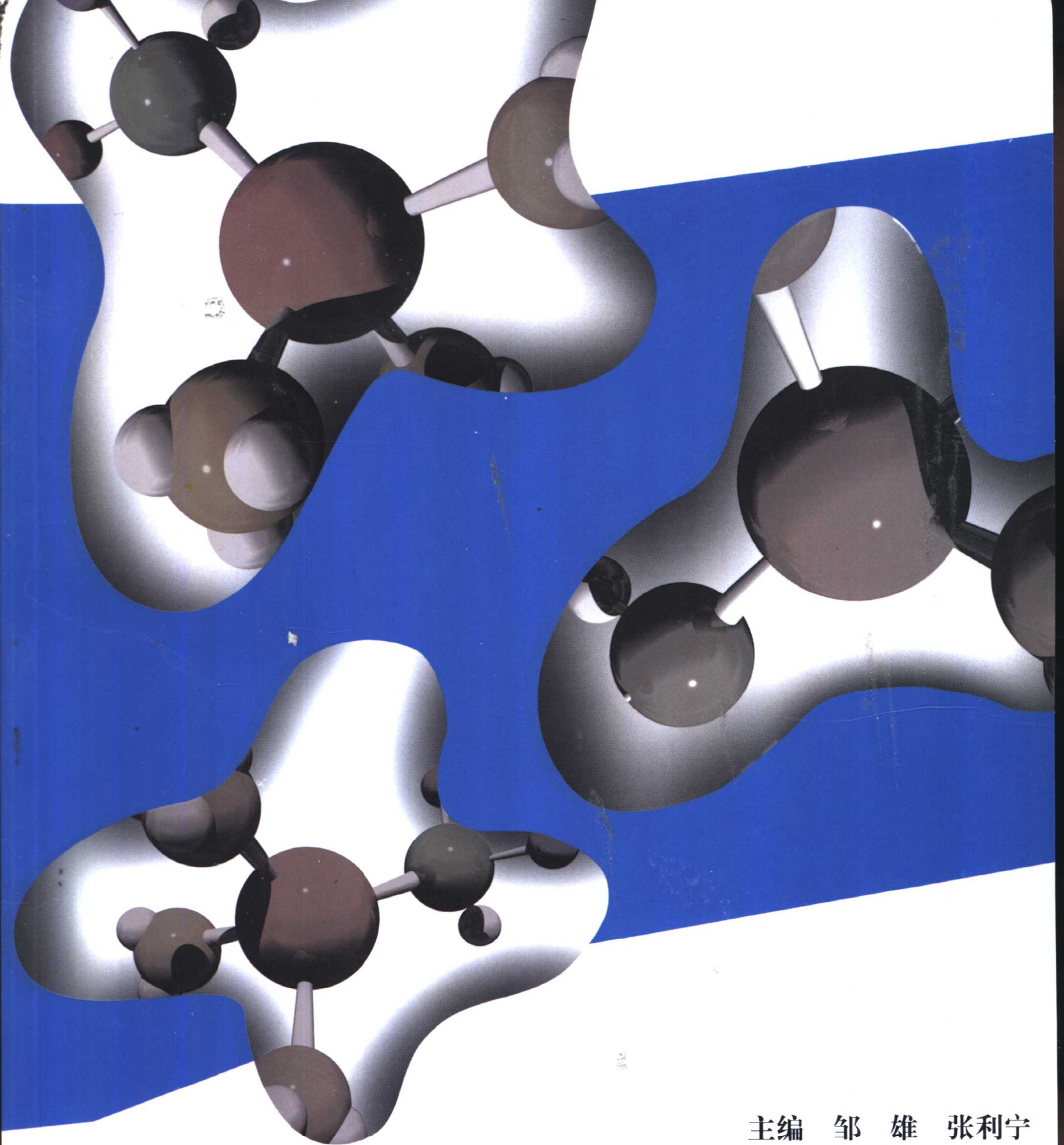




主编 邹 雄 张利宁

MOLECULAR IMMUNOLOGY AND CLINICAL APPLICATION

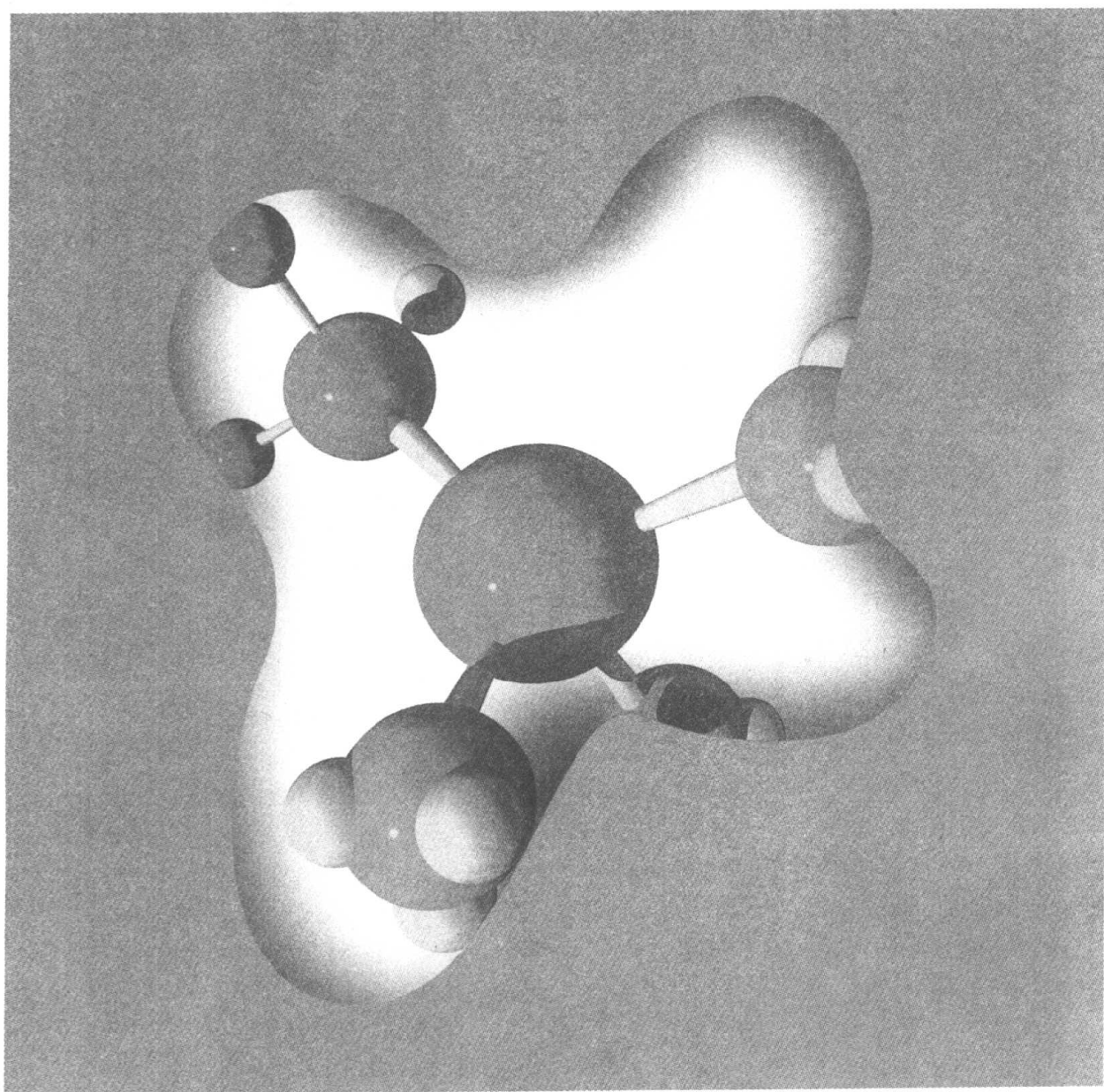
分子免疫学与临床

山东科学技术出版社 www.lkj.com.cn

分子免疫学与临床

MOLECULAR IMMUNOLOGY AND CLINICAL APPLICATION

主编 邹 雄 张利宁



山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

分子免疫学与临床 / 邹雄, 张利宁主编. — 济南: 山东科学技术出版社, 2003.5
ISBN 7-5331-3397-8

I. 分… II. ①邹…②张… III. 分子免疫—医药学 IV. R392

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 012082 号

分子免疫学与临床

主编 邹 雄 张利宁

主审 孙汶生

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)2065109

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@jn-public.sd.cninfo.net

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)2020432

印刷者: 青岛星球印刷有限公司

地址: 胶南市珠山路 120 号

邮编: 266400 电话: (0532)8183519

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 27.5

