

SHENG
LI
HUA
XUE

生理化学

(上册)

梁之彦主编

上海科学技术出版社

生 理 化 学

(上 册)

梁 之 彦 主 编

上海科学技术出版社

生 理 化 学

(上 册)

梁 之 彦 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 50.5 插页 4 字数 1,234,000

1985年2月第1版 1985年2月第1次印刷

印数 1—6,400

统一书号: 14119·1652 定价: 9.00元

内 容 提 要

《生理化学》分上下两册。本书为上册,全面、系统地介绍了生化的基本理论,包括化学成分(糖、脂质、蛋白质、核酸、卟啉等)、膜的生化和酶、生物氧化、糖代谢、脂代谢、蛋白质代谢、核酸代谢及蛋白质生物合成、代谢调节、卟啉代谢等十章。对生化工作者、研究生、医学生以及临床大夫、兽医师、化验师等是一本有价值的参考书。

主 编

梁 之 彦

编 写 者

(以先后为序)

张惠珠 上海第二医学院

陈诗书 上海第二医学院

袁厚积 复旦大学

章有章 上海第二医学院

林胜玉 上海第二医学院

邵国英 上海第二医学院

许丽芬 上海第二医学院

孙家寿 武汉医学院

李立群 上海第二医学院

关惠连 中山医学院

梁之彦 武汉医学院

王式平 武汉医学院

石朝周 武汉医学院

冯宗忱 武汉医学院

张文征 湖北医学院

张玉钿 四川医学院

陈俊杰 四川医学院

卢义钦 湖南医学院

任邦哲 暨南大学医学院

黄征杰 武汉医学院

编写说明

近年来,生物化学进展非常迅速,无论在理论和技术上都有很大的突破,它已渗透到生物科学的各个领域。由于医学院校着重研究人体的化学组成和代谢规律,故习惯多用“生理化学”一词。

五十年代初,由梁之彦教授编写的《生理化学》(上下册),曾被卫生部定为医学院参考书。后欲再版,但未能如愿。

党的十一届三中全会以后,党中央拨乱反正,科学的春天来到了。广大读者迫切希望能再版《生理化学》,这一要求得到武汉医学院领导的重视和支持,并由武汉医学院生化教研室发起,邀集上海第二医学院、中山医学院、四川医学院、湖北医学院、湖南医学院和复旦大学的生化同行,着手编写这部参考书。

本书尽量收集国内外生化最新材料,力求反映生化的新进展,内容具有一定的深度和广度。它主要供医学院校从事生化教学、科研人员和高年临床医师参考使用,也可作为医科和生物系学生的参考书。

在编写过程中,年逾八旬的梁之彦教授,除编写部分章节外,还进行了全稿的审阅;王式平、王海堂同志在组织和校稿方面,做了大量的工作;王式平同志还协助梁之彦教授修订了上册个别章节。在此一并致谢。

《生理化学》编写组

1983.4.

目 录

第一章 机体的有机成分

I. 糖 的 化 学

第一节 单糖	1	四、单糖的理化性质	14
一、葡萄糖的结构	2	(一) 物理性质	14
(一) 葡萄糖的构型	2	(二) 化学性质	14
(二) 葡萄糖的环状结构	5	第二节 寡糖	19
(三) 环状结构的哈瓦斯式	7	一、麦芽糖	20
(四) 葡萄糖的构象	8	二、蔗糖	20
二、重要的单糖	9	三、乳糖	21
(一) 丙糖	9	四、纤维二糖	21
(二) 丁糖	9	第三节 多糖	21
(三) 戊糖	9	一、概述	21
(四) 己糖	10	二、单纯多糖	22
(五) 庚糖	11	(一) 匀多糖	22
三、单糖的重要衍生物	11	(二) 杂多糖	26
(一) 糖酸	12	三、复合糖类	28
(二) 脱氧糖	12	(一) 糖蛋白	28
(三) 氨基糖	12	(二) 糖脂	81
(四) 唾液酸(涎酸)	12		
(五) 糖醇	13		

II. 脂 类 的 化 学

第一节 脂酸	32	一、中性脂	42
一、饱和脂酸	32	(一) 中性脂的化学	42
二、不饱和脂酸	33	(二) 中性脂的物理性质	44
三、脂酸的结构和物理性质	35	二、甘油磷脂	45
(一) 脂酸的结构	35	(一) 磷酸甘油脂的化学性质	45
(二) 脂酸的物理性质	37	(二) 磷酸甘油脂的物理性质	50
四、脂酸的化学性质	39	第三节 不含甘油的脂类	53
(一) 脂酸羧基的反应	39	一、鞘脂类	53
(二) 脂酸烃链的反应	40	二、类固醇	55
第二节 含甘油的脂类	42		

