

体育系通用教材

运动生物化学



体育院、系教材编审委员会
《运动生物化学》编写组编

体育系通用教材

运动生物化学

体育学院、系教材编审委员会
《运动生物化学》编写组

人民体育出版社

体育系通用教材

运 动 生 物 化 学

体育院、系教材编审

委员会《运动生物化学》编写组

人民体育出版社出版

江西印刷公司印刷 新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 1/16 470千字 印张19 3/16

1983年6月第1版，1983年6月第1次印刷

印数：1—15,500册

统一书号：7015·2100 定价：2.00元

〔限国内发行〕

前 言

《运动生物化学》是体育院、系开设的一门基础理论课程。本教材是在北京体育学院自1956年以来开设这门课程的教学基础上编写的。编写工作从1981年初开始，上海、武汉、沈阳、成都、天津、广州等体院的部分生化教师参加了大纲的讨论；各体院和部分师大、师院体育系对教材初稿提出了修改意见；北京体育学院78级、79级、81级学生试用了教材初稿。在征求和听取多方面意见的基础上，对初稿进行了修改，编写了目前这部教材。由于当前各体院、系运动生物化学课程教学安排和学时数的不同，教师可根据具体情况使用。有些章节中有大、小号字编排，小号字只供参考，讲授时大号字内容也可适当选择。

本教材由冯炜权、宋成忠编写。在编写过程中得到各体院和部分师大、师院体育系和北京体育学院生化教研室全体同志的大力支持，在此表示感谢。由于时间仓促，编者水平有限，错误和不妥之处恐难避免，希给予批评指正。

体育院、系教材编审委员会《运动生物化学》编写组

1982年7月

目 录

绪 论.....	(1)	第六节 糖储备在运动中的意义.....	(41)
第一章 基础知识		一、糖储备与运动能力.....	(41)
第一节 生命的物质性和人体的化		二、影响糖储备的主要因素.....	(41)
学组成.....	(3)	第三章 脂类	
一、物质及其运动.....	(3)	第一节 脂类的概念与分类.....	(43)
二、原子、分子与生命现象.....	(3)	一、单脂.....	(43)
三、人体的化学组成.....	(4)	二、复脂.....	(43)
第二节 水——生命的介质.....	(6)	第二节 脂肪(真脂或甘油三酯).....	(44)
一、水分子的结构与氢键.....	(7)	一、脂肪的分子组成与结构.....	(44)
二、水的偶极性质与溶剂性能.....	(7)	二、脂肪的性质.....	(45)
三、水的电离和溶液的酸碱度.....	(8)	第三节 磷脂与糖脂.....	(47)
第三节 酸、碱、盐和体液.....	(10)	一、磷脂.....	(47)
一、酸、碱质子理论与体内的酸、碱.....	(10)	二、糖脂.....	(49)
二、缓冲原理与体内缓冲系统.....	(12)	第四节 固醇类.....	(51)
三、渗透压与体液的运转.....	(13)	一、胆固醇.....	(51)
第四节 有机化合物的分类和命		二、麦角固醇.....	(53)
名.....	(16)	第五节 人体脂类的分布及生物	
一、有机化合物的分类.....	(16)	学作用.....	(53)
二、有机化合物的命名法.....	(23)	一、脂肪的含量与分布.....	(53)
三、附录.....	(25)	二、脂肪的生物学功能.....	(54)
第二章 糖		三、类脂的含量与分布.....	(55)
第一节 糖的概念与分类.....	(26)	四、类脂的生物学功能.....	(55)
第二节 单糖.....	(27)	第六节 体脂, 肥胖与运动.....	(67)
一、葡萄糖.....	(27)	第四章 蛋白质	
二、其它重要单糖.....	(31)	第一节 蛋白质在生命活动中的	
三、单糖的重要性质.....	(32)	重要意义.....	(59)
第三节 低聚糖(寡糖).....	(34)	第二节 蛋白质的分子组成.....	(59)
第四节 多糖.....	(35)	一、蛋白质的元素组成.....	(60)
一、淀粉.....	(35)	二、蛋白质的基本组成单位——	
二、糖元.....	(36)	氨基酸.....	(60)
三、粘多糖.....	(37)	三、肽键与肽.....	(65)
第五节 人体内的糖及其生物学功能.....	(39)	第三节 蛋白质的分子结构.....	(66)
一、糖是组成人体的重要成分之一.....	(39)	一、蛋白质分子的一级结构.....	(66)
二、糖是人体主要的供能物质.....	(40)	二、蛋白质分子的空间结构.....	(67)

第四节 蛋白质的重要性质(71)
一、两性游离和等电点(72)
二、胶体性质(73)
三、变性(74)
四、沉淀(75)
五、呈色反应(75)

第五节 蛋白质分子结构与功能的关系(76)

一、一级结构与功能的关系(76)
二、空间结构与功能的关系(76)

第六节 蛋白质的分类(77)

第七节 运动对人体蛋白质含量的影响(78)

