

5 年制全国高等医学院校教材



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# Medical Immunology

# 医学免疫学

■ 安云庆 高晓明 主编



北京大学医学出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材  
北京市高等教育精品教材立项项目  
五年制全国高等医学院校教材

# 医学免疫学

主 编 安云庆 高晓明

编 委 (按姓氏笔画排序)

韦超凡 (中南大学湘雅医学院)

王福庆 (上海第二医科大学)

王润田 (河北医科大学)

安云庆 (首都医科大学)

陈海伦 (首都医科大学)

杨秋霞 (哈尔滨医科大学)

尚红生 (北京大学医学部)

姚 智 (天津医科大学)

高晓明 (北京大学医学部)

博晓真 ~~(内蒙古医学院)~~

北京大学医学出版社

# YIXUE MIANYIXUE

## 图书在版编目 (CIP) 数据

医学免疫学 / 安云庆, 高晓明主编. — 北京: 北京大学医学出版社, 2004  
ISBN 7-81071-337-X

I. 医... II. ①安...②高... III. 医药学: 免疫学—医学院校—教材 IV. R392

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 057355 号

## 医学免疫学

主 编: 安云庆 高晓明

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100083) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: [booksale@bjmu.edu.cn](mailto:booksale@bjmu.edu.cn)

印 刷: 北京佳信达印刷技术有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 安 林 责任校对: 焦 娴 责任印制: 郭桂兰

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 14.5 字数: 373 千字

版 次: 2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷 印数: 1-8000 册

ISBN 7-81071-337-X

定 价: 25.20 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

# 序

为了适应医学教育改革以及加强教材建改的需要，北京大学医学部、首都医科大学、天津医科大学、哈尔滨医科大学、内蒙古医学院等五所医学院校共同研究决定编写一套以本科五年制为基础的医学生教材。

出版这套教材的目的在于：

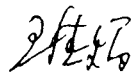
1. 教材内容要更新，以适应于面向 21 世纪医师的要求。近年来，医学科技突飞猛进，疾病谱发生了重大变化，疾病的预防、诊断、治疗的技术手段明显提高。新编写的教材一定要反映这些新的成果。

2. 医师的服务对象是人，医师不仅需要深厚的医学基础知识，临床学科的知识，还需要增加人文社会科学，比如卫生法学、卫生经济学、心理学、伦理学、沟通技巧与人际关系等。因此新编写教材应增加新的学科内容以及学科之间的融合和交叉。

3. 教育，包括医学教育要逐步走向全球化，我们培养的医师应得到国际认可。最近，世界医学教育联合会、美国中华医学基金会都制定出了医学教育的国际标准或人才培养的最低基本要求。这也为我们编写这套教材提供了一个参照系。

我们计划编写 30 多种教材，在主编和编者的人选方面精心挑选，既有学术知名度，又有丰富的教学经验，并且认真做到老中青结合。在内容、体例、形式、印刷、装帧等方面要有特色，力求有启发性以引起学生的兴趣，启发创新思维。要提高学生的英语水平，教材中体现英文专业词汇的使用，书后配英文专业词汇只读光盘。

在教材编写和教材建设工作中，目前教育部提出要百花齐放，打破过去一本教材一统天下的局面，我们希望这套教材能在竞争中脱颖而出。这套教材编写过程中得到北京大学医学出版社的大力支持，在此表示感谢！错误不足之处还希望同仁们批评指正。



## 五年制全国高等医学院校教材编审委员会

主任委员 王德炳

副主任委员 (按姓氏笔画)

吕兆丰 杨成旺 陈 熾 赵士斌 郝希山 程德基

秘书长 陆银道

委员 (按姓氏笔画)