字数: 600 千

版次: 2003 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1 - 3000

ISBN 7-5331-3397-8

R·1033

定价: 43.00 元

主 主 编	编	邹 雄	张利宁			
	审	孙汶生				
	者	(按姓氏笔画排序)				
		丁 峰	马春燕	王长印	王传新	王春霞
		王晓燕	石永玉	朱法良	李 勇	刘素侠
		刘星霞	宋笑梅	邹 雄	张利宁	张源潮
		张 义	陈 丽	吴大伟	吴承远	赵 丽
		杨晓静	武焕玲	侯 明	高立芬	曹秀玲

前 言

纵观现代生命科学,发展最快的学科是分子生物学和分子免疫学。分子免疫学是免疫学的一部分,从分子水平研究机体的免疫过程,其主要内容是探索主要组织相容性复合体(MHC)分子、共刺激信号分子、粘附分子和各种细胞因子等在免疫应答中的作用,其中许多新的发现和理论丰富和完善了经典免疫学。20世纪80年代末提出的MHC在免疫中的新作用被认为是经典免疫学的一次革命,比较完整阐述了T、B细胞是如何识别抗原并介导免疫反应发生的,从根本上深化了对机体免疫应答的认识,无论在理论上还是在临床实践上都有很大价值。1996年Doherty和Zinkernagel因发现MHC限制性获得了该年度诺贝尔奖。该领域的发现已被视为生命科学近年来的重大进展,并在此基础上形成了一门独立的学科——分子免疫学。

免疫学是临床医学的重要基础,它阐述了许多疾病的发病机理,是许多疾病诊断和治疗的理论依据和重要的技术手段。分子免疫学的诞生和发展也给临床医学带来了新的挑战,如何从新的角度深化原有的认识并应用于临床实践,是每个临床医生面临的问题。鉴于该领域的快速发展、重要的理论价值和实际应用价值,有必要对国内外该领域的前沿工作和研究成果进行系统介绍,为此特编写此书。