III. 蛋白质的化学

第一节 概述	57	二、结合蛋白质	59
一、单纯蛋白质	59	第二节 蛋白质的组成单位——氨基酸	60

一、蛋白质中存在的氨基酸	60	二、空间构象及联系键	84
二、氨基酸的性质	63	(一) 氢键及二级结构	85
(一) 氨基酸的旋光性	63	(二) 其他结合键与高级结构	87
(二) 氨基酸的电离——酸碱两性性质	64	(三) 蛋白质分子在溶液中的构象	89
(三) 氨基酸的化学反应	68	三、一级结构和高级结构的关系	91
三、氨基酸的分离及分析	73	第五节 蛋白质的性质	92
(一) 蛋白质的水解	73	一、蛋白质分子的大小和形状	92
(二) 氨基酸的分离及定量	73	(一) 分子量	92
第三节 蛋白质的化学结构	75	(二) 分子形状	95
一、化学结合键	76	二、蛋白质分子的两性性质	96
(一) 肽键和肽	76	三、蛋白质溶液的稳定性和沉淀	97
(二) 其他结合键	77	四、蛋白质的化学反应——化学调变	98
二、末端分析	77	(一) 调变分子表面的电荷	98
(一) 氨基末端分析	78	(二) 结合反应	98
(二) 羧基末端分析	79	(三) 表面交联反应	99
三、氨基酸顺序分析	80	(四) 活性中心的探索	100
(一) 链的分离	80	第六节 分子结构和生物学功能间的关系	101
(二) 选择性部分水解	81	一、一级结构和功能的关系	101
(三) 多肽的成分及顺序分析	81	二、高级构象和功能的关系	101
第四节 蛋白质的空间构象——高级结构	83	(一) 变性作用	101
一、“随机卷曲”(Random coil)和高级		(二) 变构象作用	104
结构	83		

IV. 核 酸 的 化 学

第一节 概述	109	六、缩写和术语	124
一、核酸的分类、分布和功能	109	第三节 RNA 的分子结构	127
二、核酸的提取与分离纯化	111	一、RNA 的一级结构	127
三、核酸的水解	112	二、RNA 一级结构的分析方法	131
四、核酸水解产物的分离和鉴定	112	三、RNA 的二级结构	135
第二节 核酸的化学组成	113	四、RNA 的三级结构	139
一、碱基	113	第四节 DNA 的分子结构	141
二、戊糖	116	一、DNA 的一级结构	141
三、磷酸	119	二、DNA 一级结构的分析方法	142
四、核苷	119	三、DNA 的二级结构	145
五、核苷酸	121	四、DNA 的三级结构	147

V. 卟 啉 色 素 的 化 学

第一节 卟啉的结构和种类	148	(二) β 取代基对氮原子解离的影响	151
一、卟啉的结构	148	二、光吸收与吸收光谱	151
二、卟啉的种类和同分异构	148	三、与金属络合性质	152
第二节 卟啉的理化性质	150	第三节 铁卟啉	152
一、两性性质	150	一、铁卟啉的结构	152
(一) 卟啉环中的氮原子具有两性电离作用	150	二、铁卟啉的性质	153

(一) 铁卟啉中铁的自旋状态、配位体的杂化轨道及磁性	153	(Trans effect)	155
(二) 铁卟啉的稳定性和构象	154	(五) 铁卟啉络合物的吸收光谱	156
(三) 卟啉结构对轴配位体的影响——顺效应 (Cis effect)	155	三、几种主要的铁卟啉化合物	156
(四) 轴配位体之间的相互作用——反效应		(一) 血红素 b	156
		(二) 血红素 c	156
		(三) 血红素 a	157
		四、铁卟啉与蛋白质的结合	158

第二章 亚细胞结构的生化

第一节 细胞核	159	八、核仁	166
一、核膜	160	九、hnRNA	167
二、染色质	160	第二节 线粒体	168
三、DNA	160	第三节 溶粒体	176
四、组蛋白	161	第四节 内质网	184
五、核小体	162	第五节 高尔基体	190
六、非组蛋白蛋白质	164	第六节 过氧体	193
七、组蛋白的修饰	166	第七节 细胞膜	198

