

上海市研究生教育用书

免疫学导论

MIANYIXUE DAOLUN

主编 / 王 易



SHANGHAI UNIVERSITY OF T.C.M. PRESS

上海中医药大学出版社

上海市研究生教育专项经费资助

免疫学导论

Introduction to Immunology

主 编 王 易

副 主 编 刘 丹

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马彦平(山西中医学院)

王 易(上海中医药大学)

王雅贤(黑龙江中医药大学)

王莉新(上海中医药大学)

刘 丹(上海中医药大学)

杨贵珍(上海中医药大学)

罗 晶(长春中医药大学)

袁嘉丽(云南中医学院)

缪珠雷(上海中医药大学)

上海中医药大学出版社

责任编辑 姜水印
技术编辑 徐国民
责任校对 刘艳群
封面设计 王 磊
出版人 陈秋生

图书在版编目(CIP)数据

免疫学导论 / 王易主编. —上海: 上海中医药大学出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-81121-040-8

I. 免… II. 王… 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(2007)第135702号

免疫学导论

主编 王 易

上海中医药大学出版社出版发行 (http://www.tcmonline.com.cn)

(上海浦东新区蔡伦路1200号 邮政编码201203)

新华书店上海发行所经销 南京展望文化发展有限公司排版 上海望新印刷厂印刷

开本787mm×1092mm 1/16 印张20.5 字数487千字 印数1—2226册

版次2007年9月第1版

印次2007年9月第1次印刷

ISBN 978-7-81121-040-8/R.034

定价55.00元

(本书如有印刷、装订问题,请寄回本社出版科或电话021-51322545联系)

内 容 提 要

本书为上海市研究生教育专项经费资助的研究生教学用书,是第一本结合中医药院校教学实际,由中医药院校独立编写的免疫学高级教程。全书由绪论和 14 个章节组成。前八章涵盖免疫生物学的基本内容,后六章涉及临床免疫学基础的各个领域。同时兼顾了医学院校基础型与临床型研究生的教学需要。在内容上注重基础与进展并重,强调在通过对基本概念深入透彻的解析基础上,适当引入新观点、新视角与新进展。全书在内容编排、教学理念及学术观点上基本反映了 21 世纪初期国内外免疫学高级教程的主流倾向。

本书可满足中医药院校研究生教学的最大限度需求。同时也可供医学院校本科相关课程作为教学参考。因本书在编写中注重从教学环节的重点、疑点、难点出发,进行必要与充分的诠释,比较适宜作为研究生招生考试加试科目的参考书。

前 言

夫书以为用者凡三，一曰传道，二曰解惑，三曰质疑。

传道者，乃探自然之规律，析生命之玄机。公之于世，传之于学之谓也。夫免疫者，虽曰天机，却可言说。先贤钩沉二百年，群英逐鹿五十载，析天机于至微，展玄奥于大方，遂成免疫之学。本书所传者，盖二百年研习之要义，五十载荟萃之硕果。

解惑者，乃释疑解难，消困去惑之谓也。免疫之学发天地造化之精微，叙安身立命之本原，至深至奥。由是研习者疑难纷起，困惑倍至。本书所愿者，追根溯源，发微释义；条分缕析，去疑解惑也。集数十年教学之经验，合近十位教师之智慧，与莘莘学子妙学共研修，疑义相与析。

质疑者，乃学而知困，思而生疑之谓也。朱子云：“学贵知疑，大疑则大进，小疑则小进。”解得一惑，复生一惑，乃学之常理。故彰显疑难，提示困惑亦著述之大要。本书于免疫学者，传道解惑于前，质疑显困于后，以昭示学无止境，以砥砺后生学子。

