



21世纪医学专业“十二五”规划新教材
高等医药教材编写组“十二五”规划教材

免疫学与病原生物学

MIAN YI XUE YU BING YUAN SHENG WU XUE

谢荣华 盘 箴 杨尚君 刘 欢 主 编

0101101010101010111010110

0101101010101010111

01011010101010101

0101101010101010111



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS



21世纪医学专业“十二五”规划新教材
高等医药教材编写组“十二五”规划教材

免疫学与病原生物学

主编 谢荣华 盘 箫 杨尚君 刘 欢



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

免疫学与病原生物学 / 谢荣华等主编. —北京: 科学技术文献出版社, 2014. 1

ISBN 978 - 7 - 5023 - 8513 - 2

I. ①免… II. ①谢… III. ①医药学—免疫学—高等职业教育—教材②病原微生物—高等职业教育—教材 IV. ①R392②R37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 286708 号

免疫学与病原生物学

策划编辑:付秋玲 责任编辑:付秋玲 责任校对:赵文珍 责任出版:张志平

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路 15 号 邮编 100038
编 务 部 (010)58882938, 58882087(传真)
发 行 部 (010)58882868, 58882874(传真)
邮 购 部 (010)58882873
官 方 网 址 <http://www.stdp.com.cn>
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 北京增富印务有限公司印刷
版 次 2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷
开 本 889 × 1194 1/16
字 数 570 千
印 张 16.25
书 号 ISBN 978 - 7 - 5023 - 8513 - 2
定 价 59.00 元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前言

为适应我国卫生事业改革和发展，培养更多能适应 21 世纪社会、经济和医学发展所需要的高级医学人才，进一步推动我国高等医学教育改革进程，提高教学质量，根据教育部、卫生部等有关部门以及全国高等医药教材建设研究会的指示精神，本教材遵循专业培养目标的要求，以工作岗位需要为标准，以服务临床为前提，淡化学科意识，全套教材整体化编写，以达到培养高素质职业技术人才的要求。

我们在编写中坚持三基（基本理论、基本知识、基本技能）、三特（特定对象、特定要求、特定限制）和五性（思想性、科学性、先进性、启发性、适应性）的编写原则，同时结合高等教育教学的特点，以“必须”、“够用”为原则。《免疫学与病原生物学》分三部分，第一部分是免疫学，第二部分是微生物学，第三部分是寄生虫学，本教材最大限度地吸纳和借鉴了其他版本教材的优点和经验，以及近年来的最新研究成果，并请具有丰富的临床实践的一线工作的老师参与编写，充分强调了教学目标，体现理论和实践相结合的原则，注重服务于医学的实用性。本教材保留了经典教材的重要内容和基础知识外，试图在教材编写模式上有所突破，如补体系统编排在免疫系统的免疫分子中、每一章后都有检测试题，并附有标准答案。教材版式新颖，在每章首页及不同内容的模板上添加蓝色底纹，给学生以直观、明了的视觉。

在教材编写过程中，得到了参编单位领导及众多学校和医院的大力支持，在此表示衷心的感谢。《免疫学与病原生物学》的出版是全体编委共同努力的结果。因编者水平有限，内容与文字方面的疏漏在所难免，敬请各位同行、专家、广大师生和临床医师批评指正，使之不断完善，并致谢意。

医学专业教材编写委员会

编委会

主 编 谢荣华 盘 箐 杨尚君 刘 欢
副主编 龚宗跃 左剑斌 高春妮 李贝晶 赵丽萍
贾淑平 周燕蓉

编 委 (排名不分先后)
龚宗跃 谢荣华 盘 箐 杨尚君 刘 欢
左剑斌 夏晓玲 李贝晶 贾淑平 周燕蓉
高春妮 赵丽萍

参编单位 (排名不分先后)
谢荣华 (湖南环境生物职业技术学院)
盘 箐 (永州职业技术学院)
杨尚君 (川北医学院)
刘 欢 (江西科技学院)
龚宗跃 (湖南中医药高等专科学校)
左剑斌 (湘潭职业技术学院)
李贝晶 (永州职业技术学院)
夏晓玲 (盐城卫生职业技术学院)
贾淑平 (廊坊卫生职业技术学院)
周燕蓉 (川北医学院)
高春妮 (陕西能源职业技术学院)
赵丽萍 (陕西能源职业技术学院)