第三章 酶

第一节 总论	207	四、常用的酶活力测定法	229
一、酶学的发展史	207	五、酶的活性单位	230
二、酶的定义和一般性质	207	六、酶的保存	230
三、酶的生物学重要性	210	第六节 酶促反应的动力学	231
第二节 酶的命名和分类	211	一、底物浓度对反应速度的影响	231
一、酶的命名原则	211	二、酶浓度对反应速度的影响	234
二、酶的分类	211	三、温度对酶反应速度的影响	235
第三节 酶的化学组成与结构	215	四、pH 对酶反应速度的影响	236
一、酶的分子组成	215	五、抑制剂对酶反应速度的影响	236
二、酶蛋白的化学	216	六、多分子底物酶促反应的动力学	242
三、辅酶的化学	218	第七节 酶的作用特点与作用机理	244
第四节 酶的分离提纯	222	一、酶的作用特点——酶作用的特异性	244
一、基本原理	223	二、酶作用的特异性与酶的活性中心	245
二、抽提	223	三、化学催化机理	250
三、纯化	224	四、酶的催化机理	251
四、纯度的鉴定	227	第八节 酶活性的调节	255
第五节 酶活力的测定和酶的保存	228	一、酶的诱导	255
一、怎样测定酶反应速度	228	二、酶结构的共价修饰	256
二、酶反应的初速度	228	三、酶结构的非共价修饰	259
三、影响酶浓度曲线的因素	229		

第四章 生物氧化

第一节 氧化还原	263	二、生物系统的氧化还原作用	265
一、氧化还原与氧化还原半反应	263	三、还原电势	266

四、氧还平衡	270	穿梭机理	305
第二节 生物能学	270	第六节 呼吸链	308
一、热力学第一定律	271	一、呼吸链的组成	308
二、热力学第二定律	272	（一）黄素蛋白类	308
三、自由能	272	（二）辅酶Q	311
（一）自由能一般概念	272	（三）细胞色素类	313
（二）反应自由能与平衡常数和浓度的 关系	277	二、呼吸链氧还体系的顺序	315
（三）标准自由能变化与标准电动势的关系	278	三、呼吸链的重要生理意义	318
四、高能磷酸化合物	279	第七节 氧化磷酸化作用	318
（一）不同的高能磷酸化合物	280	一、概述	318
（二）ATP 和磷酸循环	283	（一）氧化磷酸化的效率	319
第三节 生物氧化装置和线粒体	286	（二）氧化磷酸化作用的部位	319
一、物质代谢的三个阶段	286	二、线粒体内膜偶联磷酸化的装配	320
二、线粒体	287	（一） F_1	320
第四节 三羧酸循环	289	（二） F_0	321
一、概述	289	（三）门扇	322
二、三羧酸循环的主要反应和酶类	290	三、氧化磷酸化作用的机理	322
三、三羧酸循环的调节	297	（一）化学偶联学说	323
四、三羧酸循环的生理意义	298	（二）构象偶联学说	323
五、三羧酸循环的代谢支路	299	（三）化学渗透学说	324
第五节 NAD 脱氢酶类与还原当量的转 移	300	四、抗偶联作用或解偶联作用	327
一、概述	300	（一）人工解偶联剂	327
二、菸酰胺二核苷酸脱氢酶类	301	（二）天然解偶联剂	328
三、线粒体的转氢作用	304	五、呼吸的控制	329
四、从胞浆转移还原当量至线粒体内的		第八节 不通过呼吸链的氧化酶类	330
		一、氧化酶类	330
		二、加氧酶类	331

第五章 碳水化合物代谢

第一节 碳水化物的消化吸收	335	（二）激素的调节	873
一、碳水化物的消化	335	第四节 碳水化物的分解代谢	375
二、碳水化物的吸收	337	一、糖的无氧酵解	376
三、不被消化吸收的碳水化物	338	（一）乳酸的生成	376
第二节 碳水化物的储存和动员	339	（二）无氧酵解的生理意义	377
一、糖原合成的机理	340	二、碳水化物的有氧氧化	378
二、糖原降解的机理	344	（一）碳水化物的有氧氧化反应过程	378
三、糖原储存和动员的调节机理	347	（二）有氧氧化的调节	381
（一）糖原合成的调节	348	（三）有氧氧化时提供的能量	382
（二）糖原降解的调节	351	三、糖酵解与有氧氧化	383
（三）糖原合成与降解的完整统一	354	第五节 糖异生	383
第三节 碳水化物的糖酵解途径	357	一、糖异生的原料	384
一、糖酵解途径的酶反应	358	二、糖异生的途径	386
二、糖酵解途径的调节	366	三、糖异生的调节	392
（一）分子水平调节	368	第六节 碳水化物的其他代谢途径	396

