



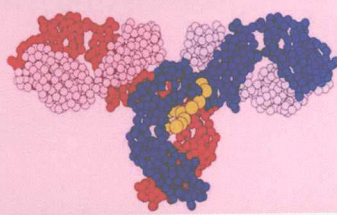
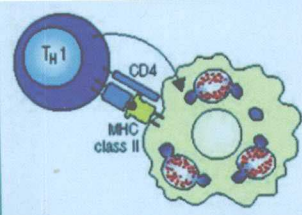
21世纪高等职业教育规划教材
生物学系列

免疫学

(非医类)

M I A N Y I X U E

■ 主编 余柏林 雷正玉



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

SHENGWUXUE

免疫学

(非医类)

主 编 余柏林 雷正玉

副主编 汤红明 方华舟 杨敬宁

张代涛 黄 琼

编 者 (按姓氏笔画排序)

方华舟 方 浩 石 慧 刘秀娟

汤红明 余柏林 杨敬宁 张代涛

赵 为 赵 杰 黄 琼 雷正玉

华中师范大学出版社

内 容 提 要

本书共分十四章,分别介绍了免疫学发展简史、免疫器官和组织、免疫球蛋白、补体系统、细胞因子、白细胞分化抗原与黏附分子、主要组织相容性复合体及其分子、免疫细胞、抗原与抗原提呈、特异性免疫应答及其调节、细胞凋亡与免疫、天然免疫、免疫病理和免疫学应用。为了适应生物科学类非医学专业学习的需要,本书侧重免疫学的基础理论和应用,并结合现代免疫学的新进展,简要介绍了重要免疫现象的分子机制,力求重点突出、深入浅出。

本书可供高等院校生物科学类各专业的本科和专科教学作为教材使用,亦可供相关专业技术人员参考。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

免疫学(非医类)/余柏林 雷正玉 主编. —武汉:华中师范大学出版社,2008.8
ISBN 978-7-5622-3413-5

I. 免… II. ①余… ②雷… III. 免疫学 IV. Q939.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 132515 号

免 疫 学

(非医类)

主 编:余柏林 雷正玉

选题策划:华中师范大学出版社第二编辑室 电话:027—67867362

出版发行:华中师范大学出版社©

地 址:武汉市武昌珞喻路 152 号 邮编:430079

销售电话:027—67863426 67863040 67867076 67867371 67861549

邮购电话:027—67861321 传真:027—67863291

网址:<http://www.ccunupress.com> 电子信箱:hscbs@public.wh.hb.cn

责任编辑:肖 颖

责任校对:罗 艺

封面设计:罗明波

印 刷 者:孝感日报印刷厂

督 印:章光琼

开本/规格:787mm×960mm 1/16 印 张:16

字 数:305 千字

版次/印次:2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3100

定 价:29.00 元

欢迎上网查询、购书

敬告读者:欢迎举报盗版,请打举报电话 027—67861321。

本书如有印装质量问题,可向承印厂调换。



前 言

自免疫学发展突破了抗感染免疫的范围以来,现代免疫学进展极为迅速,涉及医学各领域,并与理、工、农各学科相互渗透,极大地促进了生物科学的发展。在生物工程技术领域,免疫学基础理论和免疫学实验技术对生物工程技术实践起着极大的推动作用,从基础理论研究、应用技术到高科技开发,以及在分子疫苗、基因工程抗体和其他免疫分子的研究等方面都取得了引人注目的成就。现代免疫学已成为生物科学各专业本专科生、研究生学习和研究的必修课程。

鉴于目前适于应用型人才培养的非医类免疫学教材不多,为了更好地满足生物科学类各专业学生学习和相关专业技术人员工作的需要,特编写此免疫学教材。

全书共十四章,第一~十二章为免疫学基础部分,从器官、细胞及分子水平介绍机体免疫系统的组织结构与功能(包括生理、病理),并详尽阐明了免疫学的基础理论、基本概念,同时尽可能简明扼要、深入浅出地阐明现代免疫学的新进展及分子机制。免疫学的显著特点是与临床医学紧密相关,第十三章为免疫病理部分,扼要介绍相关疾病的病理学,包括超敏反应、自身免疫病、免疫缺陷病、移植免疫和肿瘤免疫等。免疫学新进展也体现在生物技术及免疫学技术应用方面,第十四章主要介绍免疫学检测的理论依据和技术操作方法,包括传统实验技术和免疫学新技术,还介绍了免疫学预防和治疗,充分展示免疫学在疾病诊治与预防、人体保健等方面的重要作用。

