



卫生部“十一五”规划教材


全国高等医药教材建设研究会规划教材

全国高等学校医学成人学历教育(专科)教材

供药学专业用

# 微生物学与免疫学

主 编 李朝品 曹志然

 人民卫生出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

微生物学与免疫学/李朝品等主编. —北京: 人民卫生出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-117-09134-3

I. 微… II. 李… III. ①医药学: 微生物学-成人教育: 高等教育-教材②医药学: 免疫学-成人教育: 高等教育-教材 IV. R37 R392

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 125723 号

## 微生物学与免疫学

主 编: 李朝品 曹志然

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 尚艺印装有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.5

字 数: 557 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-09134-3/R·9135

定 价: 35.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

# 全国高等学校医学成人学历教育(专科)教材 第2轮修订说明

2002年以来,我国医学成人学历教育的政策和实践发生了重要变化。为了适应我国医学成人学历教育的现状和趋势,卫生部教材办公室、全国高等医药教材建设研究会决定启动全国高等学校医学成人学历教育教材的第2轮修订。2005年7月,卫生部教材办公室在北京召开论证会议,就我国医学成人学历教育的现状、趋势、特点、目标及修订的专业、课程设置、修订原则及要求等重要问题进行充分讨论并达成了共识。2006年8月底,卫生部教材办公室在沈阳召开全国高等学校医学成人学历教育卫生部规划教材修订工作主编人会议,正式启动教材修订工作。会议明确了教材修订的2个目标和4个要求,即新版教材应努力体现医学成人教育的特点(非零起点性、学历需求性、职业需求性、模式多样性);应努力实现医学成人学历教育的目标(复习、巩固、提高、突破);要求教材编写引入“知识模块”的概念并进行模块化编写;要求创新教材编写方法,强化教材功能;要求教材编写注意与普通高等教育教材的区别与联系;注意增强教材的教学适应性和认同性。另外,本次教材修订,还特别注意理论和实践的联系,强调基础联系临床、临床回归基础。在具体写作形式上,本次修订提倡插入“理论与实践”、“问题与思考”、“相关链接”等文本框,从形式上保证了教材修订目标和要求的实现,也是对教材创新的探索。

本次共修订医学成人学历教育专科教材42种,其中临床医学专业14种、护理学专业12种、药学专业16种。42种教材已被卫生部教材办公室、全国高等医药教材建设研究会评选为卫生部“十一五”规划教材。

## 全国高等学校医学成人(继续)教育教材 评审委员会

顾 问 孟 群

主任委员 唐建武

副主任委员 沈 彬

委员 (按姓氏笔画排序)

马爱群 马跃美 申玉杰 刘吉祥 余国强 张爱珍 张殿发  
杜友爱 杨克虎 花建华 陈金华 周胜利 姜小鹰 禹学海  
赵玉虹 赵浩亮 赵富玺 党丽娟 聂 鹰 郭 明

秘 书 惠天灵

# 全国高等学校医学成人学历教育 (专科)教材目录

## 临床医学专业(14种)

1. 人体解剖学(第2版)	主编 李金钟	副主编 章培军
2. 生理学(第2版)	主编 杜友爱	副主编 李红芳 苏莉芬
3. 病理学(第2版)	主编 吴伟康 赵卫星	
4. 生物化学(第2版)	主编 万福生	副主编 徐跃飞
5. 病原生物与免疫学(第2版)	主编 夏克栋	副主编 李水仙 岳启安
6. 药理学(第2版)	主编 李淑媛	副主编 石刚刚
7. 组织学与胚胎学	主编 孙 莉	副主编 张际绯 黄晓芹 郝立宏
8. 诊断学(第2版)	主编 娄探奇	副主编 廖 伟 张 育
9. 医学影像学	主编 王振常	副主编 孙万里 杨海山
10. 内科学(第2版)	主编 邹 萍 魏 武	副主编 杨亦彬 曲 鹏
11. 外科学(第2版)	主编 孙靖中	副主编 段德生 高佃军
12. 妇产科学(第2版)	主编 李荷莲	副主编 柳耀环
13. 儿科学(第2版)	主编 徐立新	副主编 郑胡镛 穆亚萍 曲云霞
14. 传染病学	主编 李 群	副主编 冯继红