一、戊糖磷酸途径	396	二、半乳糖的代谢	411
(一) 戊糖磷酸旁路的反应过程	396	三、甘露糖的代谢	414
(二) 戊糖磷酸途径的生理意义	402	第八节 血糖水平及其调节	414
(三) 戊糖磷酸途径的调节	403	一、细胞水平的调节	416
二、葡萄糖醛酸途径	404	二、激素的调节作用	416
(一) 葡萄糖醛酸途径的反应过程	404	(一) 胰岛素	417
(二) 葡萄糖醛酸途径的生理意义	407	(二) 高血糖素	418
三、多元醇途径	408	(三) 肾上腺素	419
第七节 其他糖类的代谢	409	(四) 生长激素	419
一、果糖的代谢	409	(五) 肾上腺皮质激素	420

第六章 脂 质 代 谢

第一节 脂类的消化及吸收	421	第四节 不饱和脂酸的代谢	469
一、脂类的消化	421	一、人体内的不饱和脂酸	469
(一) 脂类消化酶	421	二、不饱和脂酸的生物合成	469
(二) 胆汁酸盐	422	(一) 单不饱和脂酸的生物合成	469
(三) 中性脂的消化过程	426	(二) 多不饱和脂酸的生物合成	470
二、脂肪的吸收	427	(三) 必需脂酸的生理功用	472
(一) 消化产物由肠腔进入肠壁细胞	427	三、不饱和脂酸的氧化	472
(二) 肠壁细胞内脂类的再合成	428	四、前列腺素	473
(三) 乳糜微粒的形成	430	(一) 发现、结构和分布	473
(四) 影响小肠内甘油酯合成酶类的因素	431	(二) 生物合成	474
三、中性脂吸收后的可能代谢途径	433	(三) 代谢	476
第二节 中性脂的合成代谢及其调节	433	(四) 生物学作用	476
一、中性脂的合成代谢	433	第五节 磷脂、糖脂和硫酸脑苷脂的代谢	478
(一) 饱和脂酸的合成	433	一、磷脂的生物合成	478
(二) 脂酸合成的调节	441	(一) 概述	478
(三) 磷酸甘油的来源	443	(二) 甘油磷脂的生物合成	478
(四) 中性脂的生物合成	443	(三) 鞘磷脂(Sphingomyelin)的生物合成	483
二、中性脂代谢的调节	444	二、甘油磷脂的降解代谢	485
(一) 脂肪的储存和动员	444	(一) 磷脂的降解与转换	485
(二) 血浆 NEFA 水平的变化及其生理意义	446	(二) 胆碱的降解代谢	487
三、脂肪肝与抗脂肝因素	449	三、糖鞘脂类(Glycosphingolipids)的生物合成	488
第三节 中性脂的降解代谢	450	(一) 脑苷脂的生物合成	489
一、脂酸的氧化	451	(二) 神经节苷脂的生物合成	490
(一) β -氧化	451	四、硫酸脑苷脂的生物合成	493
(二) α -氧化	457	五、脂类沉积症(Lipodoses 或 Lipoidoses)	494
(三) ω -氧化	459	(一) 鞘磷脂沉积症(Sphingomyelinosis)——Niemann-Pick 病	494
(四) 奇数、支链脂酸的氧化	460	(二) 神经节苷脂沉积症(Gangliosidoses)	494
二、酮体的生成和利用	462	(三) 与糖基 N-脂酰鞘氨醇有关的脂类沉积症	495
(一) 酮体的生成	462		
(二) 酮体的利用	463		
(三) 生酮作用的调节	464		
(四) 酮体的生理重要性	468		