或曰传道、解惑、至疑者乃著述之至道，本书之宗旨也。

王 易

丁亥年仲夏于沪上

目 录

绪论	1
第一节 免疫学研究的范畴与历程	1
一、免疫学研究的范畴	1
二、免疫学研究的历程	2
第二节 免疫的现象、功能与概念	2
一、免疫现象与“免疫”概念	3
二、免疫力的构成	3
三、免疫系统的功能	5
第三节 免疫系统的组成	5
一、免疫器官和组织	6
二、免疫细胞	8
三、免疫分子	10
第一章 免疫球蛋白	13
第一节 免疫球蛋白的结构	13
一、免疫球蛋白的基本结构	13
二、免疫球蛋白多聚体	15
三、免疫球蛋白的水解片段	16
第二节 免疫球蛋白的异质性	17
一、免疫球蛋白的类与型	17
二、免疫球蛋白的抗原决定簇	17
第三节 免疫球蛋白的生物合成与遗传控制	20
一、免疫球蛋白的合成过程	20
二、免疫球蛋白基因的组成	20
三、免疫球蛋白基因的重排与转类	21
四、免疫球蛋白多样性及其形成机制	23
第四节 免疫球蛋白的生物学活性	25
一、免疫球蛋白的主要生物学活性	25
二、免疫球蛋白的生物效应	26
三、各类免疫球蛋白的特点	27
第五节 免疫球蛋白超家族	30
一、免疫球蛋白超家族的概念	30
二、免疫球蛋白超家族的主要成员	30

第六节 免疫球蛋白的制备	33
一、多克隆抗体	33
二、单克隆抗体	34
三、基因工程抗体	34
第二章 补体系统	36
第一节 补体系统概说	36
一、补体系统的定义	36
二、补体系统的组成	36
三、补体成分的命名	37
四、补体系统的特点	37
第二节 补体系统的激活	38
一、补体活化的经典途径	38
二、补体活化的凝集素途径	41
三、补体活化的替代途径	43
第三节 补体系统活化的调控	45
一、补体活性片段的衰变	45
二、补体调节因子的作用	46
第四节 补体受体	48
一、补体受体的类型	48
二、补体受体的生物学作用	48
第五节 补体的免疫生物学作用	50
一、溶菌、溶细胞作用	50
二、活性片段介导的生物学作用	50
三、免疫调节作用	51
第三章 免疫细胞膜分子	54
第一节 细胞膜分子概说	54
一、膜内在蛋白的概念	54
二、膜内在蛋白的类型	54
三、膜内在蛋白的结构	55
第二节 人类细胞分化分子	58
一、CD分子的命名	58
二、CD分子的主要结构类型	60
三、CD分子的主要免疫生物学作用	61
第三节 黏附分子	64
一、黏附分子的基本概念	65
二、黏附分子的结构分类	65
三、黏附分子的主要免疫生物学作用	73
第四节 免疫细胞膜分子的医学意义	77

一、细胞膜分子的诊断意义	77
二、细胞膜分子的治疗意义	78
第四章 细胞因子及其受体	81
第一节 细胞因子概说	81
一、细胞因子的发现与研究	81
二、细胞因子的定义	81
三、细胞因子的分类	82
第二节 细胞因子的免疫生物学作用	88
一、免疫调节作用	88
二、免疫效应作用	89
第三节 细胞因子的作用特点	91
一、细胞因子作用的方式	91
二、细胞因子产生的特点	91
三、细胞因子作用的共同特点	92
第四节 细胞因子受体	93
一、细胞因子受体的类型	93
二、细胞因子受体的结构与特点	95
第五节 细胞因子及其受体的医学意义	97
一、细胞因子及其受体的诊断意义	97
二、细胞因子及其受体的治疗意义	98
第五章 MHC 分子	100
第一节 MHC 概说	100
一、MHC 的发现	100
二、MHC 分子的生物学意义	101
第二节 HLA 基因复合体	101
一、HLA 基因复合体的定位与组成	101
二、HLA 基因复合体的遗传特点	104
三、HLA 基因复合体的命名	106
四、HLA 基因的表达调控	106
第三节 HLA 分子的结构与分布	107
一、HLA 分子的结构	107
二、HLA 分子肽结合区的结构特点	109
三、抗原肽和 HLA 分子相互作用的分子基础和作用特点	110
四、HLA 分子的分布	111
第四节 HLA 分子的免疫生物学作用	111
一、参与抗原的加工和提呈	111
二、参与胸腺选择	112
三、调控自然杀伤	112

