

兽医、畜牧、卫检专业硕士研究生教材

# 动物免疫学

中国人民解放军兽医大学

1988. 1

兽医、畜牧、卫检专业硕士研究生教材

# 动物免疫学

主 编

王 世 若

编 者

王世若 韩文瑜 黎诚耀

审 校

王 世 若



## 前 言

免疫学是从微生物学中发展分离出来的一门独立的新兴学科，目前其研究范围已远远超过传染免疫的范畴，其内容已渗透到生物科学的许多领域，成为学习医学和兽医学等有关专业必备的基础课。其基础理论和技术同学在大学时代已经比较系统地学习过，所以本书在此基础上，以70年代来，免疫学研究发展获得的一些主要成果为依据，将免疫活性细胞、补体系统、单克隆抗体、免疫遗传和免疫应答调节等基础免疫学理论内容作了较为深入的阐述。另外，还将属于临床免疫学范畴的变态反应、免疫复合物、肿瘤免疫、传染免疫、寄生虫免疫、生殖免疫、免疫诊断、免疫制品、免疫调节剂、祖国医学与免疫等项内容，也逐章作了介绍。因为上述的理论内容系以专题的方式编写的，所以在前后章之间的衔接，就显得不够紧凑，但对于研究生的学习，相信不会因此而受到影响。

为加深同学对免疫学理论的理解，并在理解理论的基础上，掌握一些免疫学的基本技术，也将我们教研室近几年来在免疫学实践中累积的一些资料、体会，结合国内外有关材料精选了免疫球蛋白提纯技术、免疫印迹法、电泳技术、间接凝集试验、免疫酶技术、与补体有关的血清学试验、免疫荧光菌团技术、E-玫瑰花环试验、EY-混合玫瑰花环试验和T淋巴细胞酸性 $\alpha$ -醋酸萘酯酶染色法等十项免疫学技术编入本书，并对每项技术的原理、操作方法、结果分析及注意事项等作了较为深入细致的介绍，期望能够成为同学独立操作的依据。

因为免疫学理论和技术的发展十分迅速，研究成果年年大量涌现，犹如百花吐艳，其内容日新月异，不断更新补充，免疫学原理和学说的设想，也在推陈出新，技术操作和临床应用等诸多方面都取得了极其丰富的成就，编写本书时，尽管对近些年的免疫学资料作了力所能及地搜集整理，并适当地吸收进来，但由于文献浩瀚，加之受主客观条件的限制，无法面面俱到，也必然是挂一漏万；同时，我们也不想使一本供研究生应用为主的教材内容包罗万象。但为了使研究生的学习有所遵循，我们还是根据学校对研究生培养计划的要求，编写了这本《动物免疫学》，以作为有关学科硕士研究生学习免疫学的基本用书，在学习过程中，还可以根据自己专业的需要，有所侧重，并参阅免疫学专著及其它有关的专门期刊，从中优选所需要的资料，得到充实提高。

本书第一篇基础免疫学和第二篇临床免疫学由王世若编写，第三篇免疫学技术由韩文瑜、黎诚耀编写。由于编者水平的限制，编写时间仓促，书中自然会有不少的缺陷和不妥之处，诚望本书问世以后，能够得到同志们的指教。

王 世 若

一九八八年 一 月

# 目 录

## 概 论

### 第一篇 基础免疫学

|     |        |    |
|-----|--------|----|
| 第一章 | 免疫活性细胞 | 15 |
| 第二章 | 补体系统   | 29 |
| 第三章 | 单克隆抗体  | 36 |
| 第四章 | 免疫遗传   | 49 |
| 第五章 | 免疫应答调节 | 59 |

### 第二篇 临床免疫学

|      |         |     |
|------|---------|-----|
| 第六章  | 变态反应    | 69  |
| 第七章  | 免疫复合物   | 80  |
| 第八章  | 肿瘤免疫    | 88  |
| 第九章  | 传染免疫    | 100 |
| 第十章  | 寄生虫免疫   | 105 |
| 第十一章 | 生殖免疫    | 111 |
| 第十二章 | 免疫诊断    | 118 |
| 第十三章 | 免疫制品    | 138 |
| 第十四章 | 免疫调节剂   | 147 |
| 第十五章 | 祖国医学与免疫 | 159 |

### 第三篇 免疫学技术

|      |                            |     |
|------|----------------------------|-----|
| 实验一  | 免疫球蛋白提纯技术                  | 167 |
| 实验二  | 免疫印迹法                      | 179 |
| 实验三  | 电泳技术                       | 182 |
| 实验四  | 间接凝集试验                     | 189 |
| 实验五  | 免疫酶技术                      | 198 |
| 实验六  | 与补体有关的血清学试验                | 207 |
| 实验七  | 免疫荧光菌团技术                   | 210 |
| 实验八  | E-玫瑰花环试验                   | 212 |
| 实验九  | Ey-混合玫瑰花环试验                | 215 |
| 实验十  | T淋巴细胞酸性 $\alpha$ -醋酸萘酯酶的测定 | 217 |
| 附录1: | 对免疫学发展有贡献的诺贝尔奖金获得者         | 220 |
| 附录2: | 免疫学常用缩写略语                  | 221 |

