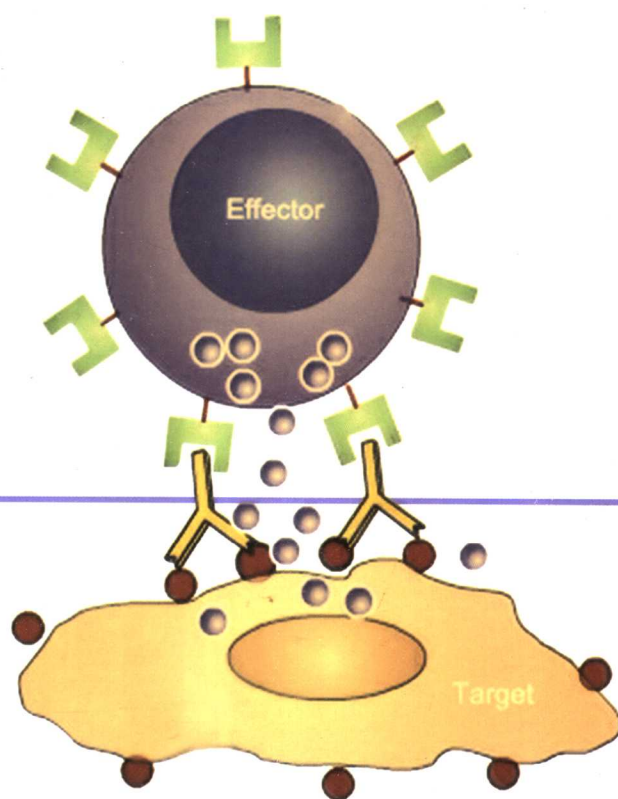


现代医学前沿丛书

医学免疫学

潘建平 邵传森 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

现代医学前沿丛书

MEDICAL
IMMUNOLOGY

医学免疫学

潘建平 邵传森 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

内 容 简 介

本书是由活跃在教学、科研第一线的中青年专家参考国内外最新文献和教材编写的研究生教材。全书共 23 章,约 60 万字。内容包括免疫系统解剖、免疫系统生理、免疫病理和免疫学应用。本书系统地阐述了免疫学的基本概念、基础理论,深入浅出地介绍了现代免疫学的最新研究进展,详尽阐述了免疫应答、免疫耐受、免疫调节、超敏反应、移植排斥、自身免疫、免疫缺陷、肿瘤免疫、感染免疫等重要免疫现象的细胞和分子机制,具有较高的参考价值。

本书主要供高等医学院校基础和临床各专业研究生作为教材使用,也可作为免疫学专业工作者、临床医护人员以及其他生命科学工作者学习和更新免疫学理论的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

医学免疫学/潘建平,邵传森主编. —杭州:浙江大学出版社,2006.8

ISBN 7-308-04809-8

I. 医... II. ①潘... ②邵... III. 医药学:免疫学
IV. R392

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 072374 号

责任编辑 王 锴

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

经 销 浙江省新华书店

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷 德清县第二印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 26.25

字 数 800 千字

版 印 次 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次

书 号 ISBN 7-308-04809-8/R·201

定 价 60.00 元

前言

免疫学是一门研究机体对外来和自身“异物”进行识别和清除,以维持内环境稳定性规律的科学。它不仅是生物医学领域中一门独立的、前沿性的学科,而且还是一门涉及基础医学、预防医学和临床医学的交叉性和生长性学科,与人类健康和疾病防治密切相关。免疫学基础理论和应用技术的快速发展推动了生物学、医学、药学乃至整个生命科学的发展,在当今生命科学中占有十分重要的地位。