第六节 胆固醇的代谢	496	(五) 脂蛋白 a(Lp-a)	508
一、胆固醇代谢概况	496	(六) 脂蛋白 x(Lp-x)	508
(一) 血浆胆固醇的转换率	496	三、载脂蛋白的结构与功能	509
(二) 胆固醇代谢池的来源	497	(一) Apo C	509
(三) 胆固醇代谢池的消耗——降解和排泄	498	(二) Apo B	510
二、胆固醇的生物合成	498	(三) Apo A	510
(一) 甲羟戊酸的合成	499	(四) 细线蛋白质(Thin line protein)	512
(二) 鲨烯的生物合成	500	(五) 富含精氨酸蛋白(ApoE Arginine-rich Protein)	512
(三) 羊毛固醇和胆固醇的生物合成	501	(六) 富含脯氨酸蛋白(PRP, Proline-rich Protein)	512
三、胆固醇生物合成的调节	502	四、脂蛋白的合成代谢	513
(一) 胆固醇生物合成的限速酶——HMG-CoA 还原酶	502	(一) 乳糜微粒的合成	513
(二) 膳食胆固醇对胆固醇合成的反馈调节	503	(二) VLDL 的合成	513
(三) 禁食对胆固醇合成的影响	504	(三) LDL 的形成	515
(四) 胆汁酸肠肝循环对胆固醇合成的影响	504	(四) HDL 的合成	515
(五) 激素对胆固醇合成的调节	504	五、脂蛋白的降解代谢	515
第七节 血浆脂蛋白	505	(一) 脂类的交换及转移	516
一、血浆脂蛋白的分离	505	(二) 卵磷脂-胆固醇酰基转移酶(LCAT)	516
(一) 超速离心法(密度分离法)	505	(三) 脂蛋白脂肪酶(LPL)	518
(二) 电泳法	506	(四) 肝素后脂解活性(PHLA)	518
二、血浆脂蛋白的组成	507	(五) 乳糜微粒降解代谢	519
(一) 乳糜微粒(CM)	507	(六) VLDL 的降解代谢	520
(二) 极低密度脂蛋白(VLDL)	507	(七) LDL 的降解代谢	521
(三) 低密度脂蛋白(LDL)	507	(八) HDL 的降解代谢	522
(四) 高密度脂蛋白(HDL)	508		

第七章 蛋白质代谢

第一节 蛋白质的消化吸收	523	关系	543
一、胃内蛋白质的消化	524	(三) 机体蛋白质更新的生理意义	547
(一) 盐酸	524	(四) 氨基酸的代谢池和再利用	549
(二) 胃蛋白酶	526	(五) 机体蛋白质的合成与降解机理	552
(三) 凝乳酶	527	(六) 机体蛋白质合成和降解的调节	554
二、肠道内蛋白质的消化	528	二、机体蛋白质的储存	564
(一) 胰液蛋白酶和羧肽酶	528	第四节 氨基酸的代谢(总论)	566
(二) 肠液的肠激酶、氨肽酶和二肽酶	530	一、氨基酸的合成代谢	566
三、蛋白质消化产物的吸收	531	(一) 必需和非必需氨基酸	566
(一) 氨基酸的吸收	531	(二) 氨基酸全新合成与联合氨基化作用	567
(二) 肽的吸收	534	(三) 氨基酸的全新合成	570
第二节 氨基酸的分布状况	535	(四) 氨基酸的转变途径	573
一、血浆氨基酸	536	二、氨基酸参与非蛋白含氮物质的合成	577
二、各器官对血浆氨基酸的影响	537	(一) 甘氨酸	578
第三节 机体蛋白质的更新和储存	539	(二) 丝氨酸	579
一、机体蛋白质的动态平衡	539	(三) 天冬氨酸和天冬氨酰胺	580
(一) 机体蛋白质的更新速度和半寿期	540	(四) 谷氨酸和谷氨酰胺	581
(二) 蛋白质的半寿期与其结构或构象的		(五) 半胱氨酸	582
		(六) 甲硫氨酸	584

(七) 精氨酸	587	(一) 甘氨酸	632
(八) 赖氨酸	589	(二) L-丙氨酸	634
(九) 组氨酸	591	(三) 丝氨酸和羟丁氨酸	634
(十) 苯丙氨酸和酪氨酸	593	(四) 谷氨酸和谷氨酰胺	636
(十一) 色氨酸	598	(五) 天冬氨酸和天冬氨酰胺	636
(十二) 一碳单位代谢	604	(六) 甲硫氨酸、胱氨酸和半胱氨酸	636
(十三) 二肽和三肽的合成	608	(七) 缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸	639
三、氨基酸的降解代谢	615	(八) 组氨酸	643
(一) 氨基酸的脱氨基作用	616	(九) 赖氨酸	644
(二) 氮的来源、排泄、转运和处理	619	(十) 精氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸	647
(三) 氨基酸的碳代谢总论	626	(十一) 苯丙氨酸和酪氨酸	648
四、氨基酸的特殊碳代谢(各论)	632	(十二) 色氨酸	650