四、MHC 约束性现象	112
第五节 HLA 分子的医学意义	113
一、HLA 配型与器官移植	113
二、HLA 基因与疾病的关联	113
三、HLA 分型与亲子鉴定	114
第六章 淋巴细胞	116
第一节 淋巴细胞概说	116
一、淋巴细胞的形态特征	116
二、淋巴细胞的异质性	116
三、淋巴细胞的分布状态	117
第二节 T 淋巴细胞	117
一、T 淋巴细胞的分化发育	118
二、T 淋巴细胞的膜分子	121
三、T 淋巴细胞的亚群与功能	124
第三节 B 淋巴细胞	128
一、B 淋巴细胞的分化发育	128
二、B 淋巴细胞的膜分子	130
三、B 淋巴细胞的亚群与功能	133
第四节 自然杀伤细胞	135
一、NK 细胞的分化与发育	135
二、NK 细胞的膜分子	135
三、NK 细胞的免疫学作用	137
第七章 抗原提呈细胞与抗原提呈	139
第一节 抗原提呈细胞概说	139
一、抗原提呈细胞的定义	139
二、抗原提呈细胞的组成	139
第二节 树突状细胞	139
一、树突状细胞的分化发育	140
二、树突状细胞的膜分子	142
三、树突状细胞的分类与功能	142
第三节 单核-巨噬细胞	145
一、单核-巨噬细胞的分化发育	145
二、单核-巨噬细胞的膜分子	146
三、单核-巨噬细胞的分类与功能	147
第四节 抗原提呈的经典途径	149
一、外源性抗原的加工提呈过程	149
二、外源性抗原的加工提呈影响因素	151
三、内源性抗原的加工提呈过程	151

四、内源性抗原的加工提呈影响因素	153
第五节 非经典的抗原提呈途径	153
一、MHC I 类分子对外源性抗原的提呈	153
二、MHC II 类分子对内源性抗原的提呈	154
三、脂类抗原的提呈	154
第八章 免疫应答与调节	156
第一节 免疫应答概说	156
一、免疫应答的概念	156
二、免疫应答的特点	156
三、免疫应答的过程	157
第二节 T 细胞介导的免疫应答	157
一、抗原识别阶段	157
二、细胞活化阶段	158
三、抗原清除阶段	161
第三节 B 细胞介导的免疫应答	161
一、抗原识别阶段	162
二、细胞活化阶段	162
三、抗原清除阶段	163
第四节 免疫应答的类型与后果	164
一、体液免疫与细胞免疫	164
二、正向应答与负向应答	164
三、初次应答与再次应答	165
四、免疫保护与免疫损伤	165
第五节 免疫调节	166
一、免疫调节的概念	166
二、免疫系统内的调节	166
三、跨系统的调节	169
第九章 超敏反应	172
第一节 超敏反应概说	172
一、“超敏反应”溯源	172
二、超敏反应的类型	173
第二节 I 型超敏反应	175
一、I 型超敏反应的发生机制	175
二、I 型超敏反应性疾病	179
第三节 II 型超敏反应	181
一、II 型超敏反应的发生机制	181
二、II 型超敏反应性疾病	182
第四节 III 型超敏反应	185