目 录

第一部分 免疫学

第一章 免疫系统	2
第一节 免疫器官	2
第二节 免疫细胞	3
第三节 免疫分子	5
◎习 题	8
第二章 抗 原	10
第一节 抗原的概念及性能	10
第二节 构成抗原物质的条件	10
第三节 医学上重要的抗原	12
◎习 题	13
第三章 免疫球蛋白和抗体	16
第一节 抗体与免疫球蛋白的概念	16
第二节 免疫球蛋白的分子结构	16
第三节 五类免疫球蛋白的特性	17
第四节 免疫球蛋白的功能	18
第五节 人工制备的抗体类型	19
◎习 题	20
第四章 主要组织相容性复合体	22
◎习 题	24
第五章 免疫应答	25
第一节 概 述	25
第二节 体液免疫应答	26
第三节 细胞免疫应答	27
第四节 免疫耐受	29
◎习 题	29
第六章 抗感染免疫	31
第一节 非特异性免疫及其抗感染作用	31
第二节 特异性免疫及其抗感染作用	33
◎习 题	35



第七章 超敏反应	36
第一节 I 型超敏反应	36
第二节 II 型超敏反应	38
第三节 III 型超敏反应	39
第四节 IV 型超敏反应	41
◎习 题	42
第八章 免疫学应用	44
第一节 免疫学防治	44
第二节 免疫学诊断	45
◎习 题	48

第二部分 微生物学

第九章 细菌概述	50
第一节 细菌的形态与结构	50
第二节 细菌的生长繁殖与培养	58
第三节 细菌与外环境	64
第四节 细菌的变异	67
第五节 细菌的致病性与免疫	70
◎习 题	75
第十章 常见病原菌	82
第一节 球 菌	82
第二节 肠道杆菌	91
第三节 螺形菌	98
第四节 厌氧性细菌	101
第五节 分枝杆菌属	104
第六节 动物源性细菌	107
第七节 其他致病性细菌	110
◎习 题	113
第十一章 病毒概述	121
第一节 病毒的基本性状	121
第二节 病毒的感染与免疫	125
第三节 病毒感染的检查方法与防治原则	129
◎习 题	131
第十二章 常见病毒	133
第一节 呼吸道病毒	133
第二节 肠道病毒	138
第三节 肝炎病毒	141
第四节 逆转录病毒	148
第五节 虫媒病毒	151

第六节 疱疹病毒·····	153
第七节 其他病毒及朊粒·····	158
◎习 题·····	159
第十三章 真菌概述 ·····	162
第一节 真菌的生物学性状·····	162
第二节 真菌的致病性和免疫性·····	163
第三节 常见病原性真菌·····	164
第四节 真菌感染的微生物学检查及防治原则·····	166
◎习 题·····	167
第十四章 其他微生物 ·····	168
第一节 支原体·····	168
第二节 衣原体·····	169
第三节 立克次体·····	171
第四节 螺旋体·····	173
第五节 放线菌属与诺卡菌属·····	177
◎习 题·····	178
第三部分 寄生虫学	
第十五章 人体寄生虫学概论 ·····	180
第一节 寄生虫与宿主·····	180
第二节 寄生虫的主要种类·····	181
第三节 寄生虫的生物学特性·····	181
第四节 寄生虫与宿主的相互作用·····	182
第五节 寄生虫病的流行与防治·····	183
◎习 题·····	185
第十六章 线 虫 ·····	187
第一节 似蚓蛔线虫·····	187
第二节 毛首鞭形线虫·····	189
第三节 蠕形住肠线虫·····	190
第四节 十二指肠钩口线虫和美洲板口线虫·····	191
第五节 班氏吴策线虫和马来布鲁线虫·····	193
第六节 旋毛形线虫·····	195
◎习 题·····	197
第十七章 吸 虫 ·····	199
第一节 华支睾吸虫·····	199
第二节 布氏姜片吸虫·····	200
第三节 卫氏并殖吸虫·····	201
第四节 日本血吸虫·····	203
◎习 题·····	205