## 概 论

“免疫”一词来源于拉丁文“Immunitas”，是一个法律概念，意即免除捐税，免除奴役，以后引用到医学上来，意即免除感染，免除疫病。过去很长一个时期，均认为机体的免疫就是抗传染，即抗御病原微生物在机体内生长繁殖，解除毒素或毒性酶等有害代谢产物的毒害作用，最后将病原清除，并获得对这一病原微生物或其产物的不同程度的不感受性，即抵抗力。现在认识到，这种抗传染的防御反应是免疫反应，但没有包括全部的免疫功能，例如机体内的细胞不断地衰老死亡，这些衰老死亡的细胞碎片等，主要靠免疫系统消除，以保持自身稳定，防止发生自身免疫病；又如机体每天都有大量的细胞生长繁殖（在人每天约有 $10^{14}$ 个新生细胞出现），新生细胞由于遗传误差，出现一些突变细胞（每天约有 $10^6$ 个细胞发生突变），也是不足为奇的，而这些突变细胞可依靠机体正常的免疫功能将其识别、消灭，以防止癌的发生。以上这些现象虽然都是免疫应答，但与病原微生物毫无关系，所以再将免疫仅看作是抗传染，就不符合时代的认识水平和客观的实际。现代免疫学概念（Modern concept of immunology）应该是：机体对外源性或内源性异物进行识别、排斥和清除的作用，即识别自己和非己（Recognition for nonself and self-recognition），并动员自身防御力量，排除异己（Rejection of not-self substance），以保持机体功能的相对与稳定。

随着科学的发展，免疫学包括的内容越来越广泛，几乎涉及医学和兽医学的各个领域，已成为一门独立的重要的生物学科，所以在1971年于华盛顿召开的第一届国际免疫学会议（会议决定每三年召开一次。第六届国际免疫学会议于1986年7月6～11日在加拿大多伦多市 Metro 会议中心举行，来自世界各国的6,200余名科学家参加，我国科协派陈绍先和章谷生参加，会议收到论文7,000余篇，会议期间举行专题报告或讲演28次。选出下一届主席是 G.Nossal，并决定在1989年7月30～8月5日在西柏林举行第七届国际免疫学会议，会议研究讨论的主题是免疫系统的发育、生理，受体和介质的分子生物学功能，细胞结构和细胞间的相互作用，感染免疫，自身免疫和免疫遗传等。我国于1984年9月参加该组织，名称为中国参加国际免疫学会联合会联合会，Chinese Joint Committee for IUIS，简称 CJCI；于第六届国际免疫学会议上宣布我国正式参加IUIS）时，与会者一致认为再将免疫学部分包含在医学微生物学中是不合理的，而且影响它的发展，应当自成体系，单独建立免疫学。迈进到80年代，随着分子生物学、细胞生物学和分子遗传学等诸多学科的发展，免疫学基本理论和操作技术又获得了更深入的发展，其内容已渗透到化学、生物学、生理学、病理学、药理学、毒理学和遗传学等其它许多有关学科中去，不但又建立了许多分支学科，而且在深度上和广度上均有许多新的发展和突破，为医学的发展作出了重要的贡献。

## 一、在深度上已由单一层次发展成多层次的学科

免疫学的研究内容已从群体生物学 (Population biology)、个体生物学 (Organismal biology) 和细胞生物学 (Cellular biology), 向分子生物学 (Molecular biology) 水平迈进, 继而向原子生物学 (Atomic biology) 水平发展, 这是历史发展的必然, 我们要清醒的看到这一趋势。

但从辩证统一的观点出发, 以三个层次或多个层次观察研究免疫的实质, 彼此间是不能割裂开的, 因为没有整体就没有细胞, 没有细胞又如何谈及分子和原子呢? 所以对免疫学必须采取综合性研究, 才是正确途径。

## 二、在广度上已由单一学科发展成多分支的许多边缘学科

免疫学新出现的分支学科有免疫化学、免疫生物学、免疫生理学、免疫病理学、免疫药理学、免疫毒理学、免疫遗传学和临床免疫学等, 而临床免疫学又可再分为传染免疫学、血液免疫学、移植免疫学、生殖免疫学和肿瘤免疫学等。现将这些免疫分支学科所包括的一些基本内容简述如下:

### (一) 免疫化学 (Immunochemistry)

这是从分子水平的角度出发, 对抗原的化学组成、抗原性和专一性; 抗体的分离、纯化、结构、功能、合成; 淋巴因子的性质、功能; 补体的组成、性质、合成、功能等进行研究的一门免疫分支学科。也有人根据免疫化学的上述研究内容, 将其称为分子免疫学 (Molecular immunology)。

免疫化学对上述基本理论的研究, 必然会加深对肿瘤免疫、移植免疫、变态反应和自身免疫病等的认识, 并促使其对某些问题的解决。

1. 抗原 是引起一切免疫现象的最基本物质, 可以不夸张地讲, 没有抗原的存在, 就谈不到有免疫反应的发生。一向认为生物大分子是抗原的必备条件, 其实还不完全如此, 因为它是由两部分构成的, 一部分是较大分子的主干~蛋白质, 通常称为载体, 其本身并无抗原性或很少有抗原性; 另一部分为小分子的化学基团, 即抗原决定基 (簇), 它是由几个氨基酸组成的短肽链, 或由几个六碳糖组成的短糖链, 或由几个核苷酸组成的核酸。抗原决定基是真正的抗原, 是刺激机体产生抗体, 或与相应抗体结合的特异部分。

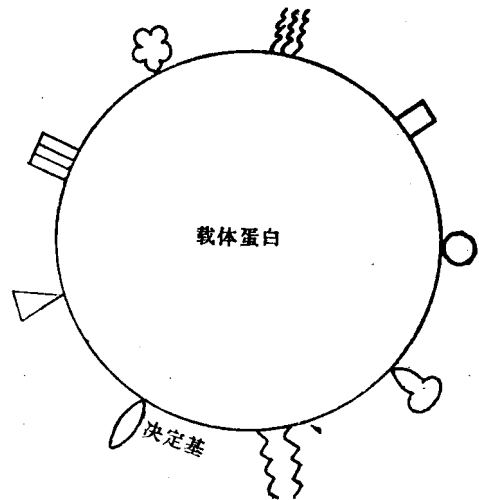


图 1~1 抗原的分子结构

在抗原是由蛋白质和决定基两部分组成理论的指导下, 进行抗原的人工合成研究已经成功, 这对于探索某些物质的化学结构和免疫学特异性之间的关系, 提供了重要依

据, 如以同一种蛋白质与左旋 (l)、右旋 (d)、消旋 (dl) 酒石酸结合后, 获得的抗原, 则具有三种完全不同的特异性, 这种特异性完全由决定基所决定, 而与大分子的蛋白质载体无关。