马大庆 马明信 王正伦 王建中 王荣福 王晓燕

王嘉德 卢思奇 吕兆丰 朱文玉 仲生海 庄鸿娟

刘 斌 安 威 安云庆 毕力夫 孙衍庆 李 璞

李若瑜 李凌松 杨成旺 杨宝峰 杨照徐 辛 兵

谷鸿喜 宋诗铎 张文清 张金钟 张振涛 陆银道

陈 力 陈 熾 陈明哲 陈锦英 赵士斌 郝希山

娄建石 宫恩聪 贾建平 高秀来 唐 方 唐朝枢

曹德品 崔 浩 梁万年 韩德民 程 焱 程德基

童坦君 廖秦平 蔡景一 蔡焯基 樊立华 樊寻梅

戴 红

# 前 言

根据中华人民共和国教育部教高函[2002]17号文件和北京市教育委员会京教高函[2002]14号文件,该本《医学免疫学》教材被列为普通高等教育“十五”国家级规划教材和北京市高等教育精品教材建设项目。本教材主要使用对象是全国医药院校五年制学生和临床医学本科七年制学生,也适用于从事相关医学研究的科技和医务工作者。为此,我们在教材编写上力求体现三基(即基础理论、基本知识和基本技能)和五性(即思想性、科学性、先进性、启发性和实用性),尽可能使本教材更加符合教学大纲的要求和21世纪医学人才培养目标的需要。

免疫学是生命科学发展的前沿学科,其发展日新月异,现已成为一门独立的学科,并广泛渗透到其他基础医学和临床医学各领域之中。医学免疫学是基础医学的一门重要主干桥梁课程,学好此门课程对医学生至关重要。但多年教学实践发现,医学免疫学存在难“教”和难“学”的现象。为此,编者在认真学习国内外医学免疫学教材和相关文献资料基础上,根据自身多年的教学经验,并针对国内高等医学院校医学本科生教学的现状,对医学免疫学教材的章节设置和内容编排做了较大改动,使之有助于教师和学生使用。教材主要特点如下:

一:根据认知规律,合理安排各章节内容,努力做到循序渐进,前后呼应,避免“概念堆砌”和“逻辑无序”。

二:在保证教材系统性和完整性基础上,精简内容,突出重点、难点,对基础理论和基本概念务求讲解透彻清楚。

三:全书体例规范,专业术语统一,文字表达准确无误,力求简明通顺,通俗易懂。

四:精心编排书中重叠/交叉的内容,使之按照逻辑联系、由浅入深展示给读者,避免相同内容的简单重复。

五:注重知识更新,如书中增添《固有免疫应答》一章,对现代免疫学新进展、新理论有一定的体现。

六:精心绘制大量图表,进行归纳总结,加深和强化读者对所学知识的理解和记忆。

七:强化学生专业英语词汇的学习,书后附英语专业词汇中英文对照表和英文主要参考书目。

本教材是在国内八所医学院校具有丰富免疫学教学经验的教授共同努力下完成的。但由于本教材在章节和内容等方面有较大改革,书中内容的取舍和深度以及表达的方式未必完全符合对医学免疫学的认知规律和要求。此外,鉴于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请使用本教材的广大师生给予批评指正,多提宝贵意见,以便今后不断完善,使其更加符合教学和培养人才的需要。

安云庆 高晓明

2004年7月26日

# 目 录

第一章 绪论	1
第一节 医学免疫学概述	1
一、免疫与免疫学	1
二、免疫系统及其功能	1
三、免疫的类型和作用特点	3
四、适应性免疫应答及其过程	3
第二节 免疫学发展简史和重要成就	4
一、免疫学开创期 (16 ~ 17 世纪)	4
二、传统免疫学时期 (18 ~ 20 世纪初)	4
三、近代免疫学时期 (20 世纪中叶)	5
四、现代免疫学时期 (20 世纪 60 年代初至今)	5
第三节 20 世纪获得诺贝尔奖的免疫学家及其贡献	7
第二章 抗原	8
第一节 影响抗原免疫原性的因素	8
一、抗原理化特性的影响	8
二、宿主因素的影响	9
三、免疫方法的影响	9
第二节 抗原的特异性	10
一、抗原决定基	10
二、抗原决定基的分类	11
三、抗原结合价	12
四、共同抗原和交叉反应	12
第三节 抗原的种类	13
一、根据抗原性能分类	13
二、根据诱导抗体产生是否需要 T 细胞辅助分类	13
三、根据抗原与机体的亲缘关系分类	13
四、白细胞分化抗原	15
五、其他分类方法	15
第四节 超抗原, 丝裂原和佐剂	15
一、超抗原	15
二、丝裂原	16
三、佐剂	16
第三章 免疫球蛋白和抗体	17
第一节 免疫球蛋白的结构	17
一、免疫球蛋白的基本结构	17