一、Ⅲ型超敏反应的发生机制	185
二、Ⅲ型超敏反应性疾病	186
第五节 IV型超敏反应	189
一、IV型超敏反应的发生机制	189
二、IV型超敏反应性疾病	190
第十章 免疫耐受与自身免疫病	193
第一节 免疫耐受与自身免疫概说	193
一、免疫耐受的概念与类型	193
二、自身耐受与自身免疫	194
三、自身免疫与自身免疫病	194
第二节 自身耐受的形成机制	195
一、克隆清除	195
二、克隆无能	196
三、活化克隆凋亡	196
四、免疫调节过程的抑制性作用	197
第三节 破坏自身耐受的因素	198
一、病理性自身抗原的存在	198
二、自身免疫应答的过度激活	200
三、免疫调节过程的脱抑制	201
第四节 自身免疫病的临床特点	202
一、自身免疫病的特征	203
二、自身免疫病的相关因素	203
三、自身免疫病的分类	204
四、自身免疫病的病理损伤机制	207
第十一章 移植免疫	209
第一节 移植免疫概说	209
一、移植的概念	209
二、移植的类型	210
三、与移植有关的免疫问题	210
第二节 移植抗原	211
一、主要组织相容性抗原	211
二、次要组织相容性抗原	211
三、其他移植抗原	212
第三节 移植排斥反应	213
一、宿主抗移植物反应	213
二、移植物抗宿主反应	214
第四节 器官移植的临床类型	215
一、实质性器官移植	215

· 二、骨髓移植	217
第五节 移植排斥反应的免疫学特点	217
一、移植抗原的提呈识别	218
二、排斥反应的免疫效应机制	219
· 三、移植耐受	220
第六节 移植排斥反应的防治措施	221
一、移植抗原检测与配型	221
· 三、免疫抑制剂的使用	222
三、移植耐受的诱导	223
第十二章 肿瘤免疫	225
第一节 肿瘤免疫概说	225
· 一、免疫与肿瘤的关系	225
· 二、肿瘤免疫学的研究对象	226
第二节 肿瘤抗原	227
一、肿瘤抗原的发现与研究	227
· 二、肿瘤抗原的发生学类型	228
三、肿瘤抗原的免疫学分类	230
第三节 免疫监视机制	231
一、T 淋巴细胞介导的免疫监视作用	231
二、NK 细胞介导的免疫监视作用	232
三、抗体的作用	233
四、细胞因子的作用	234
第四节 肿瘤的免疫“逃逸”现象与机制	234
一、抗原提呈环节的“逃逸”机制	234
二、免疫细胞激活环节的“逃逸”机制	236
三、免疫细胞杀伤环节的“逃逸”机制	237
第五节 肿瘤的免疫诊断与免疫治疗	237
一、肿瘤的免疫诊断	237
二、肿瘤的免疫治疗	241
第十三章 免疫缺陷病	244
第一节 免疫缺陷病概说	244
· 一、免疫缺陷状态与免疫缺陷病	244
二、免疫缺陷病的分类	245
第二节 原发性免疫缺陷病	245
一、原发性免疫缺陷病的发育环节缺陷与机制	245
二、原发性免疫缺陷病的临床分类	247
三、原发性免疫缺陷病的诊断与治疗	254
第三节 继发性免疫缺陷病	256

一、引起继发性免疫缺陷病的因素	256
二、继发性免疫缺陷病的诊断与治疗	258
第十四章 感染与免疫	260
第一节 感染与免疫概说	260
一、感染的概念	260
二、感染的类型	260
三、主要的感染因子	261
四、病原体的致病作用	262
第二节 免疫系统的抗感染机制	263
一、固有免疫	264
二、适应性免疫	267
三、各类免疫效应机制的抗感染意义	268
第三节 不同病原体感染的免疫防御特点	270
一、胞外菌感染	270
二、胞内菌感染	272
三、病毒感染	273
四、原虫感染	274
五、蠕虫感染	275
六、真菌感染	276
第四节 病原体的免疫“逃逸”现象与机制	277
一、抗识别机制	277
二、抗杀灭机制	279
三、免疫抑制机制	281
第五节 感染对免疫系统的影响	283
一、免疫激活作用	283
二、免疫抑制作用	284
三、免疫损伤作用	284
附录 I 适合阅读的教科书与参考书	286
附录 II 可供阅读的免疫学专业刊物	294
附录 III 可链接的免疫学相关网站	298
附录 IV 本书各章免疫学术语译名表	301