第十八章 绦 虫	207
第一节 链状带绦虫	207
第二节 肥胖带绦虫	209
第三节 细粒棘球绦虫	209
第四节 微小膜壳绦虫	211
第五节 曼氏迭宫绦虫	212
◎习 题	213
第十九章 医学原虫	215
第一节 概 述	215
第二节 溶组织内阿米巴	216
第三节 杜氏利什曼原虫	218
第四节 蓝氏贾第鞭毛虫	220
第五节 阴道毛滴虫	221
第六节 疟原虫	222
第七节 刚地弓形虫	225
◎习 题	226
第二十章 医学节肢动物	229
第一节 概 述	229
第二节 蚊	230
第三节 蝇	233
第四节 蜚	235
第五节 疥 螨	237
第六节 其他医学节肢动物	238
◎习 题	242
参考答案	243

第一部分 免疫学

免疫学基础概述

免疫是机体识别和排除抗原性异物，维持自身生理平衡和稳定的一种功能。免疫的功能是通过免疫应答来实现的，在通常情况下免疫应答对机体是有利的，如对病原生物感染可以产生一定的抵抗力；但在某些情况下，免疫功能一旦失调，则会产生异常的免疫应答，引起超敏反应、自身免疫性疾病和肿瘤等。

免疫的功能主要包括以下三个方面见表 1

表 1 免疫的三大功能及其表现

功能名称	正常表现（有利）	异常表现（有害）
免疫防御	清除病原微生物及其他抗原性异物	超敏反应（过高）；免疫缺陷病（低下）
免疫稳定	清除衰老、损伤细胞	自身免疫性疾病（失调）
免疫监视	清除突变的细胞，防止肿瘤发生	肿瘤发生（降低）

1. 免疫防御

是机体识别和排除外源性抗原异物如病原微生物、寄生虫等，使机体保持健康的一种功能。如这种功能低下，则可表现免疫缺陷病，机体可反复遭受到病原体感染；若过高，则可引起超敏反应，造成自身组织损伤或生理功能紊乱。

2. 免疫稳定

是机体识别和排除衰老、损伤的自身细胞，进行免疫调节，维持自身稳定的一种功能。若该功能失调，则可对自身细胞产生免疫应答，引起自身免疫性疾病。

3. 免疫监视

是机体识别和排除异常突变细胞的一种功能。正常人体内常有少量突变细胞生成，免疫系统可及时将其识别和清除，如果该功能降低，就会导致某些突变细胞过度增殖，形成肿瘤。

免疫学是研究机体免疫系统的组成、结构、功能，免疫应答的发生机制及免疫学在临床疾病诊断和防治中应用的一门科学。免疫学的兴起与发展，对当代医学和生物学均产生了深刻的影响。目前，免疫学已成为医学和生物学领域中的领军学科之一。

第一章 免疫系统

免疫系统是机体执行免疫功能的组织系统。是由免疫器官、免疫细胞和免疫分子组成，是完成机体免疫功能的物质基础。

第一节 免疫器官

免疫器官按功能分为中枢免疫器官和外周免疫器官，是指实现免疫功能的器官和组织。

一、中枢免疫器官

人类和哺乳动物的中枢免疫器官包括骨髓、胸腺，是免疫细胞产生、增殖、分化、成熟的场所。同时对外周免疫器官的发育和全身免疫起调节作用。

(一) 骨髓

是造血器官，是各种血细胞的发源地。骨髓的多能干细胞经过增殖和分化，成为髓样干细胞和淋巴干细胞，前者发育为红细胞系、粒细胞系、单核/巨噬细胞系和巨核细胞系等；后者发育为淋巴细胞系。骨髓的主要功能是造血，它又是 B 细胞分化、发育与成熟的唯一场所。

