

全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

# 兽医免疫学

第二版

中国农业出版社

● 杜念兴 主编

● 兽医 兽医生物制品 兽医卫生检验

2.4  
9/2

全国高等农业院校教材

# 兽医免疫学

第二版

杜念兴 主编

兽医 兽医生物药品 兽医卫生检验专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材  
**兽医免疫学**  
第二版  
杜念兴 主编

---

责任编辑 江社平

出版 中国农业出版社

(北京市朝阳区农展馆北路2号)

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京市密云县印刷厂

\* \* \*

开本 787mm×1092mm16 开本

印张 15.25 字数 344 千字

版、印次 1985年5月第1版

1997年5月第2版北京第1次印刷

印数 1—5,000册 定价 14.80元

---

书号 ISBN 7-109-04423-8/S·2746

ISBN 7-109-04423-8



9 787109 044234 >

## 第二版前言

本书作为全国高等院校试用教材，于1985年出版后，已阅十年。在这十年中，免疫学发展很快，知识更新甚多，急需再版修订，为此根据农业部教材修订要求，组织原来的编写班子，进行改写。为适合本课程教学基本要求，正确处理与相关课程之间的交叉衔接和分工，将原书内容进行了删节。其中变态反应一章属免疫病理内容，已列入病理生理学；动物的血型一章归属动物遗传学内容；肿瘤免疫、移植免疫、自身免疫和免疫缺陷等章为兽医免疫学重点，故压缩成临床免疫学一章。全书由原来的十八章简缩为十四章，使内容更为紧凑，符合少而精的原则。

本书在基础免疫学方面着重介绍新发展的细胞因子、免疫应答、免疫调控和抗体多样性的基因控制等新概念，在临床免疫方面，重点讲述了抗感染免疫和人工免疫。在疫苗生产方面因已有兽医生物制品学课程，故本书不作详细介绍。免疫血清学也是本书的重点之一，其中对新发展起来的标记抗体技术、均质酶免疫测定、免疫探针、免疫传感器等都作了简要的介绍。

本书不仅可作为兽医专业师生的教学用书，也可作为各种兽医培训班的教材，还可供医学和兽医学研究人员、生物制品工作者、临床工作者及化验人员参考。

本书编写分工：杜念兴负责绪论及第八章临床免疫学，第九章至第十四章免疫血清等各章；刘宝全负责第一、二、五等各章；刘秀梵负责第三、四、六、七各章。本书由白荣德和施万球二位教授审稿，并提出了宝贵的意见，最后由杜念兴根据所提意见进行了全面修改整理。全书插图除少数采用原来和有关资料外，大多由杜念兴设计绘制，附录免疫学常用缩写略语由龚晓明协助收集整理。

由于免疫学发展很快，知识更新周期短，本书编写过程中虽已注意收集新知识、新概念、新技术，但挂一漏万；且编写仓促，缺点错误在所难免，恳请读者提出宝贵意见，以便进一步修订。

杜念兴

1995年11月

## 第一版前言

免疫学是与微生物学同时发展起来的一门古老学科。在以往的兽医学教学活动中，免疫学一直作为兽医微生物学的一部分进行介绍。近二十年来，无论是在理论和技术等各个方面，免疫学都有了十分迅速的发展，不仅在医学、兽医学的临床和实验中得到了广泛应用，而且已渗透到生物科学的各个领域，成为生物科学研究中最活跃、发展最快的生长点之一。有关免疫学的知识和技能已成为一切生物科学工作者所必需。

为适应学科发展的需要，兽医专业新设《兽医免疫学》作为必修课。为了加速教材的编写进度，经农牧渔业部同意，决定在原南京农学院试用教材《兽医免疫学和血清学》的基础上，分别由刘宝全、刘秀梵和杜念兴执笔修改、补充，供作全国高等农业院校试用教材。

本书包括基础免疫学、临床免疫学和免疫血清学三部分内容。讲述了免疫学的基本概念和基本理论，简要介绍了七十年代末和八十年代初发展起来的网络学说、免疫应答的遗传调控、抗体多样性的基因控制等新理论；在临床免疫方面，重点讲述了抗感染免疫和人工免疫等，介绍了单克隆抗体、基因工程疫苗、人工肽疫苗等先进技术；免疫血清学也是本书的重点之一，其中对新发展起来的间接凝集、免疫扩散和免疫电泳，以及标记抗体技术等都作了较为详细的介绍。