本书是武汉生物工程学院余柏林、石慧、赵为、方浩,郧阳医学院汤红明、杨敬宁、赵杰,荆楚理工学院方华舟,湖北生态工程职业技术学院雷正玉,襄樊职业技术学院张代涛,咸宁职业技术学院黄琼、刘秀娟等共同努力的成果。在编写过程中承蒙武汉生物工程学院生物工程系主任吴柏春教授的指导和与其他老师多方面的支持,在此一并致谢。

由于编者水平有限,加上免疫学发展日新月异,本书在内容编排、图表制作方面可能存在疏漏和错误之处,恳切希望读者和同道指正。

编 者

2008年6月



目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 免疫学简介	(1)
一、免疫与免疫学	(1)
二、免疫系统的基本功能	(1)
三、免疫类型	(3)
四、特异性免疫应答及其特点	(4)
五、免疫性疾病	(4)
六、免疫学的应用	(4)
第二节 免疫学发展简史	(5)
一、经验免疫学时期	(5)
二、经典免疫学时期	(5)
三、近代和现代免疫学时期	(6)
小结	(9)
思考题	(10)
第二章 免疫器官和组织	(11)
第一节 中枢免疫器官	(11)
一、胸腺	(12)
二、骨髓	(13)
第二节 外周免疫器官	(14)
一、淋巴结	(15)
二、脾脏	(16)
三、黏膜免疫系统	(17)
四、皮肤相关淋巴组织	(17)
五、淋巴细胞再循环	(18)
小结	(18)
思考题	(19)
第三章 免疫球蛋白	(20)
第一节 抗体的发现及其特性	(20)
一、抗体的发现	(20)
二、抗体的理化性质	(20)



第二节 免疫球蛋白的结构与功能	(21)
一、免疫球蛋白的基本结构	(21)
二、免疫球蛋白的功能	(24)
三、抗体的异质性	(26)
第三节 五类免疫球蛋白的生物学特性	(27)
一、IgG	(27)
二、IgM	(27)
三、IgA	(28)
四、IgD	(29)
五、IgE	(29)
第四节 人工制备抗体	(30)
一、多克隆抗体	(31)
二、单克隆抗体	(31)
三、基因工程抗体	(33)
小结	(33)
思考题	(34)
第四章 补体系统	(35)
第一节 补体的组成和理化性质	(35)
一、补体系统的组成	(35)
二、补体系统的命名	(36)
三、补体的理化性质	(36)
第二节 补体系统的激活	(36)
一、经典激活途径	(37)
二、补体活化的 MBL 途径	(39)
三、旁路激活途径	(39)
四、三条激活途径的比较	(40)
第三节 补体激活的调控	(41)
一、补体自行衰变的调节	(42)
二、体液中调节因子的作用	(42)
三、补体受体及其功能	(43)
第四节 补体系统的生物学功能	(44)
一、参与机体非特异性的抗感染作用	(44)
二、清除免疫复合物	(45)
三、炎症介质作用	(45)
第五节 血清补体水平与疾病	(46)



