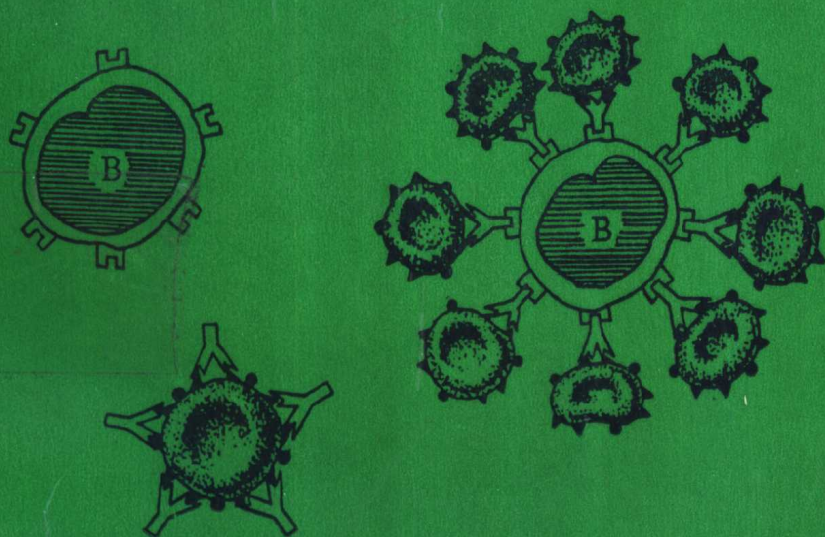


高等学校教材

# 免疫生物学概论

李君璁 黄惟让



高等教育出版社

# 免疫生物学概论

主编 李若璩 黄惟让

高等教育出版社

(京)112号

## 内 容 提 要

免疫学是研究机体自身防御、识别异物，并对之发生应答的一门医学与生物学的基础学科，也是生命科学的重要分支学科，对生长、遗传、衰老、感染、肿瘤及自身免疫的发生等研究均有重要作用，现正处于活跃进展阶段。

本教材既从课程的系统性、专业的特殊性出发，又力求反映学科的最新进展，资料引用已至90年代，体现了学科发展；全书共17章，内容简明扼要，重点突出免疫细胞的特征与功能、免疫应答的过程与机理、免疫效应因子的作用、免疫功能的调节，并兼顾当前研究热点肿瘤免疫、衰老与免疫等；每章末有一小结，并附复习思考题。

责任编辑：朱秀丽

## 免疫生物学概论

主编 李君璆 黄惟让

\*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

上海市印刷三厂印装

\*

开本 850×1168 1/32 印张 14.25 字数 342,000

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数 0 001—1,211

ISBN 7-04-003791-2/Q · 191

定价 6.30 元

## 前 言

免疫学是研究机体自身防御、识别异物并对之发生应答的一门医学与生物学的基础学科，它对生长、遗传、衰老、感染、肿瘤以及自身免疫的发生等研究均有重要作用。

免疫学最早是研究抗感染问题的医学微生物学的分支学科，60年代后，免疫学有了迅速的发展，特别自 Burnet 从生物学与遗传学的基础提出“细胞选择学说”开始，免疫学冲出了抗感染的范畴，而涉及多种非感染性的问题，它既有本身的基础理论，又涉及到许多实际问题，如移植免疫、肿瘤免疫、自身免疫、生殖免疫等，渗透到临床各学科中。免疫学学科既有其特有的研究方法，又吸收了细胞生物学、生物化学、生物物理、分子生物学等学科的方法，为其进一步发展创造条件。目前免疫学已成为有许多分支的独立学科。免疫学的研究范围已扩大到免疫功能的本质和机理，并借助于分子生物学和遗传学的进展，丰富并提高免疫学的内容和理论，进一步揭示其在生命现象和生命活动中的重要意义，促进了免疫生物学的发展，研究的许多方面已从整体、细胞水平，跨入分子、基因水平。

现代的免疫生物学正处在活跃进展的阶段，除了已形成的免疫进化、比较免疫学、分子免疫学、生殖免疫学外，还涌现新的分支，如免疫酶学、神经内分泌免疫学、行为免疫学等。免疫生物学研究的主要内容包括：机体免疫系统的种系发生和个体发生；免疫细胞的起源、分化、特征和功能；淋巴细胞的识别、活化与效应机理；免疫应答等。