近年来,免疫学发展日新月异,在树突状细胞和 NK 细胞的生物学特征、新的 T 细胞亚类及其生物学功能、抗原提呈细胞对抗原加工处理的分子机制、T/B 淋巴细胞识别抗原的特点及其分子机制、免疫细胞的凋亡机制及其生物学意义、新的免疫分子(细胞因子及其受体、黏附分子及其配体、CD 分子等)及其生物学特征、MHC 的结构及其生物学功能、天然免疫的特点及其识别机制、免疫调节、免疫耐受与自身免疫、移植免疫、肿瘤免疫、免疫缺陷、感染免疫、超敏反应、新型免疫疗法及其制剂、新型疫苗研制、新的免疫学检测技术研究等领域,均取得了巨大的成就,极大地丰富和拓展了免疫学的内容。

面对飞速发展的免疫学新理论、新技术,结合我校选修免疫学的硕、博研究生专业不同、水平不齐,且教学时数少而要求高的现状和特点,为了提高我校研究生免疫学教学水平,也为了满足广大医务工作者知识更新的需要,特编写本《医学免疫学》研究生教材。全书共 23 章,在章节划分和顺序编排上沿用传统模式,以便于免疫学“教”与“学”。本书坚持内容的系统性和完整性,在本科教材的基础上,以适中的篇幅,详尽阐述免疫学基本概念和基础理论,深入浅出地介绍现代免疫学的最新进展,以启发和拓展读者的思维和视野。为了便于读者查阅,本书附有趋化性细胞因子及其受体亚家族、CD 分子的主要特征以及中英文免疫学名词及缩略语三个附录。

本书的编写和出版得到“浙江大学国家理科基础科学研究和教学人才培养基础医学基地”的专项基金(国家自然科学基金项目, No J0530183)、浙江省科协青年科技人才培养工程项目以及浙江大学研究生院研究生课程建设项目的资助,在此一并致谢。

限于编者水平,本书在内容和编排上可能存在疏漏甚至错误之处,恳请读者和同行不吝赐教。

主 编

2006 年 4 月于杭州



目 录

第一章 免疫器官和组织

第一节 中枢免疫器官 /2

一、骨 髓 /2

(一) 骨髓的组织结构 /2

(二) 骨髓微环境 /2

(三) 骨髓的功能 /3

二、胸 腺 /3

(一) 胸腺的结构 /4

(二) 胸腺微环境 /4

(三) 胸腺的功能 /5

三、腔上囊 /5

第二节 外周免疫组织和器官 /6

一、淋巴结 /6

(一) 淋巴结的结构 /6

(二) 淋巴结的功能 /7

二、脾 脏 /7

(一) 脾脏的结构 /7

(二) 脾脏的功能 /8

三、黏膜和皮肤相关淋巴组织 /9

(一) 黏膜相关淋巴组织 /9

(二) 皮肤相关淋巴组织 /11

第三节 淋巴细胞归巢与再循环 /11

一、淋巴细胞归巢 /12

二、淋巴细胞再循环 /12

(一) 淋巴细胞再循环途径 /12

(二) 淋巴细胞再循环的生物学意义 /12

第二章 抗原与疫苗

第一节 抗 原 /14

一、抗原的概念 /14





二、决定抗原免疫原性的因素 /14

- (一) 异物性 /14
- (二) 理化性状 /15
- (三) 完整性 /15

三、抗原的特异性与交叉反应性 /15

- (一) 抗原决定簇 /16
- (二) 半抗原—载体效应 /17
- (三) 共同抗原与交叉反应 /17

四、抗原的分类 /18

- (一) 根据抗原激发机体免疫应答对T细胞的依赖性分类 /18
- (二) 根据抗原与机体的亲缘关系分类 /18
- (三) 其他分类方法 /18

五、医学上重要的抗原 /18

- (一) 病原微生物及其代谢产物 /18
- (二) 动物免疫血清 /19
- (三) 异嗜性抗原 /19
- (四) 同种异型抗原 /19
- (五) 自身抗原 /19
- (六) 肿瘤抗原 /19
- (七) 超抗原 /19

