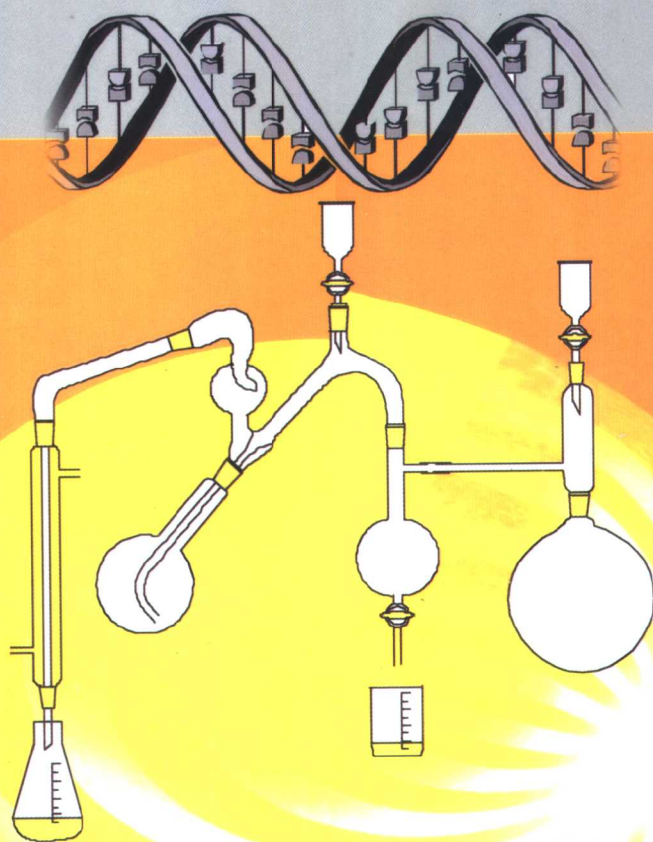


卫生部规划教材

全国中等卫生学校教材
供四年制护理专业用

生物化学

李宗根 主编



人民卫生出版社

全国中等卫生学校教材

供四年制护理专业用

生 物 化 学

李 宗 根 主 编

编 者 (以姓氏笔画为序)

王咏梅 (山东省济南卫生学校)

朱孝蕴 (武汉市卫生学校)

李宗根 (山东省济南卫生学校)

郑延玲 (山东医科大学卫生学校)

顾怡生 (浙江省杭州护士学校)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/李宗根主编. —北京:人民卫生出版社,
1999.10(2002 重印)

ISBN 7-117-03299-5

I. 生… II. 李… III. 生物化学-专业学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 017085 号

生 物 化 学

主 编: 李 宗 根

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph@pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 7.5

字 数: 165 千字

版 次: 1999 年 10 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 版第 3 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-03299-5/R·3300

定 价: 7.70 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

前 言

本书是根据卫生部颁发的四年制中等护理专业教学计划、大纲和 1998 年 7 月卫生部教材办公室在山东烟台召开的主编会议精神而编写,其指导思想是突出护理专业的特点,强调基础理论和基本知识,适当反映本学科领域发展的新理论和新技术。

生物化学是一门重要的医学基础学科,其主要任务是为后续学科提供必需的生物化学基础知识。本书按 38 学时编写,内容包括:酶、糖代谢、三羧酸循环和 ATP、脂类代谢、氨基酸代谢、核酸代谢和蛋白质生物合成、水与无机盐代谢、酸碱平衡及肝肾生化等十章。

本书编写时围绕护理专业的培养目标,注意了与其他课程之间的横向联系和衔接,充分考虑到护理专业学生的接受能力和当今生物化学发展的趋势。对所选内容的深广度进行了认真斟酌,在叙述上力求概念清楚,重点突出,便于理解和掌握。对物质代谢中过深过细的理论和化学反应机制作了大胆的删繁就简(如磷酸戊糖途径、个别氨基酸代谢等),而对其代谢途径的生理意义则进行归纳分析,重点叙述。