一、补体组分的遗传缺陷	(46)
二、补体组分的含量变化	(47)
小结	(47)
思考题	(48)
第五章 细胞因子	(49)
第一节 细胞因子概述	(49)
一、细胞因子的来源	(49)
二、细胞因子的分类和命名	(49)
三、细胞因子受体	(51)
第二节 细胞因子的生物学作用	(52)
一、细胞因子作用的共同特点	(52)
二、细胞因子的生物学作用	(54)
第三节 细胞因子与疾病	(55)
一、内毒素休克	(56)
二、肿瘤	(56)
三、免疫相关疾病	(56)
第四节 细胞因子的应用	(56)
一、细胞因子用于组织细胞培养	(56)
二、细胞因子用于治疗疾病	(57)
小结	(57)
思考题	(58)
第六章 白细胞分化抗原与黏附分子	(59)
第一节 白细胞分化抗原	(59)
一、参与 T 细胞识别与活化的 CD 分子	(59)
二、参与 B 细胞识别与活化的 CD 分子	(62)
三、构成免疫球蛋白 Fc 受体的 CD 分子	(63)
四、与细胞凋亡相关的 CD 分子	(65)
第二节 黏附分子	(66)
一、黏附分子的类型及其特点	(66)
二、其他免疫细胞膜分子	(68)
三、黏附分子的生物学功能	(70)
小结	(72)
思考题	(72)
第七章 主要组织相容性复合体及其分子	(73)
第一节 概述	(73)



一、主要组织相容性抗原	(73)
二、主要组织相容性复合体	(73)
三、小鼠 MHC(H-2 复合体)	(73)
第二节 人类 MHC(HLA 复合体)	(74)
一、HLA 复合体的定位及结构	(74)
二、HLA 复合体的特征	(75)
三、HLA 复合体的遗传特征	(76)
第三节 人类 MHC 编码的分子	(77)
一、HLA-I 类分子及其结构	(77)
二、HLA-II 类分子及其结构	(79)
三、HLA 抗原的组织分布	(80)
四、HLA 抗原表达的调控	(80)
第四节 HLA 的生物学功能	(81)
一、参与抗原的加工和提呈	(81)
二、免疫细胞相互作用的限制性	(82)
三、免疫应答的遗传控制	(82)
四、参与 T 细胞的发育成熟及中枢免疫耐受的建立	(82)
第五节 MHC 分子检测及其应用	(82)
一、HLA-I 类抗原的检测	(82)
二、HLA-II 类抗原的检测	(83)
三、HLA 基因定型法	(83)
四、HLA 检测的应用	(84)
小结	(86)
思考题	(86)
第八章 免疫细胞	(88)
第一节 造血干细胞	(88)
一、造血干细胞的特性	(88)
二、造血干细胞的分化	(89)
第二节 淋巴细胞	(90)
一、T 淋巴细胞	(90)
二、B 淋巴细胞	(96)
三、自然杀伤细胞	(100)
第三节 抗原提呈细胞	(103)
一、单核-巨噬细胞系统	(103)
二、树突状细胞	(105)



三、B 细胞	(107)
四、其他抗原提呈细胞	(107)
小结	(108)
思考题	(108)
第九章 抗原与抗原提呈	(109)
第一节 抗原	(109)
一、决定抗原免疫原性的因素	(110)
二、抗原的特异性	(112)
三、抗原的分类	(114)
第二节 抗原提呈	(118)
一、MHC- I 类分子途径	(118)
二、MHC- II 类分子途径	(119)
三、CD1 分子提呈途径	(120)
小结	(120)
思考题	(121)
第十章 特异性免疫应答及其调节	(122)
第一节 特异性免疫应答概述	(122)
一、免疫应答的概念及类型	(122)
二、免疫应答的基本规律	(123)
三、特异性免疫应答的特点	(124)
第二节 T 细胞介导的细胞免疫应答	(125)
一、感应阶段	(126)
二、反应阶段	(127)
三、效应阶段	(130)
四、T 细胞介导的细胞免疫应答的生物学意义	(132)
第三节 B 细胞介导的体液免疫应答	(133)
一、B 细胞对 TD-Ag 的免疫应答	(133)
二、B 细胞对 TI-Ag 的免疫应答	(139)
三、B 细胞应答的效应	(140)
第四节 免疫耐受	(140)
一、免疫耐受概述	(140)
二、免疫耐受诱导的条件	(142)
三、免疫耐受形成的机制	(144)
四、免疫耐受的建立、维持和终止	(145)
五、研究免疫耐受的意义	(146)