因之免疫学既是生物医学中一门重要的基础学科，也是生命

科学的一门重要分支学科，目前医学院校已编写出版了《医学免疫学》的教材和参考书，而综合性大学过去独立开设这门课程的较少。复旦大学从1976年开设了免疫学专题，1979年起开设了免疫学课程，吸引了很多生命科学学院学生学习的兴趣。作为必修课的有微生物专业学生，选修的有生物化学、生物物理、遗传学、动物及动物生理学等专业的学生。现在越来越多的学校陆续开设了免疫学课程，所以，写一本综合性大学的教材就显得十分需要。我们在总结了几年教学与编写教材讲义的基础上，根据循序渐进的原则，联系生命科学的要求编写了《免疫生物学概论》。本书读者的对象主要是没有免疫学基础知识的综合性大学本科生，而目前面临的又是免疫学飞速发展的90年代，因而本书的选材既从课程的系统性，专业的特殊性考虑，也力求反映学科的最新进展，内容的重点是免疫细胞的特征与功能，免疫应答的过程与机理，免疫效应因子的作用，免疫功能的调节，并兼顾当前研究热点，如肿瘤免疫和衰老与免疫等，故本教材作为综合性大学的免疫学教材外，还可提供医学院校学生以及生命科学研究工作及其他有关自然科学工作者参考，但限于编者水平，定有许多不足或甚至错误之处，望读者指正。

编写分工：第一、二、五、七、八、九、十一、十二、十三章由黄惟让编写；第三、四、六、十、十四、十五章由李君璩编写；第十六章由孙范五与李庆贵编写；第十七章由李韻笙编写。

编 者

1991年3月

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>第一章 免疫器官</b> .....   | 1  |
| 第一节 中枢免疫器官 .....        | 2  |
| 一、骨髓 .....              | 3  |
| 二、胸腺 .....              | 4  |
| 三、腔上囊与类囊组织 .....        | 7  |
| 第二节 外周免疫器官 .....        | 9  |
| 一、脾 .....               | 9  |
| 二、淋巴结 .....             | 11 |
| 三、粘膜相关的淋巴组织 .....       | 13 |
| 第三节 淋巴细胞的再循环 .....      | 13 |
| <b>第二章 免疫细胞</b> .....   | 17 |
| 第一节 淋巴细胞 .....          | 17 |
| 一、T淋巴细胞 .....           | 19 |
| 二、B淋巴细胞 .....           | 26 |
| 三、第三群细胞 .....           | 37 |
| 四、淋巴细胞的表面标志 .....       | 41 |
| 第二节 单核吞噬细胞及抗原递呈细胞 ..... | 43 |
| 一、单核吞噬细胞 .....          | 43 |
| 二、抗原递呈细胞 .....          | 45 |
| 第三节 多形核粒细胞 .....        | 47 |
| 一、中性粒细胞 .....           | 47 |
| 二、嗜酸性粒细胞 .....          | 48 |
| 三、嗜碱性粒细胞及肥大细胞 .....     | 49 |
| 第四节 红细胞 .....           | 51 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 一、红细胞的免疫功能 .....     | 51 |
| 二、红细胞免疫功能的检测方法 ..... | 53 |

### 第三章 抗原与免疫原.....55

#### 第一节 免疫原性与抗原性的概念.....55

|                   |    |
|-------------------|----|
| 一、抗原与免疫原 .....    | 55 |
| 二、免疫原与抗原特异性 ..... | 55 |

#### 第二节 免疫原性的必要条件.....56

#### 第三节 抗原特异性的结构基础.....57

|                 |    |
|-----------------|----|
| 一、抗原分子的结构 ..... | 57 |
| 二、半抗原的特异性 ..... | 57 |
| 三、抗原决定簇 .....   | 61 |

#### 第四节 抗原的种类.....66

|                     |    |
|---------------------|----|
| 一、抗原的来源 .....       | 66 |
| 二、抗原的化学成分 .....     | 67 |
| 三、抗原对胸腺的依赖性 .....   | 67 |
| 四、抗原与机体的血缘关系 .....  | 69 |
| 五、实验免疫学中常用的抗原 ..... | 70 |

#### 第五节 免疫佐剂.....71

|                   |    |
|-------------------|----|
| 一、佐剂的种类 .....     | 72 |
| 二、佐剂的作用机理 .....   | 73 |
| 三、佐剂的应用和优缺点 ..... | 73 |

#### 第六节 脂质体.....74

|                        |    |
|------------------------|----|
| 一、脂质体的分类 .....         | 74 |
| 二、脂质体对半抗原的免疫载体作用 ..... | 75 |
| 三、脂质体的佐剂性作用 .....      | 76 |
| 四、脂质体的优点与存在的问题 .....   | 77 |