编写过程中,特请山东医科大学生化教研室崔行教授审阅了部分章节的内容,并得到山东省卫生厅科教处、山东省济南卫生学校、武汉市卫生学校的大力支持和帮助,谨此一并致谢。

编写组全体同志虽在编写中尽了最大努力,但由于水平和能力有限,加之时间仓促,书中难免出现不当之处,甚至错误。我们恳请同道和使用本教材的师生给予指正。

李 宗 根

1999 年 5 月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、生物化学的内容	(1)
二、生物化学与健康	(2)
三、生物化学与医学	(2)
第二章 酶	(3)
第一节 酶的概念与酶促反应的特点.....	(3)
一、酶的概念	(3)
二、酶促反应的特点	(3)
第二节 酶的组成、结构与功能.....	(4)
一、酶的组成	(4)
二、维生素与辅酶	(5)
三、酶的结构与功能	(6)
第三节 影响酶促反应速度的因素.....	(9)
一、酶浓度的影响	(9)
二、底物浓度的影响	(9)
三、温度的影响	(10)
四、pH 的影响	(10)
五、激活剂的影响	(10)
六、抑制剂的影响	(12)
第四节 酶与临床医学的关系	(12)
一、酶与疾病的发生	(12)
二、酶与疾病的诊断	(12)
三、酶与疾病的治疗	(13)
第三章 糖代谢	(14)
第一节 糖的分解代谢	(14)
一、糖酵解	(14)
二、糖的有氧氧化	(17)
三、磷酸戊糖途径	(18)
第二节 糖原合成与分解	(19)
一、糖原合成	(19)
二、糖原分解	(20)
第三节 糖异生	(21)
一、糖异生途径	(21)
二、糖异生的生理意义	(22)

第四节 血糖	(22)
一、血糖的来源和去路	(22)
二、血糖浓度的调节	(23)
三、高血糖与低血糖	(23)
第四章 三羧酸循环和 ATP	(25)
第一节 三羧酸循环	(25)
一、三羧酸循环的反应过程	(25)
二、三羧酸循环的生理意义	(27)
第二节 ATP 和氧化磷酸化	(27)
一、ATP 的作用	(27)
二、电子传递链	(28)
三、ATP 的生成	(29)
四、超氧阴离子	(31)
第五章 脂类代谢	(32)
第一节 脂类分布及生理功能	(32)
一、脂类的分布	(32)
二、脂类的生理功能	(32)
第二节 血脂	(33)
一、血脂的组成与含量	(33)
二、血浆脂蛋白	(34)
第三节 脂肪的代谢	(35)
一、脂肪的分解代谢	(35)
二、脂肪的合成代谢	(39)
第四节 胆固醇代谢	(40)
一、胆固醇的来源	(40)
二、胆固醇的转变与排泄	(42)
第六章 氨基酸代谢	(44)
第一节 氨基酸的一般代谢	(44)
一、氨基酸的代谢概况	(44)
二、氨基酸的脱氨基作用	(45)
三、氨代谢	(47)
四、 α -酮酸的代谢	(50)
第二节 个别氨基酸的代谢	(51)
一、氨基酸的脱羧基作用	(51)
二、一碳单位代谢	(52)
第三节 氨基酸、糖和脂肪在代谢上的联系	(53)
一、氨基酸与糖在代谢上的联系	(53)
二、氨基酸与脂肪在代谢上的联系	(53)
三、糖与脂肪在代谢上的联系	(54)

第七章 核酸代谢与蛋白质生物合成	(55)
第一节 核酸化学	(55)
一、核酸的分类与分布	(55)
二、核酸的分子组成	(55)
三、核酸的分子结构	(57)
第二节 核苷酸代谢	(60)
一、核苷酸的合成代谢	(60)
二、核苷酸的分解代谢	(61)
第三节 核酸的生物合成	(61)
一、分子生物学的中心法则	(61)
二、DNA 的复制	(62)
三、RNA 的转录	(63)
四、反转录现象	(64)
五、基因工程与聚合酶链反应	(65)
第四节 蛋白质生物合成	(65)
一、参与蛋白质生物合成的物质	(65)
二、蛋白质的合成过程	(67)
三、蛋白质合成与医学的关系	(69)
第八章 水与无机盐代谢	(71)
第一节 体液	(71)
一、体液的分布与含量	(71)
二、体液中电解质含量及特点	(71)
第二节 水平衡	(72)
一、水的生理功能	(72)
二、水的摄入与排出	(73)
第三节 无机盐代谢	(74)
一、无机盐的生理功能	(74)
二、钠、氯代谢	(74)
三、钾代谢	(75)
四、钙、磷代谢	(75)
五、镁代谢	(77)
六、微量元素代谢	(78)
第九章 酸碱平衡	(80)
第一节 体内酸性和碱性物质的来源	(80)
一、体内酸性物质的来源	(80)
二、体内碱性物质的来源	(81)
第二节 酸碱平衡的调节	(81)
一、血液的缓冲功能	(81)
二、肺对酸碱平衡的调节	(82)