第二节 疫苗 /22

一、疫苗概述 /22

- (一) 疫苗的概念 /22
- (二) 疫苗的基本要求 /22

二、疫苗的种类及发展趋势 /23

- (一) 疫苗的种类 /23
- (二) 疫苗的发展趋势 /25

三、疫苗的应用 /25

- (一) 抗感染 /25
- (二) 肿瘤预防及治疗 /26
- (三) 计划生育 /26
- (四) 防止免疫病理损伤 /26

第三章 免疫球蛋白

第一节 免疫球蛋白的分子结构 /27

一、免疫球蛋白的基本结构 /27

- (一) 四条肽链结构 /27
- (二) 可变区与恒定区 /28
- (三) 铰链区 /29



二、免疫球蛋白的功能区	/29
(一) V_L 和 V_H	/29
(二) C_L 和 C_{H1}	/29
(三) IgG 的 C_{H2} 和 IgM 的 C_{H3}	/29
(四) C_{H3}	/29
三、免疫球蛋白的其他成分	/30
(一) 连接键	/30
(二) 分泌片	/30
四、免疫球蛋白的酶解片段	/30
(一) 木瓜蛋白酶的酶解作用	/30
(二) 胃蛋白酶的酶解作用	/31
第二节 免疫球蛋白的抗原性	/31
一、同种型	/31
(一) 类	/32
(二) 亚类	/32
(三) 型	/32
(四) 亚型	/32
二、同种异型	/32
(一) IgG 重链的同种异型标志(G_m)	/32
(二) IgA 重链的同种异型标志(A_m)	/32
(三) κ 型轻链的同种异型标志(K_m)	/33
三、独特型	/33
(一) 独特型的分类	/33
(二) 抗独特型的分类	/33
(三) 独特型和抗独特型网络	/34
(四) 独特型和抗独特型网络的免疫调节作用	/35
第三节 免疫球蛋白的生物合成与表达	/35
一、免疫球蛋白的生物合成与组装	/35
(一) 免疫球蛋白的产生	/35
(二) 免疫球蛋白的生物合成过程与组装	/35
二、免疫球蛋白的表达	/36
(一) 免疫球蛋白在 B 细胞分化中的表达	/36
(二) 免疫球蛋白基因的结构	/36
(三) 免疫球蛋白基因的重排	/37
(四) 免疫球蛋白基因表达的调节	/39
(五) 免疫球蛋白的多样性	/39
三、免疫球蛋白的代谢	/40
第四节 免疫球蛋白的生物学特性	/40
一、免疫球蛋白的生物学功能	/40



- (一) 免疫球蛋白可变区的功能 /40
- (二) 免疫球蛋白恒定区的功能 /41
- 二、各类免疫球蛋白的特性 /41
 - (一) IgG /41
 - (二) IgM /41
 - (三) IgA /42
 - (四) IgD /42
 - (五) IgE /42

第五节 免疫球蛋白超家族 /42

- 一、免疫球蛋白超家族的组成 /43
- 二、免疫球蛋白超家族成员的结构特点 /44
 - (一) V 组 /44
 - (二) C1 组 /44
 - (三) C2 组 /44
- 三、免疫球蛋白超家族的生物学功能 /44

第六节 人工制备抗体 /45

- 一、多克隆抗体 /45
- 二、单克隆抗体 /45
- 三、基因工程抗体 /45
 - (一) 嵌合抗体 /45
 - (二) CDR 移植抗体 /45
 - (三) Fv 片断 /45
 - (四) 噬菌体文库 /46

第四章 补体系统

第一节 补体系统概述 /47

- 一、补体系统的组成和命名 /47
 - (一) 组成 /47
 - (二) 命名 /47
- 二、补体的理化性质 /48

第二节 补体的激活 /48

- 一、补体活化的经典途径 /49
 - (一) 激活物与激活条件 /49
 - (二) 固有成分及激活顺序 /49
- 二、补体活化的 MBL 途径 /50
 - (一) MBL 途径的主要激活物 /50
 - (二) MBL 途径活化过程 /51