(二) 胸腺

出现于胚胎第九周，是发生最早的免疫器官。由骨髓产生的淋巴干细胞部分随血流运输到胸腺网状上皮细胞，在其产生的胸腺素等因子的作用下，分化成熟为胸腺依赖性淋巴细胞，简称 T 淋巴细胞或 T 细胞，所以胸腺是 T 细胞分化、成熟的场所。

二、外周免疫器官

外周免疫器官主要包括淋巴结（图 1-1）、脾脏及黏膜相关的淋巴组织，是免疫细胞定居和发生免疫应答的部位。脾脏是最大的外周免疫器官，有过滤血液、对血源性抗原产生免疫应答及提供免疫细胞居住等重要作用。

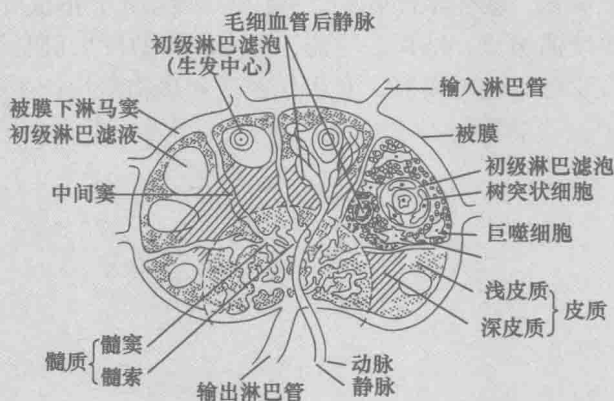


图 1-1 淋巴结的组织结构

第二节 免疫细胞

免疫细胞是体内参与免疫应答或与免疫应答有关细胞的总称。包括造血干细胞、淋巴细胞和单核吞噬细胞等。免疫活性细胞是指能接受抗原刺激并发生特异性免疫反应的淋巴细胞即 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞。

一、T 淋巴细胞

T 淋巴细胞是在胸腺中发育成熟的淋巴细胞，在外周血中占淋巴细胞总数的 65% ~ 80%，主要完成细胞免疫功能，同时也参与免疫调节。

(一) T 细胞表面标志

是存在 T 细胞表面的许多可供识别的多种膜分子，主要有以下两种。

1. T 细胞表面受体

(1) 抗原受体 (TCR)

抗原受体是 T 细胞表面能识别并结合抗原的一种结构。

(2) 绵羊红细胞受体 (又称 E 受体)

是人类 T 细胞特有的表面标志之一。将人类淋巴细胞与绵羊红细胞混合孵育，绵羊红细胞通过与 E 受体结合，在 T 细胞周围形成玫瑰花环状，故称玫瑰花环形成试验。临床常用此试验检测受试者外周血中 T 细胞数量，以了解机体细胞免疫状况。

(3) 促有丝分裂原受体

促有丝分裂原是指能非特异性刺激淋巴细胞而发生有丝分裂的物质。T 细胞表面促有丝分裂原受体较多，常见的有植物血凝素 (PHA) 及刀豆蛋白 A (ConA) 等。因此可以利用植物血凝素和刀豆蛋白 A 等活化 T 细胞，借此进行淋巴细胞转化试验，以判断机体的细胞免疫功能状态。

(4) 细胞因子受体 (CKR)

是能与 IL-1R、IL-2R、IL-4R、IL-6R 及 IL-8R 等细胞因子结合的物质。

2. T 细胞表面抗原

(1) HLA 抗原

是人类的主要组织相容性抗原，与器官移植有重要关系。

(2) 白细胞分化抗原 (CD 分子)