本书不仅可以作为兽医专业师生的教学用书，也可以作为各种兽医培训班的教材，还可供医学和兽医学研究人员、临床工作者及化验人员参考。

本书在审讨过程中，承郑庆端、何正礼、吴纪棠等专家提出了宝贵的书面意见。在编写和定稿过程中，李俊宝同志对书稿进行了全面审阅和校订，施善清同志协助进行了资料整理等工作，特此一并致谢。

由于免疫学的发展很快，知识更新周期短，在本书编写过程中虽已注意收集新知识、新技术，但挂一漏万；且编写仓促，缺点、错误在所难免，恳请读者提出宝贵意见，以便再版时修订。

杜念兴

1984年7月

# 目 录

绪论 .....	1
一、免疫的概念 .....	1
(一) 免疫的基本特性 .....	1
(二) 免疫的基本功能 .....	2
(三) 免疫的辩证观 .....	3
二、免疫学的发展简史 .....	3
(一) 免疫学的诞生 .....	3
(二) 免疫学的开拓 .....	3
(三) 免疫学的发展和分支学科的形成 .....	4
(四) 免疫技术的进展 .....	6
三、免疫学的应用 .....	8
(一) 在医学和兽医学上的应用 .....	8
(二) 在农业和生物科学上的应用 .....	10
第一章 免疫系统 .....	11
一、免疫器官 .....	11
(一) 中枢免疫器官 .....	11
(二) 外周免疫器官 .....	14
二、免疫细胞 .....	17
(一) 淋巴样细胞 .....	17
(二) 单核吞噬细胞系统 .....	26
(三) 其他免疫细胞 .....	29
第二章 抗原 .....	32
一、抗原的概念 .....	32
二、构成抗原的条件 .....	32
(一) 异源性 .....	32
(二) 分子大小 .....	33
(三) 化学组成、分子结构和立体构像的复杂性 .....	33
(四) 物理状态及可降解性 .....	34
三、抗原特异性与抗原决定簇 .....	35
(一) 抗原特异性与抗原决定簇的关系 .....	35
(二) 抗原决定簇的性质、大小及数量 .....	36
四、半抗原-载体现象 .....	37
五、抗原的类属性(交叉性) .....	38
六、抗原类型 .....	40
(一) 根据抗原的性质分类 .....	
(二) 根据抗原来源分类 .....	

(三) 根据对胸腺的依赖性分类 .....	40
(四) 根据天然、人工、化学性质分类 .....	41
七、主要的微生物抗原 .....	42
(一) 细菌抗原 .....	42
(二) 病毒抗原 .....	44
(三) 毒素抗原 .....	46
(四) 其他微生物抗原 .....	46
(五) 保护性抗原 .....	46
第三章 抗体 .....	47
一、抗体分类 .....	47
(一) 根据抗原分类 .....	47
(二) 根据与抗原是否产生可见反应分类 .....	47
(三) 根据理化特性和抗原性分类 .....	47
二、抗体结构 .....	48
(一) 单体结构 .....	48
(二) 酶解片段 .....	48
三、Ig 的抗原性和理化特性 .....	49
(一) 抗原性 .....	49
(二) 各类 Ig 的理化特性 .....	50
(三) 各种家畜的 Ig .....	51
四、抗体基因和抗体的生物合成 .....	52
(一) 抗体基因 .....	52
(二) 抗体基因的表达 .....	53
(三) 抗体多样性产生的机制 .....	55
五、单克隆抗体 .....	56
(一) 单克隆抗体和多克隆抗体 .....	56
(二) 用淋巴细胞杂交瘤技术生产单克隆抗体 .....	56
第四章 体液因子 .....	59
一、补体系统 .....	59
(一) 补体系统的概念与生物学特点 .....	59
(二) 补体系统的组成和命名 .....	60
(三) 补体系统的激活途径和激活过程 .....	61
(四) 补体激活反应的反馈调节 .....	63
(五) 补体系统的生物学活性 .....	64
二、细胞因子 .....	66
(一) 细胞因子的概念 .....	66
(二) 细胞因子的共同特点 .....	67
(三) 白细胞介素 (interleukin, IL) .....	67
(四) 淋巴因子 (lymphokine, LK) .....	69
(五) 细胞因子的双重作用 .....	72
(六) 细胞因子的实践意义 .....	73