目前所用疫苗均由完整微生物制成, 其中不少成分不但与特异性免疫无关, 而且还可以引起许多不必要的副作用。人工合成抗原的成功, 告诉我们可以人工的保留抗原的有效成分, 去掉无用部分, 为研制合成肽疫苗提供可靠的根据, 并已做出了成绩。如 Sela 研究了对免疫有意义的流感病毒血凝素的 91~108 氨基酸序列, 和口蹄疫病毒 VP1 的 141~160 氨基酸序列的多肽链的人工合成, 证明合成的这种多肽链与载体结合后, 可作为人工合成肽疫苗应用, 对小鼠、家兔等动物都能产生一定的免疫力。

2. 抗体 当前对免疫球蛋白方面的研究十分活跃, 已由古典的机体整体水平, 如制备免疫血清后, 以凝集反应、沉淀反应、中和试验和补体结合反应等检测体内的抗体水平, 进而转向细胞水平的研究, 如 Jerne 于 1963 年建立了溶血空斑试验, 可在体外检测单个抗体形成细胞~B 淋巴细胞的数目; 1975 年 Köhler 等在体外培育成 B 淋巴细胞杂交瘤后, 获得了单一的、化学纯的 McAb, 现在又成功地建立了可以产生淋巴因子的 T 淋巴细胞杂交瘤, 为癌的治疗增添了新的手段。近些年来, 对抗体的研究已达到分子水平的阶段, 在以下四方面取得的成绩更为突出:

(1) Edelman 于 1959 年用化学断链法将免疫球蛋白 G 分子断开后, 得知它由四条肽链组成, 即两条长的具有抗原特异性的称为重链 (Heavy Chain, 简称 H 链), 分子量约为 55,000, 由 420~460 个氨基酸组成, 两条短的具有共性的称为轻链 (Light chain, 简称 L 链), 分子量约为 22,500, 由 213~216 个氨基酸组成, 四条肽链间均由双硫键连接一起, 组成一个单体。由此而对组成免疫球蛋白氨基酸排列顺序的研究, 提供了方便。

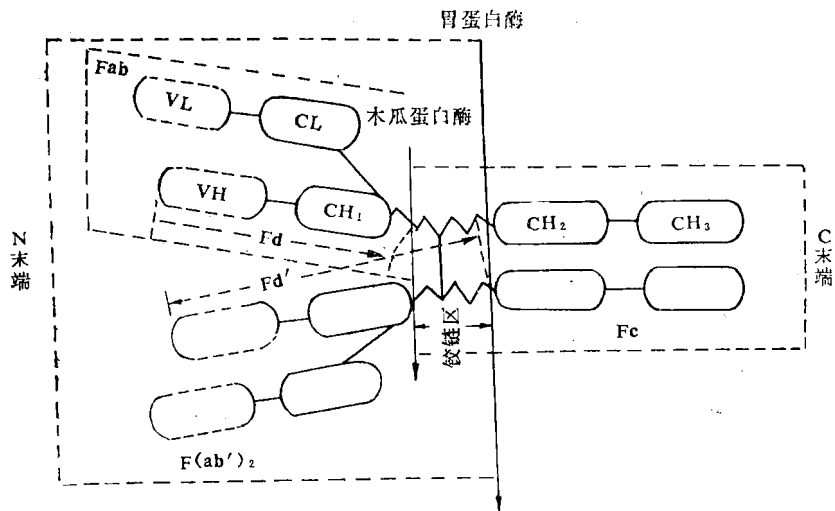


图 1~2 IgG 分子结构示意图

(2) 根据免疫球蛋白分子各部位的作用不同, 可将其区分为四个功能区, 即由 VL 和 VH 组成的 N 末端, 系与相应抗原进行特异性结合的部位, 通称为抗原结合簇 (Fab 片

段)。重链C末端系与具有Fc受体的B淋巴细胞、肥大细胞、嗜硷性粒细胞、巨噬细胞和血小板结合的部位，且因为这一部分已提纯结晶，故通称为结晶片段(Fc片段)，由于Fc片段的分子量大，会引起异种动物发生过敏反应，如将其用酶裂解成小肽，可减少副作用。CH<sub>2</sub>处具有补体结合点，当IgG分子与特异性抗原结合后，免疫球蛋白分子则由T形变为Y形，补体结合点暴露出来，补体便可与其结合而被激活。于CL区和CH<sub>1</sub>区处为遗传标记所在，它控制着免疫球蛋白重链和轻链的合成。

(3) Porter用木瓜蛋白酶将IgG切成三个片段，即2个Fab片段和一个Fc片段；Edelman用胃蛋白酶将IgG切成一个较大的F(ab')<sub>2</sub>片段和二一个Fc片段，但Fc片段可被胃蛋白酶再继续水解成若干个小肽片，由此而使我们有可能对Ig分子作进一步研究，从而提出了肽链可变区(V)和稳定区(C)的概念。进而在重链和轻链可变区中，各有三个氨基酸的特殊排列区(位于V<sub>L</sub>区中的25个氨基酸内，V<sub>H</sub>区中的30个氨基酸内)，在这三个区内，氨基酸排列顺序的可变性大大超过可变区的其它部位，因此称为高变区，高变区可提供适当的三度空间，构成与相应抗原互补的形状，造成一个适当的凹陷，以便抗原决定基与Ig结合，由此认为高变区是Ig与抗原进行特异性结合的部位。