### 第四章 抗体与免疫球蛋白.....80

#### 第一节 抗体与免疫球蛋白的概念与特性.....80

#### 第二节 免疫球蛋白的结构与功能.....82

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 一、免疫球蛋白的基本结构 .....        | 82  |
| 二、免疫球蛋白的功能 .....          | 90  |
| 三、各类免疫球蛋白的特征与作用 .....     | 94  |
| 第三节 免疫球蛋白的异质性与血清型 .....   | 101 |
| 一、免疫球蛋白的异质型 .....         | 101 |
| 二、免疫球蛋白的血清型 .....         | 107 |
| 第四节 免疫球蛋白的生物合成 .....      | 108 |
| 一、形成抗体的组织细胞 .....         | 108 |
| 二、抗体的生物合成和运输 .....        | 110 |
| 第五节 抗体多样性与单克隆抗体 .....     | 112 |
| 一、抗体多样性的产生 .....          | 112 |
| 二、抗体多样性学说 .....           | 117 |
| 三、单克隆抗体 .....             | 120 |
| <b>第五章 免疫的发生与进化</b> ..... | 124 |
| 第一节 免疫系统的种系发生 .....       | 124 |
| 一、无脊椎动物的免疫系统 .....        | 124 |
| 二、脊椎动物免疫系统的种系发生 .....     | 126 |
| 第二节 免疫系统的个体发生及其实验模型 ..... | 128 |
| <b>第六章 免疫应答</b> .....     | 134 |
| 第一节 免疫应答的过程 .....         | 134 |
| 一、感应阶段 .....              | 134 |
| 二、反应阶段 .....              | 140 |
| 三、效应阶段 .....              | 144 |
| 第二节 体液免疫 .....            | 144 |
| 一、抗体产生的一般规律 .....         | 145 |
| 二、抗体的效应活性 .....           | 147 |
| 第三节 细胞免疫 .....            | 147 |
| 一、细胞免疫的范围 .....           | 148 |
| 二、免疫细胞的激活 .....           | 149 |