三、干扰素 .....	74
(一) 概述 .....	74
(二) 干扰素的分类及其理化性质 .....	74
(三) 干扰素的生物学特性 .....	75
(四) 干扰素的功能及其作用机制 .....	76
第五章 免疫应答 .....	77
一、概述 .....	77
(一) 免疫应答的基本特征 .....	77
(二) 免疫应答的过程 .....	78
(三) 免疫应答产生的理论 .....	79
(四) 主要组织相容性复合体 (MHC) 抗原与免疫应答 .....	80
二、细胞免疫应答 .....	80
(一) 抗原加工和向 T 细胞提呈 .....	81
(二) T 细胞的抗原识别和激活 .....	82
(三) 细胞免疫的效应机理 .....	84
三、体液免疫应答 .....	85
(一) 体液免疫应答的一般特点 .....	85
(二) 抗原加工和 B 细胞向辅助 T 细胞的提呈 .....	86
(三) 辅助 T 细胞和 B 细胞的相互作用 .....	86
(四) 对 TI 抗原的抗体应答 .....	88
(五) 抗体的效应功能 .....	88
四、免疫应答的调节 .....	89
(一) 决定免疫应答性质和强度的因素 .....	89
(二) 抑制免疫应答的机理 .....	90
五、免疫应答小结 .....	92
第六章 抗感染免疫 .....	94
一、抗细菌感染免疫 .....	94
(一) 细菌抗原和细菌感染的致病机理 .....	94
(二) 细胞外细菌感染的免疫 .....	95
(三) 细胞内细菌感染的免疫 .....	96
二、抗病毒感染的免疫 .....	98
(一) 病毒感染的方式和免疫应答 .....	98
(二) 抗病毒免疫的机理 .....	98
三、抗寄生虫感染的免疫 .....	100
(一) 寄生虫免疫的特点 .....	100
(二) 抗原虫感染的免疫 .....	101
(三) 抗蠕虫感染的免疫 .....	104
第七章 人工免疫 .....	107
一、被动免疫 .....	107
(一) 母源抗体的被动保护 .....	107
(二) 人工被动免疫 .....	108



二、人工主动免疫 .....	109
(一) 概述 .....	109
(二) 疫苗的种类 .....	109
(三) 疫苗的使用 .....	110
(四) 免疫失败 .....	112
(五) 疫苗生产的控制 .....	113
第八章 临床免疫学 .....	114
一、肿瘤免疫 .....	114
(一) 肿瘤抗原 .....	114
(二) 肿瘤免疫的机理 .....	115
(三) 肿瘤的免疫诊断 .....	116
(四) 肿瘤免疫功能检查和预后判断 .....	116
(五) 肿瘤的非特异性免疫预防和治疗 .....	117
(六) 肿瘤疫苗 .....	118
(七) 肿瘤的继承性免疫 .....	119
(八) 细胞因子疗法 .....	120
(九) 免疫毒素疗法 .....	121
二、移植免疫 .....	121
(一) 主要组织相容抗原 .....	121
(二) 移植的类型 .....	122
(三) 移植排斥反应 .....	122
(四) 移植抗原宿主反应 .....	122
(五) 移植排斥反应的防止 .....	123
(六) 不被排斥的移植植物 .....	123
三、自身免疫 .....	124
(一) 自身免疫的发生机理 .....	124
(二) 自身免疫病 .....	125
(三) 自身免疫病的诊断和防治 .....	127
四、免疫缺陷 .....	127
(一) 原发性免疫缺陷 .....	127
(二) 继发性免疫缺陷 .....	128
第九章 血清学试验概述 .....	131
一、血清学试验类型 .....	131
(一) 一级血清学试验 .....	131
(二) 二级血清学试验 .....	132
(三) 三级血清学试验 .....	133
二、血清学试验的一般特点 .....	133
(一) 用已知测未知 .....	133
(二) 试验和抑制试验 .....	133
(三) 特异性和交叉性 .....	133
(四) 结合力和离解力 .....	134