绪 论

在生物体内,免疫(immune)现象是与新陈代谢、遗传生殖并列的生命基本特征。进化过程中,每一物种的独立个体,需要维持自身的生存与物种的延续,就必须建立与发展一套识别“自我”与“异己”的能力与机制。自单细胞生物开始,这种机制作为生物体趋利避害的重要手段,就已经出现,并在进化中逐步得到发展与提高。长期的进化与选择,使得这种机制的演化,从简单走向复杂、从粗糙走向精密、从非选择针对性走向选择针对性。以保障高等生物在与周围环境(尤其是生物共生环境)中的适应需要。

具有相对完备免疫系统的人类虽然是免疫现象的受惠者,但人类对于免疫——这一伴随着生命出现而出现的现象的认识与理解尚十分肤浅。其认识的过程也还十分短暂。本章仅就人类在近 200 年对于免疫现象的认识所得出的一些结论,作一简短的描述。

第一节 免疫学研究的范畴与历程

近 200 年中,人类对于免疫现象的关注,导致了免疫学(immunology)的诞生。随着近代医学与生命科学的发展,免疫学经历了免疫现象观察与描述以及机械的模仿应用、免疫现象的物质结构基础的探索、免疫作用机制的解读等研究历程。尤其是 20 世纪 60 年代后,人类对免疫作用机制的深刻解读,使免疫学脱离了医学微生物学的母体,形成一门独立的学科,并成为生命科学研究领域中的“领头羊”。

一、免疫学研究的范畴

人类对于免疫现象的关注,起始于对疾病(尤其是感染性疾病)演变过程的观察与判断。随着免疫学研究历程的进展,人们发现免疫现象与免疫作用机制涉及生物体生、老、病、死的方方面面,因而免疫学研究的领域也随之有了大范围的拓展,形成诸多分支学科。有与经典学科交叉构成划分的免疫化学、免疫遗传学、免疫病理学、免疫药理学、免疫毒理学等;有按研究对象层次划分的细胞免疫学、分子免疫学等,也有以临床专题研究划分的肿瘤免疫学、移植免疫学、生殖免疫学等。比较通用的是将免疫学分为基础免疫学(免疫生物学)与临床免疫学两类以显示研究对象的区别,前者研究免疫现象的物质结构基础和免疫作用的形成机制;后者研究与免疫现象相关疾病的发生、发展过程。

万流归源,各个免疫学分支学科的发展都依赖于免疫生物学研究所能提供的深度与广度,而对于作为奠基学科的免疫生物学,我们不妨将它定义为一门系统地研究机体是如何识

别“自我”与“异己”，并对“异物”的损害作用加以防御的科学。由此可见，人们对于免疫学的认识也一定需要通过对免疫生物学的学习来加以完成。

二、免疫学研究的历程

(一) 免疫现象的研究

早期免疫学研究一般公认是源于疫苗的应用，从中国古代的“人痘”接种，到 Jenner 发明的牛痘，再到 Pasteur 的狂犬病疫苗。这一系列的工作实际上是人为地促使机体重演针对感染性疾病的抵御过程，进而揭示与证实了免疫现象的存在及其规律性。这些工作与吞噬现象的观察研究、抗血清疗法等可以被视作是免疫现象观察与描述以及机械的模仿应用研究。

(二) 免疫系统的研究

抗原、抗体的发现以及由此而开展的基于对抗原、抗体化学本质及相互作用机制的研究开启了对免疫现象物质结构基础的探索性研究，随着补体系统的发现，腔上囊的作用以及淋巴细胞异质性的确认，将这类研究工作推向了高潮。而组织学研究则大量揭示了免疫现象赖以形成的器官与细胞学的基础。这些工作为免疫系统的确定提供了必不可少的奠基石。

(三) 免疫作用机制的研究

进入 20 世纪 60 年代后，以 Burnet 的“克隆选择”学说获得诺贝尔医学生理学奖为标志，开始了最为艰难的免疫作用机制研究。在其后的 40 余年中免疫学研究取得了累累硕果，MHC 分子的发现、免疫球蛋白基因重排现象的揭示、MHC 分子生物学意义的揭晓、T 细胞抗原受体的发现、独特型-抗独特型网络学说的提出等，由十多项诺贝尔医学生理学奖获奖成果所构成的研究工作将免疫学以及生命科学的诸多奥秘展现在人类眼前。