第五章 核酸

第一节 核酸的化学组成(79)

一、元素组成(79)
二、水解产物(79)

第二节 构成核酸的基本单位——单核苷酸(81)
--

一、核苷(81)
二、核苷酸(82)

第三节 核酸的分子结构(84)

一、核酸的基本结构(84)
二、DNA的分子结构(84)
三、RNA的分子结构(87)

第四节 核酸的生物学功能(88)

一、核酸与遗传信息的传递(88)
二、核酸与蛋白质的生物合成(93)
三、核酸结构的改变与生物变异(96)

第五节 运动对核酸含量的影响(77)

第六章 酶

第一节 酶的概念、命名和分类(98)

一、概念(98)
二、酶促反应的特点(98)
三、酶的命名(98)
四、酶的分类(99)

第二节 酶的化学本质及其组成(100)

一、酶的化学本质(100)
二、酶的组成与结构特点(100)
三、酶的活性中心(101)

第三节 酶的催化功能与酶的特

异性(102)

一、酶的作用原理(中间产物学说)(102)
二、酶的催化机制(103)
三、酶的特异性(104)
四、酶元及其致活作用(106)
五、酶的结构与功能(107)

第四节 影响酶促反应速度的因素(107)

一、酶浓度的影响(107)
二、底物浓度的影响(米氏方程)(108)
三、温度的影响(109)
四、pH的影响(109)
五、活化剂的影响(110)
六、抑制剂的影响(110)
七、反应产物的影响(112)

第五节 同功酶和多酶系统(112)

一、同功酶(114)
二、多酶系统(113)

第六节 酶活性的测定(113)

第七节 体育运动对酶的影响(114)
一、一次运动对酶活性的影响(114)
二、长时期运动训练对酶活性的影响(115)

第七章 维生素和激素

第一节 维生素概述(117)

一、维生素的种类(117)
二、维生素的生理功能(117)

第二节 维生素与运动能力(122)

第三节 激素概述(124)

一、内分泌腺的种类和所分泌的激素(124)
二、激素分泌的调节(120)
三、激素作用原理(120)

第四节 激素与运动(129)

一、甲状腺激素(129)
二、肾上腺髓质激素(132)
三、肾上腺皮质激素(133)
四、胰岛素和胰高血糖素(134)
五、生长激素(GH)(140)
六、性激素(143)

第八章 代谢总论

第一节 物质代谢的概念(147)

第二节 能量代谢的概念.....(147)

一、能源物质(糖、脂肪、蛋白质)的
供能特点.....(147)

二、食物的卡价.....(148)

三、呼吸商(R·Q).....(149)

四、基础代谢和相对代谢率
($R \cdot M \cdot R$).....(149)

第三节 运动时物质代谢的研究

方法.....(150)

一、比较生物化学法.....(151)

二、动静脉导管引流法.....(151)

三、同位素示踪法.....(151)

四、人体活检法.....(151)

第九章 糖的分解代谢

第一节 糖的消化与吸收.....(153)

一、糖的消化.....(153)

二、糖的吸收.....(153)

第二节 糖的分解代谢.....(154)

一、糖的无氧酵解.....(154)

二、糖的有氧氧化.....(158)

三、糖无氧分解与有氧氧化的调节.....(161)

四、磷酸戊糖途径.....(164)

第三节 运动和糖代谢.....(165)

一、血糖.....(165)

(一)血糖的来源和去路.....(165)

(二)运动时血糖的变化.....(165)

二、运动和丙酮酸.....(166)

三、运动和血乳酸.....(167)

(一)乳酸的生成.....(167)

(二)运动强度和无氧阈.....(169)

(三)乳酸的代谢.....(169)

第四节 糖元的合成.....(172)

一、糖元的合成.....(172)

二、运动对糖元合成的影响.....(173)

第十章 生物氧化

第一节 生物氧化的方式.....(174)

一、生物氧化中 $C O_2$ 的生成方式.....(174)

二、生物氧化中物质的氧化方式.....(175)

第二节 生物氧化中水的生成——呼吸链.....(175)

(一)脱氢酶和脱氢辅酶.....(176)

二、黄素酶.....(177)

三、辅酶Q($C o Q$).....(177)

四、细胞色素.....(178)

五、呼吸链.....(178)

第三节 生物氧化与能量的生成、转移、储存和利用.....(179)

一、ATP的生成.....(179)

二、高能磷酸键的转移、储存和利用.....(180)

第十一章 脂类的分解代谢

第一节 脂类的消化与吸收.....(182)

一、脂肪的消化与吸收.....(182)

二、磷脂的消化与吸收.....(183)

三、胆固醇的消化与吸收.....(183)

第二节 血脂.....(183)

第三节 脂肪的分解代谢.....(184)

一、甘油的代谢.....(185)

二、脂肪酸的分解代谢.....(185)

(一)脂肪酸的活化.....(185)

(二)脂肪酰辅酶A进入线粒体.....(185)