三、补体活化的旁路途径	/52
(一) 激活物质	/52
(二) 固有成分及激活顺序	/52
(三) 旁路途径的特点	/53
四、补体活化的共同末端效应	/53
(一) 参与构成 MAC 的成分及其组装	/53
(二) 攻膜复合体的效应机制	/54
第三节 补体活化的调控	/54
一、补体的自身调控	/54
二、调节因子的调控作用	/54
(一) 经典途径和 MBL 途径的调节	/55
(二) 旁路途径的调节	/56
(三) 末端通路的调节	/56
第四节 补体受体	/57
一、补体受体 1(CR1)	/57
二、补体受体 2(CR2)	/57
三、补体受体 3(CR3)	/57
四、补体受体 4(CR4)	/58
五、补体受体 5(CR5)	/58
第五节 补体的生物学功能	/58
一、参与机体早期抗感染免疫	/58
(一) 溶解细胞、细菌	/58
(二) 抗病毒作用	/58
(三) 调理作用	/59
(四) 介导炎症反应	/59
二、维持机体内环境的稳定	/59
(一) 清除免疫复合物	/59
(二) 清除凋亡细胞	/60
三、连接天然免疫和获得性免疫的桥梁	/60
(一) 补体参与免疫应答的诱导阶段	/60
(二) 补体参与免疫应答的增殖分化阶段	/60
(三) 补体参与免疫应答的效应阶段	/60
(四) 补体参与免疫记忆	/61
四、补体与其他酶系统的相互作用	/61
(一) 补体系统与其他血浆酶系统的共同特征	/61
(二) 补体系统与其他血浆酶系统间的相互作用	/61
第六节 补体系统与疾病	/61
一、补体固有成分遗传缺陷	/61



- 二、补体调节蛋白的缺陷 /62
 - (一) C1 抑制物(C1INH)缺陷 /62
 - (二) I 因子和 H 因子缺乏 /62
 - (三) 膜结合补体调节蛋白缺乏 /62
- 三、补体受体缺陷 /62

第五章 主要组织相容性复合体

第一节 概 述 /63

第二节 MHC 的结构与遗传学特征 /64

- 一、MHC 的基因组成 /64
 - (一) H-2 复合体 /64
 - (二) HLA 复合体 /64
- 二、MHC 的遗传学特征 /67
 - (一) 多基因性 /67
 - (二) 高度多态性 /67
 - (三) 单元型遗传 /68
 - (四) 连锁不平衡 /68

第三节 MHC 分子的结构与功能 /69

- 一、MHC 分子的结构 /69
 - (一) MHC I 类分子的结构 /69
 - (二) MHC II 类分子结构 /70
- 二、MHC 分子的分布与调节 /71
 - (一) MHC 分子的分布 /71
 - (二) MHC 分子表达的调节与影响因素 /71
- 三、MHC 分子的功能 /72
 - (一) 参与抗原处理与提呈 /72
 - (二) 参与 T 细胞分化及中枢免疫耐受的建立 /74
 - (三) MHC 限制性 /74
 - (四) 参与免疫调节 /74

第四节 HLA 等位基因分型技术 /75

- 一、聚合酶链式反应—限制性片段长度多态性(PCR-RFLP)技术 /75
- 二、聚合酶链式反应—序列特异性寡核苷酸探针(PCR-SSOP)技术 /75
- 三、聚合酶链式反应—序列特异性引物(PCR-SSP)技术 /75
- 四、聚合酶链式反应—单链构象多态性(PCR-SSCP)技术 /75
- 五、直接测序分型(sequence-based typing, SBT) /76

第五节 HLA 与医学 /76

- 一、HLA 与疾病的关系 /76



- (一) HLA 与疾病的相关性 /76
- (二) HLA 表达异常与某些疾病的关系 /77
- 二、HLA 与器官移植关系 /78
- 三、HLA 与输血反应的关系 /78
- 四、HLA 与妊娠的关系 /78
- 五、HLA 在法医上的应用 /78
- 六、其他 /78