## 药学专业(16种)

1. 高等数学(第2版)	主编 陈铁生	
2. 物理学	主编 鲍修增	副主编 潘志达
3. 有机化学(第2版)	主编 赵正保	副主编 董陆陆 刘 斌
4. 物理化学(第2版)	主编 邵 伟	
5. 分析化学(第2版)	主编 李发美	副主编 沈懋法

6. 生物化学	主编 吴耀生	副主编 俞小瑞 王继红
7. 人体解剖生理学	主编 王维洛	副主编 陈孝忠
8. 微生物学与免疫学	主编 李朝品 曹志然	
9. 药物化学(第2版)	主编 徐文方	
10. 药物分析(第2版)	主编 晁若冰	副主编 傅 强
11. 药剂学(第2版)	主编 曹德英	副主编 刘 伟
12. 天然药物化学(第2版)	主编 吴立军	副主编 封士兰 阮金兰
13. 药事管理学	主编 邵瑞琪	
14. 药用植物学	主编 孙启时	
15. 生药学	主编 周 晔	
16. 药理学	主编 乔国芬	副主编 林 军 宋晓亮

### 护理学专业(12种)

1. 内科护理学(第2版)	主编 成守珍	副主编 刘义兰 高丽红 李 伟
2. 外科护理学(第2版)	主编 鲁连桂	副主编 李 津 李惠萍
3. 妇产科护理学(第2版)	主编 张新宇	副主编 简雅娟 陈梦香
4. 儿科护理学(第2版)	主编 雷家英	副主编 张立莉 张玉兰
5. 护理心理学(第2版)	主编 曹枫林	副主编 张纪梅
6. 护理管理学(第2版)	主编 苏兰若	副主编 王惠珍
7. 护理学导论	主编 杨新月	副主编 章新琼
8. <sup>△</sup> 护理伦理学	主编 姜小鹰	副主编 史瑞芬
9. 健康评估	主编 刘纯艳	
10. 临床营养学	主编 蔡东联	副主编 史琳娜 刘烈刚
11. 急危重症护理学	主编 刘化侠	副主编 李武平
12. 社区护理学	主编 陈先华	副主编 涂 英

△为成人学历教育专科、专科起点升本科共用教材。

# 前 言

为适应我国高等医药教育改革和发展的需要,根据新形势下成人高等教育发展的现实需求,我们于2006年底启动了旨在提供给成人专科药学专业使用的微生物学与免疫学教材编写工作。按照微生物学与免疫学学科知识特点及其自身内在的严谨性、科学性、实用性、逻辑性、先进性要求,在坚持“三基”、“五性”、“三特定”的同时,以强化学生基本素质、创新能力与实践能力的目标,经全体编委成员认真讨论,决定了本书的编排内容。尽管本书涉及两个学科内容,但基本做到了各章节内容紧密衔接,两学科知识互为照应。

全书共三十六章,第一至第九章为免疫学内容,第十至第三十六章为微生物学内容。免疫学部分的核心内容为基础免疫学,兼顾了临床免疫学及免疫学应用。微生物学部分由三大知识模块构成:细菌学、病毒学及真菌学,同时针对药学专业的特点在最后三章专门编写了微生物药物、微生物与药物变质、药物制剂的微生物学检测,使得本书更具针对性与实用性。全书深度在尽力照顾到学生理解力的同时,适当涉及了免疫学及微生物学最新的一些发展领域。各学校在教学过程中可根据教学时数安排,合理规划出重点教学内容,其他部分内容可让学生自学。

本书密切联系药学专业特点,重点突出,实用性强。除可作为药学专业专科层次成人教育教材使用外,也可作为其他医药学相关专业相应教育层次的教材或参考书。

本书能如期付印得益于各位编委们通力合作及相关学校的大力支持,在此谨向对本书给予大力支持的同志致以衷心感谢!由于编者水平所限,书中不足及错误在所难免,希望在本书使用过程中不断收到宝贵意见,以便在今后的修订中逐步完善。