(三)脂肪酸的 β 氧化过程.....(186)

三、酮体的生成和氧化.....(187)

(一)酮体的生成.....(187)

(二)酮体的氧化.....(188)

(三)运动对酮体的影响.....(188)

四、运动对脂肪代谢的影响.....(188)

(一)运动对血脂的影响.....(189)

(二)运动时脂肪酸代谢的特点.....(189)

(三)运动能减少体脂、控制肥胖的生化机理.....(190)

第四节 磷脂的分解代谢.....(191)

第五节 胆固醇的代谢.....(191)

第十二章 氨基酸的分解代谢

第一节 蛋白质的消化吸收.....(193)

一、蛋白质的消化.....(193)

(一)胃中消化.....(193)

(二)肠中消化.....(193)

二、氨基酸的吸收.....(194)

第二节 氨基酸的一般代谢.....(194)

一、氨基酸的脱氨基作用.....(194)

(一)氧化脱氨基作用.....(194)

(二)转氨基作用(氨基移换作用).....(194)

(三) 联合脱氨基作用	(196)
二、氨的代谢	(197)
(一) 尿素的生成	(197)
(二) 谷氨酰胺的生成	(198)
(三) 氨代谢的其它途径	(198)
三、酮酸的代谢	(198)
四、运动时氨基酸代谢特点	(198)
第三节 个别氨基酸的代谢	(200)
一、氨基酸的脱羧基作用与氨代谢	(200)
(一) 组织胺	(200)
(二) 5-羟色胺	(201)
(三) γ -氨基丁酸	(201)
二、肌酸代谢	(201)
三、谷胱甘肽	(202)
第四节 糖、脂类和氨基酸代谢 的相互关系	(202)
一、氨基酸与糖代谢的关系	(203)
二、糖与脂类代谢的关系	(203)
三、脂类与氨基酸代谢的关系	(203)

第十三章 物质代谢的调节

第一节 物质代谢调节的基本

方式

- 一、细胞水平的调节
- 二、器官水平的调节
- 三、整体水平的调节

第二节 细胞水平的代谢调节

- 一、酶结构的调节
- (一) 变构调节
- (二) 酶蛋白的化学修饰
- 二、酶含量的调节
- (一) 诱导作用
- (二) 酶蛋白降解的调节

第三节 运动时物质代谢的调节

- 一、运动时肌肉中 ATP 和 CP 的
 调节
- (一) ATP 与 ADP 的比值
- (二) 嘌呤核苷酸循环
- 二、运动时糖元代谢的调节
- (一) 激素的调节作用
- (二) 6-磷酸果糖和 1,6-二磷酸
 果糖循环

- 三、运动时脂肪代谢的调节
- (一) 运动时脂肪酸代谢和脂肪组织
 的动员
- (二) 脂肪酸和葡萄糖之间利用
 的调节
- 四、运动时肌肉中糖和脂肪氧化的
 酶调节

第十四章 肌肉的生物化学

第一节 肌肉组织的微细结构和

化学组成

- 一、肌肉组织的微细结构
- 二、运动对骨骼肌线粒体的影响
- 三、肌肉的化学组成
- (一) 肌肉蛋白质
- (二) 非蛋白质含氮浸出物

第二节 红、白肌纤维的生化特性

- 一、红、白肌纤维的化学组成
- 二、肌纤维的酶活性
- 三、不同类型肌纤维的代谢特点

第三节 肌纤维对运动的生化

适应

- 一、不同专项运动员肌纤维的生化
 特性
- 二、运动对肌纤维酶活性的影响
- 三、运动对肌糖元代谢的影响

第四节 肌肉收缩与松弛的分子

机理

- 一、肌肉收缩时肌节的变化及滑行
 学说
- 二、粗丝的分子组成
- 三、细丝的分子组成
- (一) 肌动蛋白
- (二) 原肌球蛋白
- (三) 肌原蛋白
- 四、肌肉收缩的启动
- (一) 肌动球蛋白的形成
- (二) 肌球蛋白 ATP 酶活性的
 增加
- 五、兴奋收缩偶联与肌肉的松弛

第十五章 血、尿成分的化学

第一节 血液成分的化学

一、蛋白质	(228)
(一) 血红蛋白	(228)
(二) 血浆蛋白	(229)
(三) 运动对血浆蛋白的影响	(232)
二、非蛋白含氮物质	(232)
三、非含氮有机物	(234)
四、无机盐	(234)
第二节 尿液成分的化学	(234)
一、尿液的生成	(234)
(一) 肾小球的滤过作用	(234)
(二) 肾小管和收集管选择性重吸收	(234)
二、尿的性质与化学成分	(235)
(一) 一般性质	(235)
(二) 尿的化学成分	(236)
三、运动对尿成分的影响	(237)
(一) 运动性糖尿	(237)
(二) 运动性蛋白尿	(237)
(三) 尿胆素原	(240)