三、肾对酸碱平衡的调节	(83)
第三节 判断酸碱平衡常用的生化指标及临床意义	(85)
一、酸碱平衡紊乱	(85)
二、检查酸碱平衡的常用生化指标	(85)
第十章 肝肾生物化学	(87)
第一节 肝生物化学	(87)
一、肝的生物转化作用	(87)
二、胆色素代谢	(89)
三、常用肝功能检查与物质代谢的联系	(91)
第二节 肾生物化学	(92)
一、肾的排泄功能	(92)
二、肾的内分泌功能	(93)
三、尿液生化成分的检查	(93)
四、肾功能检查与物质代谢的联系	(94)
实验指导	(96)
实验一 温度、pH 对酶促反应的影响	(96)
实验二 丙二酸对琥珀酸脱氢酶作用的影响	(97)
实验三 尿蛋白定性试验	(98)
实验四 尿酮体定性试验	(99)
实验五 尿三胆定性试验	(100)
实验六 血清蛋白醋酸纤维素薄膜电泳	(101)
附录一 本书生物化学名词缩写中英文对照	(104)
附录二 《生物化学》教学大纲	(107)

第一章 绪 论

学 习 目 标

1. 解释生物化学的概念。
2. 简述生物化学与健康的关系。

生物化学是研究生物体的物质组成、结构及在生物体内发生的各种化学变化的科学，也称生命的化学。医学生物化学的任务是以人体为主要研究对象，运用化学的原理和方法，从分子水平来阐明生命现象的本质，并应用生物化学的理论和技术为人类健康、生产和生活服务。生物化学是生命科学中的一门重要学科。

一、生物化学的内容

(一) 人体的物质组成

组成人体的物质包括有机物和无机物两类。有机物质主要是蛋白质、核酸、糖类、脂类。这些有机物质也被称为生物大分子。生物大分子物质种类繁多、结构复杂，各具有独特的结构和性质，它们在生命活动中有重要功能。特别是蛋白质和核酸，是体现生命现象最基本的物质。无机物质是水和无机盐，也可称为生物小分子，它们是生命活动正常进行的必要环境和条件。组成人体的所有物质，其分子组成、结构、含量和存在形式都与它们的功能有着密切关系。

(二) 物质代谢

生物和非生物之间最大的本质的差异之一是生物体不断地进行着新陈代谢。新陈代谢包括物质代谢和能量代谢两个方面。物质代谢是机体与环境不断地进行物质交换，同时各种组成成分又时刻进行着有规律的化学变化。通过物质代谢为生命活动提供能量，使各组织的化学成分得到补充及更新。体内物质代谢的任何紊乱都可以干扰人体的正常功能活动，而引起疾病。所以物质代谢是生命活动的基础。研究人体内各种物质代谢的化学变化过程与生理功能的关系，以及代谢过程中能量的释放、转移和利用是生物化学的重要内容。

(三) 生物分子的结构和功能

生命现象是建立在物质特定结构和物质代谢基础上的。蛋白质和核酸是生命活动过程中起重要作用的大分子物质，它们复杂而多样的结构，决定着复杂而多样的功能。例如，生物体的生长、繁殖、遗传、运动、新陈代谢等生命现象都与蛋白质与核酸的分子结构密切相关。酶是生物体内特有的催化剂，绝大多数属于蛋白质，酶的催化作用几乎主宰生物体内一切化学反应，酶的催化功能也与其分子结构有着密切关系。因此研究生命化学，必须熟悉这些生物大分子的化学组成和分子结构，并把结构与其功能相联系。

(四) 遗传信息的传递与表达

生物体不同于非生物的特征之一，是具有繁殖能力和遗传特性。生物体在繁衍后代的同时，也将其性状从亲代传给子代。而且代代相传，保持性状稳定。这一特征是生物体遗传信息传递和表达的过程。核酸是遗传的物质基础，包括 DNA（脱氧核糖核酸）和 RNA（核糖核酸）两大类。DNA 是遗传信息的载体，RNA 参与遗传信息表达的各个过程。遗传信息表达的结果是生成执行各种功能的蛋白质。不同的生物表达结果不同，因而有着不同的代谢类型和性状。遗传信息的传递和表达是现代生物化学研究的重要内容。