(4) 浆细胞恶性增生时，血液中可出现大量的、结构均一的，但抗体活性很小的一种免疫球蛋白片段，临床上将其称为副蛋白或M-成分，由这种异常的免疫球蛋白引起的疾病，常统称为单克隆γ球蛋白病，如H链病、L链病，即属于这种疾病类型。动物对自身组织产生的自身抗体，是大家所共知的引起自身免疫病的重要原因，但对它的深入研究发现，有的自身抗体，如抗核、抗甲状腺、抗心肌、抗平滑肌、抗线粒体等等的自身抗体，对机体不一定完全有害，因为它们可以清除衰老的或死亡的细胞，反而是消除自身免疫病的病因。

3. 补体 早在1889年即由Buchner所发现，但近些年来对它的研究更加深入。已证明补体是存在于新鲜动物血清中不耐热的、具有酶原性质的、经激活剂作用后可以产生生物效应的一组球蛋白，它由C<sub>1</sub>q、r、s、t，C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub>、C<sub>7</sub>、C<sub>8</sub>、C<sub>9</sub>等9种12个成分构成。通过经典途径或替代途径激活后，除呈现防御功能外，激活后的某些成分还参予Ⅱ型和Ⅲ型变态反应，引起有害的病理损伤。

4. 淋巴因子(Lymphokine) 是淋巴细胞受非特异性信号丝裂原如PHA、Con-A，或特异性信号如相应抗原接触后，转变为效应细胞，该细胞除能直接杀伤抗原或靶细胞外，还能释放(处于分裂时期的)多种具有生物活性的不能透析的可溶性物质，Dumonde等于1962年首先建议，将该种物质总称为淋巴因子，也有的资料将其称为淋巴介质、淋巴素、淋巴细胞活性产物、激活淋巴细胞产物、免疫效应因子、免疫调节因子或细胞免疫化学介质等。

最先认为只有T细胞才能分泌淋巴因子，并认为是细胞免疫应答的产物，就是淋巴因子；后来发现B细胞在LPS、多聚鞭毛素、美洲商陆等一些物质的刺激下，也能产生淋巴因子，甚至传代的淋巴样细胞，即使没有抗原等物质刺激，也可以产生淋巴因子样物质。所以用淋巴因子代表细胞免疫，还需要进一步探讨研究，至于发生应答的是T细胞还是B细胞，这决定于信号刺激物的性质。



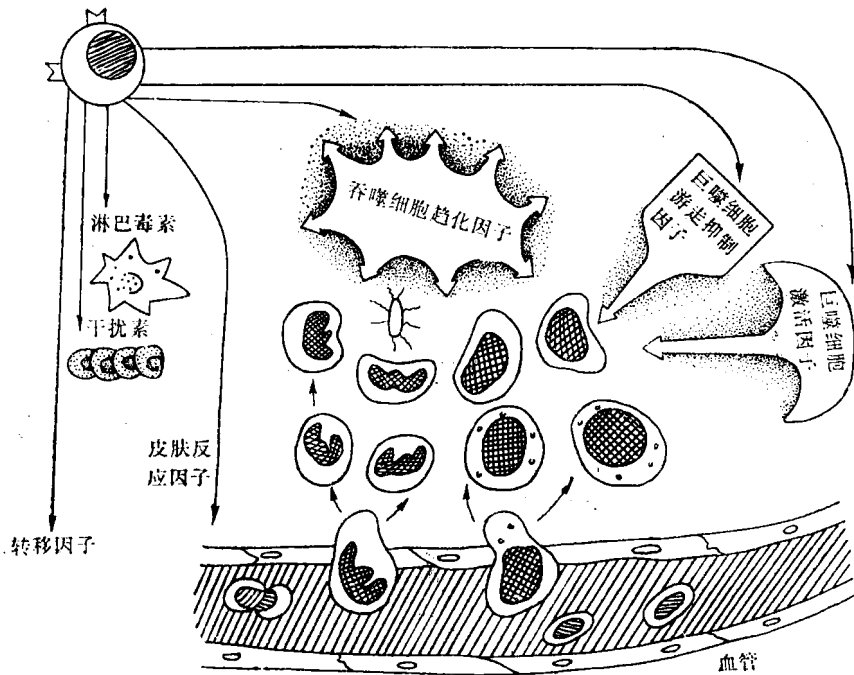


图 1~3 淋巴因子的生物学特性示意图

自 50 年代晚期，从Lawrance发现转移因子开始到现在的30多年来，尤其是最近十多年来，已报告的淋巴因子不下几十种之多，由于各个研究者的报道，一般均根据其发现的作用命名，因而有的可能是同一种物质只是名称不同罢了，有的可能是完全不同的物质，但其作用类同，所以命名一样。因而对各种淋巴因子至今还没有一个比较清晰的、不易混淆的命名。所以在1979年召开的第二届国际淋巴因子工作会议上，Waksman 将所有呈现免疫活性的物质，按其作用方式、特异性及其基因控制等，共列出96种淋巴因子，但目前比较公认的淋巴因子主要有 MCF、MIF、MAF、SRF、TF、LT、IFN 等，具体见表 1：

淋巴细胞是如何产生淋巴因子的？据用 $^3\text{H}$ 标记的胸腺嘧啶掺入增殖的细胞，然后用放射自显影观察，可把细胞繁殖过程分为细胞分裂间期和分裂期，二者构成细胞繁殖周期。分裂间期就是新的淋巴细胞周期的开始，可分为三个分期：DNA 合成前期（ $G_1$ 期）、DNA 合成期（S期）、DNA合成后期（ $G_2$ 期）。当 $G_2$ 期结束后，即进入分裂期（M期），淋巴因子主要在 $G_1$ 期释放，当进入S期时，就停止产生。关于一个致敏淋巴细胞能产生多种淋巴因子，或是只产生一种淋巴因子还不清楚，不过从细胞学的基因观点出发，后一种的可能性较大一些。至于产生淋巴因子的淋巴细胞可否分化为记忆细胞尚不清楚。