二、免疫球蛋白的功能区及其主要功能 .....	18
三、J 链和分泌片 .....	19
四、免疫球蛋白的水解片段 .....	19
第二节 免疫球蛋白的血清型 .....	20
一、同种型 .....	21
二、同种异型 .....	21
三、独特型 .....	22
第三节 免疫球蛋白的生物学特性 .....	22
一、免疫球蛋白的主要功能 .....	22
二、各类免疫球蛋白的主要特性和功能 .....	24
第四节 多克隆抗体和单克隆抗体 .....	27
一、多克隆抗体 .....	27
二、单克隆抗体 .....	28
第五节 免疫球蛋白的基因结构及其表达 .....	28
一、免疫球蛋白胚系基因及其定位 .....	28
二、人类 Ig 胚系基因结构及其重排和表达 .....	29
三、免疫球蛋白的类别转换 .....	30
第六节 免疫球蛋白超家族 .....	31
一、免疫球蛋白超家族分子结构特点 .....	31
二、免疫球蛋白超家族主要成员及其分布和识别的分子 .....	31
<b>第四章 补体系统</b> .....	<b>33</b>
第一节 概述 .....	33
一、补体系统的组成 .....	33
二、补体系统的命名和理化性质 .....	33
第二节 补体系统的激活 .....	34
一、经典途径的激活过程 .....	34
二、甘露聚糖结合凝集素途径的激活过程 .....	36
三、旁路途径的激活过程 .....	37
第三节 补体活化的调节 .....	38
一、可溶性补体调节蛋白及其主要作用 .....	38
二、膜结合调节蛋白及其主要作用 .....	38
第四节 补体受体及其作用 .....	39
第五节 补体的主要生物学作用 .....	40
一、溶菌和细胞溶解作用 .....	40
二、调理作用 .....	40
三、免疫复合物清除作用 .....	40
四、炎症介质作用 .....	40
五、参与特异性免疫应答 .....	40
<b>第五章 细胞因子</b> .....	<b>41</b>
第一节 细胞因子及其受体概述 .....	41



一、细胞因子的分类 .....	41
二、细胞因子受体 .....	42
第二节 细胞因子的共同特性和主要生物学作用 .....	43
一、细胞因子的共同特性 .....	43
二、细胞因子的主要生物学作用 .....	45
第三节 细胞因子各论 .....	47
一、白细胞介素的主要来源和生物学功能 .....	47
二、Ⅱ型干扰素的主要生物学功能 .....	49
三、肿瘤坏死因子及其主要的生物学功能 .....	49
四、集落刺激因子的主要来源和生物学功能 .....	49
五、趋化性细胞因子及其生物学功能 .....	50
六、转化生长因子- $\beta$ 及其主要的生物学功能 .....	50
第四节 细胞因子与疾病的关系和在疾病防治中的应用 .....	51
一、细胞因子与疾病的关系 .....	51
二、细胞因子在临床疾病防治中的应用 .....	51
<b>第六章 主要组织相容性复合体及其编码的抗原系统 .....</b>	<b>53</b>
第一节 HLA 复合体及其产物 .....	53
第二节 HLA I类和Ⅱ类抗原分子的结构 .....	55
一、HLA - I类抗原分子的结构 .....	55
二、HLA - Ⅱ类抗原分子的结构 .....	55
第三节 HLA - I类和Ⅱ类抗原分子的分布和主要功能 .....	56
一、HLA - I类和Ⅱ类抗原分子的分布 .....	56
二、HLA - I类和Ⅱ类抗原分子的主要生物学功能 .....	56
第四节 HLA 复合体的遗传特征 .....	57
一、单倍型遗传 .....	57
二、多态性现象 .....	58
第五节 HLA 在医学上的意义 .....	59
一、HLA 与同种器官移植的关系 .....	59
二、HLA 与输血反应的关系 .....	59
三、HLA 与疾病的相关性 .....	59
四、HLA 异常表达与疾病的关系 .....	60
五、HLA 与法医学的关系 .....	60
<b>第七章 免疫器官的组成和主要作用 .....</b>	<b>61</b>
第一节 中枢免疫器官 .....	61
一、骨髓 .....	61
二、胸腺 .....	63
第二节 外周免疫器官 .....	65
一、淋巴结 .....	65
二、脾脏 .....	66
三、黏膜相关淋巴组织 .....	67