(五) 抗原+体的结合比例 .....	135
(六) 血清反应的影响因素 .....	137
三、血清学技术的优越性 .....	137
(一) 试样量少, 预处理简单 .....	137
(二) 种类多, 可择优选用 .....	137
(三) 方法简单快速 .....	137
(四) 特异性强敏感性高 .....	137
(五) 可用于抗原和抗体的定位 .....	138
四、血清学试验制定原则 .....	138
(一) 抗原准备和提纯 .....	138
(二) 抗体制备和提纯 .....	139
(三) 操作程序制定 .....	139
(四) 材料准备和滴定 .....	139
(五) 试验条件选择 .....	140
(六) 特异性试验 .....	140
(七) 敏感性试验 .....	141
(八) 重复性试验 .....	141
(九) 稳定性试验 .....	141
五、血清学试验的应用 .....	141
(一) 血清学诊断 .....	141
(二) 生物活性物质的超微量 .....	141
(三) 抗原或抗体的细胞和亚细胞水平定位 .....	142
(四) 抗原组成分析 .....	142
(五) 物种的鉴定和分型 .....	142
(六) 有机物提取和纯化 .....	142
六、血清学试验的发展趋向 .....	142
(一) 反应的微量化和自动化 .....	142
(二) 试剂的标准化和商品化 .....	143
(三) 方法快速简易和家庭化 .....	143
(四) 技术的敏感、特异和精密化 .....	143
(五) 检测技术的系列化 .....	143
第十章 凝聚性试验 .....	144
一、凝集试验 (agglutination test) .....	144
(一) 直接凝集试验 (direct agglutination test) .....	144
(二) 间接凝集试验 (indirect agglutination test) .....	145
(三) 间接血凝试验 (indirect hemagglutination test) .....	147
(四) 抗球蛋白试验 (antiglobulin test) .....	152
(五) 协同凝集试验 (co-agglutination, COAG) .....	152
二、沉淀试验 (precipitation test) .....	153
(一) 环状沉淀试验 (ring precipitation test) .....	153
(二) 絮状沉淀试验 (flocculation precipitation test) .....	153
(三) 免疫浊度法 .....	154

(四) 免疫扩散 (immunodiffusion)	154
(五) 免疫电泳 (immunoelectrophoresis)	156
(六) 对流免疫电泳 (counter immunoelectrophoresis)	158
(七) 火箭免疫电泳 (rocket immunoelectrophoresis)	158
(八) 交叉电泳 (crossed electrophoresis)	159
(九) 标本的照相、染色和放射自显影	159
<b>第十一章 免疫标记技术</b>	<b>161</b>
<b>一、荧光抗体技术 (fluorescent antibody technic)</b>	<b>161</b>
(一) 原理	161
(二) 荧光抗体制备	163
(三) 荧光抗体染色	165
(四) 时间分辨荧光免疫测定	167
<b>二、免疫酶技术 (immunoenzyme technic)</b>	<b>169</b>
(一) 原理	169
(二) 用于标记的酶	169
(三) 抗体的酶标记	171
(四) 免疫酶技术的类型	172
(五) 免疫酶组化染色法	173
(六) 酶联免疫吸附测定	174
(七) 均质酶免疫测定	179
<b>三、放射免疫测定 (radioimmunoassay, RIA)</b>	<b>182</b>
(一) 原理	182
(二) 同位素标记抗原	182
(三) 标记抗原鉴定	183
(四) 液相放射免疫测定	184
(五) 固相放射免疫测定	185
(六) 放射对流免疫电泳测定	186
(七) 其他放射免疫技术	186
<b>四、化学发光免疫测定 (chemiluminescence immunoassay, CLIA)</b>	<b>187</b>
(一) 原理	187
(二) 常用发光剂及其标记	187
(三) 检测方法	187
(四) 注意事项	188
<b>五、免疫胶体金技术</b>	<b>189</b>
(一) 原理	189
(二) 胶体金制备	189
(三) 胶体金标记	189
(四) 试验方法	190
<b>六、免疫核酸探针</b>	<b>191</b>
(一) 抗杂交体核酸探针	191
(二) 半抗原核酸探针	191
<b>七、免疫传感器 (immunosenser)</b>	<b>193</b>