|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 三、细胞免疫的效应 .....                | 153        |
| 四、免疫效应因子 .....                 | 156        |
| 第四节 影响免疫应答的因素 .....            | 158        |
| 一、抗原方面 .....                   | 158        |
| 二、机体方面 .....                   | 160        |
| 三、其他方面 .....                   | 160        |
| <b>第七章 单核吞噬细胞的免疫学效应</b> .....  | <b>162</b> |
| 第一节 吞噬作用 .....                 | 162        |
| 一、氧依赖的杀伤 .....                 | 162        |
| 二、不依赖氧的系统 .....                | 163        |
| 第二节 非吞噬的细胞毒作用 .....            | 164        |
| 一、激活巨噬细胞的细胞毒作用 .....           | 164        |
| 二、武装巨噬细胞的细胞毒作用 .....           | 166        |
| 三、抗体介导的细胞毒作用 .....             | 166        |
| 第三节 递呈抗原的作用 .....              | 167        |
| 第四节 分泌免疫物质、调节免疫应答 .....        | 168        |
| 第五节 巨噬细胞功能的异质性 .....           | 169        |
| 一、不同组织中巨噬细胞的异质性 .....          | 169        |
| 二、同一组织中单核-巨噬细胞的异质性 .....       | 171        |
| 三、激活过程中产生的异质性巨噬细胞 .....        | 172        |
| <b>第八章 大颗粒淋巴细胞与细胞毒作用</b> ..... | <b>176</b> |
| 第一节 LGL 的基本特征 .....            | 176        |
| 第二节 NK 细胞 .....                | 177        |
| 一、NK 杀伤活性在器官中的分布 .....         | 177        |
| 二、NK 细胞的杀伤作用 .....             | 178        |
| 第三节 NK 细胞的异质性 .....            | 183        |
| 一、小鼠 NK 细胞的功能异质性 .....         | 184        |
| 二、人 NK 细胞的功能异质性 .....          | 185        |
| 第四节 NC 细胞及其介导的细胞毒 .....        | 186        |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 一、NK 细胞的发现               | 186        |
| 二、NK 细胞和 NK 细胞的异同        | 187        |
| 第五节 依赖抗体介导的细胞毒           | 189        |
| 第六节 LAK 细胞               | 189        |
| 第七节 细胞毒试验方法              | 190        |
| 一、 $^{51}\text{Cr}$ 释放试验 | 190        |
| 二、色素排斥试验                 | 191        |
| 三、溶血空斑试验测定 ADCC 效应       | 191        |
| 四、乳酸脱氢酶释放法               | 191        |
| <b>第九章 补体</b>            | <b>193</b> |
| 第一节 补体系统的组成及理化性质         | 193        |
| 第二节 补体的激活途径              | 195        |
| 一、经典途径                   | 196        |
| 二、替代途径                   | 202        |
| 三、激发效应的扩大                | 203        |
| 第三节 补体系统的调节控制            | 203        |
| 一、补体系统内部的调节作用            | 204        |
| 二、抑制因子的调节作用              | 205        |
| 第四节 补体对免疫应答的调节作用         | 207        |
| 一、补体对细胞免疫的调节作用           | 207        |
| 二、补体对抗体及淋巴因子产生的影响        | 208        |
| 三、补体对免疫复合物的调理作用          | 209        |
| 第五节 补体的生物学作用             | 209        |
| 一、补体的溶细胞作用               | 210        |
| 二、吸引吞噬细胞的作用              | 211        |
| 三、免疫调理和免疫粘连作用            | 211        |
| 四、中和病毒作用                 | 212        |
| 五、过敏毒素作用                 | 212        |
| 六、补体与凝血、纤溶、激肽系统的关系       | 213        |
| 第六节 补体的测定及其应用            | 215        |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 一、血清总补体活性测定 .....             | 215        |
| 二、单向琼脂扩散测定 .....              | 216        |
| 三、溶血试验检测单个补体组分 .....          | 217        |
| 四、补体结合试验 .....                | 217        |
| 五、标记 $C_{1q}$ 测定免疫复合物方法 ..... | 218        |
| <b>第十章 免疫效应因子</b> .....       | <b>220</b> |
| 第一节 白细胞介素 .....               | 221        |
| 一、白细胞介素 1 .....               | 221        |
| 二、白细胞介素 2 .....               | 230        |
| 三、白细胞介素 3 .....               | 240        |
| 四、白细胞介素 4 .....               | 242        |
| 五、白细胞介素 5 .....               | 245        |
| 六、白细胞介素 6 .....               | 246        |
| 七、白细胞介素 7 .....               | 250        |
| 八、白细胞介素 8 .....               | 251        |
| 第二节 其他细胞因子 .....              | 254        |
| 一、白细胞调节素 .....                | 254        |
| 二、肿瘤坏死因子 .....                | 256        |
| 第三节 细胞因子网络的研究 .....           | 261        |
| <b>第十一章 主要组织相容性系统</b> .....   | <b>264</b> |
| 第一节 主要组织相容性复合体的结构与特性 .....    | 264        |
| 一、H-2 复合体 .....               | 265        |
| 二、HLA 复合体 .....               | 268        |
| 第二节 MHC 对免疫应答的调控 .....        | 274        |
| 一、基因对抗原选择性识别的支配 .....         | 274        |
| 二、MHC 在免疫应答中的约束作用 .....       | 275        |
| <b>第十二章 免疫调节</b> .....        | <b>285</b> |
| 第一节 各类免疫细胞的免疫调节作用 .....       | 285        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 一、T细胞的免疫调节作用 .....          | 285        |
| 二、B细胞的免疫调节作用 .....          | 289        |
| 三、NK细胞的免疫调节作用 .....         | 296        |
| 四、巨噬细胞的免疫调节作用 .....         | 297        |
| 第二节 神经内分泌的免疫调控 .....        | 299        |
| 一、神经系统对免疫的调节 .....          | 300        |
| 二、内分泌系统对免疫的调节 .....         | 304        |
| 三、神经内分泌系统与免疫系统相互作用的机理 ..... | 307        |
| <b>第十三章 免疫耐受 .....</b>      | <b>310</b> |
| 第一节 免疫耐受的发现 .....           | 310        |
| 第二节 免疫耐受形成的因素 .....         | 312        |
| 一、动物的种属、品系和遗传性 .....        | 312        |
| 二、机体免疫系统的发育状态 .....         | 313        |
| 三、抗原的性质 .....               | 314        |