淋巴因子在体内的产量很少，但作用很大，它能直接地或间接地促进免疫活性细胞分裂增殖，杀伤靶细胞，破坏靶组织。在体外，人们也经常通过对某些淋巴因子的测定，作为检验机体细胞免疫功能强度的指标。

由于对淋巴因子的深入研究，只有十多年的历史，而且大部分的实验工作，如淋巴

表 1

各种淋巴因子的主要作用

| 作用对象    | 淋 巴 因 子   | 观 察 到 的 作 用   |
|---------|---|---|
| 巨噬细胞    | 巨噬细胞移动抑制因子 (MIF)<br>巨噬细胞凝集因子 (MAggF)<br>巨噬细胞扩散抑制因子 (MSF)<br>巨噬细胞趋化因子 (MCF)<br>巨噬细胞激活因子 (MAF)<br>巨噬细胞武装因子 (SMAF) | 抑制试管内巨噬细胞的移动<br>在悬液里凝集巨噬细胞<br>抑制巨噬细胞在血细胞表面的扩散<br>吸引单核细胞通过膜微孔<br>增强巨噬细胞氧消耗、脂类的生物合成和糖发酵<br>诱导或加强巨噬的毒性及对抗肿瘤细胞的作用 |
| 淋巴细胞    | 移动因子或生成母细胞的生殖因子 (MF、BF)<br>T细胞替代因子 (TRF)<br>抗体的特异和非特异辅助因子和抑制因子  | 促进淋巴母细胞转化和正常淋巴细胞的分裂<br>提高B细胞的分化演变, 转为抗体形成细胞<br>辅助或抑制 T 或 B 细胞分化演变的活性  |
| 粒细胞     | 白细胞抑制因子 (LIF)<br>趋化因子 (CF)<br>嗜酸性粒细胞趋化因子 (ECF)<br>嗜酸性粒细胞促进因子  | 抑制粒细胞移动<br>加速粒细胞的渗透<br>吸引嗜酸性细胞, 既能单独作用, 又能和抗原抗体复合物作用<br>促进嗜酸性粒细胞在琼脂糖凝胶上的移动                                    |
| 传代细胞系   | 嗜硷性细胞趋化因子 (BCF)<br>淋巴毒素 (LT)<br>增生抑制因子和集落抑制因子 (PIF、CfF)<br>干扰素 (IFN)<br>胶原生产因子                                  | 吸引嗜硷性细胞<br>对某些细胞系 (特别是淋巴细胞) 发挥细胞毒的作用<br>抑制细胞增生和集落形成<br>削弱病毒在细胞中的致病作用<br>诱导胶原的产生                               |
| 造血细胞    | 集落刺激因子 (CSF)  | 刺激骨髓干细胞演变成髓样细胞或单核细胞   |
| 破骨细胞    | 破骨细胞刺激因子 (OAF)  | 增强破骨细胞的活性   |
| 免疫球蛋白 G | 免疫球蛋白结合因子 (IBF)   | 结合 IgG 分子   |
| 体内因子    | 皮肤反应因子 (SRF)<br>巨噬细胞移动抑制因子 (MIF)<br>干扰素 (IFN)<br>淋巴毒素 (LT)  | 增强毛细血管的渗透性, 通过单核细胞浸润, 有助于促进炎症反应<br>减少循环的单核细胞的水平 (腹腔内注射)<br>减少腹腔渗出液的水平 (静脉内注射)<br>破坏靶细胞                        |

因子的产生与释放，理化性质和生物活性等，均仅在体外试验，所得的实验结果是否与体内情况一致，还不十分清楚。由于对多数淋巴因子还未能提纯及进行化学鉴定，因此对淋巴因子的科学评价，可能还是今后若干年的事情。

**(二) 免疫生物学 (Immunobiology)**

她是用生物学的普遍规律解释免疫现象，重点研究动物种系发展和个体发育过程中免疫器官的确定，免疫活性细胞的种类、结构、活化和功能，免疫分子的历史形成过程，以及免疫应答和其调节等的一门免疫学分支。

1. 免疫器官 和其它生理器官一样，免疫器官是在动物种系发生与发展过程中逐步进化而建立起来的。根据其作用不同，可分为两类：一类称为中枢免疫器官，包括骨髓、胸腺、腔上囊，它控制着机体的免疫反应，可赋予小淋巴细胞以免疫功能，使其成为 T、B 淋巴细胞。另一类是外周免疫器官，包括淋巴结和脾等，它是免疫活性细胞定居、增生，及其与抗原发生应答的场所。