第十六章 运动时供能代谢和训练

第一节 氧和氧债	(244)
第二节 三磷酸腺苷和磷酸肌酸供能	(244)
一、三磷酸腺苷(ATP)	(244)
二、磷酸肌酸(CP)	(245)
三、三磷酸腺苷和磷酸肌酸的关系	(246)
第三节 糖无氧代谢(糖酵解)供能	(247)
第四节 有氧代谢供能	(248)
第五节 运动时无氧代谢供能和有氧代谢供能的关系	(248)
一、运动时无氧代谢和有氧代谢供能过程的概念	(249)
(一) 运动时无氧代谢供能过程	(249)
(二) 运动时有氧代谢供能过程	(260)
二、运动时无氧代谢和有氧代谢过程的关系	(250)
第六节 无氧代谢能力和有氧代谢能力的训练	(250)
一、各种运动项目的供能代谢特点	(250)
二、某些训练方法的供能代谢特点	(251)

三、发展无氧代谢和有氧代谢能力训练的生化原则	(252)
(一) 发展无氧代谢能力训练的生化原则	(252)
(二) 发展有氧代谢能力训练的生化原则	(254)
第七节 代谢能力的评定方法	(256)
一、ATP—CP能量系统的评定方法	(254)
(一) 直接测定法	(254)
(二) 间接测定法	(254)
二、无氧代谢和有氧代谢能力的评定	(255)
(一) 糖无氧代谢能力的评定	(255)
(二) 有氧代谢能力的评定	(255)

第十七章 恢复过程和疲劳

第一节 恢复过程的一般规律	(257)
一、应激和运动	(257)
(一) 血糖升高	(257)
(二) 脂肪动员加速	(257)
(三) 蛋白质分解和加强	(257)
二、能量物质恢复过程的一般规律	(258)
第二节 肌肉中ATP和CP的恢复	(258)
一、持续运动时ATP和CP的恢复	(259)
二、间歇运动时ATP和CP的恢复	(259)
第三节 氧合肌红蛋白的恢复	(259)
第四节 肌糖元的恢复	(260)
一、长时间运动后肌糖元的恢复	(260)
二、短时间、大强度间歇运动后肌糖元的恢复	(261)
三、肌糖元负荷(超量恢复)	(262)
第五节 运动性疲劳的生化特点	(263)
一、短时间、大强度运动时(无氧代谢)疲劳的生化特点	(263)
(一) ATP和CP	(263)
(二) 血乳酸	(263)
(三) 肌肉中pH值	(264)
二、长时间运动性疲劳的生化特点	(265)

第十八章 年龄的生化特点与体育锻炼

第一节 年龄与酶活性的变化	(266)
第二节 年龄与血红蛋白的变化	(268)

第三节 年龄与糖代谢特点.....(269)

第四节 年龄与脂类代谢特点(271)

第五节 年龄与蛋白质代谢特点(272)

附: 实验指导

主要参考书

绪 论

一、运动生物化学的研究对象

生物化学就是生命的化学。它是研究生物体的化学组成和生命过程中化学变化规律的一门科学。

生物体的化学组成有水、盐类、糖类、脂类、蛋白质、核酸、维生素及激素等等。生命过程中的化学变化就是物质代谢。物质代谢的基本过程可分为同化和异化作用。同化作用是需要能量的过程；异化作用是释放能量的过程。体内代谢是由许多极其复杂的酶促反应组成并进行着的具体化学变化过程，生命活动是这些变化的高级运动形式。恩格斯早就指出：“生命是蛋白体的存在方式，这种存在方式本质上就在于这些蛋白体的化学组成部分不断的自我更新。”可见，生物化学是一门重要的基础科学。

运动生物化学是生物化学的分支，是生物化学在体育科学中的应用。运动生物化学是研究运动对机体化学组成的影响和物质代谢的特点及规律的一门科学。

二、运动生物化学与其它体育科学的关系

运动生物化学是体育科学中的一门基础科学。它是在生物化学和生理学的基础上发展起来的，生物化学和有机化学的知识是运动生物化学的基础。运动生物化学是认识运动时生理机能的基础，对运动生理学的发展十分重要。而运动生理学的发展对运动生物化学的发展又起着重要的促进作用。

运动生物化学是运动医学的基础。运动性疾病的发病机理是根据生理机能失调和物质代谢过程紊乱来研究的。物质代谢过程紊乱必将表现为疾病，而物质代谢的紊乱往往在疾病的症状出现之前就存在了。故运动医学工作者必须了解运动时物质代谢正常和异常的特点，探索异常代谢的表现和原因，为运动性疾病的预防、诊断和治疗提供依据。在运动医学临床中，血、尿和其它体液的生化检验是不可缺少的实用内容。