二、生物化学与健康

生物化学的研究成果从分子水平阐明了健康与疾病机体很多方面的基本问题，提供了认识健康及维持健康的基础知识。从生物化学的观点出发，健康是指人体内代谢的全部化学反应都以与最佳生理功能活动相适应的速率进行着的状态。目前已知，生物、心理和社会因素都能影响体内某个或多个关键化学反应或分子的功能。例如，当人体受到噪声、创伤、感染、恐惧、悲哀等刺激时，可引起体内物质分解代谢加快，血糖升高，能量消耗增多，水盐代谢紊乱等一系列代谢的异常变化。人体所有疾病都会发生代谢的异常。因此，人体内正常的生物化学过程是健康的基础。

随着科学的发展，人们更加明确了营养在生命过程中的重要作用，认识到合理营养不仅能提高一代人的健康水平，而且关系到改善民族素质，造福子孙后代。如果营养失调，营养过剩或不足，都会给人的健康带来危害。营养素包括糖类、脂类、蛋白质、维生素、无机盐等。大多数营养素必须在体内经代谢转变生成人体需要的物质，并产生能量。有的营养素是物质代谢正常进行不可缺少的物质。生物化学中有关这些营养物质在体内的代谢变化、生理功能的论述为人体合理营养，维持健康提供了必需的基础知识。因此，从营养学的角度来预防疾病的发生，采用调理营养的手段来抗衰老，以及对某些疾病进行营养治疗已逐渐受到重视，并在实践中取得十分有价值的效果。

三、生物化学与医学

生物化学是重要的基础医学学科之一，在基础医学领域生物化学已渗透到各个学科。如生物学、组织学、生理学、微生物学、药理学及病理学等学科的研究已深入到分子水平，并应用生物化学的理论和方法探讨和解决各个学科的问题，因而形成许多交叉学科。如组织化学、生化药理学、生化病理学等。由于各学科的研究已深入到分子水平，与生命相关的各学科之间传统的界限已被打破。例如，利用生物化学的知识，从分子水平阐明生物体的结构及生理功能的机制时，生理学和生物化学间的界限已不复存在。

生物化学的研究与临床医学的关系亦极为密切，在分子水平探讨疾病的病因、诊断、预防、治疗都离不开生物化学的理论和技術。核酸和蛋白质是最重要的生物大分子物质，其分子结构、生物合成以及遗传信息表达的异常是许多疾病直接或间接的原因，如肿瘤的发生、免疫功能障碍、先天性酶缺陷引起的疾病等。基因工程是分子生物学发展的一个重要领域，它不但为生命科学的理论研究提供了崭新的技术手段，而且为医学

领域的发展开辟了广阔的前景。例如：某个疾病相关基因的发现，不仅可导致新的遗传病的发现，而且对遗传病的诊断和治疗极有价值；利用基因工程生产的有药用价值的蛋白质、多肽产品已成为当今世界上一项重大产业，目前已经或正投入使用的基因工程产品有胰岛素、生长素、干扰素、乙肝疫苗等。

另外，血、尿等体液生化成分的检查，对于许多疾病的诊断有重要参考价值，如血清丙氨酸氨基转移酶测定对肝炎的诊断等。

21 世纪将是生命科学的年代，生物化学在分子水平进行生命现象的研究，以及与生物学、医学乃至整个自然科学发展紧密联系所取得的成果和进展，必将明显地改善和维护人类的健康状态，对人类创造新的文明产生巨大的推动力量。

（李宗根）

第二章 酶

学 习 目 标

1. 解释酶、酶原激活和同工酶的概念。
2. 列举酶促反应特点。
3. 简述维生素和辅酶的关系。
4. 说出温度、pH、抑制剂对酶促反应速度的影响。
5. 比较竞争性与非竞争性抑制的特点。
6. 简述酶与临床医学的关系。

生物体内新陈代谢，包括许多复杂而有规律的化学反应。这些化学反应几乎都是在生物催化剂——酶的催化下进行的。没有酶的存在，一切代谢过程都不可能实现。所以酶在生命活动中占有极其重要的地位。因此，研究正常人体的代谢规律，了解疾病时代谢的异常变化，必须掌握酶学的基本知识。