编 者

2007年7月

# 目 录

第一章 免疫学绪论	1
第一节 现代免疫的概念与免疫功能	1
第二节 免疫学发展简史及展望	2
第二章 免疫系统	4
第一节 免疫器官和组织	4
第二节 免疫细胞	8
第三节 免疫分子	17
第三章 抗原	45
第一节 抗原的概念及性能	45
第二节 决定抗原免疫原性的基础	45
第三节 抗原的特异性	47
第四节 抗原的分类	48
第五节 医学上重要的抗原物质及意义	49
第四章 免疫应答	53
第一节 固有免疫应答	53
第二节 适应性免疫应答	56
第三节 免疫耐受	68
第四节 免疫应答的调节	71
第五章 超敏反应	75
第一节 I型超敏反应	75
第二节 II型超敏反应	78
第三节 III型超敏反应	80
第四节 IV型超敏反应	81
第六章 自身免疫病与免疫缺陷病	84
第一节 自身免疫病	84
第二节 免疫缺陷病	86

<b>第七章 肿瘤免疫</b> .....	91
第一节 肿瘤抗原的概念及分类 .....	91
第二节 抗肿瘤免疫的效应机制 .....	92
第三节 肿瘤的免疫逃逸机制 .....	94
第四节 肿瘤的免疫学诊断与防治原则 .....	94
<b>第八章 移植免疫</b> .....	96
第一节 移植与移植抗原的相关概念 .....	96
第二节 同种异体移植排斥反应的机制 .....	96
第三节 延长移植植物存活时间的措施 .....	98
<b>第九章 免疫学应用</b> .....	100
第一节 免疫学诊断 .....	100
第二节 免疫学预防 .....	103
第三节 免疫学治疗 .....	105
<b>第十章 微生物学发展简史与展望</b> .....	109
第一节 微生物与微生物学 .....	109
第二节 发展简史及展望 .....	110
<b>第十一章 细菌学概论</b> .....	112
第一节 细菌的形态与结构 .....	112
第二节 细菌的生长繁殖与代谢 .....	121
第三节 细菌的分布与消毒灭菌 .....	127
第四节 细菌的遗传变异 .....	132
第五节 细菌的感染和免疫 .....	139
<b>第十二章 球菌</b> .....	149
第一节 葡萄球菌属 .....	149
第二节 链球菌属 .....	152
第三节 肺炎链球菌 .....	155
第四节 奈瑟菌属 .....	156
<b>第十三章 肠杆菌科</b> .....	160
第一节 肠杆菌科细菌的共同生物学特性 .....	160
第二节 埃希菌属 .....	161
第三节 志贺菌属 .....	163



第四节	沙门菌属	165
第五节	克雷伯菌属	168
第六节	变形杆菌属	168
<b>第十四章</b>	<b>弧菌属</b>	169
第一节	霍乱弧菌	169
第二节	副溶血性弧菌	171
<b>第十五章</b>	<b>厌氧性细菌</b>	173
第一节	厌氧芽孢梭菌属	173
第二节	无芽孢厌氧菌	176
<b>第十六章</b>	<b>棒状杆菌属</b>	178
<b>第十七章</b>	<b>分枝杆菌属</b>	181
第一节	结核分枝杆菌	181
第二节	麻风分枝杆菌	185
<b>第十八章</b>	<b>放线菌属与诺卡菌属</b>	187
第一节	放线菌属	187
第二节	诺卡菌属	189
<b>第十九章</b>	<b>动物源性细菌</b>	191
第一节	布鲁菌属	191
第二节	耶尔森菌属	192
第三节	芽孢杆菌属	195
<b>第二十章</b>	<b>其他致病菌</b>	197
第一节	嗜血杆菌属	197
第二节	鲍特菌属	198
第三节	假单胞菌属	199
第四节	螺杆菌属和弯曲菌属	200
第五节	军团菌属	201
<b>第二十一章</b>	<b>支原体、立克次体和衣原体</b>	203
第一节	支原体	203
第二节	立克次体	206
第三节	衣原体	212