本书分三个部分:第一部分抗原和分子免疫,从总体上阐述免疫学的基本理论,抗原、免疫分子的结构与功能;第二部分免疫应答的分子机制,包括免疫应答、免疫耐受和免疫调节的机制;第三部分免疫相关疾病,用分子免疫理论阐述相关疾病的发病机制,探讨新的诊断和治疗手段。

本书的特点是基础和临床的紧密结合。编写者由长期从事分子免疫学研究和教学的学者、教师以及活跃在临床一线、对免疫相关疾病研究颇有造诣的资深医生组成,多数是博士和留学归国人员。

在本书的编写过程中,山东大学孙汶生教授对本书进行认真审阅,杨晓静、刘星霞、张蕓、单宁宁、乔效明在文字和图片处理方面做了大量的工作,在此一并表示衷心的感谢。

我们希望,在生命科学得到高度重视的今天,本书的出版能有助于我国该领域的研究和成果应用,会受到生命科学工作者、临床医生及医学院校研究生的欢迎。

邹 雄 张利宁

目 录

第一部分 抗原和免疫分子

第一章	概述	3
第一节	免疫的概念和功能	3
第二节	免疫的基本特点	4
第三节	免疫系统	5
第四节	分子免疫学研究现状和趋势	8
第二章	抗原	13
第一节	抗原的性能	13
第二节	抗原的特异性与交叉反应	15
第三节	抗原的种类	17
第四节	超抗原	18
第五节	抗原与疫苗	20
第三章	免疫球蛋白	23
第一节	免疫球蛋白的分子结构	23
第二节	五类免疫球蛋白的特点	27
第三节	免疫球蛋白的生物学活性及功能	29
第四节	免疫球蛋白的免疫原性	30
第五节	人工制备的抗体	30
第四章	补体系统	36
第一节	概述	36
第二节	补体的激活途径	37
第三节	补体激活的调节	42
第四节	补体受体	45
第五节	补体的生物学作用	45
第六节	补体系统的异常与疾病	47
第五章	细胞因子	49
第一节	细胞因子的共同特性	49
第二节	细胞因子的分类及其主要特性	50
第三节	细胞因子受体家族	61
第四节	细胞因子的检测方法	61

