酸之外，还是酮体及固醇类物质分子中碳原子的主要来源，也是合成一些氨基酸，如谷氨酸以及微生物体内精氨酸、赖氨酸等的一种原料。此外，乙酰辅酶A在乙酰化作用中起着广泛的作用，如在乙酰氨基糖、乙酰胆碱、乙酰肉毒碱等的生成中。

物质代谢的调控 代谢途径必须要有一定的调节控制，使其方向无误，其产物不会过多或过少，以适合体内的需要。代谢途径的调节控制可直接在亚细胞及细胞

水平上或间接在细胞水平上起作用。对物质代谢调节控制的因素有许多, 现仅择要简述于下。

(1) 营养素的(即作用物)的供应: 一种代谢的进行与否, 往往要以营养素的供应为转移。一种营养素的充足与否, 可影响一种或几种酶的活性, 甚至酶的存在。例如, 婴幼儿以奶为最主要的食物, 故其胃粘膜分泌凝乳酶较多, 而不食用或少食用奶的成年人的胃中这种酶则几近缺乏, 因此有些成年人在饮用牛奶后, 不能将其很好的消化, 因而腹泻。

(2) 营养素的输送: 营养素的输送可影响物质代谢的调节控制。由于胰岛素有促使葡萄糖及有关的单糖通过细胞膜的功能, 故当胰岛素缺乏时, 糖就难于进入细胞, 尤其是肌肉及脂肪组织的细胞, 使糖在这些细胞中的各种代谢途径受到控制。

(3) 产物的需要: 体内对一代代谢产物的需求, 必定成为其增产的刺激。这可以是浓度的直接影响, 也可以通过其它调节机制, 如神经、激素等的间接作用。低血糖刺激肝脏中糖原分解而升高血糖; 贫血产生的缺氧可刺激肾脏, 促使红细胞生成素的分泌增加, 结果血红蛋白的合成随之而增加。

(4) 产物的抑制: 终末产物是一种可以起调节控制物质代谢的物质。当终末产物超过体内需要时, 它将抑制合成其本身的代谢途径中开始阶段的关键性酶, 有的也抑制代谢途径中大多数酶, 甚至所有的酶, 使整个途径不能继续进行。这种终末产物的作用称为反馈抑制作用。反馈抑制有多种: 在产物的作用上主要可分为累积的、多价的、协作的及多酶的几种; 从作用机制上看, 一种是产物与酶结合而产生抑制作用, 而另一种则是阻遏酶的生成。在大肠杆菌中苏氨酸可转变为异亮氨酸, 而超过需要的异亮氨酸已被证明能抑制苏氨酸脱水酶, 使 α 酮丁酸不能生成, 以致整个代谢途径无法进行, 其作用机制为终末产物与酶结合而产生抑制, 亦即一种变构效应。在鼠伤寒沙门菌中, 过多的组氨酸将抑制其生物合成中所有的酶, 其作用机制为阻遏酶的生成。

(5) 辅助因子的可得性: 许多酶的活性均必须视其辅助因子的充足与否而定。例如, 乙醇的氧化为乙醇脱氢酶所促进; 乙醇脱氢酶的辅酶是辅酶 I (NAD^+)。当饮酒多时, 需要的 NAD^+ 较多, 使其它需要 NAD^+ 的酶促反应不能进行或进行缓慢, 而同时又使需要 NADH 的酶促反应, 如丙酮酸还原为乳酸, 得到促进而大量进行。尼克酰胺是辅酶 I 及辅酶 II (NADP^+) 的组成成分, 如有缺乏, NAD^+ 及 NADP^+ 均不能形成, 而 NAD^+ 及 NADP^+ 在氧化还原体系中起着递氢及电子的作用, 若一旦缺乏, 需要这两种辅酶的酶将会失去其活性, 使氧化还原体系受到阻碍。在体内严重缺乏尼克酰胺时, 还会发生癞皮病。又如, 另一些酶以黄素单核苷酸 (FMN) 或黄素二核苷酸 (FAD) 为辅酶。FMN 及 FAD 均以核黄素为其主要组成成分。在一些氧化还原体系中递氢, 故在缺乏时, 需要这种辅酶的酶将会失去其活性而使有关的氧化还原体系受到影响。在体内缺乏核黄素时, 也会出现一种营养