第五节 免疫调节	(146)
一、基因水平的调节	(146)
二、分子水平的调节	(147)
三、免疫细胞的调节	(149)
四、整体水平的调节	(151)
小结	(151)
思考题	(152)
第十一章 细胞凋亡与免疫	(153)
第一节 细胞凋亡概述	(153)
一、细胞凋亡的形态学特点	(154)
二、细胞凋亡的生化改变	(155)
三、细胞凋亡途径	(156)
四、免疫细胞凋亡的调节剂	(158)
第二节 细胞凋亡与免疫生理	(160)
一、T 细胞在胸腺中的发育与凋亡	(160)
二、骨髓中 B 细胞的发育与凋亡	(160)
三、免疫应答过程中的免疫细胞凋亡	(161)
四、细胞凋亡与免疫细胞细胞毒作用的发挥	(162)
第三节 细胞凋亡与免疫病理	(162)
一、细胞凋亡与自身免疫病	(162)
二、细胞凋亡与肿瘤	(163)
三、细胞凋亡与病毒感染	(164)
小结	(165)
思考题	(166)
第十二章 天然免疫	(167)
第一节 天然免疫的组成成分	(167)
一、屏障结构	(167)
二、免疫效应分子	(168)
三、天然免疫的效应细胞	(170)
第二节 天然免疫的效应机制	(173)
一、天然免疫的识别机制	(173)
二、天然免疫的特点	(176)
第三节 天然免疫的生物学意义	(177)
一、抗感染作用	(177)
二、抗肿瘤作用	(177)



三、天然免疫参与特异性免疫	(177)
小结	(179)
思考题	(179)
第十三章 免疫病理	(180)
第一节 超敏反应	(180)
一、I型超敏反应	(180)
二、II型超敏反应	(184)
三、III型超敏反应	(187)
四、IV型超敏反应	(189)
第二节 自身免疫病	(190)
一、概述	(190)
二、自身免疫病	(191)
第三节 免疫缺陷病	(193)
一、概述	(193)
二、原发性免疫缺陷病	(194)
三、继发性免疫缺陷病	(196)
第四节 移植免疫	(198)
一、概述	(198)
二、同种异体器官移植	(198)
三、移植排斥的反应类型	(201)
第五节 肿瘤免疫	(202)
一、概述	(202)
二、机体细胞抗肿瘤的免疫效应	(204)
三、机体体液免疫的抗肿瘤效应	(205)
四、肿瘤病人的免疫学检查	(206)
小结	(207)
思考题	(208)
第十四章 免疫学应用	(210)
第一节 免疫学检测	(210)
一、抗原抗体的检测	(210)
二、免疫细胞的检测	(220)
第二节 免疫学预防	(223)
一、人工主动免疫	(223)
二、人工被动免疫	(224)
三、计划免疫	(224)

8



第一章 绪 论

第一节 免疫学简介

现代免疫学是一门与医学、生物学等多学科广泛交叉,理论体系极为复杂的学科。本节简要介绍免疫学最基本的内涵。

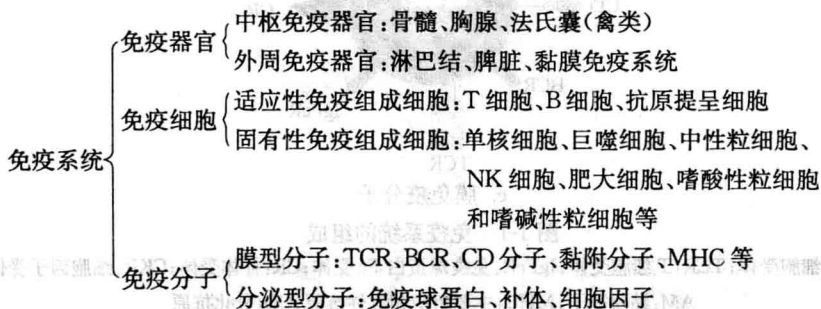
一、免疫与免疫学

免疫(immunity)一词源于拉丁文 immunitas,其原意是免除赋税和差役,引入医学领域即指免除疫病(传染病)及抵抗多种疾病的发生。现代免疫学将免疫定义为:机体对自己和异己(非己)进行识别,引起免疫应答并在应答过程中所产生的生物学效应的总和称为免疫,正常情况下免疫是维持机体内环境稳定的一种生理功能。