第八章 适应性免疫的组成细胞 .....	69
第一节 T 淋巴细胞 .....	69
一、T 细胞表面分子及其功能 .....	69
二、T 细胞亚群及其功能 .....	73
第二节 B 淋巴细胞 .....	75
一、B 细胞表面分子及其功能 .....	76
二、B2 细胞的主要生物学特征和功能 .....	78
第九章 固有免疫的组成细胞 .....	80
第一节 吞噬细胞 .....	80
一、识别、清除病原体等抗原性异物 .....	81
二、参与和促进炎症反应 .....	82
三、对肿瘤和病毒感染等靶细胞的杀伤作用 .....	83
四、加工提呈抗原, 启动特异性免疫应答 .....	83
五、免疫调节作用 .....	83
第二节 树突状细胞 .....	83
第三节 自然杀伤细胞 .....	84
一、NK 细胞表面与其杀伤活化和杀伤抑制有关的受体 .....	84
二、NK 细胞杀伤靶细胞的作用机制 .....	88
第四节 NK T 细胞 .....	89
第五节 $\gamma\delta$ T 细胞及其作用 .....	89
第六节 B1 细胞及其作用 .....	90
第七节 其他固有免疫细胞 .....	91
一、嗜酸性粒细胞 .....	91
二、嗜碱性粒细胞和肥大细胞 .....	91
第十章 适应性免疫应答 .....	92
第一节 概述 .....	92
一、适应性免疫应答的概念 .....	92
二、适应性免疫应答的类型 .....	92
三、适应性免疫应答发生的场所 .....	92
四、适应性免疫应答的基本过程 .....	92
五、适应性免疫应答的主要特性 .....	92
第二节 抗原提呈细胞及其对抗原的加工处理和提呈 .....	93
一、抗原提呈细胞 .....	93
二、抗原提呈细胞对抗原的加工处理和提呈 .....	93
第三节 T 细胞和 B 细胞的激活 .....	95
一、T 细胞与 APC 的相互作用和 T 细胞活化信号的产生 .....	95
二、B 细胞与 Th 细胞的相互作用及其活化信号的产生 .....	97
第四节 T 细胞和 B 细胞活化的信号转导途径 .....	98
一、T 细胞活化的信号转导途径 .....	98
二、B 细胞活化的信号转导途径 .....	99

第五节 B 细胞介导的体液免疫应答 .....	101
一、TD 抗原诱导的体液免疫应答 .....	101
二、TI 抗原引起的体液免疫应答 .....	103
三、抗体产生的一般规律——初次应答和再次应答 .....	103
第六节 T 细胞介导的细胞免疫应答 .....	104
一、CD4 <sup>+</sup> 效应 Th1 细胞的形成和主要生物学作用 .....	104
二、CD8 <sup>+</sup> 效应 CTL 细胞形成和主要生物学作用 .....	105
<b>第十一章 固有免疫应答 .....</b>	<b>108</b>
第一节 参与固有免疫的组织、细胞和效应分子 .....	108
一、组织屏障及其作用 .....	108
二、固有免疫细胞及其主要作用 .....	108
三、固有免疫效应分子及其主要作用 .....	109
第二节 固有免疫应答的作用时相 .....	110
一、瞬时固有免疫应答阶段 .....	110
二、早期固有免疫应答阶段 .....	111
三、适应性免疫应答诱导阶段 .....	111
第三节 固有免疫应答的特点及其与适应性免疫应答的关系 .....	111
一、固有免疫应答的特点 .....	111
二、固有免疫应答与适应性免疫应答的关系 .....	114
<b>第十二章 免疫耐受 .....</b>	<b>116</b>
第一节 免疫耐受的发现和人工诱导的免疫耐受 .....	116
一、天然免疫耐受现象 .....	116
二、人工诱导的免疫耐受 .....	116
第二节 免疫耐受的细胞学基础和特点 .....	117
一、免疫耐受的细胞学基础 .....	117
二、T、B 细胞免疫耐受的特点 .....	118
第三节 影响免疫耐受形成的因素 .....	119
一、抗原因素 .....	119
二、机体因素 .....	119
第四节 免疫耐受的形成机制 .....	120
一、中枢免疫耐受机制 .....	120
二、外周免疫耐受机制 .....	121
第五节 研究免疫耐受的意义 .....	123
<b>第十三章 免疫应答的调节 .....</b>	<b>124</b>
第一节 抗原和抗体对免疫应答的调节作用 .....	124
一、抗原对免疫应答的调节作用 .....	124
二、抗体或抗原-抗体复合物对免疫应答的负反馈调节作用 .....	124
第二节 免疫细胞对免疫应答的调节作用 .....	127
一、免疫细胞通过分泌细胞因子对免疫应答的调节作用 .....	127
二、免疫细胞表面抑制性受体介导的负反馈调节作用 .....	128