| 四、抗原的剂量 .....               | 314        |
| 五、抗原注入的途径 .....             | 315        |
| 六、T细胞和B细胞耐受性建立的不同条件 .....   | 315        |
| 第三节 免疫耐受的终止 .....           | 317        |
| 一、自然终止 .....                | 317        |
| 二、注入相关抗原 .....              | 318        |
| 三、注入与载体有交叉决定簇的抗原 .....      | 319        |
| 四、注入同基因动物的正常淋巴细胞 .....      | 320        |
| 第四节 免疫耐受的机理 .....           | 320        |
| 一、克隆丢失(禁忌细胞株)学说 .....       | 321        |
| 二、克隆流产学说 .....              | 322        |
| 三、B细胞表面受体的交联 .....          | 322        |
| 四、封闭因子的封闭作用 .....           | 323        |
| 五、抑制性T细胞的参与 .....           | 324        |
| 六、巨噬细胞与免疫耐受 .....           | 326        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>第十四章 超敏反应</b> .....          | <b>228</b> |
| 第一节 超敏反应的概念和分类 .....            | 328        |
| 一、超敏反应的概念 .....                 | 328        |
| 二、超敏反应的分类 .....                 | 328        |
| 第二节 超敏反应发生的原因 .....             | 330        |
| 一、抗原物质的刺激 .....                 | 331        |
| 二、机体反应特性 .....                  | 331        |
| 第三节 I 型超敏反应 .....               | 333        |
| 一、I 型超敏反应的特征 .....              | 333        |
| 二、I 型超敏反应的发病机理 .....            | 334        |
| 三、I 型超敏反应的临床常见疾病 .....          | 346        |
| 四、I 型超敏反应的诊断 .....              | 347        |
| 第四节 II 型超敏反应 .....              | 348        |
| 一、II 型超敏反应的发生机理 .....           | 349        |
| 二、II 型超敏反应的临床表现 .....           | 350        |
| 三、II 型超敏反应抗体的测定 .....           | 351        |
| 第五节 III 型超敏反应 .....             | 353        |
| 一、III 型超敏反应的发生机理 .....          | 353        |
| 二、III 型超敏反应的常见疾病 .....          | 357        |
| 三、免疫复合物的检查 .....                | 359        |
| 第六节 IV 型超敏反应 .....              | 360        |
| 一、IV 型超敏反应的发生机理 .....           | 361        |
| 二、IV 型超敏反应的常见疾病 .....           | 362        |
| 三、IV 型超敏反应的检查方法 .....           | 363        |
| 第七节 各型超敏反应在临床疾病发生发展中的相互关系 ..... | 364        |
| 第八节 超敏反应的防治原则 .....             | 365        |
| 一、脱敏疗法 .....                    | 365        |
| 二、阻止活性介质的释放 .....               | 365        |
| 三、对抗活性介质的作用 .....               | 366        |
| 四、改善效应器官反应性 .....               | 367        |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 五、肾上腺皮质激素的应用 .....      | 367 |
| 六、中药抗过敏的应用 .....        | 367 |
| <b>第十五章 肿瘤免疫</b> .....  | 370 |
| 第一节 肿瘤抗原 .....          | 371 |
| 一、肿瘤细胞的抗原变化 .....       | 372 |
| 二、肿瘤抗原的实验研究 .....       | 373 |
| 三、胚胎性抗原 .....           | 376 |
| 四、自发肿瘤的抗原 .....         | 377 |
| 五、肿瘤抗原的特点 .....         | 378 |
| 第二节 机体抗肿瘤的免疫应答 .....    | 379 |
| 一、免疫监视作用 .....          | 379 |
| 二、抗瘤的细胞免疫机理 .....       | 380 |
| 三、抗瘤的体液免疫机理 .....       | 386 |
| 第三节 肿瘤对宿主免疫功能的对抗 .....  | 387 |
| 一、肿瘤对宿主免疫的损伤 .....      | 387 |
| 二、肿瘤逃脱宿主的免疫监视 .....     | 388 |
| 第四节 肿瘤的免疫诊断及治疗 .....    | 389 |
| 一、肿瘤的免疫诊断 .....         | 389 |
| 二、肿瘤的免疫治疗 .....         | 392 |
| <b>第十六章 辐射与免疫</b> ..... | 400 |
| 第一节 辐射对免疫系统的影响 .....    | 400 |
| 一、辐射对中枢免疫器官的损伤 .....    | 400 |
| 二、辐射对外周免疫器官的影响 .....    | 402 |
| 三、淋巴细胞的辐射敏感性 .....      | 403 |
| 第二节 辐射对天然免疫的效应 .....    | 404 |
| 一、正常屏障机能的减弱 .....       | 404 |
| 二、组织通透性增高 .....         | 405 |
| 三、炎症反应异常 .....          | 405 |
| 四、吞噬功能障碍 .....          | 406 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 五、非特异性体液因子的变化 .....       | 407        |
| 第三节 辐射与机体感染 .....         | 407        |
| 一、辐射与内源性感染的关系 .....       | 408        |
| 二、辐射与外源性感染的关系 .....       | 409        |
| 三、辐射致感染易感性增高的时期 .....     | 409        |
| 第四节 辐射对抗体形成的影响 .....      | 410        |
| 一、辐射对抗体形成初次反应的影响 .....    | 410        |
| 二、辐射对抗体形成二次反应的影响 .....    | 412        |
| 三、抗体形成的辐射敏感性和剂量效应关系 ..... | 413        |
| 四、局部照射对抗体形成的影响 .....      | 414        |
| 第五节 辐射对细胞免疫的影响 .....      | 414        |
| 一、辐射对细胞免疫功能的影响 .....      | 415        |
| 二、辐射对迟发型超敏反应的影响 .....     | 415        |
| 三、辐射与移植免疫 .....           | 416        |
| 第六节 辐射对免疫耐受性的影响 .....     | 417        |
| 一、辐射诱发免疫耐受性 .....         | 417        |
| 二、辐射引起免疫耐受性的破坏 .....      | 418        |
| 三、辐射与自身免疫的关系 .....        | 418        |
| 第七节 辐射与肿瘤 .....           | 419        |
| 一、辐射的致癌作用 .....           | 419        |
| 二、辐射与肿瘤免疫疗法 .....         | 419        |
| <b>第十七章 衰老与免疫</b> .....   | <b>422</b> |
| 第一节 衰老机体的免疫系统 .....       | 422        |
| 一、胸腺和其他免疫器官的变化 .....      | 423        |
| 二、各种免疫细胞的变化与衰老 .....      | 424        |
| 第二节 衰老与免疫失调 .....         | 426        |
| 一、白细胞介素 2 与衰老的关系 .....    | 426        |
| 二、激素与衰老的关系 .....          | 427        |
| 第三节 免疫失调与老年期疾病 .....      | 428        |
| 一、肿瘤 .....                | 428        |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 二、感染 .....       | 430 |
| 三、动脉粥样硬化 .....   | 430 |
| 四、淀粉样变性 .....    | 431 |
| 五、自身免疫病 .....    | 432 |
| 第四节 抗衰老与长寿 ..... | 433 |
| 一、抗衰老与免疫 .....   | 433 |
| 二、长寿的免疫特征 .....  | 434 |