第一节 酶的概念与酶促反应的特点

一、酶 的 概 念

酶是生物体内一类具有催化活性和特殊构象的生物大分子物质，包括蛋白质和核糖核酸等。酶所催化的反应称为酶促反应。被酶催化的物质称为酶的底物（又称作用物）。酶促反应的生成物称为产物。酶所具有的催化能力称为酶的活性，酶失去催化能力称为酶的失活。

生物体内绝大多数酶类，其化学本质是蛋白质，本章主要讨论由蛋白质组成的酶类。

二、酶促反应的特点

酶与一般化学催化剂比较，有很多共同之处，如：能加快化学反应的速度，而不改变化学反应的平衡点；反应前后本身不发生变化；只能催化热力学上允许进行的化学反应，而不能实现热力学上不可能进行的化学反应。但酶是生物催化剂，其催化作用又具有以下特点：

（一）极高的催化效率

酶的催化效率比一般催化剂高 $10^6 \sim 10^{12}$ 倍。例如，过氧化氢酶催化过氧化氢分解比 Fe^{3+} 的催化效率约高 10^6 倍；蔗糖酶催化蔗糖水解的速度比用 H^+ 催化效率高 2.5×10^{12} 倍。

（二）高度的专一性

一种酶只催化一种或一类化合物发生一定的化学反应生成一定的产物，这种现象称为酶的专一性。酶的专一性说明酶对底物及其所催化的反应有选择性。酶的种类很多，

根据酶对底物选择性的严格程度不同，其专一性可分为三种类型：

1. 绝对专一性 一种酶只对一种底物起催化作用，并且只能催化一种反应，这种

严格的选择性称为绝对专一性。例如脲酶只能催化尿素（ $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{NH}_2$ ）水解生成

NH_3 和 CO_2 ，而不能催化甲基尿素（ $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_3$ ）的水解。

2. 相对专一性 一种酶可作用于一类化合物或一种化学键，这种不太严格的选择性称为相对专一性。例如脂肪酶不仅催化脂肪水解，也能催化简单的酯类水解；酯酶可作用于多种由有机酸和醇形成的酯类化合物。可见这些酶的专一性不太严格。

3. 立体异构专一性 一种酶只能催化底物的一种立体异构体进行反应，而对另一种异构体无作用。酶对立体异构体的选择性称为立体异构专一性。如体内的乳酸脱氢酶只能催化 L-乳酸脱氢生成丙酮酸，而对 D-乳酸则无催化作用。

（三）高度的不稳定性

一切能使蛋白质变性的理化因素，如高温、强酸、强碱、重金属盐、紫外线等都可使酶蛋白变性而失去催化活性。故在酶促反应中，酶的活性极易受各种环境因素的影响而发生改变。

第二节 酶的组成、结构与功能

酶的化学本质是蛋白质，具有蛋白质的各级结构及理化性质。根据酶的化学组成，可将酶分为单纯酶与结合酶两类。

一、酶的组成

（一）单纯酶与结合酶

1. 单纯酶 属于单纯蛋白质，组成成分都是氨基酸，其催化活性由蛋白质结构所决定。大多数催化水解反应的酶，如蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶等属于单纯酶。

2. 结合酶 属于结合蛋白质，分子中除含有蛋白质部分外，还含有非蛋白部分。蛋白质部分称为酶蛋白，非蛋白部分称为辅助因子。酶蛋白与辅助因子单独存在时均无活性，只有两者结合成全酶时才有催化活性。人体内的酶大多数属于结合酶，其组成可用下式表示：

$$\text{全酶} = \text{酶蛋白} + \text{辅助因子}$$

酶的辅助因子有两类，一类是小分子有机化合物，另一类是金属离子。

小分子有机化合物作为酶的辅助因子时称为辅酶或辅基。辅酶与酶蛋白结合疏松，可用透析或超滤方法使之分离；辅基与酶蛋白结合比较紧密，用透析或超滤的方法不易使两者分离。在结合酶类中，酶蛋白决定酶的专一性，辅酶（辅基）在酶促反应中起传递电子、原子、转移某些化学基团的作用。

体内约有 1/3 以上的酶需要金属离子作为辅助因子，如 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Mg^{2+} 等。有的金属离子与酶的结合紧密，提纯过程中不易丢失，这类酶称为金属酶。如碳酸酐酶含 Zn^{2+} ，酪氨酸酶含 Cu^{2+} 等。有些酶本身不含金属离子，但在酶促反应中