还值得一提的是，在免疫学研究的历程中，方法学的研究始终伴随左右。矗立起了像免疫分析、单克隆抗体制备等伟大的生物技术里程碑。

免疫学研究的过去是辉煌的，但这个领域中所存在的尚未解决的问题更多、更复杂。对于科学的发展而言，正是那些看来不可逾越的难题使整个学科保持了欣欣向荣的活力，近百年来免疫学在诺贝尔医学生理学奖颁奖史上所占有的地位充分说明了这一点。科学发展的动力往往来源于人类自身的求知欲。

第二节 免疫的现象、功能与概念

免疫现象在免疫学研究的不同时期存在着不同的理解，这使得“免疫”的概念也随之出现变化。虽然“免疫”的概念已经取得长足的进步，但有关“免疫”的定义仍然是免疫学家们

争论不休的一个话题。

一、免疫现象与“免疫”概念

“免疫”一词源于拉丁语词汇“Immune”。当人们认识到经历一场瘟疫的劫后余生者,再经历一次相同的瘟疫往往就能平安度过时,便借用了“Immune”(免除赋税)这个词汇来表示这种现象。不过在这里,被免除的不是钱粮徭役,而是患病的不幸。这也可算作早期的“免疫”概念。

在人类开始有意识制作疫苗,刻意模仿免疫现象的近代,机体内在的对病原生物的抵御能力则成为“免疫”概念的全部内涵。

在发现了机体对血型抗原的排斥和组织器官的排斥反应后,人们开始将“免疫”概念修正为“生物在生存、发展过程中所形成的识别‘自我’与‘非己’以及通过排斥‘非己’,保护‘自我’的现象”。这个“免疫”概念作为一个“标准概念”统治了免疫学界 30 年。

但当自身免疫反应现象被揭示、自身免疫病被发现,上述的标准概念正在受到挑战,自 20 世纪 80 年代后,如“危险信号”学说等一系列解释免疫现象的新理论不断涌现。

由此可见,“免疫”的概念不是一成不变的,而是随着免疫学研究的深入而不断地改变着。这也是对“绝对真理寓于相对真理的长河之中”这个哲学命题的印证。

二、免疫力的构成

免疫力(immunity)是指机体形成免疫现象的能力和作用机制。机体免疫力根据其作用方式与特点分为两大组成部分。分别称为固有免疫(innate immunity)与适应性免疫(adaptive immunity)。

(一) 固有免疫

固有免疫也可称为先天性免疫(congenital immunity)或非特异性免疫(non-specific immunity),是在长期种系进化过程中形成的无针对性的防御功能。固有免疫具有的特点是:① 非特异性,即固有免疫所形成的清除效应不具有对被清除物的选择针对性。② 可遗传性,即固有免疫效应是与生俱来,由遗传决定的。③ 效应恒定性,即固有免疫效应在多次的清除过程中不存在差异;在同一物种的正常个体间也无显著区别。

固有免疫的组成主要包括:① 组织屏障作用,机体特定部位的组织结构所具有的物理、化学、生物学特点可有效地阻止病原体的侵袭,即称为屏障系统(barrier system)。人体重要的屏障系统有皮肤黏膜屏障、血-脑屏障、血-胎屏障等。构成屏障的因素包括机械阻挡与冲洗、更新作用、化学杀菌作用、微生物群拮抗作用等。② 免疫细胞的非特异性作用,体内多种免疫细胞,如单核-巨噬细胞、中性粒细胞、自然杀伤细胞、 $\gamma\delta$ T 细胞、B1 细胞等都具有非针对性地结合、清除病原体的作用,尤其是单核-巨噬细胞与中性粒细胞的吞噬作用在早期抗感染免疫中占有极为重要的地位。③ 体液因子的作用,体内多种体液因子,如补体系统各成分、干扰素等多种细胞因子以及溶菌酶、防御素、乙型溶素等一批碱性蛋白与多肽都具