第六章 主要组织相容性复合体	63
第一节 主要组织相容性复合体(MHC)的发现	63
第二节 MHC 的一般特点和基因结构	66
第三节 MHC 分子的结构	69
第四节 MHC 分子与肽的结合	72
第五节 MHC 分子的表达	74
第六节 MHC 在免疫应答和免疫调节中的作用	76
第七节 HLA 与医学的关系	78
第七章 CD 分子	81
第一节 与 T 细胞功能有关的 CD 分子	90
第二节 与 B 细胞功能有关的 CD 分子	96
第三节 与 NK 细胞功能有关的 CD 分子	98
第四节 免疫球蛋白 Fc 受体	99
第八章 粘附分子	102
第一节 粘附分子的分类与共同特点	102
第二节 各类粘附分子的结构和生物学作用	103
第三节 粘附过程	108
第四节 粘附分子与临床	109

第二部分 免疫应答的分子机制

第九章 固有免疫	113
第一节 固有免疫识别的特点	113
第二节 固有免疫系统的组成	114
第三节 固有免疫的功能	121
第十章 淋巴细胞的分化成熟和受体的基因表达	124
第一节 B 淋巴细胞的分化成熟	124
第二节 Ig 的基因结构和基因重组	129
第三节 T 淋巴细胞的分化成熟	136
第四节 T 细胞抗原受体基因结构和基因重组	144
第十一章 T 细胞介导的免疫应答	149
第一节 T 细胞对抗原的识别	149
第二节 T 细胞的活化、增殖、分化	155
第三节 T 细胞的效应机制	157
第十二章 B 细胞介导的免疫应答	162
第一节 B 细胞对 TI - Ag 的应答	162
第二节 B 细胞对 TD - Ag 的应答	163
第三节 体液免疫的效应机制	170

第四节 抗体产生的一般规律	175
第十三章 淋巴细胞的信号传导	178
第一节 T 淋巴细胞信号传导	178
第二节 B 淋巴细胞信号传导	183
第十四章 免疫耐受	185
第一节 免疫耐受的发现	185
第二节 免疫耐受的机制	188
第三节 研究免疫耐受的意义及临床应用	191
第十五章 免疫调节	194
第一节 分子水平的免疫调节	194
第二节 免疫细胞的调节作用	197
第三节 独特型网络的免疫调节作用	199
第四节 整体和群体水平的免疫调节	199

第三部分 免疫相关疾病

第十六章 Th1/Th2 漂移与疾病	205
第一节 Th1/Th2 细胞的生物学特性	205
第二节 Th 细胞的分化及调节	206
第三节 Th1/Th2 与疾病	210
第四节 Th1/Th2 细胞的检测	215
第十七章 超敏反应	219
第一节 I 型超敏反应	220
第二节 II 型超敏反应	229
第三节 III 型超敏反应	231
第四节 IV 型超敏反应	233
第十八章 抗细菌和抗真菌免疫	236
第一节 抗细胞外细菌的免疫	236
第二节 抗细胞内细菌的免疫	240
第三节 抗细菌免疫的丧失	244
第四节 抗真菌免疫	247
第十九章 抗病毒免疫	251
第一节 抗病毒的免疫机制	251
第二节 机体的抗病毒免疫应答	253
第三节 病毒逃避免疫监视机制	256
第四节 病毒感染疾病的免疫预防	257
第五节 病毒感染的免疫学诊断	261
第六节 病毒性疾病的分子免疫治疗	264