简称分化抗原。T 细胞表面表达的 CD3、CD4、CD8 等分子在 T 细胞特异性识别、激活和鉴别中发挥不同的生物学作用。

(二) T 细胞亚群

T 细胞表面所表达的分化抗原 (CD) 不同，表现出不同特性与功能，称为 T 细胞亚群，主要分为 CD4⁺T 和 CD8⁺T 两个亚群，并根据其功能不同分为辅助 T 细胞 (TH)、细胞毒性 T 细胞 (Tc 或 CTL)、调节性 T 细胞等。

1. CD4⁺T 细胞

为辅助性 T 细胞，占外周血 T 细胞的 2/3，具有辅助性和效应性功能。根据产生的细胞因子不同，分

为 Th1 和 Th2 两类。Th1 主要分泌 IFN- γ 细胞因子；引起炎症反应或迟发型超敏反应，又称炎性 T 细胞。Th2 释放细胞因子，辅助 B 细胞产生体液免疫应答。

2. CD8⁺T 细胞

主要指细胞毒性 T 细胞。其主要功能是特异性杀伤靶细胞，如肿瘤细胞和病毒感染的细胞，参与抗病毒感染、抗肿瘤和介导同种异体移植反应。

近年发现了某些具有免疫抑制作用的 T 细胞亚群，如 CD4⁺CD25⁺调节性 T 细胞，在免疫应答中起调节作用。

二、B 淋巴细胞

是在骨髓中分化成熟的，其表型特征是同时表达 mIgM 和 mIgD 等。在外周血中的含量占 10% ~ 15%，主要功能是产生体液免疫、递呈抗原和进行免疫调节作用。

(一) B 细胞表面标志

它们参与抗原识别、免疫细胞间及与细胞因子之间的作用，也是鉴别、分离 B 细胞的重要依据。主要有以下几种。

1. B 细胞表面受体

(1) 抗原受体 (BCR)

是存在于 B 细胞膜上的免疫球蛋白，称为膜表面免疫球蛋白 (SmIg)。膜表面免疫球蛋白的功能是作为 B 细胞表面的抗原受体，可与相应抗原特异性结合。

(2) IgG

Fc 受体：大多数 B 细胞具有能与 IgGFc 段结合的受体，有利于 B 细胞捕获结合抗原。

(3) 补体 C₃ 受体 (CR)

补体 C₃ 受体表达于成熟 B 细胞表面，该受体 (CR1、CR2) 与 C_{3b}、C_{3d} 结合，促进 B 细胞的活化，CR2 是 EB 病毒的受体。

(4) 丝裂原受体

B 细胞表面的促有丝分裂原主要是脂多糖 (LPS) 等，B 细胞受丝裂原刺激后，开始活化、增殖和分化。

2. B 细胞表面抗原

(1) HLA 抗原

B 细胞表面高效表达 HLA-I 类和 HLA-II 类抗原。HLA-II 类抗原对 B 细胞的活化及产生免疫应答具有重要作用。

(2) 白细胞分化抗原 (CD 抗原)

多种分化抗原参与 B 细胞活化、增殖和分化。

(二) B 细胞的亚群

分为 B1 和 B2 亚群，B2 亚群接受抗原刺激产生抗体时需要 T 细胞辅助，而 B1 亚群则不需要 T 细胞辅助。B 细胞主要功能有产生抗体、提呈抗原及分泌细胞因子参与免疫调节。产生的抗体可根据中和作用、调理作用及形成抗原-抗体-补体复合物等三种主要方式参与免疫反应。T 细胞与 B 细胞主要比较见表 1-1。

表 1-1 T 细胞和 B 细胞比较

项目	T 细胞	B 细胞
占外周血淋巴细胞总数	65% - 80%	10% - 15%
功能	细胞免疫, 免疫调节	体液免疫、免疫调节
抗原受体	TCR	BCR (SmIg)
E 受体	+	-
PHA 受体	+	-
IgGFc 受体	多数为 -	+
C3b 受体	-	+
LPS 受体	-	+