第三节 细胞凋亡对免疫应答的负反馈调节作用 .....	128
一、Fas 和 FasL 介导的淋巴细胞凋亡 .....	129
二、Fas-FasL 介导的凋亡信号的转导过程 .....	129
第四节 神经 - 内分泌 - 免疫网络的调节作用 .....	130
一、神经内分泌对免疫应答的调节 .....	130
二、免疫系统对神经内分泌系统的调节 .....	131
<b>第十四章 超敏反应 .....</b>	<b>132</b>
第一节 I 型超敏反应 .....	132
一、参与 I 型超敏反应的主要成分和细胞 .....	132
二、I 型超敏反应的发生过程和发生机制 .....	133
三、临床常见的 I 型超敏反应性疾病 .....	135
四、I 型超敏反应防治原则 .....	136
第二节 II 型超敏反应 .....	136
一、II 型超敏反应的发生机制 .....	137
二、临床常见的 II 型超敏反应性疾病 .....	137
第三节 III 型超敏反应 .....	138
一、III 型超敏反应的发生机制 .....	138
二、临床常见的 III 型超敏反应性疾病 .....	140
第四节 IV 型超敏反应 .....	141
一、IV 型超敏反应的发生机制 .....	141
二、临床常见的 IV 型超敏反应性疾病 .....	142
<b>第十五章 自身免疫与自身免疫病 .....</b>	<b>143</b>
一、自身免疫耐受 .....	143
二、自身免疫病的一般特点 .....	144
三、自身免疫细胞激活的机制 .....	145
四、遗传、环境与自身免疫病 .....	147
五、自身免疫病及其动物模型 .....	149
六、自身免疫病的治疗 .....	151
<b>第十六章 免疫缺陷病 .....</b>	<b>153</b>
第一节 原发性免疫缺陷病 .....	153
一、原发性 B 细胞缺陷病 .....	153
二、原发性 T 细胞缺陷病 .....	154
三、联合免疫缺陷病 .....	154
四、补体系统缺陷 .....	156
五、吞噬细胞缺陷 .....	157
第二节 获得性免疫缺陷综合征 .....	157
一、HIV/AIDS 的流行情况 .....	157
二、HIV 对靶细胞的感染 .....	157
三、HIV 对免疫细胞的损伤机制 .....	158
四、HIV 感染的临床分期和主要特征 .....	158