免疫学建立之初,主要研究机体对致病微生物的免疫力,因此,在很长时间内,免疫学仅从属于微生物学的一个分支。随着生物医学不断发展,人们在研究过程中对免疫现象的本质有了更新的认识。目前免疫学已成为一门独立的学科,处于生命科学的前沿。免疫学是研究免疫系统结构和功能的学科,包括免疫系统的组织结构,免疫系统对抗原的识别、应答、排斥效应及其机制,免疫耐受的诱导、维持、破坏及其机制等,另外还探讨免疫异常所致机体病理,免疫学技术在疾病诊断、预防、治疗中的应用等。

二、免疫系统的基本功能

1. 免疫系统的组成(如图 1-1)



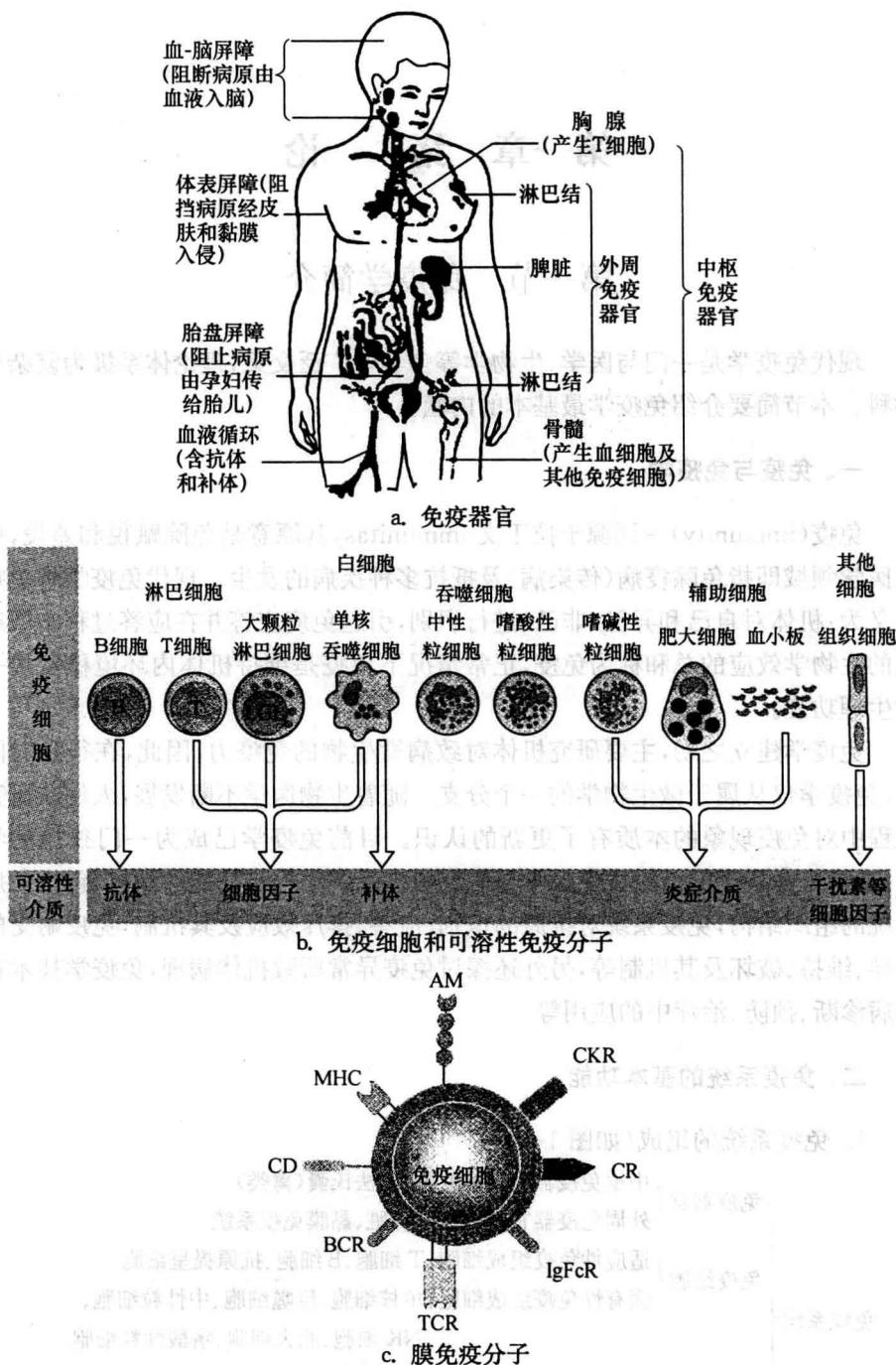


图 1-1 免疫系统的组成

BCR: B 细胞受体; TCR: T 细胞受体; IgFcR: 免疫球蛋白 Fc 受体; CR: 补体受体; CKR: 细胞因子受体; AM: 黏附分子; MHC: 主要组织相容性抗原; CD: 分化抗原



免疫系统(immune system)是机体负责执行免疫功能的组织系统。免疫系统由免疫器官、免疫细胞(如造血干细胞、淋巴细胞、抗原提呈细胞、粒细胞、肥大细胞、红细胞等)及免疫分子(如免疫球蛋白、补体、各种细胞因子和膜型分子等)组成。

2. 免疫系统的基本功能

免疫系统是机体对抗原刺激产生应答,执行免疫效应的物质基础。其对机体的影响具有双重性:正常情况下,免疫功能维持机体内环境稳定,具有保护作用;异常情况下,免疫功能可导致机体呈现病理过程。免疫系统主要发挥以下三大功能,如表 1-1 所示。

表 1-1 免疫系统的三大功能

功能	生理性(有利)	病理性(有害)
免疫防御	防御病原微生物侵害	过敏反应/免疫缺陷
免疫自稳	消除损伤或衰老细胞	自身免疫病
免疫监视	消除复制错误的细胞和突变细胞	细胞癌变,持续感染

(1) 免疫防御(immune defence)