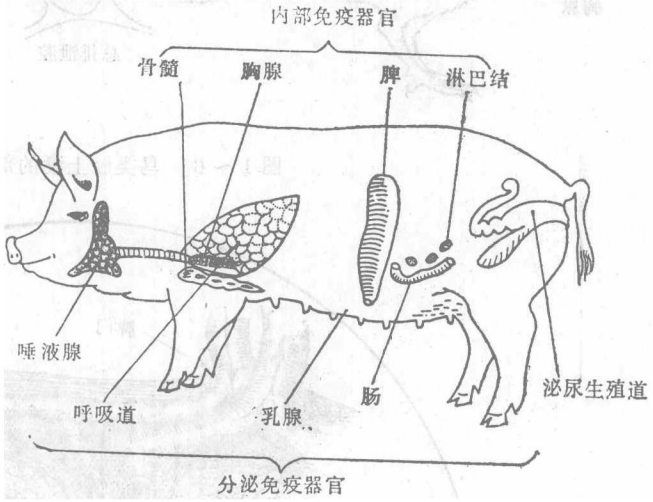


图 1~4 猪的免疫器官

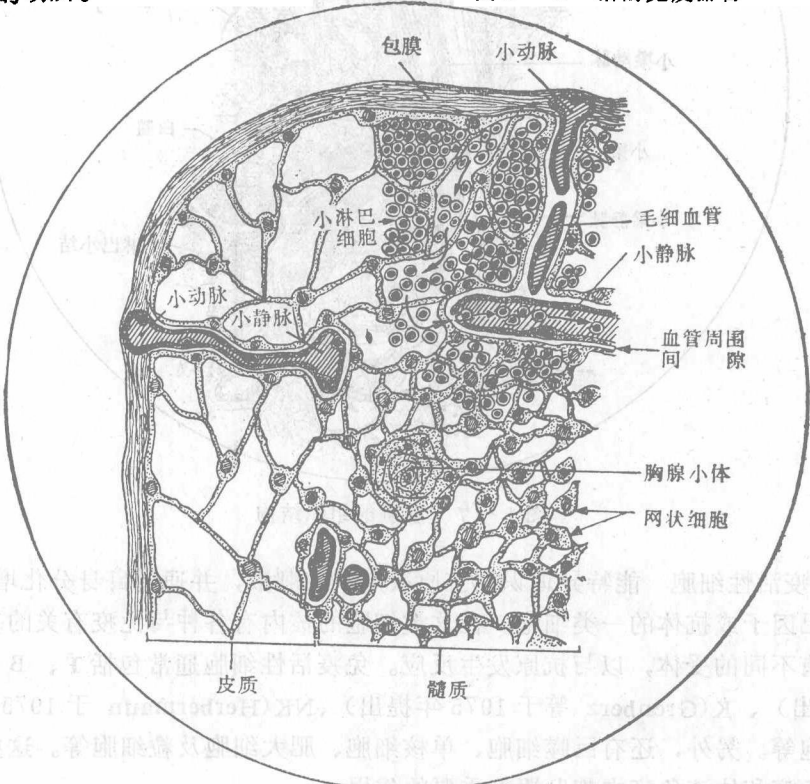


图 1~5 胸腺的组织结构

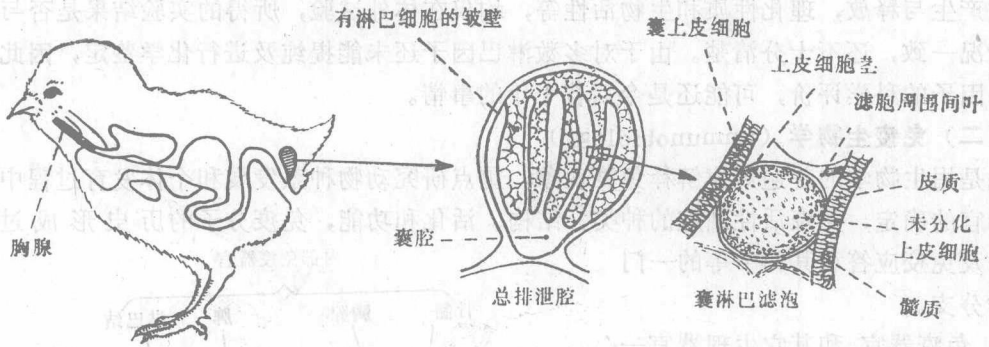


图 1~6 鸟类腔上囊的部位和结构

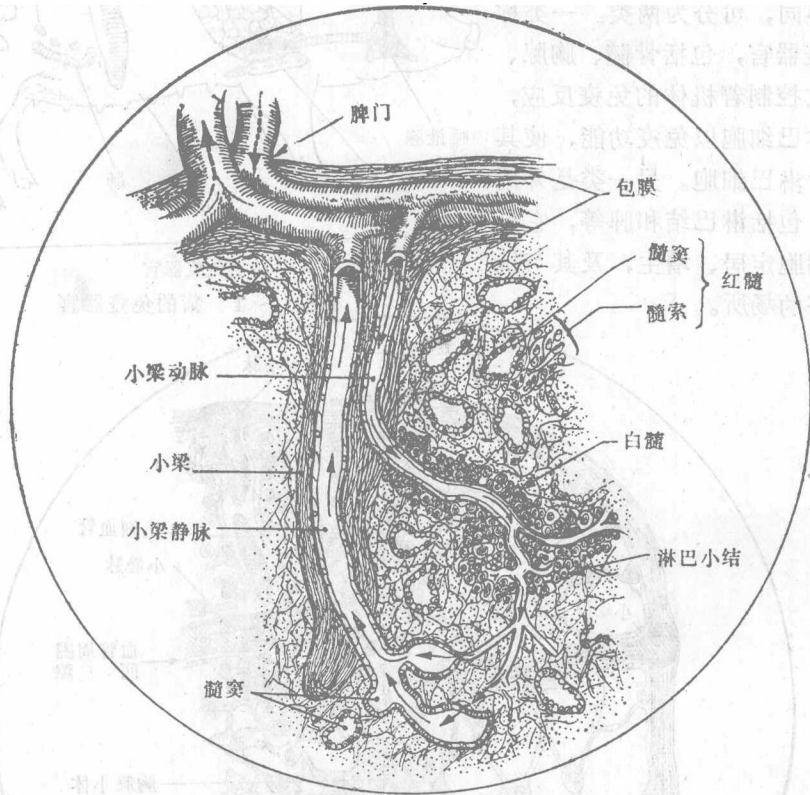


图 1~7 脾脏的组织结构

2. 免疫活性细胞 能特异地识别抗原决定基的刺激，并通过自身分化增殖，形成能产生淋巴因子或抗体的一类细胞。在这类细胞的核内有各种与免疫有关的基因，在细胞膜上带有不同的受体，以与抗原发生反应。免疫活性细胞通常包括 T、B (Claman 于 1969 年提出)、K (Grenberz 等于 1975 年提出)、NK (Herbermaun 于 1975 年提出)、D、N 细胞等。另外，还有巨噬细胞、单核细胞、肥大细胞及粒细胞等。这些细胞在特异的细胞免疫和体液免疫中都发挥着重要的作用。