(一) 原理 .....	193
(二) 气敏免疫传感器 .....	193
(三) 光敏免疫传感器 .....	194
(四) 离子免疫传感器 .....	194
八、免疫电镜技术 (immunoelectronmicroscopy technic) .....	194
(一) 铁蛋白标记抗体技术 .....	194
(二) 酶标记抗体技术 .....	195
(三) 重金属标记抗体技术 .....	195
(四) 血蓝蛋白标记抗体技术 .....	195
(五) 病毒的电镜凝集试验 .....	195
第十二章 有补体参与的试验 .....	196
一、溶解试验 .....	196
(一) 溶血试验 (hemolysis test) .....	196
(二) 被动溶血试验 (passive hemolysis test) .....	197
(三) 溶菌试验 (bacteriolysis test) .....	198
(四) 抗体、补体细胞毒试验 .....	198
二、补体结合试验 (complement fixation test) .....	199
(一) 材料的准备和滴定 .....	199
(二) 正式试验 .....	200
(三) 补体结合试验的影响因素 .....	201
(四) 其他补体结合试验方法 .....	201
三、免疫粘附血凝试验 (immune adherence hemagglutination test) .....	202
(一) 材料准备 .....	202
(二) 正式试验 .....	203
(三) 注意事项 .....	203
四、团集试验和团集性补体吸收试验 (conglutination and conglutinative complement absorption test) .....	204
(一) 团集试验 .....	204
(二) 团集性补体结合试验 .....	204
第十三章 中和试验 .....	206
一、毒价滴定 .....	206
(一) 毒价单位 .....	206
(二) 半数剂量的计算 .....	206
(三) 半数剂量和毒价表示法 .....	207
二、终点法中和试验 (endpoint neutralization test) .....	207
(一) 固定病毒稀释血清法 .....	207
(二) 固定血清稀释病毒法 .....	207
三、空斑减少试验 (plaque reduction test) .....	208
第十四章 细胞免疫检测技术 .....	210
一、玫瑰花环试验 (rosettes test) .....	210
(一) E 玫瑰花环试验 .....	210

(二) EAC 和 EA 玫瑰花环试验 .....	212
二、酸性 $\alpha$ 醋酸萘酯酶测定 (醋酶染色法) .....	213
三、淋巴细胞转化试验 .....	214
(一) 概述 .....	214
(二) 形态学检查法 .....	215
(三) $^3\text{H}$ -TdR 渗入法 .....	215
四、移动抑制试验 (migration inhibition test) .....	216
(一) 概述 .....	216
(二) 毛细管法 .....	216
(三) 琼脂糖平皿法 .....	217
五、淋巴细胞细胞毒试验 .....	217
六、外周血白细胞促血凝活性测定 .....	218
七、白细胞介素的测定 .....	218
(一) IL-1 测定 .....	218
(二) IL-2 测定 .....	219
八、K 细胞活性测定 .....	219
九、NK 细胞活性测定 .....	220
附录 免疫学常用缩写略语 .....	221
主要参考文献 .....	232

## 绪 论

免疫学 (immunology) 是与医学和兽医微生物学同时诞生的, 历来将其作为医学微生物学的一个章节来加以介绍。20 世纪 60 年代以来, 免疫学无论在理论上和实践上都有飞跃发展, 其研究范围已渗透到整个生命科学领域, 从而形成了一门独立的、富有生命力的新兴学科。它与许多有关学科交织在一起, 进一步发展成为免疫生物学、免疫化学、免疫血清学、免疫病理学、免疫遗传学、血液免疫学、肿瘤免疫学、移植免疫学和临床免疫学等分支学科。

兽医免疫学和医学免疫学属于同一研究范畴, 但侧重点有所不同。除基础免疫学外, 医学免疫学侧重于免疫病理学、肿瘤免疫学、血液免疫学、移植免疫学和临床免疫学; 而兽医免疫学则侧重于免疫血清学和抗感染免疫。目前, 在我国兽医界尤其重视免疫预防。

### 一、免疫的概念

在 Jenner 和 Pasteur 等人的古典免疫概念中, 把免疫看作是对微生物感染的抵抗力和对同种微生物再感染的特异性的防御能力。一个世纪以来的研究证实, 有很多免疫现象与微生物无关, 如动物的血型、对异种蛋白的反应、过敏反应、自身免疫病和肿瘤免疫等。免疫的概念实际上已大大地超过了抵抗感染的范围。