第二十二章 螺旋体	216
第一节 钩端螺旋体属	216
第二节 密螺旋体属	218
第三节 疏螺旋体属	220
第二十三章 病毒学概论	224
第一节 病毒的基本性状	224
第二节 病毒的复制与遗传变异	227
第三节 病毒感染与免疫	230
第四节 病毒感染的诊断与防治	233
第二十四章 呼吸道病毒	238
第一节 流行性感冒病毒	238
第二节 麻疹病毒	241
第三节 腮腺炎病毒	243
第四节 SARS 冠状病毒	243
第五节 风疹病毒	244
第六节 呼吸道合胞病毒	245
第二十五章 肠道病毒	246
第一节 脊髓灰质炎病毒	246
第二节 柯萨奇病毒和埃可病毒	248
第三节 急性胃肠炎病毒	250
第二十六章 肝炎病毒	252
第一节 甲型肝炎病毒	252
第二节 乙型肝炎病毒	254
第三节 丙型肝炎病毒	259
第四节 丁型肝炎病毒	262
第五节 戊型肝炎病毒	263
第六节 非甲非戊型肝炎病毒	265
第二十七章 虫媒病毒	267
第一节 流行性乙型脑炎病毒	267
第二节 登革病毒	269
第二十八章 疱疹病毒	271
第一节 单纯疱疹病毒	271
第二节 水痘-带状疱疹病毒	273

第三节	Epstein-Barr 病毒	274
第四节	巨细胞病毒	275
第五节	其他疱疹病毒	277
<b>第二十九章</b>	<b>出血热病毒</b>	279
第一节	汉坦病毒	279
第二节	新疆出血热病毒	281
<b>第三十章</b>	<b>逆转录病毒</b>	282
第一节	人类免疫缺陷病毒	282
第二节	人类嗜 T 细胞病毒	287
<b>第三十一章</b>	<b>其他病毒及朊粒</b>	290
第一节	狂犬病毒	290
第二节	人乳头瘤病毒	293
第三节	朊粒	295
<b>第三十二章</b>	<b>真菌学概述</b>	298
第一节	真菌的生物学性状	299
第二节	几类常见的真菌	303
第三节	真菌的致病性与免疫性	306
第四节	真菌感染的微生物学检查法	308
第五节	真菌感染的防治原则	309
<b>第三十三章</b>	<b>主要致病性真菌</b>	310
第一节	浅部感染真菌	310
第二节	深部感染真菌	315
<b>第三十四章</b>	<b>微生物药物</b>	322
第一节	微生物药物概述	322
第二节	微生物药物类型	325
第三节	微生物药物研究	337
<b>第三十五章</b>	<b>微生物与药物变质</b>	342
第一节	药物的微生物污染与控制	342
第二节	加强药物生产的技术管理, 防止药品微生物污染	344
<b>第三十六章</b>	<b>药物制剂的微生物学检测</b>	348
第一节	抗生素效价测定技术	348

---

第二节 抗生素药物的耐药性.....	350
第三节 药物的微生物学检查.....	357
主要参考文献.....	365
专业词汇中英文对照索引.....	367

# 第一章

# 免疫学绪论

## 第一节 现代免疫的概念与免疫功能

传统免疫学起源于抗感染的研究,原属于医学微生物学的一部分,其概念也局限于对传染病的抵抗力。随着免疫学研究的深入和发展,人们逐步地认识到免疫除对传染性异物抵抗外,对许多非传染性异物(如动物血清、异体组织细胞及移植物、自身衰老细胞、肿瘤细胞等)也可发生与抗感染免疫反应相类似的免疫现象,使免疫的概念从“抗感染”中解脱出来,形成现代免疫的概念。免疫(immunity)是指机体免疫系统识别自身与异己物质,并通过免疫应答排除抗原性异物,以维持生理平衡的功能。免疫通常对机体是有利的,但在某些情况下,免疫系统的不适当应答会导致过敏性疾病、严重的感染及自身免疫病等,均会对机体造成损害。

免疫功能主要表现在以下几个方面:①免疫防御:是指阻止病原微生物侵入机体,抑制其在体内繁殖、扩散,从而清除体内病原微生物及其产物,保护机体免受损害的功能。该功能若有缺陷,可发生反复感染,若反应过于强烈,则会造成自身组织损害,引起超敏反应。②免疫监视与稳定:监视是指识别、杀伤与清除体内的突变细胞,防止发展为肿瘤的能力。稳定是指清除体内变性、损伤及衰老的细胞,防止形成自身免疫性疾病的能力。该功能紊乱,可引起恶性肿瘤或自身免疫病。③免疫耐受:免疫细胞对自身组织细胞表达的抗原不产生免疫应答,表现为耐受。④免疫调节:免疫系统与神经、内分泌系统,共同构成神经-内分泌-免疫网络调节系统,参与机体整体功能的调节。