第二十章 移植免疫	268
第一节 同种异体移植免疫	269
第二节 异种移植排斥反应的机制	275
第三节 HLA 的分型	277
第四节 几种常见的器官移植	279
第二十一章 肿瘤免疫	283
第一节 肿瘤免疫概述	283
第二节 肿瘤抗原	285
第三节 MHC 在肿瘤免疫中的作用	288
第四节 免疫系统对肿瘤的反应	292
第五节 肿瘤免疫逃逸机制	296
第六节 肿瘤免疫状态的判断	299
第七节 肿瘤免疫治疗	300
第二十二章 免疫缺陷病	306
第一节 免疫缺陷病的分类及一般特征	306
第二节 原发性免疫缺陷病	307
第三节 继发性免疫缺陷病	311
第二十三章 老年免疫学	319
第一节 免疫老化的发生机制	319
第二节 老年细胞免疫功能的变化	321
第三节 老年体液免疫功能的变化	326
第四节 老年固有免疫功能的变化	327
第五节 老化相关性疾病的特征	328
第六节 免疫老化的控制策略	329
第二十四章 风湿类疾病	333
第一节 总论	333
第二节 风湿热	334
第三节 系统性红斑狼疮	336
第四节 类风湿性关节炎	339
第五节 其他风湿性疾病	345
第二十五章 风湿免疫研究进展	351
第一节 B 细胞与风湿性疾病	351
第二节 T 细胞与风湿性疾病	353
第三节 与风湿性疾病相关的细胞因子	355
第四节 与风湿性疾病相关的粘附分子	357
第五节 急性时相反应蛋白	360
第六节 与风湿性疾病相关的基因	361
第二十六章 ITP 的分子免疫学研究	364

第一节	ITP 的免疫发病机制的研究史	364
第二节	ITP 的细胞免疫发病机制	365
第三节	ITP 的体液免疫发病机制	368
第四节	ITP 与 MHC 的关系	373
第五节	ITP 发病的克隆性分析	374
第六节	血小板的 HPA 系统	378
第七节	ITP 的特异性免疫诊断方法学	382
第八节	ITP 的免疫治疗进展	386
第二十七章	免疫与内分泌	393
第一节	内分泌与免疫的相互关系	393
第二节	自身免疫性甲状腺疾病	396
第三节	1 型糖尿病与免疫	399
第二十八章	脑组织移植的免疫学问题	405
第一节	脑是移植的特殊免疫部位	405
第二节	脑内移植的免疫排斥反应	407
第三节	影响脑内移植存活的免疫学因素	408
第二十九章	免疫学常用实验技术	410
第一节	与抗体有关的实验室技术	410
第二节	基因结构和表达的分析方法	416
第三节	转基因鼠和靶基因敲除实验	420
第四节	临床免疫诊断与研究的新方法	422
第五节	流式细胞仪及其临床应用	426

第一部分

抗原和免疫分子

第一章 概 述

第一节 免疫的概念和功能

一、免疫的概念

免疫“Immunity”来源于拉丁文“Immunitas”,原意为免除徭役。经典免疫学中免疫是指机体抵抗病原微生物感染的能力,认为免疫对机体都是有益的。但随着研究的深入,目前我们已清楚的认识到非感染性外源性物质及自身的某些成分亦能诱导免疫应答。此外,对机体具有抗感染保护作用的免疫应答在某些条件下亦能导致机体的损伤和疾病。因此,现代免疫的概念为:免疫是机体识别和排除非己异物(即抗原)的能力。从本质上讲,免疫是机体识别“自己”、排除“异己”,借以维持内环境稳定的保护性反应。正常情况下对自身成分的耐受(无应答反应)和对病原菌等异物的排斥对机体是有利的,但在一定条件下也可产生免疫损伤,不利于机体,如超敏反应,器官移植排斥或自身免疫等。

二、免疫的功能与表现

免疫的功能可概括为三方面(表 1-1):

- 1. 免疫防御(immunological defence) 是指机体抵抗病原微生物感染的能力。正常的免疫反应可阻止和清除入侵的病原微生物及其毒素,即具有抗感染免疫的作用;但反应过强可引起超敏反应,反应过低或丧失则造成免疫缺陷。
- 2. 免疫自稳(immunological homeostasis) 指机体对自身成份的耐受及不断地清除自身衰老和损伤的细胞,借以保持机体内环境及生理功能的稳定。反应异常则导致自身免疫疾病的发生。
- 3. 免疫监视(immunological surveillance) 指免疫系统可识别、杀伤并清除体内突变的细胞,防止肿瘤的发生。此功能的异常可致肿瘤发生或持续感染。