五、AIDS 的预防和治疗 .....	159
第三节 免疫缺陷病的临床治疗原则 .....	159
一、抗感染 .....	159
二、骨髓移植和干细胞移植 .....	159
三、基因治疗 .....	159
四、输入免疫球蛋白或免疫细胞 .....	159
<b>第十七章 移植免疫 .....</b>	<b>160</b>
一、基本概念和术语 .....	160
二、同种异体移植排斥反应的本质 .....	160
三、诱导移植排斥反应的同种异型抗原 .....	161
四、同种异型抗原的提呈和识别 .....	161
五、同种异体移植排斥反应的类型 .....	162
六、同种异体移植排斥反应的防治 .....	163
<b>第十八章 肿瘤免疫 .....</b>	<b>165</b>
第一节 肿瘤抗原 .....	165
一、根据肿瘤抗原特异性的分类方法 .....	165
二、根据肿瘤抗原产生机制的分类方法 .....	167
第二节 机体抗肿瘤免疫效应机制 .....	167
一、适应性（特异性）抗肿瘤免疫应答 .....	168
二、固有（非特异性）免疫应答 .....	169
第三节 肿瘤免疫逃逸机制 .....	169
一、肿瘤细胞自身因素 .....	169
二、宿主自身的因素 .....	170
第四节 肿瘤的免疫诊断和治疗 .....	170
一、肿瘤的免疫诊断 .....	170
二、肿瘤的免疫治疗 .....	170
<b>第十九章 免疫学检测技术及其应用 .....</b>	<b>172</b>
第一节 抗原或抗体的体外检测 .....	172
一、抗原 - 抗体反应的特点 .....	172
二、抗原 - 抗体反应的影响因素 .....	173
三、抗原 - 抗体反应类型和检测方法 .....	173
第二节 免疫细胞的检测 .....	184
第三节 免疫细胞功能测定 .....	185
一、淋巴细胞功能测定 .....	185
二、吞噬细胞功能测定 .....	187
<b>第二十章 免疫学防治 .....</b>	<b>189</b>
第一节 人工免疫 .....	189
一、人工免疫的概念和种类 .....	189
二、用于人工主动免疫的传统生物制品 .....	189
三、新型疫苗及其应用 .....	190

四、计划免疫和预防接种注意事项 .....	191
第二节 免疫治疗 .....	192
一、抗体为基础的免疫治疗 .....	192
二、细胞为基础的免疫治疗 .....	193
三、药物为基础的免疫治疗 .....	193
附录 1 人 CD 分子的主要特征 .....	195
附录 2 医学免疫学词汇中英文对照 .....	207
参考书 .....	215

# 第一章 绪 论

## 第一节 医学免疫学概述

### 一、免疫与免疫学

免疫 (immunity) 一词来源于拉丁文 *immunis*, 其原意是免除赋税或差役, 在医学上引申为免除瘟疫, 即抗御传染病的能力。随着免疫学研究的发展, 人们对免疫的概念有了新的认识。现代“免疫”的概念是指机体免疫系统识别“自己”和“非己”, 对自身成分产生天然免疫耐受, 对非己异物产生排除作用的一种生理反应。正常情况下, 此种生理反应可维持机体内环境稳定, 产生对机体有益的保护作用。在有些情况下, 免疫超常或低下也能产生对机体有害的结果, 如引发过敏反应、自身免疫病和肿瘤等。

免疫学是生命科学的一个重要组成部分, 是研究免疫系统的组织结构和生理功能的一门学科。免疫学起始于医学微生物学, 以研究抗感染免疫为主, 现已广泛渗透到医学科学的各个领域, 发展成为一个具有多个分支和与其他多个学科交叉融合的生物科学。医学免疫学 (medical immunology) 是研究人体免疫系统的组成和功能、免疫应答的规律和效应、免疫功能异常所致疾病及其发生机制以及免疫学诊断与防治的一门生物科学。

### 二、免疫系统及其功能

免疫系统是机体执行免疫功能的组织系统, 由免疫器官、免疫细胞和免疫分子三部分组成。

#### (一) 免疫器官

免疫器官由中枢免疫器官和外周免疫器官组成。人和哺乳动物的中枢免疫器官包括骨髓和胸腺; 骨髓是造血器官, 也是B淋巴细胞发育成熟的场所; 胸腺是T淋巴细胞发育成熟的场所 (详见第七章)。外周免疫器官主要包括淋巴结、脾脏和黏膜相关的淋巴组织, 它们是成熟T、B淋巴细胞寄居和接受抗原刺激后产生免疫应答的主要场所 (详见第七章)。

#### (二) 免疫细胞

免疫细胞泛指所有参加免疫应答或与免疫应答有关的细胞及其前体细胞, 主要包括造血干细胞、单核-巨噬细胞、树突状细胞, T、B淋巴细胞, NK细胞、粒细胞、肥大细胞和红细胞等。