第六章 细胞因子

第一节 细胞因子概述 /80

- 一、细胞因子的概念与分类 /80
 - (一) 概念 /80
 - (二) 细胞因子分类 /80
- 二、细胞因子的共同特征 /81
 - (一) 理化特性 /81
 - (二) 分泌特点 /81
 - (三) 生物学作用特点 /81
- 三、细胞因子表达和功能的调节 /82
 - (一) 调节细胞因子表达和活性的因素 /82
 - (二) CK 生物合成的调节机制 /82
 - (三) 细胞因子生物学活性的调节机制 /83

第二节 细胞因子受体 /83

- 一、CKR 超家族 /83
 - (一) I 型 CKR 超家族 /84
 - (二) II 型 CKR 超家族 /84
 - (三) III 型 CKR 超家族 /84
 - (四) IV 型 CKR 超家族 /84
 - (五) 趋化性细胞因子受体超家族 /84
- 二、细胞因子受体的组成及共有链 /85
 - (一) 细胞因子受体组成的类型 /85
 - (二) 细胞因子受体的共有链 /85
 - (三) 共用 CKR /85
- 三、可溶性细胞因子受体 /85
 - (一) sCKR 的产生机制 /85
 - (二) sCKR 的生物学作用 /85
 - (三) sCKR 的临床意义 /86

第三节 细胞因子的生物学作用 /86

- 一、参与免疫应答和免疫调节 /86



二、刺激造血功能 /87

三、其他生物学功能 /87

第四节 细胞因子与某些病理过程的关系 /87

一、细胞因子与炎症 /87

二、细胞因子与移植排斥反应 /87

三、细胞因子与肿瘤 /88

四、细胞因子与免疫性疾病 /88

第五节 细胞因子各论 /88

一、白细胞介素(interleukin, IL) /88

二、干扰素(interferon, IFN) /92

(一) I 型 IFN /92

(二) II 型 IFN /92

(三) IFN 的临床应用 /92

三、肿瘤坏死因子超家族(TNF superfamily) /93

(一) TNF 的产生 /93

(二) TNF 的受体 /93

(三) TNF 的生物学活性 /93

四、集落刺激因子 /93

(一) IL-3 /93

(二) GM-CSF /94

(三) G-CSF /94

(四) M-CSF /94

(五) SCF /94

(六) EPO /94

五、趋化性细胞因子 /95

(一) 趋化性细胞因子类型 /95

(二) 趋化性细胞因子受体 /96

(三) 趋化性细胞因子的功能 /96

六、转化生长因子- β /97

七、其他细胞因子 /97

(一) 白血病抑制因子(leukemia inhibitory factor, LIF) /97

(二) 抑瘤素-M (oncostatin M, OSM) /97

第六节 细胞因子与临床 /98

一、细胞因子与疾病的预防 /98

二、细胞因子与疾病的诊断 /98

三、细胞因子与疾病的治疗 /98

(一) 细胞因子补充和添加疗法 /98

(二) 细胞因子阻断和拮抗疗法 /99



第七章 白细胞分化抗原

第一节 与抗原提呈相关的 CD 分子 /100

第二节 参与淋巴细胞识别抗原和活化的主要 CD 分子 /101

一、参与 T 细胞识别抗原和活化的主要 CD 分子 /101

- (一) TCR - CD3 复合物 /101
- (二) CD4 /102
- (三) CD8 /102
- (四) CD2/CD58 /103
- (五) CD28/CD152 与 CD80/CD86 /103
- (六) ICOS/B7RP - 1 /104
- (七) 程序性死亡-1(programmed death - 1, PD - 1) /104
- (八) CD45 /104