运动员和正常人参加体育锻炼时，必须采用不同于常人的营养标准和营养安排，这也离不开运动生物化学的理论和研究。

运动训练是一门科学。当代运动训练的一个重要特点，是在分子水平上研究机体在运动训练的影响下，物质代谢的适应性变化和规律。从而才能更好地进行科学训练，才能最迅速、最有效地发展运动能力，提高运动成绩。如运动时能量代谢的特点和不同强度、距离、项目运动在体内供能的无氧和有氧代谢的规律，是制定训练计划，选择和发展各种训练方法的理论基础；运动时体内物质的消耗和恢复过程的理论是科学安排运动量、预防过度训练的重要依据。运动生物化学的知识已广泛地被应用于运动实践中，是运动训练学中一个重要部分。

三、运动生物化学的发展概况

运动生物化学的发展与体育事业的发展是不可分割的。现代生物化学的知识应用于运动实践中始于本世纪初。英国的 Fleter 和 Hopisin (1907年) 以青蛙缝匠肌或腓肠肌收缩而产生乳酸的过程, 被认为是研究肌肉运动时代谢的一个重要起点。较多的运动生化研究工作始于本世纪的二十年代。苏联学者发现, 经过运动训练的动物肌肉中肌糖元和磷酸肌酸含量提高。运动时血、尿中的某些变化的较为系统的研究工作, 始于本世纪的四十年代。苏联的 H. H. ЯКОВЛЕВ 等对运动与机体化学组成作了较为系统的研究, 对不同性质的运动时物质代谢的特点进行了大量的工作, 并在 1955 年出版了《运动生物化学概论》一书。随之欧美的运动生物化学研究也在医学和生物学的机构中开展起来, 1968 年在比利时的布鲁塞尔召开了第一届国际运动生化报告会。其后在瑞士 (1973 年)、加拿大 (1976 年)、比利时 (1979 年)、美国 (1982 年) 召开了第二、三、四、五届国际运动生物化学讨论会。运动生物化学已成为一门独立的科学。

目前世界各国大多数体院已开设运动生物化学课程。我国体院在 1955 年开始设有生物化学和运动生物化学课程, 并于 1958 年开始了运动生物化学的研究工作。现在各体育科研机构中大多设有运动生物化学实验室。各体育学院及师范院校体育系有运动生物化学教师, 运动生物化学教学和科研队伍正在形成。

四、本书的内容

本书包括四个部分。第一部分是有关生物化学的基础知识。考虑到当前体育学院学生所掌握的化学知识和教育计划的安排, 从复习和讲述运动生物化学最基本的化学基础知识开始。如果学生已经具备这方面知识, 则可作为参考用。第二部分的主要内容是人体的基本化学成分 (水、盐类、糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶、激素和维生素), 这部分内容应作为必备的基础知识进行讲述。第三部分为人体能源物质的代谢。在这部分中, 只着重讲述分解代谢和合成代谢, 尤其是蛋白质的合成代谢、核酸代谢在普通生物化学教材中占有十分重要的地位, 今后在运动生物化学中也必将十分重要, 但目前运动生化中研究成果较少, 又受学时限制, 没有列入教材之中。第四部分为运动生物化学。是根据当前运动生物化学的研究情况和教学需要, 整理出的几个专题, 然而它并没能反映出这门新兴科学的全貌, 只想以这些内容作为了解这门科学的引子, 打下为今后学习和应用运动生物化学的知识基础。

第一章 基础知识

第一节 生命的物质性和人体的化学组成

一、物质及其运动

人类生活在自然界里，人本身也是自然界的一部分。整个自然界是由形形色色的运动着的物质组成的。例如空气、水、泥土、岩土、草、木、虫、鸟、兽、人，无一不是物质的。一切物质都不是静止的，而是处于永恒的运动、变化过程中。只不过有的运动、变化较快，易于被人们所感知；有的运动、变化较慢，不易被人们感知罢了。

物质的运动形式是多种多样的。天体星球在空间的位移或旋转是运动，地球上地壳的变化（如引起地震）是运动，岩土的风化、江河、湖、海的变迁，刮风、下雨也都是运动，其它诸如物质的加热与冷却，光的发射与吸收，电流的传导，声音的传播，化学物质的化合与分解、中和与水解、氧化与还原，生物体的生长与发育，生殖与遗传、变异，乃至人的思想活动，人类的生产与生活，体育活动与娱乐等都是运动，都是物质运动的不同形式。生命现象则是最高级、最复杂的物质运动形式。

物质运动可从一种形式转变为另一种形式。如机械运动和化学变化可以转变为热，热可以转变为电等等。这些转化证明，物质运动形式虽有不同，但运动是同一的，又是互相联系的，因此，运动是物质存在的基本形式。

自然界一切物质运动形式的相互转化都准确地符合于自然界的一个最基本的定律——物质及其运动守恒定律。这个定律发现二百多年以来为一切科学成就所证明。“自然界发生的一切变化都处于这样的情况：若一个物体失去了多少，另外的物体就一定得到多少……一个物体用自己的力推动另一物体时，自己所失去的运动，就是传给另一物体的运动，也就是另一物体从它所获得的运动”。物质的任何一种形式都不可能从有到无，也不可能从无到有，物质从一种形态转变为另一种形态，或者物质运动从一种形式转变为另一种形式，都是按照一定的量的关系而发生的。