必须加入金属离子才有活性，这些金属离子与酶的结合疏松，提纯过程中易丢失，此类酶称为金属活化酶，如己糖激酶必须有 Mg^{2+} 才有催化活性。金属离子作为结合酶的辅助因子，其作用主要是：稳定酶蛋白分子的空间结构；在酶的催化过程中起传递电子作用；在酶与底物结合时起桥梁作用等。

(二) 多酶体系

在代谢过程中，细胞内的许多酶常常互相联系在一起，催化连续反应，该体系称为多酶体系。

在多酶体系中，许多酶催化一连串的相关反应，如第一个酶促反应的产物为第二个酶促反应的底物，第二个酶促反应的产物又是第三个酶促反应的底物，多个酶依次催化，使化学反应连续快速进行，直到生成最终产物。有的多酶体系在组成中，每种酶被限定在一定的空间位置，共同组成具有特定空间构象的多酶复合体。这样更有利于化学反应的进行，可以使酶促反应的催化效率明显提高。

在多酶体系催化的代谢途径中，各种酶的活性不完全相同，因此每一步催化反应的速度也不一致。其中反应速度最慢的步骤是整个代谢途径的限速步骤，称为限速反应。催化限速反应的酶称为限速酶。限速酶催化的反应往往处于物质代谢的关键位置，它的活性大小能够影响整个代谢途径的方向和速度。

二、维生素与辅酶

维生素是维持细胞正常功能所必需的一类小分子有机化合物。此类物质虽需要量很少，但体内不能合成或合成量不足，必须由食物供给。一旦缺乏，物质代谢则发生障碍，从而引起疾病。

维生素可分为脂溶性维生素和水溶性维生素两大类。脂溶性维生素包括 A、D、E、K 等，各有重要生理功能。水溶性维生素包括 B 族维生素及维生素 C。B 族维生素与体内的物质代谢关系密切，它们在体内参与辅酶（或辅基）的组成，分别参与多种酶的催化作用。维生素与辅酶的关系及主要作用见表 2-1。

表 2-1 维生素与辅酶的关系及主要作用

维生素	辅酶形式	主要作用
维生素 B ₁	硫胺素焦磷酸 (TPP)	α -酮酸脱氢酶系的辅酶，参与 α -酮酸氧化脱羧基作用
维生素 B ₂	黄素单核苷酸 (FMN)	多种黄素酶的辅基，参与递氢作用
	黄素腺嘌呤二核苷酸 (FAD)	
维生素 PP	尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸 (NAD^+)	多种脱氢酶的辅酶，参与递氢作用
	尼克酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸 ($NADP^+$)	
维生素 B ₆	磷酸吡哆醛，磷酸吡哆胺	氨基转移酶的辅酶，参与氨基转移作用
泛酸	辅酶 A (CoA)	多种酰基转移酶辅酶，参与转酰基作用
H	生物素	羧化酶的辅酶，是 CO_2 的载体
叶酸	四氢叶酸 (FH_4)	一碳单位转移酶的辅酶，是一碳单位的载体
维生素 B ₁₂	甲基钴胺素 脱氧腺苷钴胺素	转甲基酶的辅酶，参与甲基转移

三、酶的结构与功能

酶催化化学反应时，首先与底物结合成不稳定的酶-底物复合物，然后再分解生成产物，并释放出酶。酶又可与底物结合，继续发挥其催化功能，所以少量的酶可以催化大量的底物发生反应。此过程可用下式表示：



E: 酶 S: 底物 ES: 酶-底物复合物 P: 产物

在酶促反应中，由于酶-底物复合物的形成和分解，降低了化学反应所需的活化能，使反应速度大大提高。

(一) 酶的活性中心

酶分子上有许多化学基团，其中与酶活性密切相关的基团称为酶的必需基团，或称为活性基团，常见的必需基团如 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{SH}$ 、咪唑基等。这些必需基团在酶分子一级结构上可能相距很远，但通过肽链的卷曲、折叠后在空间位置上相互靠近。因此，将酶分子上必需基团比较集中、并形成一定的空间构象、直接参与酶促反应的区域称为酶的活性中心。活性中心的必需基团可分为两类：能与底物结合，使酶与底物形成复合物的称为结合基团；能催化底物发生化学变化的称为催化基团。有的必需基团则兼有结合与催化功能。

在活性中心之外还有一些必需基团虽不能直接参与结合或催化过程，但与维持酶的空间结构有关，称为活性中心外必需基团。(图 2-1)