二、参与 B 细胞识别抗原和活化的主要 CD 分子 /105

- (一) BCR - CD79a(Ig α)/CD79b(Ig β)复合物 /105
- (二) CD19/CD21/CD81 复合物 /105
- (三) CD40 与 CD154 /105
- (四) CD20 /106

第三节 参与免疫效应的 CD 分子 /106

一、属于 CD 的免疫球蛋白 Fc 受体 /106

- (一) Fc γ R /106
- (二) Fc α R (CD89) /107
- (三) Fc ϵ R /107

二、与细胞凋亡相关的 CD 分子 /108

- (一) CD95(Fas) /108
- (二) CD178 /108

第四节 CD 分子与临床 /108

- 一、CD 与免疫诊断 /108
- 二、CD 与免疫性疾病的防治 /108
- 三、CD 与免疫相关疾病的发生 /108

第八章 黏附分子

第一节 黏附分子的概念及其分类 /110

- 一、黏附分子的概念 /110
- 二、黏附分子的分类 /110
 - (一) 整合素家族 /110



- (二) 选择素家族 /111
- (三) 免疫球蛋白超家族 /112
- (四) 钙黏附素家族 /113
- (五) 黏蛋白样家族 /113
- (六) 其他未归类的黏附分子 /113
- (七) 可溶性黏附分子 /114

第二节 黏附分子的生物学作用 /116

- 一、黏附分子的免疫学作用 /116
 - (一) 参与免疫细胞发育和分化 /116
 - (二) 参与免疫应答和免疫调节 /116
 - (三) 参与炎症反应 /117
 - (四) 参与淋巴细胞再循环 /117
- 二、黏附分子的其他生物学作用 /118
 - (一) 参与生殖和胚胎发育 /118
 - (二) 参与凝血 /118
 - (三) 影响生物活性物质的产生 /119
 - (四) 参与细胞内信号传导 /119

第三节 黏附分子与临床 /119

- 一、白细胞黏附缺陷症 /119
- 二、Glantzman 病 /119
- 三、支气管哮喘 /120
- 四、类风湿关节炎 /120
- 五、获得性免疫缺陷综合征(AIDS) /120
- 六、移植排斥反应 /120
- 七、肿瘤的发展与转移 /120
 - (一) 黏附分子与肿瘤细胞的浸润与转移 /120
 - (二) 黏附分子对杀伤细胞功能的影响 /121
 - (三) 黏附分子与肿瘤的诊断 /121
- 八、急性肺损伤 /122

第九章 造血干细胞

第一节 概述 /123

- 一、造血干细胞的生物学特性 /123
 - (一) 自我更新能力 /123
 - (二) 多向分化能力 /123
 - (三) 不均一性(异质性) /124
 - (四) 静止性 /124
 - (五) 可塑性 /124



- 二、细胞的表面标志 /124
 - (一) 人造血干细胞的表面标志 /125
 - (二) 小鼠造血干细胞的表面标志 /126

第二节 造血干细胞的分化 /126

- 一、髓样干细胞的分化 /127
 - (一) 红系 /127
 - (二) 髓系 /127
 - (三) 嗜酸性粒细胞 /127
 - (四) 嗜碱性粒细胞 /127
 - (五) 巨核细胞系 /127
- 二、淋巴样干细胞的分化 /127
 - (一) T 细胞谱系 /127
 - (二) B 细胞谱系 /128
 - (三) NK 细胞 /128

第三节 造血干细胞移植与基因治疗 /128

- 一、造血干细胞移植 /128
- 二、造血干细胞与基因治疗 /128
 - (一) 造血干细胞基因治疗的策略和载体 /128
 - (二) 造血干细胞基因治疗的优点 /129
 - (三) 造血干细胞基因治疗的适应症 /129
 - (四) 造血干细胞基因治疗存在的问题 /130