能量是物质运动的量度。伴随着物质运动形式的转变，同时就有能的形式的转变（从一种形式的能转变成另一种形式的能），它是服从能量守恒定律的。宇宙间一切物质和它们的运动既不可消灭也不可创造，它们永远地运动着，也永远地存在着。

二、原子、分子与生命现象

地球上一切物质，无论是非生命的还是生命的，都是由元素或元素化合物所组成的。人体也不例外。

如果从人体上取出一小块肌肉组织或一滴血液进行化验分析就会发现，它们是由水分、盐类、糖类、蛋白质和脂肪等物质分子组成的混合物。构成细胞物质的这些非生命的化学“原料”大都是以分子形式存在。用化学方法还可以把分子分解成更小的单位——原子。同

种类的原子称为元素。

物质在不同条件下表现出来的各种性质，都与它们的结构有关，都与形成这种结构的原子、分子的种类、数目和性质有关。骨骼为什么坚硬，血液为什么是红色的，肌肉又为什么有弹性？其实质都是组成这些组织和器官的物质结构所决定的。这就是为什么在学习、研究运动生物化学时，必须从人体的化学组成开始，以及为什么在学习中必须注意复习和应用关于原子、分子运动的化学和物理学基础知识的原因。

当然，人体并不是原子、分子简单的堆积体。形成细胞物质的各种化学成分必须整合起来以后，才能作为生命存在方式的物质基础，才能实现其中化学组成部分的不断自我更新，体现出极其复杂、多样的生命现象。

从元素到生命经历了亿万年的演化过程。恩格斯早就指出：“生命的起源必然是通过化学途径实现的”。这一预言正为现代科学成就所证实。这里用一简图表示生命的化学起源过程（图1—1），虽然它已经不是本课的内容和研究任务，但它告诉我们：构成生物体的物质，从原子、分子水平上看，同非生命世界的同种原子、分子没有什么质的区别。这些原子、分子在生物体内的行为，在细节上都是服从于支配着无机世界的数、理、化的基本规律的。但是在效应上，或最后表现出来的运动形式上却与非生物界中力学、物理、化学的运动有着质的差别。因此，可以说生命的运动是建立在力学、物理、化学的运动基础之上的，但又发展到了与它们不同的、更高级和更复杂的形式。

三、人体的化学组成

自然界已发现有一百多种化学元素，但并非全都是组成生物体的成分所必需的。存在于生物界的元素已达60种左右。虽然人类以动植物和一些盐类为食，然而研究证明，约有25种元素为人体所必需（表1—1）。

表1—1 人体的元素组成

原子序数	元 素	占人体原子总数的%★	占人体重量的%★★	原子序数	元 素	占人体原子总数的%	占人体重量的%
1	氢 (H)	63	10	29	铜 (Cu)		0.00014
6	碳 (C)	9.5	18	25	锰 (Mn)		0.00013
8	氧 (O)	25.5	65	27	钴 (Co)		
7	氮 (N)	1.4	3	30	锌 (Zn)		
20	钙 (Ca)	0.31	1.5~2.2	24	铬 (Cr)	血中含量约兆分之4到40，成人每日补充5—10微克(ug)	
15	磷 (P)	0.22	0.8~1.2	9	氟 (F)		
19	钾 (K)	0.06	0.35	14	硅 (Si)		
16	硫 (S)	0.05	0.25	23	钒 (V)		
11	钠 (Na)	0.03	0.15	28	镍 (Ni)		
17	氯 (Cl)	0.03	0.15	34	硒 (Se)		

续表1-1

原子序数	元素	占人体原子总数的%*	占人体重量的%**	原子序数	元素	占人体原子总数的%	占人体重量的%
12	镁 (Mg)	0.01	0.004	42	钨 (Mo)		
26	铁 (Fe)		0.004	50	锡 (Sn)		
53	碘 (I)		0.00004				