第八章 代谢调节

第一节 细胞水平的调节	653	作用机理	672
一、酶的区域化对代谢的调节	654	第三节 中枢神经系统的调节	674
二、酶变构象反馈调节	655	一、通过外周神经的调节	674
(一) 酶变构象反馈调节的概念	655	二、神经一体液的调节	675
(二) 酶变构象反馈调节的发现和发展	656	第四节 特殊情况下的代谢调节	676
(三) 酶变构象反馈调节方式的生理意义	657	一、消化吸收期和非消化吸收期	676
三、酶共价修饰对代谢的调节	658	(一) 非消化吸收期	676
(一) 酶共价修饰调节的概念	658	(二) 消化吸收期	677
(二) 酶共价修饰调节的生理意义	659	二、饥饿	677
(三) 酶共价修饰调节的特点	661	(一) 饥饿早期	678
四、同工酶特定分布调节	661	(二) 饥饿晚期	681
五、酶含量的调节	663	三、肥胖	683
(一) 酶蛋白合成的诱导和阻遏	663	(一) 肥胖时的代谢改变	683
(二) 酶蛋白合成的诱导和阻遏机理	664	(二) 胰岛素在形成肥胖中的作用	685
(三) 酶蛋白降解的控制	664	(三) 肥胖时胰岛素拮抗的原因——胰岛素受体 减少	687
第二节 激素的调节	665	(四) 肥胖的治疗原则	688
一、激素受体	666	四、运动	688
(一) 激素受体的化学本质	666	(一) 肌肉运动的燃料	688
(二) 激素受体作用的特点	666	(二) 运动时血糖的含量及其来源与去路	689
(三) 激素受体的调节	667	(三) 运动时血中激素水平	689
二、激素调节代谢的作用机理	667	五、应激	690
(一) 多肽、蛋白质激素和儿茶酚胺调节代 谢的作用机理	668	(一) 应激时的神经内分泌反应	690
(二) 类固醇激素及甲状腺激素调节代谢的		(二) 应激时物质代谢改变	691

第九章 核酸代谢

I

第一节 核酸的消化和吸收	693	(二) 单核苷酸和核苷的消化	696
一、核酸的消化	693	二、核酸消化产物的吸收	697
(一) 消化道核酸酶	694	三、核酸消化产物吸收后的代谢去向	697

第二节 核酸的降解代谢	698
一、DNA 和 RNA 的降解	698
(一) 组织 DNA 酶	698
(二) 组织 RNA 酶	698
(三) 磷酸二酯酶	699
二、单核苷酸的降解	700
三、有机碱的降解代谢	701
(一) 嘌呤碱的降解代谢	701
(二) 嘧啶碱的降解代谢	703
第三节 单核苷酸的生物合成	705
一、核糖核苷酸的生物合成	705
(一) 嘌呤核糖核苷酸	705
(二) 嘧啶核糖核苷酸	711
二、脱氧核糖核苷酸的生物合成	715
(一) 通过核糖核苷酸的直接还原	715

(二) 脱氧胸苷酸(dTMP)的合成	717
(三) 脱氧核糖核苷酸合成的调节	718
第四节 核苷酸的代谢紊乱	719
一、嘌呤核苷酸的代谢紊乱	719
(一) 痛风症(Gout)	719
(二) Lesch-Nyhan 综合征	721
(三) 两种有关的免疫缺陷病	722
(四) 黄嘌呤尿症	722
二、嘧啶核苷酸的代谢紊乱	722
(一) 乳清酸尿症(Orotic aciduria)	723
(二) β -氨基异丁酸尿症	724
(三) 叶酸和维生素 B ₁₂ 代谢障碍	724
三、肿瘤细胞的核酸和核苷酸代谢	724
(一) 降解代谢	724
(二) 合成代谢	725

II

第一节 DNA 作为遗传物质的生物化学依据	727
第二节 DNA 的生物合成	730
一、DNA 的复制	730
二、DNA 聚合酶	732
三、DNA 聚合酶 II、III 和 IV	735
四、冈崎碎片与 DNA 复制	735
五、DNA 连接酶	736
六、DNA 解链蛋白与解绞蛋白	736
七、RNA 在 DNA 链开始合成时的作用	737
八、DNA 复制的假说	737
九、RNA 的反转录——DNA 生物合成的 另一方式	739
十、DNA 的重组和修补	739
第三节 RNA 的生物合成, DNA 的转录与 RNA 的复制	741
一、RNA 聚合酶及其他因子	741
二、RNA 转录的模板和起步	741
三、RNA 链的延伸和终止	742
四、RNA 合成后的修饰及其成熟	742
五、转录的具体进程	743
六、RNA 复制和 RNA 复制酶	743
第四节 蛋白质的生物合成(mRNA 的 翻译)	744