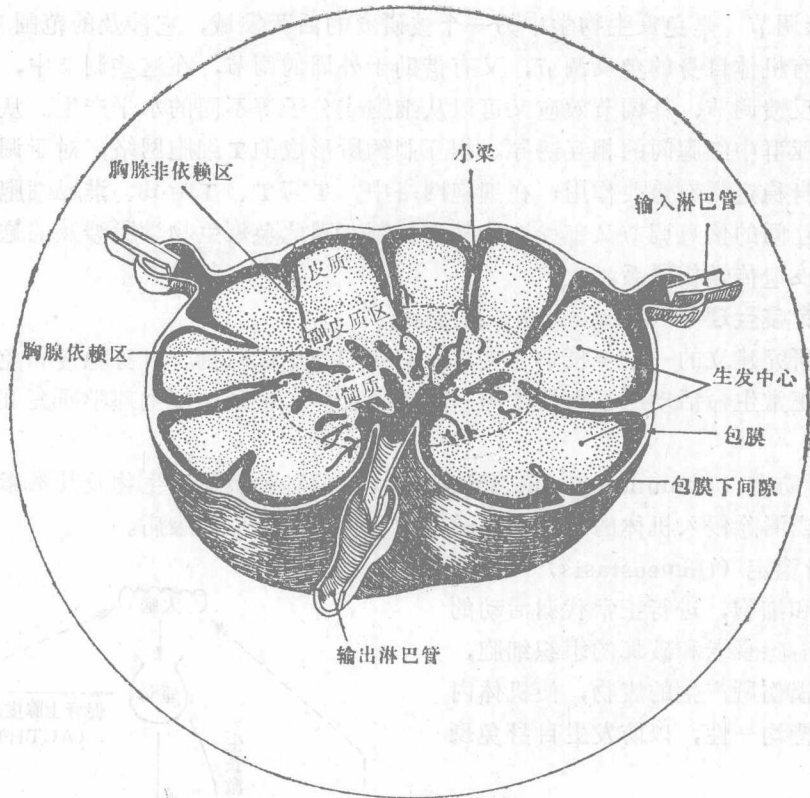


图 1~8 淋巴结的组织结构

3. 免疫分子 动物血清虽然可能含有千百种性质不同的免疫球蛋白，但从种族发生的角度看，也不是所有动物体内均有免疫球蛋白，如无脊椎动物是不产生免疫球蛋白的，对外界抗原性物质的刺激，主要靠吞噬细胞及炎症反应排除。到鱼类出现 IgM，两栖类出现 IgM、IgG，家兔出现 IgM、IgG、IgA 及 IgE，发展到鼠及人类，则 IgG、IgM、IgA、IgD、IgE 等五类免疫球蛋白俱全。这些免疫球蛋白是构成体液免疫的物质基础。

| 无脊椎动物  |  |  | 脊椎动物    |            |                                 |
|--------|--|--|---------|------------|---------------------------------|
|        |  |  |         |            |                                 |
| 吞噬炎症反应 |  |  | IgM     | IgM<br>IgG | IgM<br>IgG<br>IgA<br>IgD<br>IgE |
|        |  |  | 生物学扩大系统 |            |                                 |

图 1~9 免疫反应中各类免疫球蛋白的种系发生示意图



4. 免疫调节 是免疫生物学中另一个被研究的活跃领域，它涉及的范围很广，概括地讲，既有机体自身的免疫调节，又有借助于外周的调节，在这些调节中，还有正反馈调节和负反馈调节，其调节效应又可以从细胞或分子等不同的水平产生。从细胞水平讲，T细胞亚群中细胞间的相互诱导，相互制约所形成的T细胞网络，对于调节免疫反应和维持自身稳定具有重要作用；在细胞网络中，T与T、T与B、淋巴细胞与巨噬细胞之间，相互间的信息调节又都受遗传基因控制，因此免疫生物学所涉及的这些内容，必然要与免疫遗传学相联系。

### (三) 免疫生理学 (Immunophysiology)

是正在研究建立的一个免疫学分支，人们熟知的免疫防御、自身稳定和免疫监视等是维持机体正常生命活动所不可缺少的一种免疫反应，也是免疫生理学研究的主要内容，如：

1. 免疫防御 (Immunologic defence) 即防御各种病原微生物及其毒素侵袭的功能，以消毁或清除侵入机体的各种病原微生物等，以防发生传染病。

2. 自身稳定 (Homeostasis) 即保证机体组织和细胞，进行正常代谢活动的一种功能。清除衰老和破坏的组织细胞，去除代谢和损伤所产生的废物，使机体内部的细胞保持均一性，以防发生自身免疫病。

3. 免疫监视 (Immunosurveillance) 机体内细胞由于受理化学因素或病毒等的作用，或由于遗传误差，经常会产生非正常型的突变细胞，其机率可达十亿分之一，免疫监视功能主要是发现和处理这些突变细胞，以防癌的发生。

机体的上述三大功能，必然与机体的神经—体液系统密切相关，受神经系统的兴奋与抑制调节，依靠脑下垂体—肾上腺皮质系统的作用，来维持机体内环境相对的稳定。

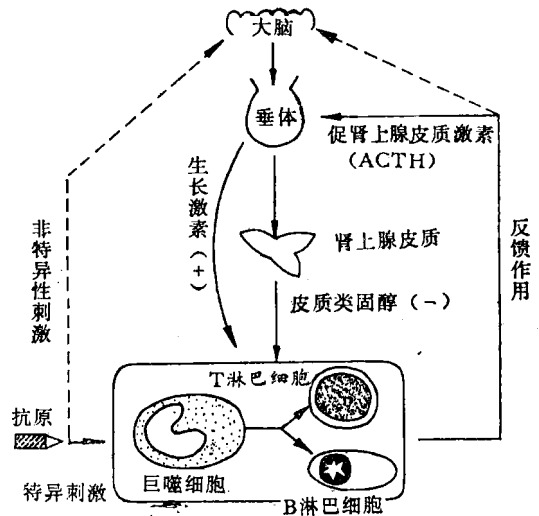


图 1~10 神经—体液调节免疫反应示意图

### (四) 免疫病理学 (Immunopathology)

这是在免疫生理学的基础上，建立的一门免疫学分支，主要研究机体由正常的生理状态转向病理过程的免疫机制，像自身免疫病（如鹿多发性结节性动脉炎、鸡神经型马立克氏病等）、免疫缺陷病（如体液免疫缺陷病、细胞免疫缺陷病、T和B细胞联合免疫缺陷病等）及衰老等的发生原理等，以为这类疾病的防治提供理论根据。