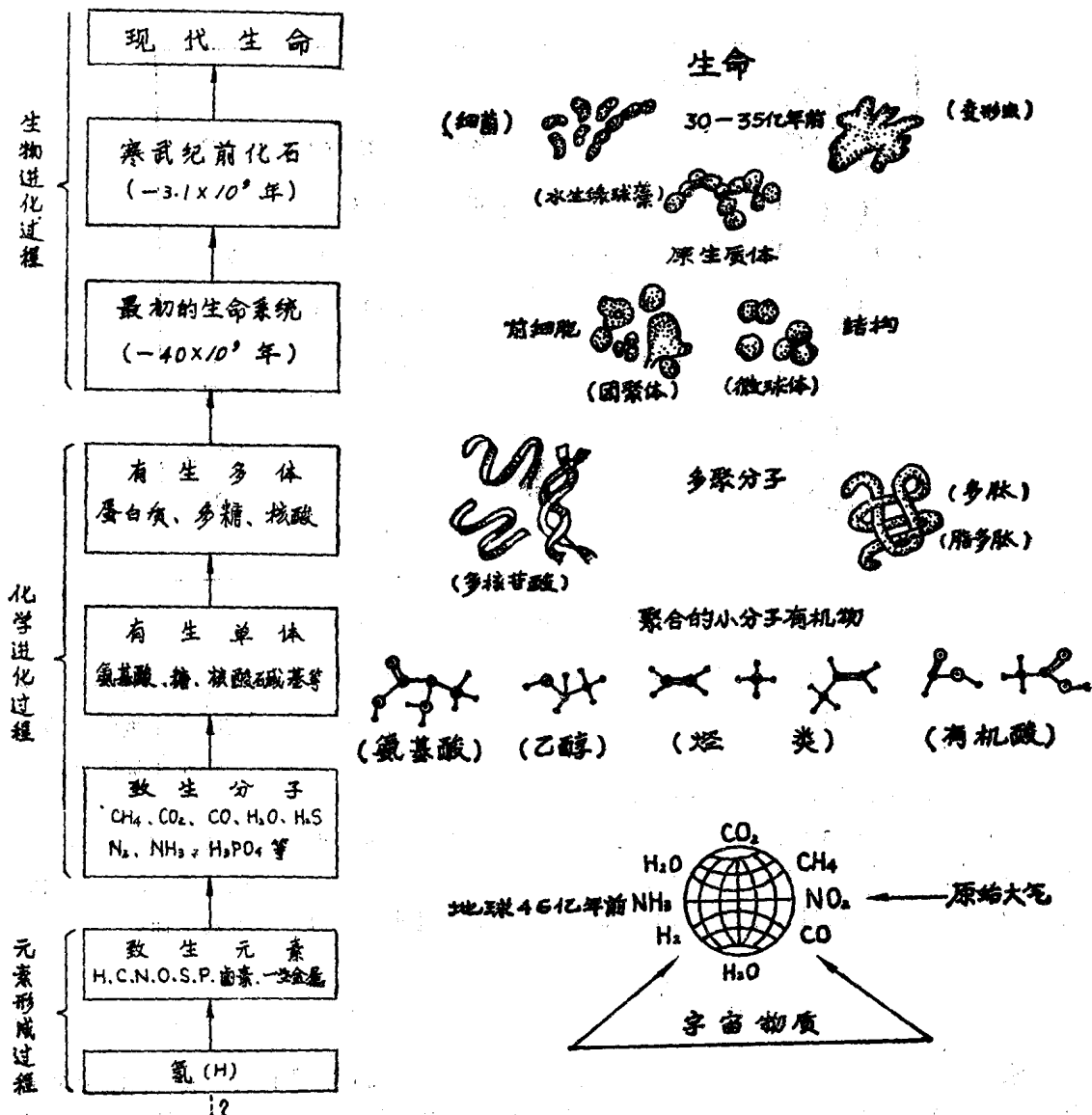


图 1-1 从元素到生命

研究证明，构成人体的25种必需元素中99%（重量百分比）以上是由11种元素组成的。它们是氢（H）、碳（C）、氧（O）、氮（N）、磷（P）、硫（S）、钙（Ca）、钾（K）、镁（Mg）、钠（Na）和氯（Cl）。其余不到1%是由微量元素所组成。目前已知有十四种微量元素为人体所必需，它们是铁（Fe）、碘（I）、钴（Co）、铜（Cu）、锌（Zn）、铬（Cr）、氟（F）、锰（Mn）、钼（Mo）、硒（Se）、镍（Ni）、硅（Si）、钒（V）和锡（Sn），有人将生物体所必需的元素称为生物元素。