上述免疫功能可由两种方式获得:①由先天性遗传而获得的免疫力,主要是由皮肤粘膜的屏障作用、吞噬细胞的吞噬作用、自然杀伤细胞的杀伤作用及多种体液成分(如补体、溶菌酶等)的杀菌及溶细胞作用等构成。它们能非特异地阻挡或清除入侵体内的微生物及体内突变、死亡细胞,因此称为固有免疫或非特异性免疫。②个体出生后,由于机体感染了某种病原微生物或接触了异种、异体抗原而获得的针对某种微生物的免疫力,它是不能遗传的,所以称为适应性免疫或特异性免疫。特异性免疫清除相应抗原的能力显著强于非特异性免疫力,是进行人工免疫的基础。

免疫功能是由免疫系统完成的。免疫系统由免疫器官、免疫细胞及免疫分子等组成,三者相互协调、相互制约,适当而精确地完成复杂的免疫功能。免疫系统中各组分功能正常,是机体具备正常免疫功能的基础。任一组分功能异常,均可导致免疫功能不全,使机体丧失抗感染、抗肿瘤等免疫的能力,或形成各种类型的免疫疾病。免疫学就

是研究免疫系统的结构与功能,理解其对机体有益的防卫功能和有害的病理作用及其机制,以发展有效的免疫学措施,实现防病、治病的目的。

## 第二节 免疫学发展简史及展望

免疫学的发展是伴随着微生物学的发展与科学的进步而发展起来的。公元 16 世纪前人们就观察到很多传染病患者,在其康复以后,一般不再患同样的传染病。根据这些事实,我国最早创立了预防天花的方法,即用人痘苗接种,人工地使健康儿童感染人痘而患轻度天花,达到预防天花的目的。18 世纪末,英格兰乡村医生 E·Jenner 经一系列实验后,于 1798 年成功地创制出牛痘苗,这是世界上第一例成功的疫苗,为人类最终战胜天花做出了不朽的贡献。但当时因尚未认识天花和牛痘的病原体,只停留在原始的经验时期。

19 世纪中叶,随着显微镜的改进,放大倍率提高,在镜下可直接观察到细菌,因而也发现了病原菌。1880 年,Louis Pasteur 发现鸡霍乱杆菌的陈旧培养物能预防鸡霍乱的感染,并创制了炭疽杆菌减毒疫苗和狂犬病疫苗,从此,开始了免疫机制的研究。1883 年,E·Metchnikoff 发现了白细胞吞噬作用并提出细胞免疫学说。1888 年,Roux 和 Yersin 发现了白喉的致病机制是由白喉杆菌产生的外毒素所致。1890 年,Von Behring 和 Kitasato 正式用白喉抗毒素治疗白喉患者,开辟了人工被动免疫的方法。1897 年德国 Ehrlich 提出了以抗体为主的体液免疫学说。细胞免疫和体液免疫两种学说曾一度论战不休,直到 1903 年,Wright 和 Douglas 仔细观察了 Metchnikoff 提出的吞噬作用,并证明相应的抗体能增强吞噬细胞对相应细菌的吞噬,这种抗体被称为调理素,从此将两种学说统一起来。但是,随着研究的深入和更多现象的出现,人们对经典概念产生了动摇。20 世纪初 Richet 和 Portier 给动物重复注射有毒的海葵触角提取物时,动物出现了过敏症状而致死。1905 年用马的白喉抗毒血清治疗白喉病时,发生了发热、皮疹、水肿、关节痛、蛋白尿等血清病;血型不符引起输血反应等。这些促使人们开始研究免疫应答的病理反应,即为医学免疫学的开端。与此同时,发现了凝集反应、沉淀反应、补体结合反应、溶菌反应等,并广泛地用于传染病的诊断及防治中,免疫学进入新的发展时期。