1. 参与和执行适应性 (特异性) 免疫应答的细胞: 主要包括抗原提呈细胞,  $\alpha\beta$ T 细胞和 B2 细胞。抗原提呈细胞 (antigen-presenting cell, APC) 是一类具有摄取、加工处理抗原, 并能通过细胞内 MHC 分子将加工处理后形成的抗原肽运送到细胞表面, 供抗原特异性淋巴细胞识别结合, 启动免疫应答的细胞。抗原提呈细胞可分为专职 APC 和非专职 APC 两大类, 前者主要包括树突状细胞 (dendritic cells, DC) 和巨噬细胞; 后者主要包括内皮细胞、上皮细胞、某些肿瘤和病毒感染的细胞。

$\alpha\beta$ T 细胞和 B2 细胞即通常所说的 T、B 淋巴细胞。此类 T、B 淋巴细胞表面具有特异性抗原受体, 即 T 细胞受体 (T cell receptor, TCR) 和 B 细胞受体 (B cell receptor, BCR)。每个 T 细胞和 B 细胞只表达一种 TCR 或 BCR, 只能识别结合一种与之相对应的抗原分子。T 细胞表面的 TCR 不能直接识别结合抗原分子, 只能识别结合被抗原提呈细胞 (APC) 摄取/加工处理

后,以抗原肽形式表达于APC表面的抗原分子,即抗原肽-MHC分子复合物。B细胞则可通过表面BCR直接识别结合相应的抗原分子,而无需抗原提呈细胞参与。T/B淋巴细胞识别结合抗原后,可启动特异性细胞和/或体液免疫应答,产生免疫效应。

2. 参与固有(非特异)免疫应答的细胞:主要包括单核/巨噬细胞、树突状细胞、NK细胞和粒细胞等(详见第九章)。此类免疫细胞不表达特异性抗原识别受体,但能表达可直接识别结合病原体表面某些共有特定分子的受体—模式识别受体。他们对病原微生物等非己异物的识别缺少专一性,即对各种病原微生物和其他抗原性异物均可识别,并迅速产生免疫应答,发挥吞噬、杀菌等非特异性抗感染免疫作用,在特异性免疫应答的启动和效应阶段也发挥重要作用。根据分布、表面标志和功能,固有免疫细胞还包括 $\gamma\delta$ T细胞、NKT细胞和B<sub>1</sub>细胞。

### (三) 免疫分子

免疫分子包括由浆细胞合成分泌的抗体(详见第三章),多种器官和细胞分泌的补体(详见第四章)和细胞因子(详见第五章),及表达于细胞膜表面参与免疫应答和发挥免疫效应的各种膜型分子,如主要组织相容性抗原-MHC分子(详见第六章)、特异性抗原受体和分化群-CD分子等(详见第八、九章)。

1. 抗体(antibody, Ab):是B细胞接受抗原刺激,增殖分化为浆细胞后,合成分泌的一种具有免疫功能的球蛋白。他们能与相应抗原(如病原微生物)特异性结合,并在补体、吞噬细胞和NK细胞参与下,产生溶菌、促进吞噬杀菌和抗体依赖细胞介导的细胞毒作用等生物学效应。

2. 补体(complement, C):是正常存在于血清、组织液和细胞膜表面的一组不耐热的蛋白质,又称补体系统。生理条件下,存在于血清和组织液中的补体成分通常以酶原或无活性形式存在。当病原微生物进入体内或抗原与抗体在体内结合形成抗原-抗体免疫复合物时,可使补体系统激活,产生细胞/细菌溶解作用、促进吞噬的调理作用、炎症介质和免疫调节等作用。

3. 细胞因子(cytokine, CK):是由多种细胞,特别是活化免疫细胞合成分泌的一类具有多种生物学活性的小分子蛋白。细胞因子在免疫细胞分化发育、免疫应答及其调节、炎症反应和组织修复等过程中发挥重要作用。

4. 主要组织相容性抗原(MHC分子):在人和哺乳动物细胞内质网中形成,广泛分布于有核细胞表面。生理条件下,MHC分子的主要功能是结合、提呈抗原肽,启动特异性免疫应答。