免疫防御即抗感染的免疫,防止外界病原体的入侵,清除入侵的病原体及其所产生的有害生物分子,对机体有免疫保护作用。但在清除微生物及其毒素过程中,也可能导致组织损伤和功能异常(如过敏反应)。

(2) 免疫自稳(immune homeostasis)

机体免疫系统通过极为复杂的调节网络实现免疫功能的相对稳定。表现在对自身组织表达的抗原不产生应答,即所谓免疫耐受。反之,对外来病原体及有害生物分子则产生免疫应答,予以清除。从这层功能上讲,免疫系统具有区分自己及非己的功能。若这种区分功能发生异常,可导致自身免疫病发生。

(3) 免疫监视(immune surveillance)

监督机体内环境出现的突变细胞并予以清除,称为免疫监视。若此功能发生异常,机体可能有肿瘤发生或持续性感染。

三、免疫类型

机体的免疫可分为天然性免疫和获得性免疫两类。

1. 天然性免疫(native immunity)

天然性免疫是种群在长期进化过程中逐渐形成的,是机体抵御微生物侵袭的第一道防线。其特点是个体出生时就形成,作用广泛而并非针对特定抗原,故也称为固有性免疫或非特异性免疫(nonspecific immunity)。

2. 获得性免疫(aquired immunity)

乃个体出生后在生活过程中接触特定抗原后而产生,对大自然抗原异物有



针对性,故也称为适应性免疫或特异性免疫(specific immunity)。此类免疫主要由T淋巴细胞和B淋巴细胞所致,这两类淋巴细胞表面表达能识别特异性抗原的受体,其产生的效应在机体抗感染和其他免疫功能中发挥主导作用。

四、特异性免疫应答及其特点

体内免疫细胞通常处于静止状态,必须被活化才能引起免疫应答,产生免疫效应细胞并释放多种效应分子执行免疫功能。特异性免疫细胞即T淋巴细胞和B淋巴细胞是克隆分布的,每一克隆的细胞表面表达一种识别抗原受体,特异识别天然大分子中具有特殊结构的小分子即抗原肽分子。T淋巴细胞和B淋巴细胞经抗原的活化,克隆增殖并分化成效应细胞,最终介导细胞免疫和体液免疫(如清除病原体等)。