一、概述	744
二、翻译机制的组成	745
(一) tRNA	745
(二) 遗传密码	745
(三) 核糖体	747
三、蛋白质的生物合成	748
(一) 氨基酸的活化与氨基酰-tRNA 的合成	748
(二) 多肽合成的起步	748
(三) 肽链的延伸	749
(四) 多肽链的终止	751
第五节 蛋白质合成的调节	752
(一) 操纵子	752
(二) 乳糖操纵子(Lac operon)	752
(三) 其他操纵子	754
(四) 酶的阻遏与阻遏物	754
(五) rRNA 合成的控制	756
(六) 真核细胞里蛋白质合成的调节	756
(七) 激素对基因表达的影响	756
(八) 抗菌素对蛋白质生物合成的影响	757
第六节 基因突变及其因果	760
一、分子病——基因缺陷与生物功能障碍	761
二、突变与癌	763
三、化学诱变物	763
四、环境污染与化学诱变	764

第十章 铁卟啉色素代谢

第一节 铁卟啉色素在消化道经历的	
------------------	--

过程	767
----------	-----

第二节 铁卟啉色素的生物合成.....	767	二、胆红素由血红素产生的机理	780
一、铁卟啉色素的来源及合成地点	767	三、铁卟啉色素降解代谢的调节	782
二、铁卟啉色素的合成机理	768	第四节 胆红素的运输及排泄.....	783
（一）原卟啉的氮和碳原子的来源	768	一、胆红素的性质与运输	783
（二）铁卟啉色素合成的第一阶段	769	二、胆红素的解毒与排泄	784
（三）铁卟啉色素合成的第二阶段	770	三、胆红素在肠道内的变化.....	786
（四）铁卟啉色素合成的第三阶段	773	第五节 胆红素的代谢障碍	788
三、铁卟啉色素合成的调节.....	774	一、高非结合胆红素血症	788
四、卟啉症	777	二、高结合胆红素血症.....	789
第三节 铁卟啉色素的降解代谢.....	778	三、高非结合胆红素与结合胆红素血症.....	789
一、铁卟啉色素的降解地点和胆红素的来源.....	778		

第一章 机体的有机成分

I. 糖 的 化 学

糖类是生物界中分布很广数量最多的有机化合物,几乎所有的动植物、微生物体内都含有糖。广义的糖是指含有多羟醛或多羟酮结构的化合物,皆由碳、氢、氧三种元素构成,因为三者间的比例数一般皆为每一个碳原子配合二个氢原子和一个氧原子,如同一个水分子,所以过去广泛将其称为“碳水化物”(Carbohydrate)。分子通式可写成 $C_n(H_2O)_n$ (C 原子最少为 3),例如,葡萄糖的分子式为 $C_6H_{12}O_6$,蔗糖为 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。但后来发现有些化合物在结构和性质方面都和糖相似,而其分子组成不完全符合 $C_n(H_2O)_n$ 通式,例如,鼠李糖的分子式为 $C_6H_{12}O_5$ 。另外有些化合物的分子组成虽符合上述通式,如乳酸为 $C_3H_6O_3$,甲醛为 CH_2O ,但从化学结构和性质来看都不属于糖类。所以我国现在多将“碳水化物”这一名词改称为糖类(也曾改为糖),一则比较简便,二则不受“碳水化物”这一名词的限制。

糖类的生物重要性在于它是从无机物合成有机物的关键物质。也就是说,自然界有机物的来源,首先是依赖植物的光合作用,将 CO_2 和 H_2O 合成糖,然后植物再利用糖(和土壤中无机物质)合成其它一切天然有机物质。而人和动物则是直接或间接(通过动物)从植物获得所需要的天然有机物质,以维持其生存。

植物特别富于糖类,含量约达干重的 80%。一切植物的全部基架组织,主要是由糖类(纤维素等)所构成。有些植物特别储存大量糖类(淀粉等)于种子(如五谷)和块根(如红薯、马铃薯等)内,作为储蓄的养分,还有些植物则含较多的水溶性糖类,例如甘蔗、甜萝卜。人和动物体内的糖含量远较植物内的为少,大约仅占干燥体重的 2%(主要为糖原)。