表 1-1 免疫的功能与表现

功能	正常表现(有利)	异常表现(有害)
免疫防御	抗病原微生物的侵袭	超敏反应、免疫缺陷病
免疫稳定	对自身成份的耐受,清除损伤、衰老细胞	自身免疫性疾病
免疫监视	防止细胞癌变或持续性感染	肿瘤或持续性病毒感染

第二节 免疫的基本特点

根据机体对抗原物质的免疫应答有无特异性可分为两类:一类是机体天然具备的免疫防御功能,即固有免疫(innate immunity);另一类是机体与抗原接触后激发形成的免疫,即适应性免疫(adaptive immunity)。

一、固有免疫

固有免疫或先天性免疫是健康的机体出生时就具有的,可通过遗传获得,是机体在长期进化过程中逐渐建立起来的主要针对入侵病原体的天然防御功能,又称天然免疫(native immunity),是机体的第一道防线。其主要特点是反应迅速,针对外来异物的范围广,其作用不具有特异性,又称非特异性免疫(nonspecific immunity)。健康人的固有免疫的个体差异不大。固有免疫由屏障结构(皮肤、粘膜、血脑屏障等)、非特异性免疫细胞和体液中天然存在的抗微生物物质(补体、溶菌酶等)三方面组成。

(一)屏障结构

包括解剖屏障和生理屏障。解剖屏障指机体完整的皮肤和粘膜组织,可机械阻挡病原体入侵的作用。皮肤的酸性环境和粘膜表面的正常菌群可抑制病原菌的生长,粘膜表面纤毛的摆动可促进病原体的排出。生理学屏障包括正常体温及发热对某些病原体生长的抑制,胃酸对吞入胃内大多数病原菌的杀灭。

(二)非特异性免疫细胞

参与非特异性免疫的细胞主要包括吞噬细胞、具有抗原提呈作用的树突状细胞、NK细胞、B-1细胞及 $\gamma\delta$ T细胞,这些细胞不需要预先抗原激活,可直接在抗原进入体内的早期阶段发挥多种生物效应。

1. 吞噬细胞 吞噬细胞主要包括血液中的单核细胞、中性粒细胞和组织中的巨噬细胞。吞噬细胞可以通过内吞(endocytosis)和吞噬(phagocytosis)两种形式摄取、清除抗原物质:①内吞是指细胞摄入胞外体液中的大分子的方式,又称为胞饮(pinoaptosis)。内吞也可通过受体选择性吞入与受体结合的大分子。②吞噬是指细胞摄入较大的颗粒性物质,如病原体或衰老细胞残骸。

2. 树突状细胞(Dendritic Cells, DC) DC虽然是专职抗原递呈细胞,但在非特异免疫的早期可通过胞吞作用可摄取、外理大分子抗原,然后将处理的抗原肽与胞内的MHC分子结合并递呈给淋巴细胞,参与特异性免疫的启动过程(详见第十章)。

3. 自然杀伤细胞(Nature Killer, NK) NK细胞主要来源于骨髓造血细胞,其分化、成熟依赖骨髓及胸腺微环境。NK细胞不表达特异性抗原受体,目前缺乏自身特有的标记,一般将细胞表面带有 $CD3^-$ 、 $CD56^+$ 、 $CD16^+$ 的淋巴细胞认定为NK细胞。近来研究发现NK细胞主要通过表面的两种不同受体识别正常自身组织细胞与异常的细胞(如突变的肿瘤细胞及病毒感染的细胞)。NK细胞无需抗原的预先作用,可直接非特异性杀伤靶细胞,在机体的免疫监视、早期抗感染及免疫调节中发挥重要作用(详见第十二章)。

(三)体液和组织中的杀菌物质

正常机体的体液和组织中天然存在着很多抑菌、杀菌物质,包括补体系统、溶菌酶、干扰素、C 反应蛋白等。

二、适应性免疫(adaptive immunity)

(一)适应性免疫的特点

适应性免疫是指机体经接触抗原物质后获得的免疫,是针对某种抗原特有的免疫,故又称特异性免疫(specific immunity),主要由 T、B 淋巴细胞完成。适应性免疫具有以下特点:

1. 特异性(Specificity) 适应性免疫是对某种特定抗原产生的免疫应答。具体来说,抗原进入机体后,仅能刺激相应的 T、B 淋巴细胞发生反应,产生免疫应答;免疫应答的产物也仅能作用于相应的抗原。

2. 记忆性(memory) T、B 淋巴细胞第一次接受抗原刺激发生活化增殖后,其中部分细胞静止下来,但仍保持对抗原的记忆;当抗原再次进入机体时,可产生快而强的再次免疫效应。

3. 多样性(diversity) 机体可针对环境中的多种多样的抗原分别建立起不同的特异性免疫。

4. 自限性(self-limitation) 所有正常的免疫应答受到抗原刺激后随着时间推移其反应强度会逐渐减弱。

5. 耐受性(Tolerance) 正常情况下,免疫系统对自身成分不发生免疫应答,保持自身的稳定。

(二)适应性免疫应答的类型

在一定的条件下,T、B 淋巴细胞受特异抗原刺激后发生活化,继之出现数量增加,即克隆扩增并产生抗体或致敏的 T 细胞或其它效应分子,该过程称为免疫应答。根据参与的免疫细胞及产生的效应,适应性免疫应答可以分为体液免疫和细胞免疫两大类。

1. 体液免疫(humoral immunity) B 淋巴细胞介导的免疫 B 细胞受特异抗原刺激后,开始活化、增殖、分化为浆细胞并产生抗体。由于抗体多在体液中发挥效应,故称为体液免疫或抗体介导的免疫(详见第十一章)。

2. 细胞免疫(cellular immunity) 细胞免疫是 T 细胞介导的免疫,也称细胞介导的免疫(cell mediated immunity, CMI)。T 细胞受特异抗原刺激后活化、增殖、分化为效应性 T 淋巴细胞,通过直接杀伤带有特异抗原的靶细胞或产生具有多种生物活性的淋巴因子而发挥炎症反应,达到清除抗原的作用。因此细胞免疫是由致敏的 T 淋巴细胞、淋巴因子及其它炎性细胞共同完成的(详见第十章)。

第三节 免疫系统

免疫系统(Immune System)由具有识别和排除抗原性异物、保持特异免疫记忆、维持机体内环境稳定功能的器官、细胞和分子组成。免疫系统在个体发育过程中逐渐形成并完善,该过程中任何环节的障碍或异常均可导致机体免疫功能的紊乱,引起相应的疾病。

一、免疫器官

免疫器官根据其功能不同,分为中枢免疫器官和外周免疫器官。

(一)中枢免疫器官

中枢免疫器官是免疫细胞发生、分化与成熟的场所。人类及哺乳动物的中枢免疫器官包括骨髓及胸腺,鸟类还包括特有的腔上囊。

1. 骨髓(bone marrow) 骨髓内存在许多具有分化潜能的干细胞(stem cell),能分化为红细胞系、粒细胞系、单核—巨噬细胞系和淋巴细胞系等。骨髓的微环境及多种激素物质可促使 B 淋巴细胞的分化成熟。因此,骨髓也是人及哺乳动物 B 细胞分化、成熟的场所。

2. 胸腺(thymus) 胸腺是 T 淋巴细胞分化、成熟的场所。个体发育早期来自骨髓的前 T 细胞经血循环进入胸腺并发育为胸腺细胞。胸腺细胞在胸腺的微环境及激素作用下,大量增殖分化为成熟 T 淋巴细胞。T 淋巴细胞在成熟过程中经历了严格的阴性选择及阳性选择,清除具有与自身抗原结合功能的 T 细胞克隆及不能识别自身 MHC 分子的细胞克隆。

因此,胸腺具有重要的免疫自稳作用,经过胸腺选择的成熟 T 细胞具备识别自身 MHC 分子功能并具有对自身组织抗原耐受的特点。

3. 腔上囊(法氏囊) 是鸟类特有的免疫器官,是 B 淋巴细胞分化增殖的场所。来自骨髓的前 B 细胞在腔上囊微环境及激素影响下成熟为具有体液免疫功能的 B 细胞,然后经血流分布至外周免疫器官。