第十章 淋巴细胞

第一节 T 淋巴细胞 /131

- 一、T 细胞的个体发育 /131
 - (一) 早期发育阶段 /132
 - (二) T 细胞发育的阳性选择(positive selection) /132
 - (三) T 细胞发育的阴性选择(negative selection) /132
- 二、T 细胞的表面标志 /133
 - (一) 表面受体(surface receptor) /133
 - (二) 表面抗原 /134
- 三、T 细胞亚群及功能 /135
 - (一) 辅助性 T 细胞(Th 细胞) /136
 - (二) 细胞毒性 T 细胞(Tc 细胞) /138
 - (三) 抑制性 T 细胞(Ts 细胞) /139
 - (四) T_{DTH} 细胞(T_D 细胞) /140

第二节 B 淋巴细胞 /140

- 一、B 细胞的分化发育 /141



- (一) 抗原非依赖期 /141
- (二) 抗原依赖期 /141
- 二、B 细胞的表面分子及其作用 /142
 - (一) 表面受体 /142
 - (二) 表面抗原 /143
- 三、B 细胞亚群 /144
 - (一) B1 细胞亚群 /144
 - (二) B2 细胞亚群 /144

第三节 NK 细胞 /144

- 一、NK 细胞概述 /145
 - (一) NK 细胞的表面标志 /145
 - (二) NK 细胞的活化受体和抑制受体 /145
- 二、NK 细胞的主要生物学功能 /146
 - (一) 抗感染和抗肿瘤作用 /146
 - (二) 免疫调节作用 /147

第十一章 抗原提呈细胞与其他免疫细胞

第一节 抗原提呈细胞及其对抗原的提呈 /148

- 一、树突状细胞 /148
 - (一) 树突状细胞的来源、分化和发育 /149
 - (二) DC 的分布与分类 /150
 - (三) DC 的生物学功能 /150
- 二、单核/巨噬细胞 /152
 - (一) 表面标志 /152
 - (二) 生物学作用 /152
- 三、B 细胞 /153
- 四、兼职抗原提呈细胞 /154
 - (一) 内皮细胞 /154
 - (二) 成纤维细胞 /155
 - (三) 活化的 T 细胞 /155
- 五、抗原提呈途径 /155
 - (一) MHC II 类分子途径 /155
 - (二) MHC I 类分子途径 /157
 - (三) 交叉提呈途径 /158
 - (四) 非经典 MHC 分子(CD1)提呈途径 /159

第二节 其他免疫细胞 /160

- 一、中性粒细胞 /160
- 二、嗜酸性粒细胞 /161



三、嗜碱性粒细胞与肥大细胞 /161

四、红细胞与血小板 /161

第十二章 天然免疫

第一节 参与天然免疫的成分 /162

一、屏障结构 /162

(一) 皮肤黏膜屏障 /162

(二) 血—脑屏障 /163

(三) 血—胎屏障 /163

二、参与天然免疫的效应分子 /163

(一) 防御素 /163

(二) 补体系统 /163

(三) 细胞因子 /163

(四) 参与天然免疫的其他效应分子 /164

三、参与天然免疫的效应细胞 /164

(一) 吞噬细胞 /164

(二) NK 细胞 /166

(三) $\gamma\delta$ T 细胞 /167

(四) NKT 细胞 /167

(五) 树突状细胞 /167

(六) B1 细胞 /168

(七) 肥大细胞 /168

第二节 天然免疫的识别机制 /168

一、病原相关分子模式 /168

(一) 通常为病原微生物所特有 /169

(二) 为微生物生存和致病所必需 /169

(三) 为 PRR 泛特异性识别的分子基础 /169

二、模式识别受体 /169

(一) PRR 的生物学特征 /169

(二) 重要的 PRR /169

第三节 天然免疫的生物学意义 /171

一、天然免疫应答参与特异性免疫应答的启动 /171

二、天然免疫应答影响特异性免疫应答的类型 /172

三、天然免疫影响特异性免疫应答的强度 /172

四、天然免疫应答协助特异性免疫应答发挥免疫效应 /172

五、天然免疫影响 B 细胞免疫记忆的维持 /172