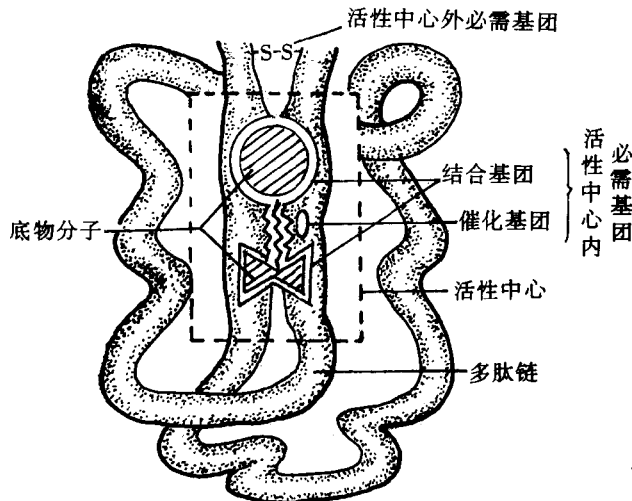


图 2-1 酶活性中心示意图

活性中心是酶发挥催化功能的关键部位，如果活性中心被破坏或被抑制剂占据，酶就失去催化作用。

(二) 酶原与酶原的激活

有些酶在细胞内合成或初分泌时没有催化活性，这种无活性状态的酶的前体称为酶原。酶原在一定条件下能转变成有活性的酶，称为酶原的激活。

酶原激活的机制是在特定条件下，酶原分子某一处或几处被切除部分肽段后，使分

子构象发生改变，形成或暴露酶的活性中心，酶原转变为有活性的酶。例如，胰蛋白酶原由胰腺分泌进入小肠后，在肠激酶的作用下，专一地切除一段六肽，构象发生改变，形成酶的活性中心，从而转变成有活性的胰蛋白酶（图 2-2）。

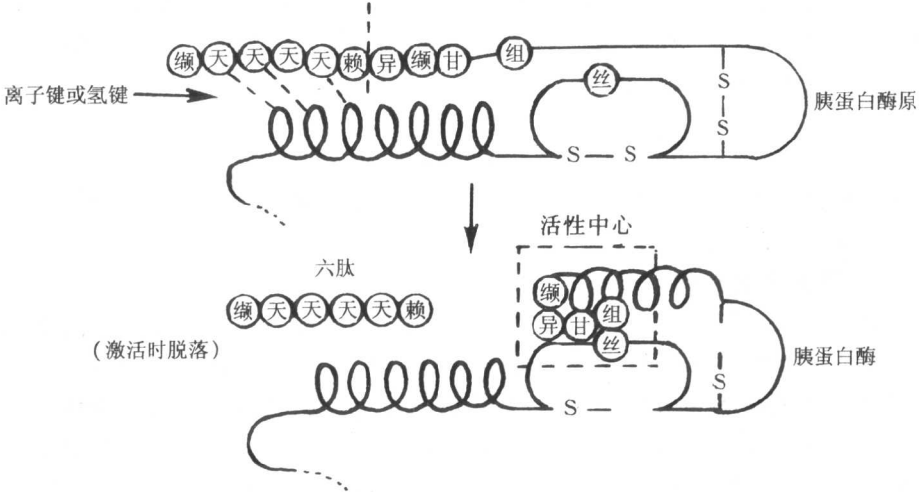


图 2-2 胰蛋白酶原的激活示意图

酶原及酶原的激活具有重要的生物学意义。在组织细胞内，某些酶以酶原的形式存在，可以避免分泌细胞的自身消化，对机体是一种保护作用。酶原的激活可以使细胞合成的酶在特定的部位、环境中发挥作用，保证体内代谢过程正常进行。例如胰腺分泌的胰蛋白酶原进入肠道经激活后才能水解食物蛋白质。如果某些原因使胰蛋白酶原过早地在胰腺内被激活，胰腺本身的组织蛋白质会遭到破坏而发生急性胰腺炎。又如凝血因子在血循环中以酶原形式存在，可防止血管内凝血，保证血液正常流动。当组织创伤出血时，凝血因子被激活，加快血液凝固，防止大量出血。

(三) 同工酶

同工酶是指催化同一种化学反应，而酶分子结构、理化性质及免疫学特性不同的一组酶。同工酶存在于生物体的同一种属，同一个体的不同组织，甚至在同一组织细胞的不同细胞器中。大多数同工酶是由不同亚基组成的聚合物。例如，乳酸脱氢酶 (LDH) 是由 M 亚基和 H 亚基组成的四聚体。这两种亚基以不同的比例组成五种同工酶，分别为：LDH₁ (H₄)、LDH₂ (H₃M)、LDH₃ (H₂M₂)、LDH₄ (HM₃) 和 LDH₅ (M₄)。(图 2-3)