5. 分化群(cluster of differentiation):即CD分子,是用单克隆抗体识别鉴定的存在于免疫细胞表面的膜分子。CD分子种类很多,具有多种功能,也可作为细胞表面标志,通过检测对免疫细胞进行鉴定。如表达于T细胞表面的TCR-CD3复合受体分子,其主要作用是转导TCR识别抗原后产生的活化信号,同时也是T细胞表面特有的、能与其他免疫细胞相鉴别的表面标志。

### (四) 免疫的主要功能

正常情况下,免疫系统所执行的免疫功能可维持机体内环境相对稳定,具有保护性作用;免疫功能异常时,可产生病理性免疫损伤作用。免疫系统通过对“自己”或“非己”的识别和应答,可发挥如下三种功能(表1-1)。

1. 免疫防御(immunologic defence):是机体抗御、清除病原微生物等外来抗原性异物侵袭的一种免疫保护功能,即通常所指的抗感染免疫作用。免疫防御反应异常增高可引发超敏反应;反应过低或缺失,则可引发免疫缺陷病或对病原体高度易感。



2. 免疫自稳 (immunologic homeostasis): 是机体免疫系统及时清除体内衰老、损伤或变性细胞, 而对自身成分处于耐受状态, 以维持内环境相对稳定的一种生理功能。免疫自稳功能失调, 可引发自身免疫性疾病。

3. 免疫监视 (immunologic surveillance): 是机体免疫系统及时识别、清除体内突变细胞和病毒感染细胞的一种生理性保护作用。免疫监视功能失调, 可引发肿瘤或病毒持续性感染。

表 1-1 免疫系统的功能及其生理和病理表现

主要功能	生理表现	病理表现
免疫防御	抗感染免疫作用	超敏反应 (过高) 免疫缺陷病 (过低)
免疫自稳	清除衰老或损伤细胞 维持自身耐受	自身免疫性疾病
免疫监视	清除突变细胞或病毒感染细胞	肿瘤或持续性病毒感染

### 三、免疫的类型和作用特点

根据种系和个体免疫系统的发育过程及免疫应答的效应机制和作用特点, 可将机体的免疫分为固有免疫和适应性免疫两种类型。

1. 固有免疫 (innate immunity): 又称天然免疫 (natural immunity) 或非特异性免疫 (nonspecific immunity), 是机体在长期种系发育和进化过程中逐渐形成一种天然防御功能。固有免疫经遗传获得, 与生俱有, 对各种侵入的病原体或其他抗原性异物可迅速应答, 产生非特异抗感染免疫作用, 同时在特异性免疫应答的启动和效应阶段也起重要作用。固有免疫应答系统主要包括: 组织屏障 (如皮肤黏膜及其附属成分组成的物理和化学屏障), 固有免疫细胞 (如吞噬细胞、树突状细胞和 NK 细胞), 固有免疫分子 (如补体、细胞因子和具有抗菌作用的多肽、蛋白质、酶类物质等)。

2. 适应性免疫 (adaptive immunity): 又称获得性免疫 (acquired immunity) 或特异性免疫 (specific immunity), 是机体在生活过程中, 接受病原微生物等抗原性异物刺激后产生的, 只对相应特定病原体等抗原性异物起作用的防御功能。执行适应性免疫应答的细胞是表面具有特异性抗原识别受体的 T/B 淋巴细胞, 此种抗原特异性淋巴细胞被相应抗原激活后, 须经克隆扩增, 进而分化为效应细胞方能发挥特异性免疫作用。此外, 此种 T/B 淋巴细胞在免疫应答过程中可产生免疫记忆, 即形成长寿记忆细胞, 当再次与相应抗原相遇时能迅速产生应答, 发挥免疫作用。

### 四、适应性免疫应答及其过程

#### (一) 适应性免疫应答及其类型

病原微生物等非己抗原性异物在体内, 可被表面具有相应抗原受体 (TCR/BCR) 的 T、B 淋巴细胞识别结合, 从而启动适应性 (特异性) 免疫应答。T 细胞接受抗原刺激、增殖分化为效应 T 细胞后, 通过释放细胞因子或细胞毒性介质, 介导产生的免疫应答称为特异性细胞免疫应答; B 细胞接受抗原刺激, 增殖分化为浆细胞后, 通过分泌抗体介导产生的免疫应答称为特异性体液免疫应答。

#### (二) 适应性免疫应答的过程