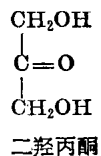
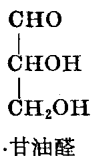
对人来说,糖类是三大食物营养素之一,在量上约占每日由食物摄入能量的 70%,其在人体内的重要生理功能有:(1)糖是极易于储存和动员利用的氧化供能材料(葡萄糖、糖原);(2)如同在植物体内那样,糖常作为合成其它营养素(脂肪、氨基酸)的前体;(3)糖常作为具有特殊作用或活性的重要物质的组成成分,如核酸、糖蛋白(例如酶、激素、受体)、粘蛋白、蛋白多糖、糖脂等;(4)糖在体内也发挥调节作用,例如,血内葡萄糖可促进胰岛素的分泌。

糖类化合物可分为单糖及其简单衍生物、寡糖和多糖三大类。以下分别叙述。

第一节 单 糖

根据分子中所含的重要基团的不同,糖类可分为醛糖和酮糖。最小的单糖是丙糖,它包括丙醛糖—甘油醛和丙酮糖—二羟丙酮。

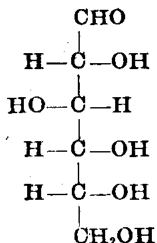
含有四个碳原子的单糖称为丁糖,含有五个碳原子的称为戊糖,依此类推。葡萄糖是最重要的己糖,现以此为例说明单糖的结构和性质。



一、葡萄糖的结构

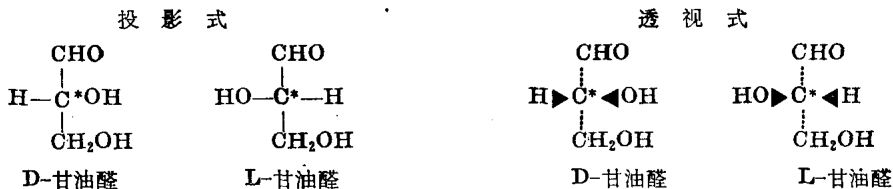
葡萄糖以游离或结合状态广泛存在于自然界。纯净的葡萄糖含 C:40%, H:6.7%, O:53.3%。由此计算得实验分子式为 CH_2O 。用冰点降低法或沸点升高法测定其分子量, 断定其分子式为 $(\text{CH}_2\text{O})_6$ 。关于葡萄糖结构的证明, 主要是通过下列一些反应:

1. 葡萄糖与醋酐反应, 生成五乙酰葡萄糖, 说明葡萄糖分子内有五个羟基。按稳定的结构, 不可能有两个羟基同时连接在一个碳原子上, 因此五个羟基必然分别连在五个碳原子上。
2. 葡萄糖与羟肟缩合, 成为葡萄糖肟; 与苯肼缩合成为葡萄糖脎, 说明葡萄糖分子中含有醛基。
3. 葡萄糖经钠汞齐作用, 被还原为一种具有六个羟基直链的山梨醇, 这证明了葡萄糖分子是由六个碳原子连接成一直链的多羟醛。由此得出它的结构式是:



(一) 葡萄糖的构型

凡四个价键分别连有四个不相同的原子或原子团的碳原子称手性碳原子(不对称碳原子)。在一个分子中有 n 个手性碳原子, 该分子就有 2^n 个异构体。手性碳原子上的原子或原子团在空间的相互关系和取向称为构型。糖类化合物在早期因无法测定绝对构型, 所以是以甘油醛为标准进行比较而确定的。按 Fisher 投影式来表示, C^* 代表手性碳原子, $-\text{OH}$ 写在手性碳原子右边的叫做 D 型; $-\text{OH}$ 写在左边的叫做 L 型。甘油醛的光学立体结构式如下。



在投影式(或透视式)中, 水平键(或楔形键)被视为处于纸平面前的键, 而垂直键(或虚线延伸)则为处于纸平面后的键。糖的构型就是由两种甘油醛派生推导的。因为糖分子中含有多个手性碳原子, 因此以离醛基最远的一个手性碳原子的构型为标准来命名。例如, 葡萄糖或果糖的构型就是以第五个碳原子上 $-\text{OH}$ 为准。如果 C_5 的构型与 D-甘油醛相同, 则为 D 型; 如与 L 甘油醛相同, 则为 L 型。D-葡萄糖和 L-葡萄糖二者互为异构对映体。

具手性碳原子的物质, 因为在分子中无对称线, 所以具有旋光性。D 及 L 型葡萄糖各有不同旋光性, 称为旋光异构体(使偏振光的振动面发生改变的现象, 称为旋光现象)。一般用 (+) 或 d 表示右旋, 以 (-) 或 l 表示左旋。要注意: D 和 L 是指有旋光性化合物的构型, 而 (+) 和