缺乏病, 其某些症状与癞皮病的, 如舌炎、皮炎等, 有些相似。这是否与这两种维生素构成的辅酶都在氧化还原体系中起递氢的作用有关, 是值得注意的。再如, 还有一些酶以硫胺素为其辅酶的主要成分。丙酮酸脱氢酶及 α 酮戊二酸脱氢酶在催化 α 脱羧时, 必需以焦磷酸硫胺素为辅酶, 故焦磷酸硫胺素称为辅羧酶或辅脱羧酶。在体内缺乏硫胺素时, 丙酮酸及 α 酮戊二酸的 α 脱羧均不能进行, 三羧酸循环无法运转, 以致丙酮酸大量堆积; 有人认为这是脚气病中周围神经炎的原因。

(6) 激素的作用: 激素在调节控制物质代谢上, 起着多种作用。上面已提到, 胰岛素促进糖通过细胞膜, 进入肌肉及脂肪等组织的细胞, 使其中与糖代谢有关的途径均加速进行, 如糖原生成、戊糖磷酸途径、糖酵解、氧化作用及脂类合成等。胰岛素在肝细胞中诱导生成糖酵解中的一些重要的酶, 如葡萄糖激酶、磷酸果糖激酶及丙酮酸激酶等, 而同时又阻遏合成糖原异生中一些关键性酶, 如丙酮酸羧化酶、磷酸烯醇丙酮酸羧激酶、果糖 1, 6 二磷酸酶及葡萄糖 6 磷酸酶等; 这样, 胰岛素在肝脏中有增进糖酵解及抑制糖原异生的功能。纵观上述, 可以看出胰岛素是降低血糖的物质。

此外, 激素还能将无活性的酶转变为有活性的酶, 借以调节控制物质代谢。肾上腺素及胰高糖素通过一个级联机制将磷酸化酶激活, 促使肝糖原分解, 以升高血糖。在脂肪组织中, 糖皮质激素通过一个类似肝糖原分解中的级联机制将激素敏感脂肪酶激活, 促进甘油三酯水解成脂肪酸及甘油。

(7) 神经的作用: 神经对物质代谢的影响亦不可忽略。它通过激素的间接途径或其它更直接一些的机制, 进行调节控制代谢途径。例如心理因素, 恐怖或愤怒, 对糖代谢具有一定影响, 表现为血糖增高。这显然是神经通过增加肾上腺素的分泌, 以致加快肝糖原分解的结果。另一些刺激, 如冷、热、创伤或胰岛素低血糖等, 均可引起 ATCH 的分泌增加而加强肾上腺皮质功能活动, 因而导致增强有关的物质代谢, 以抵销所受的刺激。

(8) 基因的作用: 基因对物质代谢的调节控制虽然不是直接的, 但在某些方面确是决定性的。基因是控制酶生成数量多少的物质, 也是决定生成或不生成某种酶的物质。然而, 基因的表达还须受到一些因素, 如正调节基因或负调节基因的调节和控制。多细胞生物体内, 如人体内, 每个体细胞的遗传信息实际上是一样的。由于一些特定酶的遗传信息在某些组织的细胞内不能表达出来, 这些酶不能合成, 因此由这些酶促进的代谢不能进行; 肝细胞因缺乏活化乙酰乙酸的辅酶 A 转移酶及乙酰乙酸硫激酶而不能象其它组织的细胞那样利用酮体就是一个例子。遗传代谢病有些是遗传信息的表达不良或缺乏遗传信息的结果; 这是由于有些酶的合成不足或不能合成而影响代谢的进行, 如酪氨酸酶缺乏, 酪氨酸转变为黑色素的代谢途径无法进行, 因而出现白化症。遗传代谢病还有些因遗传信息表达的控制失调, 以致合成的酶增加过多, 引起产物过剩而发生疾病; 当多巴脱羧酶大量