(二)外周免疫器官

外周免疫器官是作为免疫细胞定居和增殖的场所,也是免疫细胞接受抗原刺激产生特异性抗体和致敏淋巴细胞等免疫应答的场所,包括淋巴结、脾脏、扁桃体及皮肤粘膜淋巴样组织等。

1. 淋巴结(lymph node, LN) 淋巴结的免疫功能有三种:①具有滤过功能,起清除抗原异物的作用。②为淋巴细胞居留增殖的场所。T、B 淋巴细胞分别在胸腺依赖区及非胸腺依赖区定居。③是淋巴细胞接受抗原刺激、发生特异性免疫应答的场所。此外,淋巴结也是淋巴细胞再循环(lymphocyte recirculation)的重要枢纽。所谓淋巴细胞再循环是指血液循环中的淋巴细胞经组织进入淋巴结,然后经淋巴管、胸导管至血液循环再回到淋巴结的反复循环。淋巴细胞再循环的意义在于增中淋巴细胞与抗原接触的机会,起到扩大免疫的效应。

2. 脾脏(spleen) 是人体最大的免疫器官,具有与淋巴结类似的免疫功能,对清除抗原异物及自身衰老细胞,维持机体内环境稳定十分重要。来自中枢免疫器官的 T、B 淋巴细胞,分别在脾内的胸腺依赖区与非胸腺依赖区定居、增殖,接受抗原刺激,发挥免疫效应。

T、B 淋巴细胞在淋巴结内及脾内的分布见表 1-2。

表 1-2 外周免疫器官内 T、B 淋巴细胞的分布

免疫细胞	淋巴结	脾脏
B 淋巴细胞 (非胸腺依赖区)	约占 25% 浅皮质区淋巴 小结及髓索内	约 45% ~ 50% 白髓的生发中心 及髓索内
T 淋巴细胞 (胸腺依赖区)	约占 70% 深皮质区	约 45% 白髓及脾中央动脉周围

二、免疫细胞

所有参与免疫应答或与之有关的细胞统称为免疫细胞(immunocyte)。根据免疫细胞在免疫应答中的作用可概括为三类:

1. 免疫活性细胞(immunocompetent cell, ICC) 指能够接受特异抗原的刺激并发生活化、增殖、分化,产生特免疫应答的细胞,即 T、B 淋巴细胞。由于 T、B 细胞可以特异性地识别抗原,故也称抗原特异性淋巴细胞。

2. 抗原递呈细胞(Antigen-Presenting Cell, APC) 指能捕获、处理并递呈抗原的细胞,在免疫应答过程中具有重要的提呈及免疫调节作用。如单核吞噬细胞、巨噬细胞、树突状细胞、NK 细胞等。

3. 其他参与免疫的细胞 该类细胞参与炎症反应或参与免疫应答的某一环节,如肥大细胞、嗜碱性粒细胞等。

三、免疫分子

免疫分子根据其存在的状态可以分为分泌性免疫分子及膜免疫分子。

(一)分泌性免疫分子

分泌性免疫分子是由免疫细胞合成并分泌于胞外体液中的免疫分子,包括抗体、补体和细胞因子等。

1. 抗体(antibody, Ab) 是 B 淋巴细胞在抗原刺激下分化为浆细胞产生的,具有与相应抗原发生特异性结合功能的球蛋白,是体液免疫的效应分子(详见第三章)。

2. 补体(complement, C) 是存在于机体细胞外液中具有酶活性和发挥免疫学效应的一组不耐热球蛋白。补体具有蛋白质的一般特性,但其活性不稳定,加热至 56℃ 30 分钟可被灭活(详见第四章)。

3. 细胞因子(cytokines, CKs) 是由活化的免疫细胞和某些基质细胞分泌的具有高活性、多功能的小分子物质,可以调节和决定免疫应答的性质。它们涉及免疫和炎症的每一个环节,是构成免疫系统的重要介质之一。细胞因子包括白细胞介素(interleukin, IL)、干扰素(interferon, IFN)、集落刺激因子(colony stimulating factor, CSF)、肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor, TNF)等(详见第五章)。

(二)膜免疫分子

膜免疫分子是存在于细胞表面、介导免疫细胞间或免疫系统与其它系统(如神经—内