现代免疫学的概念是, 免疫是机体识别和清除非自身的大分子物质, 从而保持机体内外环境平衡的生理学反应。此种本能是动物长期进化中形成的。低等动物只有简单的非特异性防御, 如变形虫有通过阴性趋化性以避开有害因子和吞噬异物作用; 无脊椎动物已能识别进入体内的非己物质, 表现炎症和吞噬反应; 原始脊椎动物, 如八目鳗开始具有原始的淋巴器官, 已能识别异物 (抗原) 产生抗体和移植排斥反应。发展至鸟类和哺乳动物, 免疫系统已日臻完善。机体通过对非己物质的识别, 激发免疫应答 (体液免疫和细胞免疫), 从而建立起针对该特定抗原的特异性免疫。免疫是高等动物识别和清除异物的全过程, 是后天获得的、特异性的, 先前文献上的非特异性免疫, 如先天的、非特异性的炎症吞噬反应和防御屏障等现已改称为非特异性防御, 属病理学研究范畴。非特异性免疫一词只有在特定条件下才用。如应用免疫增强剂加强机体整体免疫功能时, 可称为加强非特异性免疫功能; 又如淋巴细胞花环试验、淋巴细胞转化试验等, 可称之为非特异性细胞免疫试验。

#### (一) 免疫的基本特性

1. 识别自身和非自身 (recognition of self and nonself) 对自身和非自身的大分子物质进行识别是免疫应答的基础。机体的这种识别机能十分精密, 不仅能识别异种蛋白质, 甚至对同一种动物的不同个体的组织和细胞也能识别, 从而出现对异体组织移植的排异反应。只有基因型完全相同的个体, 如纯系动物或 MHC 相同的兄弟姐妹间才能进行异体组织或器官的移植, 而不被排斥。象这样微细的差别即使用目前最先进的理化测试手段也是无法

区别的。

识别功能对保证机体的健康是十分重要的。识别功能的降低就会延缓免疫应答的启动，从而降低或丧失对传染或肿瘤的防御能力。识别功能的紊乱，更易招致严重的生理失调，如把自身的蛋白质或细胞误认作“非己”，就会造成自身免疫病。因此，有关识别机理的探索也就自然而然地成为免疫理论的核心议题之一。但直到1958年，Burnet提出“克隆选择学说”后，才比较合理地解释了识别的生物学基础。即动物在胚胎时期，与自身成分起反应的克隆被消灭了，而对非自身抗原起反应的克隆却得以保存，这些淋巴细胞克隆就担当着对非自身物质的识别。现代免疫学研究表明，T、B细胞的细胞膜表面存在着抗体样的受体（TCR、SIg），它们能与特异的抗原决定簇相结合，这就是识别的细胞学机理。

2. 特异性 (specificity) 机体免疫系统不仅能识别自身和非自身，还能识别非自身物质间的微小差异，甚至某些同分异构体，如氨基苯磺酸的磺酸基位置（邻位、对位、间位），酒石酸的旋光性（左旋、右旋、消旋）等均能予以识别，其精密程度亦远非一般理化测试技术所能达到，这就奠定了免疫血清学技术在生物活性物质的定性、定量和定位中的不可替代的地位。

3. 免疫记忆 (immunological memory) 抗原进入动物体内以后，经一段时间的潜伏期，血中出现抗体，徐徐增加并达到顶峰，随之逐渐下降以至消失。当抗体消失后，用同源抗原加强免疫时，能迅速产生比初次接触抗原时更多的抗体。这一现象表明机体具有免疫记忆能力。细胞免疫也同样具有免疫记忆，这是因为在初次接触抗原之际，除刺激机体形成产生抗体的细胞外，同时也形成了免疫记忆细胞 (immune memory cell)。某些传染病康复后或用某些疫苗免疫后之所以能获得长期的免疫力，主要是免疫记忆之功。

## (二) 免疫的基本功能

1. 抵抗感染 (defence) 动物无时无刻不生活在各式各样微生物的包围之中，每天都有成千上万的微生物通过消化道、呼吸道、皮肤和粘膜进入到动物体内。机体识别此微生物入侵的信号后，就能立刻激发细胞免疫和体液免疫，大大加强对该微生物的清除能力，并予以歼灭。免疫学就是人类与传染病作斗争的过程中发展起来的。免疫诊断和免疫防治已成为控制和消灭传染的两大支柱。

免疫功能正常时，能充分发挥对病原微生物感染的抵抗力。但当免疫异常亢进时，反而导致传染变态反应。而免疫状态低下或免疫不全症患者又往往引起反复感染。

2. 自身稳定 (homeostasis) 在新陈代谢中，每天都有大量的细胞衰老死亡，这些失去了功能的细胞积累在体内，必然会影响正常细胞的活动。免疫系统的第二个重要功能就是消除这些废物，保持机体正常细胞的生理活动，使机体的各部门都能精确地执行正常功能，充满活力。