三、自然杀伤细胞

自然杀伤细胞 (NK 细胞) 是一群不需抗原刺激就能直接杀伤肿瘤细胞、被病毒或细菌感染的细胞、移植异体的组织细胞等的一类细胞。主要分布于外周血 (占淋巴细胞总数的 15%) 和脾脏中。

NK 细胞杀伤靶细胞的机制 释放穿孔素溶解靶细胞; 释放颗粒酶 (丝氨酸蛋白酶) 诱导靶细胞凋亡; NK 细胞表面带有 IgG 的 Fc 受体, IgG 与带抗原的靶细胞结合后, NK 细胞借助 Fc 受体与 IgG 结合, 发挥抗体依赖细胞介导的细胞毒作用 (ADCC) 等。

四、抗原提呈细胞

抗原提呈细胞 (APC) 是指能摄取抗原, 对抗原进行加工、处理成为多肽片段, 递呈给特异性淋巴细胞, 对免疫应答的发生和调节起重要作用的一类免疫细胞。主要包括有单核吞噬细胞、树突状细胞、并指状细胞等。

(一) 单核吞噬细胞

①吞噬杀伤作用; ②抗原处理与递呈作用; ③免疫调节作用。

(二) 树突状细胞 (DC)

其细胞膜向外伸出许多很长的树状突起, 可通过胞饮作用摄取抗原, 或利用其树突捕捉和滞留抗原, 是递呈抗原能力最强的 APC。DC 起源于多能干细胞, 广泛分布于机体所有组织和器官。可分为两种: ①并指状 DC: 是参与初次免疫应答的主要抗原递呈细胞, 通过其突起与周围 T 细胞密切接触, 有效将抗原递呈给 T 细胞。②滤泡 DC: 是参加再次免疫应答的主要抗原递呈细胞。可与抗原抗体复合物等结合, 使抗原长期滞留在细胞表面。DC 除递呈抗原外, 还参与 T 细胞在胸腺的分化发育, 分泌细胞因子参与免疫调节。

第三节 免疫分子

免疫分子是指参与免疫应答和免疫调节的一类分子结构, 主要包括有免疫球蛋白、细胞因子、补体系统, 现主要介绍细胞因子及补体系统。

一、细胞因子

细胞因子 (CK) 是指活化的淋巴细胞或其他非免疫细胞 (如血管内皮细胞、成纤维细胞、基质细胞等) 合成与分泌的一类具有多种生物效应的小分子多肽, 主要功能有调节细胞生理功能、介导炎症反应、

参与免疫应答和组织修复等。根据功能将目前已知的细胞因子分为白细胞介素、干扰素、肿瘤坏死因子、集落刺激因子、趋化性细胞因子、生长因子。

细胞因子的作用特点：①高效性 通常极低浓度下（ Pm ，即 $10^{-12} M$ ）就能发挥显著的生物学效应。②多效性和重叠性 一种细胞因子作用于不同的靶细胞出现多种生物学活性。多种细胞因子作用于同一细胞表面具有相同或相似的生物学效应。③协同性和多效性 一种细胞因子可强化另一细胞因子的功能称协同性。不同细胞因子对同一靶细胞的作用相反称为拮抗性。④作用方式的多样性 CK 通过自分泌即作用于自身产生细胞和旁分泌即作用于临近的靶细胞短暂性地在局部发挥作用。极少数以内分泌方式作用于远端的靶细胞发挥作用。

二、补体

补体是存在于人和脊椎动物血清及组织液中一组经活化后具有酶活性的与免疫有关的蛋白质，由 30 余种可溶性蛋白和膜结合蛋白组成，所以称为补体系统。在机体内广泛的参与免疫防御和免疫调节。

（一）补体的组成

补体按生物学功能分为以下三类。

1. 补体的固有成分

指存在于体液中参与补体激活的补体成分，包括 $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ …… $C9$ ，以及 B 因子、 D 因子、 P 因子等。