### (五) 免疫药理学 (Immunopharmacology)

是在人们发现免疫性疾病以后，由于临床治疗的需要，才逐渐产生了这个免疫学分支。它的发展深度与免疫病理学的发展状况密切相关，目前在临床上广泛应用的免疫增强剂如转移因子、干扰素、胸腺肽、iRNA、厌氧性棒状杆菌、卡介苗、吡喃、左旋咪唑

等，和免疫抑制剂如环磷酰胺、氨基嘌呤、可的松和抗淋巴细胞血清等均属免疫性药物，对它的筛选、药效控制、作用机理等，均为免疫药理学研究范畴。两类药物具有相辅相成的作用，可以根据需要灵活选用，以调节和改善机体的免疫功能，恢复到正常水平。由于免疫抑制剂往往产生副作用，给临床工作带来不少麻烦，所以比较起来，免疫增强剂在临床上的应用，更有现实意义。

目前，又在免疫药理学的基础上产生了免疫工程学，它是研究如何应用手术切除或移植免疫器官、细胞等，以重建或改善机体免疫功能的一门新兴学科。

#### (六) 免疫毒理学 (Immunotoxicology)

是在毒理学与免疫学之间新建的一门边缘学科，也是毒理学的一个分支学科，本学科主要研究外源性化学物质对机体免疫系统产生的不良影响，及其影响机制。为什么要研究化学物质对免疫系统的影响呢？因为随着工业生产的发展，有越来越多的化学物质用于农业生产和食品工业生产，同时也有许多新的药物出现。过去对一个新的化学物质及药物进行系统的毒理评价时，常常根据一般的毒理指标进行，包括生长率或功能低下，重要靶器官的重量及功能变化，血液及神经系统的改变等。但是人们发现，在长期小剂量接触某种化学物质后，虽未引起上述各方面的变化，但免疫系统却受到了影响，如 1ppm 的甲基汞、5ppm 的五氯苯酚，或 10ppm 的多氯联苯，就能引起免疫功能的改变。

免疫系统在化学物质直接或间接作用下受到损伤，可表现免疫增强或免疫抑制。免疫反应过度增强可产生过敏性疾病或自身免疫病；免疫反应受到抑制，则会大大地增加传染病的发病率及产生肿瘤。因此研究化学物质对免疫功能的影响，有助于对某些化合物所造成损伤的临床表现及病理过程作进一步的了解。

正因为免疫毒理学在医学上占有重要地位，所以在 1982 年 9 月曾于英国举行了第一届国际免疫毒理学会议，参加的国家有英、美、法、西德、意大利、丹麦和瑞典等国的科学家，总结了几年来免疫毒理学的研究成果。我国免疫毒理学方面的研究工作起步较晚，目前，正对一些接触过各种毒物的人群进行免疫功能的测定，包括血清中免疫球蛋白含量、补体 C<sub>3</sub> 水平，及 T、B 淋巴细胞数等。

#### (七) 免疫遗传学 (Immunogenetics)

是贯穿整个免疫学的一个重要分支。它是在分子水平上研究遗传基因如何对异型抗原、免疫球蛋白、补体、免疫应答、疾病易感性等进行调控的一门免疫学分支。实验证明，在淋巴细胞核的染色体上有控制免疫应答的基因存在，而基因又是通过基因产物来控制机体免疫活性细胞对特定抗原的识别，控制 T、B 细胞间的相互作用，控制特异性免疫应答的发生，如人红细胞上的 A、B、O 血型抗原、白细胞上的组织相容性抗原和免疫球蛋白分子上的遗传标记等均由基因控制的。可以预见，进入九十年代免疫学的发展重点，将是以研究免疫反应的遗传基因控制为中心的免疫遗传学时代。

#### (八) 临床免疫学 (Clinical immunology)

是免疫学中的一个很大的分支。它是免疫学的基础理论及基本技术为指导，研究传染病，和与免疫有关疾病的发病原理、诊断、预防和治疗等的一门学科。由此而建立了传染免疫学、血液免疫学、移植免疫学、生殖免疫学和肿瘤免疫学等。

综上所述，免疫学的发展是从传染免疫开始的，随后，研究所涉及的许多免疫也主要是传染病，多年来积累了大量的资料，为传染病的防治打下良好的基础，尤其对传染病的防制扑灭立下了不朽的功绩。从目前的研究深度和发展情况看，再将免疫学的研究范围仅局限在抗传染病的研究上和认识水平上，那是远远不够的。因为它的理论和技术已渗透到各有关学科中，从而为解决某些内科病、外科病、产科病和寄生虫病等提供了重要的理论。这些学科又将向免疫学提出更新更高的要求，我们要创新，要解放思想，不但要向国外学习，更要走自己的路，多实践，多研究，为免疫学的发展，作出新的贡献，这是社会主义四化建设的要求，也是历史赋予我们的重任。

展望未来，免疫学的研究，正从宏观走向微观，从细胞水平过渡到分子水平，从研究后天获得性免疫进入到遗传免疫，从单纯的防御概念，发展到以生物学的普遍规律，来探讨自身免疫等的稳定机制，这些都将对未来免疫学的发展产生巨大的影响。

# 第一篇 基础免疫学