当细胞衰老死亡时，可刺激机体产生自身抗体，以及时清除这些细胞。但是，如果此种机能异常亢进，产生过多的自身抗体，从而危及正常细胞时，就会引起自身免疫病。

3. 免疫监视 (immune surveillance) 动物最危险的“敌人”来自身体内部。正常细胞在化学的、物理的和病毒等致癌因素的诱导下可以变为肿瘤细胞。免疫的第三个重要功能就是严密监视这些肿瘤细胞的出现，一旦出现就能立即予以识别，并调动免疫系统在其尚未形成肿瘤组织之前将其歼灭。免疫功能降低或抑制就会使肿瘤细胞大量增殖，从而出

现临床的肿瘤。肾移植患者应用免疫抑制疗法，以及老龄动物因免疫功能低下，癌症的发病率均较高就是明证。因此，保持动物健康，加强免疫功能是预防肿瘤的有效方法。

**(三) 免疫的辩证观** 免疫是一个动态过程。在抗感染免疫中，致病微生物侵入→被免疫系统识别→淋巴细胞选择性活化→产生特异的体液免疫和细胞免疫→机体进入免疫状态→病原微生物被清除。这是初次免疫应答过程，在这以后，机体的免疫状态仍可保持一定时间，在此期间如再次接触同类微生物，即可触发再次免疫应答，迅速将侵入者清除，并使机体获得更强的、更长期的免疫力。为此，先驱者们创造了疫苗，以模拟这一过程，使动物获得人工自动免疫。

免疫应答通常分体液免疫和细胞免疫，但两者相互协作、相互制约形成一个不可分割的整体。抗体的形成有赖于辅助性 T 细胞的介导；巨噬细胞和 K 细胞对靶细胞的杀伤作用，也需借助于抗体的识别。此外，两者还存在着巧妙的、精密的自动调节网络，能调整免疫应答水平，避免因反应过强或过弱而造成的损害。

与其他生理系统一样，在免疫反应中神经-激素的调节作用，对保证机体能在复杂的情况下，维持其免疫功能的相对稳定起着一定的作用。而免疫系统接受非感觉刺激后所产生的免疫活性 (immunoreactive, ir) 肽类激素，如 ir ACTH 和 ir 内啡肽等，又可反馈地作用于神经系统，形成淋巴-肾上腺轴的调节环路。

免疫亦有其两面性，它既是重要的防御反应，但亦往往陪伴着有害的病理过程，如传染性变态反应，它是机体为了清除抗原异物的一种特殊形式的免疫反应，但其反应程度往往超越了正常的生理范围，从而导致功能紊乱和组织损伤，其病理作用也是显而易见的，由此可见，免疫也与其他事物一样，是可以一分为二的，对机体的利弊也都是相对的，可以转化的。我们学习免疫学，就要充分利用和发挥其有利的一面，抑制和清除其有害的一面。近代免疫学从抗传染免疫发展到研究免疫性疾病，从免疫生理发展到免疫病理，克服了认识上的片面性，在免疫学发展中是一个重大的突破。

## 二、免疫学的发展简史

**(一) 免疫学的诞生** 免疫学是在人类与传染病的斗争过程中发展起来的。人们在长期实践中看到有很多流行性疾病，如麻疹、天花、腮腺炎、百日咳等，一度罹病康复后很少二次感染。根据这一启示，远在 15 世纪，我国民间就已流传应用良性天花患者的干燥痂皮，研成粉末吹鼻免疫。此法沿丝绸之路传入中近东。18 世纪初，英国驻土耳其大使的夫人 (Wortley Montague) 归国时将此法引入欧洲。其后，Jenner (1798) 受到挤乳妇多不感染天花的启发，应用牛痘 (vaccinta) 脓疮制成疫苗获得极大成功，宣告了免疫学的诞生，传染病学中的“预防接种”一词即源自种痘法 (vaccination)，并将疫苗称为 Vaccine。