有溶解、杀伤和抑制病原体的作用。

固有免疫应答一般发生于病原体入侵早期,主要依赖补体系统的激活、NK 细胞的杀伤作用和吞噬细胞的吞噬、杀灭作用。补体系统是体内存在的一个天然免疫防御系统,可直接被多种病原体激活,活化后的补体系统形成多种生物活性分子,通过多种机制产生杀灭病原体作用。NK 细胞则可依靠自然杀伤机制直接杀伤受病原体感染的宿主细胞。巨噬细胞与中性粒细胞对病原体的吞噬、杀灭须经历趋化、接触、吞入与杀灭消化等多个环节,其中需要多种细胞因子、免疫效应分子的激活与介导。吞噬、杀灭的主要作用机制分依氧与非依氧两大类,前者主要由活性氧中介物(reactive oxygen intermediate, ROI)、活性氮中介物(reactive nitrogen intermediate, RNI)介导。这类中介物包括过氧化氢、单态氧、超氧阴离子、一氧化氮、亚硝酸盐等。后者则主要包括溶酶体酶和杀菌蛋白。如溶菌酶、防御素、乳铁蛋白等。病原体在吞噬细胞内经吞噬溶酶体作用被彻底杀灭和消化称为完全吞噬。病原体进入吞噬细胞而又不能被杀灭、消化称为不完全吞噬。不完全吞噬可起到庇护病原体的作用,造成不利后果。但吞噬细胞在受到 T 淋巴细胞激活后,可将不完全吞噬转化为完全吞噬。

(二) 适应性免疫

适应性免疫也可称为获得性免疫(acquired immunity)或特异性免疫(specific immunity),是在机体与抗原物质接触后获得的有针对性的防御功能。适应性免疫具有的特点是:① 特异性,即适应性免疫所形成的清除效应具有对被清除物的选择针对性。这种特异的选择针对性常被形容为“锁-匙(lock and key)关系”。② 习得性,即适应性免疫效应只能通过免疫系统与抗原(选择性的被清除物)相互作用后才能建立。③ 效应递增性,即适应性免疫效应在多次对同一抗原的清除过程中会逐渐增强,并产生强大的保护作用。这种效应递增现象源于免疫记忆的形成。

适应性免疫应答也称特异性免疫应答,是一个复杂有序的生理过程。包括抗原识别阶段(antigen-recognizing phase);淋巴细胞活化阶段(lymphocyte-activating phase)和抗原清除阶段(antigen-eliminating phase)。

抗原(antigen)是一些具有可以被淋巴细胞识别的特定空间结构——抗原决定簇(antigen determinant)的大分子物质,抗原决定簇也称表位(epitope),通常是侵袭机体的病原体的组成部分。当这类物质进入机体后,可被 T、B 淋巴细胞加以识别,并可与免疫效应细胞与效应分子形成特异性结合。抗原的可识别、可反应性称作免疫原性,抗原的特异结合能力称作免疫反应性。

T、B 淋巴细胞识别抗原的方式上具有明显区别。B 细胞通过其表面的抗原受体,直接识别完整的抗原分子,而 T 细胞表面的抗原受体只能识别经过加工的抗原肽。T 细胞对抗原的识别需通过巨噬细胞(macrophage, MΦ)、树突状细胞(dendritic cell, DC)、B 细胞等抗原提呈细胞(antigen presenting cell, APC)的帮助。抗原提呈细胞通过各种方式将抗原转运至细胞内进行加工处理,然后使之与一种称为 MHC 分子的蛋白相结合,再将这些结合抗原的 MHC 分子提供给 T 细胞识别。位于 MHC 分子腔隙内的抗原片段称为抗原肽。

识别抗原以后, T、B 淋巴细胞具备了活化的第一信号,但这并不意味着一定能够活化。