生物元素以和无机界完全相同的化学键结合起来，以化合物的形态存在于体内(图1-2)。

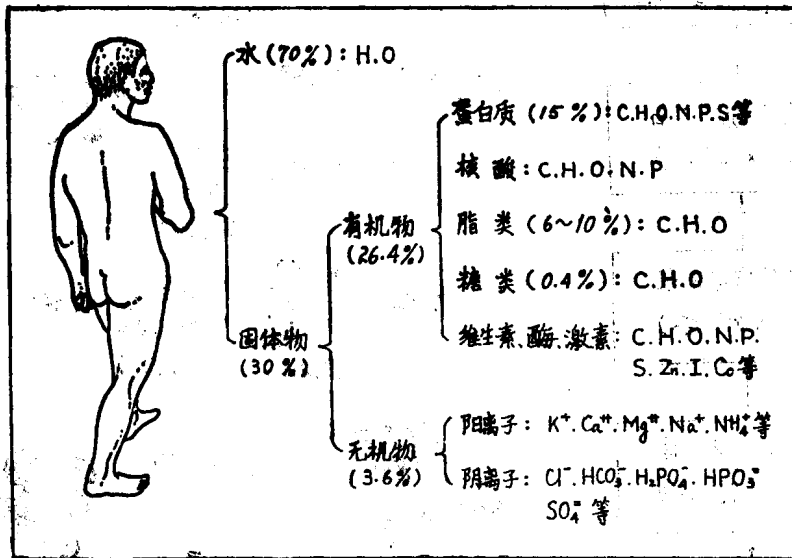


图1—2 人体所含的化合物及其重要组成元素

其中含量最多的六种（C、H、O、N、P和S）元素是蛋白质、核酸、脂肪和糖类等生物有机化合物的组成成分。这四类有机分子是构成细胞结构物质和功能物质的最重要最基本的“原料”，有人将它们称为生物分子。其次的五种元素中，Ca、Mg、K是所有细胞的必要成分；Na和Cl在体液中是以盐的形式存在的。

人体中含量不到1%的微量元素，其浓度由万分之几到少于十亿分之几。但对生命却是重要的。例如人的血清中仅含百万分之一的锌。钴的存在量更少——十亿分之0.85。它们的不足或缺乏则会导致生长、发育受阻，代谢失调，生理机能紊乱乃至威胁到生命。

第二节 水——生命的介质

水（ H_2O ）是无色、无味、无嗅的液体。标准大气压100℃时沸腾而变成气态，0℃时结冰成为固态。它既是地球上最丰富的无机化合物，也是生物组织中含量最多的成分。水曾经是原始生命形式的摇篮，直到今天，仍然是许多生物的自然环境。水是体液的主要成分，生物体的内环境中处于溶解或分散状态的离子和分子的水溶液，和对于生命不可少的许多化

合物，都由于其对水的反应而得到利用。水是生命体内各种化学反应的介质，同时它本身也参加反应。有时水又是某些反应的产物。在地球上演变的所有生命系统在本质上都是以水为基础的。水对于生命如此重要，这是因为水具有许多独特的理化性质所决定的。

一、水分子的结构与氢键

研究表明，水是由两个氢原子同一个氧原子以共价键形成的V形结构。氧原子除用两个电子分别同两个氢原子的电子配对形成二个共价键外，氧的最外电子层还剩四个电子，形成两对未成键的孤对电子。成键后的氢原子因其共用电子对偏向于电负性较强的氧原子一方，因而水分子中的氧端带部分负电荷。而氢端带部分正电荷（图1—3）。所以水分子是极性分子。由于氢原子同电负性强的原子成键后本身就象一个赤裸的质子一样，易被邻近的负电荷所吸引而形成氢键。水分子之间就可形成氢键（图1—4），通过氢键而形成缔合水分子（ N_2O ）。实际上由于水分子和缔合水分子总是处在不断的热运动之中的，所以氢键

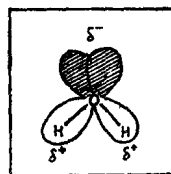


图1—3 水分子的极性

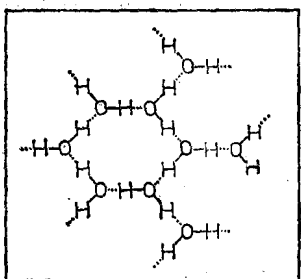


图1—4 氢键使水分子缔合

则不断地断裂和再形成。水的缔合程度决定于所处的温度条件。由于水具有极性且能形成氢键这就导致水有着许多独特性质而对生物体十分重要了。

1. 比热高：使1克物质温度提高1℃所需要的热量叫该物质的比热。水的比热（1卡/克度）比任何液体或固体都大。因为当1克水温度上升1℃时，不仅需要消耗热量使分子运动加快。而且要额外的能量来破坏氢键，因此，高的比热使水能吸收大量的热而又不使其本身温度发生明显的波动，这对调节机体的温度和调节自然气候都有重大意义。

2. 汽化热高：37℃时，水从液态转变为气态时所需的热量很高（575卡/克）。所以水汽化时可以带走大量的热。人体和温血动物正是靠这种机制来稳定其体温。

3. 沸点高：倘若没有氢键，水在-80℃左右就会沸腾。这一温度远低于体温（37℃）和平均环境温度（15—20℃），如果这样，含水细胞是不可能发生和存在的。

4. 固态水（冰）的密度小于液态水；温度越低氢键形成就多而破坏少。水结冰时，每个水分子都以氢键同另外四个水分子相结合而形成开放晶格结构，使固态水分子间距离比液态时还要大。密度的减小使冰漂浮于水面，且水总是从上往下冻结，因而在气温极低时许多水生生物仍有可能生存在冰层下的水中。

5. 水的粘度小而流动性大，又是各种体液的主要成分，因而对机体可以起润滑及保护作用。如泪液使眼球转动灵活；唾液利于吞咽和说、唱；关节囊液减小摩擦；内脏间的各种粘液都起有润滑作用等。

二、水的偶极性质与溶剂性能

1. 水的极性使水成为许多化合物的良好溶剂。盐类晶体中带相反电荷的离子彼此吸引而