2. 补体调节蛋白

是存在于血浆中或细胞膜表面能够调控补体活化强度的补体成分，如 $C1$ 抑制物。

3. 补体受体

是存在于细胞膜表面，能与补体活性片段或调节蛋白结合，介导多种生物学效应的补体成分，如 $C3b$ 受体。

（二）补体的理化性质

补体固有成分主要由肝细胞、巨噬细胞合成。含量相对稳定，约占血清总蛋白的 5% ~ 6%，以 $C3$ 含量最高。补体性质不稳定易于失活。对热敏感 $56^{\circ}C$ 30min 即灭活，其在室温下很快失活， $0 \sim 10^{\circ}C$ 时其活性只能保持 3 ~ 4 天。故检测补体时，须用新鲜血清，且补体应保存在 $-20^{\circ}C$ 以下。

（三）补体的激活

补体的固有组分以酶原的形式存在，被激活后才能发挥免疫作用。补体的激活属级联反应，有三条途径：由抗原 - 抗体复合物结合启动 $C1$ 激活的途径称为经典途径；由病原微生物等提供接触表面，从 $C3$ 开始激活的途径称为旁途径；由甘露聚糖结合凝集素（ MBL ）、丝氨酸蛋白酶启动 $C2$ 、 $C4$ 、激活的途径称为 MBL 途径（见图 1-2、表 1-2）。

三、补体的生物学功能

补体活化后可产生多种生物学功能，主要包括膜攻击复合物（ MAC ）裂解细胞作用和补体活化过程中产生的各种片段的生物学效应。

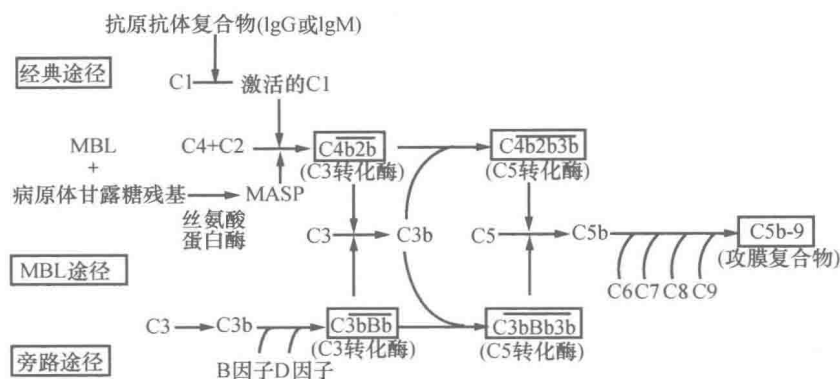


图 1-2 补体的激活途径

表 1-2 补体三条激活途径的比较

比较项目	经典途径	MBL 途径	旁路途径
激活物	抗原抗体复合物	MBL、丝氨酸蛋白酶	细菌脂多糖
参与成分	C1 - C9	C2 - C9	C3、C5 - C9 B、D、P 因子
激活顺序	C1、C2、C4、C3、C5 - C9	C2、C4、C3、C5 - C9	C3、B 因子、C5 - C9
C3 转化酶	C4b2b	C4b2b	C3bBb
C5 转化酶	C4b2b3b	C4b2b3b	C3bBb3b
作用	在特异性免疫的效应阶段发挥作用	在非特异性免疫的效应阶段发挥作用	参与非特异性免疫；在感染的早期发挥作用

(一) 溶细胞和溶菌作用

补体系统被激活后，在靶细胞表面形成膜攻击复合物，从而导致靶细胞溶解，这种作用因细胞种类不同，其效果亦有差异，如 G^- 菌、支原体、含脂蛋白包膜的病毒以及异体红细胞和血小板等对补体敏感； G^+ 菌则不敏感。被溶解的靶细胞既可为细菌等病原生物，也可为被病毒感染的组织细胞或各种自身血细胞。