分子生物学、分子遗传学等学科的理论与技术渗透到免疫学领域,将免疫学推向飞速发展的时期。1945 年发现同卵双生的两只小牛的不同血型可以相互耐受从而提出免疫耐受的概念;1948 年发现了组织相容性抗原;1950 年证明了抗体的分子结构;1953 年人工耐受试验成功;1956 年建立了自身免疫动物模型;1957 年提出抗体生成的克隆选择学说,认为胚胎时期与抗原接触的免疫细胞可被破坏或抑制,称为禁忌细胞株;1961 年发现了胸腺的功能,并揭示了机体存在完整的中枢与外周免疫器官及免疫系统;1966 年区分出 T、B 细胞及亚群并证明了它们的免疫协同及主要组织相容性复合体(MHC)限制性;1975 年用杂交瘤技术大量制备出单克隆抗体,这对免疫学的研究起了很大的推动作用。与此同时,出现了以荧光标记、酶标记和放射性核素标记为主的各种免疫标记技术,以及细胞及细胞因子检测技术等,标志着现代免疫学的完善。

1975 年后分子生物学的兴起,从基因水平揭示了 B 细胞及 T 细胞抗原识别受体

(BCR, TCR)多样性产生的机制;从分子水平阐明信号转导通路,信号类型与细胞因子对细胞增值和分化的作用机制,揭示出细胞毒性 T 细胞致靶细胞发生程序性死亡的信号转导途径。这些研究不仅开创了分子免疫学,更使免疫学进展到以基因活化及分子作用为基础的免疫学时期。经免疫学的研究,阐明并揭示出细胞生命活动的基本规律(如信号转导、细胞程序性死亡、细胞分化发育等等),促进了整个生命科学的发展。

免疫学的发展及其向医学各学科的渗透,产生了许多免疫学分支学科,如基础免疫学、免疫病理学、免疫遗传学、移植免疫学、生殖免疫学、肿瘤免疫学、临床免疫学等,这些分支学科的总和即为医学免疫学。医学免疫学的研究极大地促进了现代生物学和医学的发展,必将在传染病、肿瘤和免疫性疾病的防治上,以及器官移植、生殖的控制和延缓衰老等重大问题方面推动医学的进步。医学免疫学的兴起与发展,对当今的医学和生物学的发展产生了极深刻的影响。免疫学在抗感染方面的巨大成功,促进了生物制品产业的发展,在近十几年中用细胞工程产生的单克隆抗体、用基因工程产生的细胞因子,为临床医学提供了一大类具有免疫调节作用的新型药物。今后免疫学主要着重研究与人类健康密切相关的免疫问题,为造福人类做出贡献。

(李朝品)

## 第二章

## 免疫系统

免疫系统(immune system)是执行机体免疫功能和产生免疫应答的一种独特的解剖学结构,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的功能,是机体担负免疫功能的物质基础。免疫系统包括免疫器官和组织、免疫细胞(如各类造血干细胞、淋巴细胞、抗原呈递细胞、肥大细胞、粒细胞、红细胞等)及免疫分子(如免疫球蛋白、补体、各种细胞因子等)三部分,见表 2-1。

表 2-1 免疫系统的构成

免疫器官		免疫细胞	免疫分子	
中枢	外周		膜型分子	分泌型分子
胸腺 骨髓 法氏囊(禽类)	脾脏 淋巴结 粘膜相关 淋巴组织 皮肤相关 淋巴组织	干细胞系 淋巴细胞 单核吞噬细胞 其他抗原呈递细胞 (树突状细胞、内皮细胞等) 其他免疫细胞(粒细胞、肥大细胞、血小板、红细胞等)	TCR BCR CD 分子 黏附分子 MHC 等	免疫球蛋白 补体分子 细胞因子

### 第一节 免疫器官和组织

免疫器官(immuneorgan)是指实现免疫功能的器官或组织。根据发生的时间顺序和功能差异,可分为中枢免疫器官(centralimmuneorgan)和外周免疫器官(peripheral-immuneorgan)两部分,两者通过血液循环及淋巴循环互相传递信息,形成免疫网络。