# 第一章 免疫器官

人和高等动物一般都具有完善的免疫功能，这些免疫功能是由一个复杂的免疫系统实现的，它包括免疫器官、免疫细胞和体液免疫因子。免疫系统的存在及其功能的正常是建立机体免疫稳定的基本保证，其任一部分有缺陷或其他异常都能导致免疫功能不全或紊乱，可以降低或甚至丧失抗感染能力，也可以形成各种免疫性疾病。免疫器官则是指实现免疫功能的器官和组织，包括胸腺、腔上囊(鸟类特有)或类囊组织、骨髓、淋巴结、扁桃体及分布于消化道和呼吸道粘膜等处的淋巴组织(图1-1)。因为这些器官的主要成分是淋巴组织，故也称淋巴器官。它们的功能是产生淋巴细胞、滤过淋巴液或血液，参与免疫应答。

根据免疫器官发生和作用的不同，可分为中枢免疫器官和外周免疫器官。这两类免疫器官关系非常密切，但也有明显差别(表1-1)。

表 1-1 中枢免疫器官与外周免疫器官的区别

|                | 中 枢 免 疫 器 官                     | 外 周 免 疫 器 官           |
|----------------|---------------------------------|-----------------------|
| 组成             | 胸腺(所有的脊椎动物)、腔上囊(鸟类)、胚肝(哺乳动物)、骨髓 | 淋巴结、脾、肠道相关淋巴组织        |
| 发育时间           | 胚胎早期                            | 胚胎晚期或出生后              |
| 发育与抗原刺激的关系     | 无关(无菌动物与普通动物相同)                 | 有关(无菌动物低于普通动物)        |
| 与浆细胞或生发中心形成的关系 | 无意义，甚至在非经口给予抗原后也不出现             | 抗原刺激后出现典型的反应          |
| 增殖             | 只能由于细胞增殖，不能由分化的淋巴细胞增殖           | 可由分化的淋巴细胞增殖           |
| 早期切除的后果        | T细胞、B细胞数目减少，免疫应答水平降低            | 对免疫应答有一定的影响，但严重程度相对较小 |