(二) 补体活性片段的生物学效应

1. 调理作用

C3b、C4b 等与细菌、免疫复合物、病毒或其他细胞等颗粒物质结合，可促进吞噬细胞的吞噬作用，称为补体的调理作用。C3b、C4b 一端与靶细胞结合，另一端与带有相应受体的吞噬细胞结合，这些补体裂解片段使靶细胞和吞噬细胞两者连接起来，从而促进吞噬。

2. 引起炎症反应

C3a、C4a、C5a 被称为过敏毒素，与具有相应受体的嗜碱性粒细胞、肥大细胞表面结合后，激发细胞脱颗粒，释放组胺等血管活性介质，从而增强血管通透性、刺激内脏平滑肌收缩。过敏毒素也可直接与平滑肌结合并刺激其收缩。三种过敏毒素中，以 C5a 的作用最强。

C5a 又是中性粒细胞的趋化因子，吸引中性粒细胞循 C5a 的浓度变化作定向移动。

补体介导的急性炎症反应即有利于消除病原，也可能造成损害（如Ⅲ型变态反应）。



(三) 清除免疫复合物

正常机体随时都可能形成少量的免疫复合物 (IC)，循环的免疫复合物达到中等大小时沉积于血管壁，通过激活补体造成周围组织损伤。补体成分可参与免疫复合物的清除，因为补体与 Ig 结合可干扰 IgFc - Fc 段之间的相互作用，从而抑制新的免疫复合物形成，或使已形成的免疫复合物发生解离；循环中的免疫复合物可激活补体，产生的 C3b 与抗体共价结合，免疫复合物借助 C3b 与具有相应受体的红细胞结合，并通过血流运送到肝、脾等处而被清除。

(四) 免疫调节作用

补体对免疫应答的调节通过几个环节实现：①C3 可参与捕捉、固定抗原，使抗原易被抗原提呈细胞处理和提呈；②补体成分可与多种免疫细胞相互作用，调节细胞的增殖分化。如 C3b 与 B 细胞表面 CR1 结合，可使 B 细胞增殖分化为浆细胞；③补体参与调节多种免疫细胞效应功能。如与 NK 细胞结合后，C3b 可增强对靶细胞的 ADCC 作用。

◎ 习 题

一、选择题

- 下列哪种器官是中枢免疫器官
A. 骨髓 B. 脾 C. 淋巴结 D. 扁桃体
- 人体最大的免疫器官是
A. 胸腺 B. 脾 C. 骨髓 D. 淋巴结
- 人类 B 细胞成熟的场所是
A. 骨髓 B. 胸腺 C. 淋巴结 D. 脾
- 人类 T 细胞成熟的场所是
A. 骨髓 B. 胸腺 C. 淋巴结 D. 脾
- 能形成 E 花环的细胞是
A. T 细胞 B. B 细胞 C. NK 细胞 D. 巨噬细胞
- 人体外周血中含量最多的淋巴细胞是
A. T 细胞 B. B 细胞 C. NK 细胞 D. LAK 细胞
- 在对肿瘤细胞的免疫监视中，起重要作用的细胞是
A. T 细胞 B. B 细胞 C. NK 细胞 D. 单核巨噬细胞
- 人类 B 细胞具有识别特异性抗原的功能，因其表面有
A. E 受体 B. SmIg C. PHA 受体 D. IgG Fc 受体

二、填空题

- 免疫系统是由_____、_____与_____组成的系统。
- 人类的中枢免疫器官包括_____与_____，它们的主要功能是_____。
- 循环于全身的淋巴细胞主要来自_____免疫器官，它们也可在其中定居、增殖分化，发挥免疫作用。
- 免疫细胞是指_____，其中的免疫活性细胞是指_____与_____。
- 在胸腺成熟的淋巴细胞是_____细胞，分为_____、_____、_____和_____四个功能亚群。

三、名词解释

- 免疫系统
- 免疫细胞
- 免疫活性细胞
- T 细胞
- B 细胞
- NK 细胞