#### 一、中枢免疫器官

中枢免疫器官,又称一级免疫器官,是免疫细胞产生、分化和成熟的场所,对外周淋巴器官发育和全身免疫功能起调节作用,包括骨髓、胸腺、法氏囊(腔上囊)或其同功能器官。

##### (一) 胸腺

胸腺(thymus)起源于胚胎第Ⅲ、Ⅳ对咽囊,在胚胎 20 周,胸腺发育成熟。新生儿



期胸腺约重 15~20g, 青春期可达 30~40g, 青春期以后胸腺逐渐萎缩退变, 表现为实质减少, 间质增多, 并包含大量的脂肪细胞。成人胸腺发生退变, 但仍具有免疫功能。老年期胸腺明显缩小, 约 15g, 其皮质和髓质多被脂肪组织代替, 激素和细胞因子分泌减少, 从而使胸腺微环境改变, 培育 T 细胞的作用减弱, 导致老年个体免疫功能衰退。

1. 胸腺的组织结构 胸腺是实质性器官, 位于胸骨后、前纵隔。胸腺分为左、右两叶, 被覆一层结缔组织筋膜; 被膜伸入胸腺实质内形成隔膜, 将胸腺分成许多小叶; 胸腺小叶为胸腺的基本结构。小叶的外周部分称为皮质(cortex), 中央部分称为髓质(medulla); 相邻的小叶髓质彼此相连。皮质又分浅皮质区(outer cortex)和深皮质区(inter cortex)(图 2-1)。

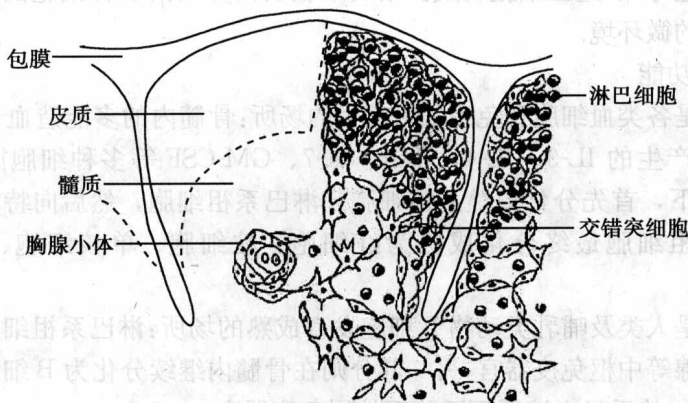


图 2-1 胸腺结构示意图

胸腺内含有两种细胞, 即胸腺基质细胞(thymic stromal cell, TSC)和胸腺细胞。胸腺细胞为发育不同阶段的 T 细胞, 是胸腺内的主体细胞, 其分布从皮质到髓质逐渐减少。胸腺基质细胞主要为上皮细胞、巨噬细胞、树突状细胞和成纤维细胞等, 其中以上皮细胞为主。胸腺基质细胞相互连接成网状结构, 即构成胸腺组织的支架, 又形成胸腺微环境。除细胞外, 细胞外基质也是胸腺微环境的重要组成部分。胸腺微环境是决定 T 细胞分化、增殖和选择性发育的重要条件。

## 2. 胸腺的功能

(1) T 细胞发育场所: 胚胎期的前胸腺细胞(即前 T 细胞), 持续地从卵黄囊及胚胎肝(或成年期从骨髓)迁入胸腺。在胸腺内进行发育, 发育成熟的胸腺细胞逐渐由皮质向髓质内移动, 但大部分细胞在皮质内凋亡或被巨噬细胞吞噬, 只有少部分可以发育成熟并迁移到髓质内。在这个迁移过程中, 最初的双阴性( $CD4^-/CD8^-$ )细胞成为单阳性( $CD4^+$ 或 $CD8^+$ )细胞, 即成为成熟的 T 细胞, 然后经过髓质小静脉进入血循环参与机体的免疫应答反应。

(2) 免疫调节功能: 胸腺的免疫调节功能主要是由胸腺基质细胞通过表面表达主要组织相容性复合体(major histocompatibility complex, MHC)分子及分泌多种激素来完成的。胸腺中的巨噬细胞、上皮细胞和树突状细胞均表达 MHC 分子, 这些基质细胞与胸腺细胞相互作用, 对 T 细胞的发育成熟起重要作用。胸腺的基质细胞能分泌胸腺激素和细胞因子, 如胸腺素、胸腺生成素、胸腺体液因子和 IL-1、IL-2、IL-6、IL-7、