特异性免疫应答具有以下特点:

1. 特异性

特定的免疫细胞克隆仅能识别特定抗原,引起特异性免疫应答,应答中所形成的效应细胞和效应分子(抗体)仅能与诱导其产生的特定抗原结合。

2. 记忆性

T淋巴细胞和B淋巴细胞初次受到特定抗原诱导产生应答后,能保留抗原信息并形成特异性记忆细胞,当再次受到相同抗原刺激时可迅速被激活,大量克隆增殖,产生强烈的再次应答。

3. 耐受性

T淋巴细胞和B淋巴细胞接受抗原刺激后有时也可对特定抗原呈现特异性不应答,此为免疫耐受。机体免疫系统对自身组织成分通常是耐受的,如果这种耐受遭到破坏,就会导致一定的病理过程。

五、免疫性疾病

机体免疫系统在长期进化过程中形成多单元、多系统的免疫调节机制,以控制免疫应答的规模适度。若对病原微生物免疫应答过强,会引起超敏反应性疾病;若对病原体免疫应答过弱,可导致慢性感染。

免疫系统本身如先天不足会导致不同程度、不同范围的免疫缺陷。早期的造血干细胞发育障碍会引起免疫系统全面严重缺陷;在发育后期,障碍发生于同一类型细胞,则导致该细胞的功能缺陷,如粒细胞吞噬功能缺陷。

六、免疫学的应用

免疫学广泛应用于三大方面:

1. 传染病的预防



接种疫苗、菌苗,使机体建立主动的免疫能力。

2. 疾病治疗

对于传染性疾病、超敏反应性疾病等,可用抗体、细胞因子、体外扩增的免疫细胞进行治疗。

3. 免疫学诊断

依据抗原抗体结合原理及 T 淋巴细胞受体特异性结合原理,建立多种特异性敏感的免疫学诊断方法。

第二节 免疫学发展简史

免疫学是人类在与传染病不停斗争的过程中发展起来的,从中国人接种“人痘”预防天花到后来英国人 Jenner 接种“牛痘”预防天花,至今日免疫学的发展已有三个半世纪,根据其特点可分为若干个时期。

一、经验免疫学时期

天花曾是人类历史上的烈性传染病,严重威胁人类的生命。我国早在 17 世纪(明代)就有接种“人痘”预防天花的正式记载。将粘有疱浆的患者衣服给正常儿童穿戴,或将天花愈合后的局部痂皮磨碎成细粉,经鼻给正常儿童吸入,可预防天花。这种用人痘苗预防天花病的实践相继传到国外,为以后牛痘苗和减毒疫苗的发现提供了宝贵的经验。

18 世纪末,英国医生 Jenner E 观察到患有牛痘病的挤奶女工,其手臂上有“牛痘”,但不得天花。于是他预见到接种“牛痘”可预防天花,经实验成功证实。1798 年他公布论文,把接种“牛痘”称为“Vaccination”(拉丁文 Vacca 为牛),提出接种“牛痘”预防天花。当时人们完全不知道天花是天花病毒所致,而接种“牛痘”预防天花安全有效,这是一个跨时代的发现。在此阶段,人们从经验得知接种“人痘”或“牛痘”可预防天花,获得免疫力,故称为经验免疫学时期。

二、经典免疫学时期

自 19 世纪中叶开始, Pasteur 等先后发现多种病原菌,微生物学的发展推动了抗感染免疫的发展,极大地促进了疫苗的发展和使用,以预防不同传染病。免疫学此期的发展与微生物学的关系密切,成为微生物学的一个分支。19 世纪末, Metchnikoff 提出了细胞免疫理论, von Behring E 和 Ehrlich P 通过实践提出了体液免疫理论。20 世纪初对抗原的研究发现宿主在受到抗原刺激后引起免疫应答,从而使免疫学发展至经典免疫学时期,成为一门独立的学科。

1. 病原菌的发现与疫苗的使用