**(二) 免疫学的开拓** Jenner 发明种痘法后约 80 年，Pasteur (1881—1885) 利用鸡霍乱菌的陈旧培养、高温培养的炭疽菌、狂犬病的固定毒等制备弱毒疫苗也取得很大成功。此后，Salmon 和 Theobald Smith (1886) 证明用加热杀死的鸡霍乱菌也同样有免疫力，首创了死菌苗。Pfeiffer (1889) 以霍乱弧菌的死苗免疫豚鼠，能保护同源细菌的攻击，但不能抵抗其他菌株，首次用实验证明了免疫现象具有高度的特异性。这样，就在 Koch 氏确定病原菌之后紧接着奠定了免疫学的基础。



巴斯德预防接种的成功极大地推动了人工免疫的研究，并导致了一场免疫机理的大争论。最初人们认为对再感染的抵抗力是由于微生物的初次感染使增殖必需的营养物质消耗殆尽，因而不能满足同类微生物再感染时的营养需要所致。从而提出所谓“消耗学说”。这一学说虽被很快地否定了，但对免疫机理的探索却引起了很多学者的高度关心。巴斯德研究所的 Metchnikoff (1883) 发现阿米巴样的游走细胞能吞噬真菌孢子，还观察到接种疫苗能促进白细胞的吞噬作用。因而提出“细胞免疫学说”，得到当时研究传染病病理组织学的许多学者的支持。

另一方面，Nuttall (1888) 和 Bachner (1889) 确认血清具有杀菌作用，并证明血清中存在一种不耐热的杀菌因子 (alexin)。Behring 和北里 (1889) 发现在用破伤风毒素免疫的动物血清中，存在着一种能中和毒素的所谓抗毒素。Pfeiffer 和 Isaef (1894) 发现免疫血清的溶菌作用。Bordet (1895) 证明免疫血清的溶菌作用是由耐热的特异性的溶菌素 (sensitizer) 和不耐热的补体 (alexin) 协同作用的结果。随后，体液和血清中的诸种抗体也相继发现。以 Koch 为首的一派学者倡导的体液免疫学说，与 Metchnikoff 的细胞免疫学说尖锐对立。

20 世纪初，Wright (1903) 观察到免疫血清能显著增强白细胞的吞噬作用，并将此种抗体称之为调理素 (opsonin)。从而将细胞免疫与体液免疫联系起来。现代免疫学研究表明，体液免疫和细胞免疫是机体免疫应答的两个方面，二者相互促进，相互补充，相互制约，只强调任何一面都是错误的。

**(三) 免疫学的发展和分支学科的形成** 进入 20 世纪后，免疫学在很多方面得到了深入发展，形成了很多分支学科。现将其中的 6 种简介如下。

1. 免疫生物学 (immunobiology) Bordet (1898) 观察到，注射异种红细胞后，动物的血清在补体的协同作用下，能使该动物红细胞溶解。Landsteiner (1901) 发现人的 ABO 式血型。Bordet (1899) 报道动物能对异种蛋白产生抗体。Forssman (1911) 发现不同种属间存在着共同的异嗜抗原 (heterophile antigen)。这些发现使人们认识到产生抗体不限于对病原微生物，而是一种对异种蛋白的普遍的生物学反应。

抗体的发现自然引起许多学者对抗体产生机理的探索。Ehrlich (1897) 提出有名的侧锁学说 (side chain theory)，认为在抗体产生细胞的表面有一种能与抗原特异性结合的侧锁，在抗原刺激下，细胞膜上同类侧锁产生过剩，脱落游离至血液中即为抗体。这一学说由于认为机体事先就已准备好各式各样的侧锁，令人感到不可思议，并终于被否定了。随着蛋白质化学研究的进展，Breinl 和 Haurowitz 提出抗体蛋白是抗原模板形成的，Pauling (1940) 从蛋白质二级和三级结构的形成过程补充了模板学说。但近代分子生物学的知识很快否定了这一学说，因为蛋白质的形成决定于细胞的 DNA，决不因抗原的刺激、诱导而改变。

1948 年，Fragracus 用荧光抗体技术证明抗体是从浆细胞产生的。Medawar 和 Burnet (1944) 提出免疫耐性假说。Billingham (1953) 人工诱导免疫耐性成功。在这些工作的基础上，Jerne (1955) 提出抗体产生的自然选择学说。3 年后，Burnet (1958) 发展和完善了这一学说，进一步提出克隆选择学说，不仅使抗体形成的机理与现代分子生物学的概念相符合，并且能比较合理地解释诸如免疫反应的特异性、免疫记忆、自身识别和免疫耐性等