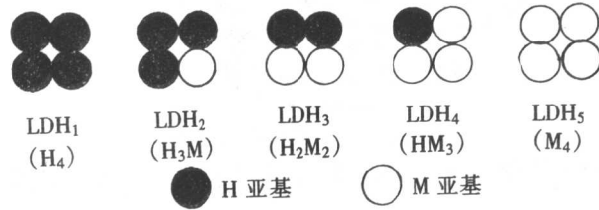


图 2-3 乳酸脱氢酶同工酶的分子组成

LDH 同工酶在各组织分布和含量有很大差异，可形成各组织特有的同工酶谱。如心肌中 LDH₁ 活性最高，而肝和骨骼肌中 LDH₅ 活性较高。在人体内，LDH 同工酶的分布见表 2-2。若某一组织器官发生病变，LDH 被释放入血，导致血清 LDH 酶谱发生改变。故临床上分析血清同工酶谱，有助于对某些疾病的诊断和鉴别诊断。例如，心肌梗死或心肌细

胞损伤时,可使血清 LDH₁ 含量明显增高,而肝细胞受损时可使血清 LDH₅ 含量明显升高。

表 2-2 人体几种组织 LDH 同工酶谱

组织器官	LDH ₁	LDH ₂	LDH ₃ (占总 LDH 活性的%)	LDH ₄	LDH ₅
心	35~70	28~45	2~16	0~6	0~5
红细胞	39~46	36~56	11~15	4~5	2
脑	21~25	21~26	36~54	15~20	2~8
肝	0~8	2~10	3~33	6~27	30~85
骨骼肌	1~10	4~18	8~38	9~36	40~97
正常血清	27.1±2.8	34.7±4.3	20.9±2.4	11.7±3.3	57±2.9

第三节 影响酶促反应速度的因素

一切有关酶活性的研究,均以测定酶促反应的速度为依据。酶促反应的速度受多种因素的影响,主要有:酶浓度、底物浓度、温度、pH、激活剂和抑制剂等。

一、酶浓度的影响

在最适合的条件和底物浓度足够大时,酶促反应速度与酶浓度呈正比,如图 2-4 所示。

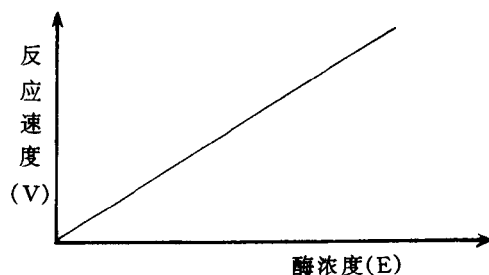


图 2-4 酶浓度对酶促反应速度的影响

二、底物浓度的影响

在温度、pH和酶浓度恒定的条件下,底物浓度与酶促反应速度的关系可用图2-5表示。

底物浓度 [S] 很低时,反应速度随 [S] 的增加而增加,两者呈正比关系(曲线 a 段),表明酶活性中心未被 S 饱和。随着底物浓度继续加大,酶活性中心渐趋饱和,反应速度的增高和 [S] 就不再为成正比关系(曲线 b 段)。当底物增加至一定浓度时,酶分子均被 S 饱和,即所有 E 均与 S 结合为 ES,此时反应速度达到最大值,即使再增加底物,ES 浓度不再增加,反应速度趋于恒定(曲线 c 段)。

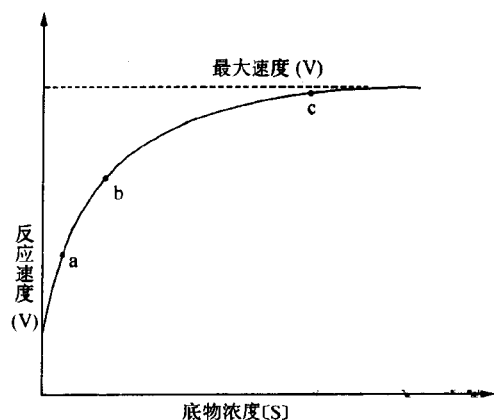


图 2-5 底物浓度对酶促反应速度的影响