



中国科学院教材建设专家委员会规划教材  
全国医学高等专科学校教育案例版规划教材

供高职高专护理类、临床医学类、药学类、医学技术类、  
卫生管理类专业使用

# 医学免疫学与 病原生物学

主编 李剑平 刘雪梅



科学出版社

中国科学院教材建设专家委员会规划教材  
全国医学高等专科学校教育案例版规划教材

供高职高专护理类、临床医学类、药学类、  
医学技术类、卫生管理类专业使用

# 医学免疫学与 病原生物学

主 编 李剑平 刘雪梅

副主编 邓仕标 秦旭军 陈 静

编 者 (以姓氏笔画为序)

邓仕标(南昌大学抚州医学分院)

王富英(惠州卫生职业技术学院)

王碧玉(长沙卫生职业学院)

刘雪梅(长沙卫生职业学院)

李剑平(江西护理职业技术学院)

陈 娇(江西护理职业技术学院)

陈 静(江西护理职业技术学院)

杨园园(运城护理职业学院)

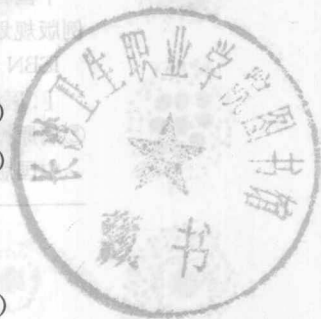
何云岩(南昌大学抚州医学分院)

秦旭军(江西医学高等专科学校)

唐正宇(长沙卫生职业学院)

科学出版社

北 京



长沙卫生职业学院图书馆



CW0207156

2392/192

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

### 内 容 简 介

全书分为四篇,共三十四章。第一篇为医学免疫学基础,第二篇为医学微生物学,第三篇为人体寄生虫学,第四篇为实验指导。各院校在使用时,可根据教学大纲要求,结合本校实际情况对教材内容加以适当调整。在教材内容中,精选案例,便于启发学生思考,提高学习兴趣,并与执业资格考试接轨。

本书供高职高专护理类、临床医学类、医学技术类、卫生管理类、药学类专业教学使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

医学免疫与病原生物学/李剑平,刘雪梅主编. —北京:科学出版社, 2013.6

中国科学院教材建设专家委员会规划教材·全国医学高等专科学校教育案例版规划教材

ISBN 978-7-03-037716-6

I. 医… II. ①李… ②刘… III. ①医药-免疫学-高等职业教育-教材  
②病原微生物-高等职业教育-教材 IV. ①R392 ②R37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 120078 号

责任编辑:秦致中/责任校对:李 影

责任印制:肖 兴/封面设计:范璧合

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

<http://www.sciencecp.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2013年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2013年6月第一次印刷 印张:20.5 插页:4

字数:485 500

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



# 前 言

《医学免疫学与病原生物学》是全国医学高等专科学校教育案例版规划教材之一。本教材的编写以《中国医学教育改革发展纲要》、《中共中央国务院关于卫生改革与发展的决定》为指南,围绕“培养与我国社会主义现代化建设要求相适应,德智体美全面发展,具有综合职业能力、优秀高端技能型人才”的培养目标编写而成。

在编写本教材的过程中,参考了各类医药院校同类教材及相关资料,认真精选教材内容,吸取现有同类教材的优点;突出必需的基本理论、基本知识和基本技能;体现思想性、科学性、先进性、启发性和适用性的原则。融传授知识、培养能力、提高素质为一体,注重培养学生创新、获取信息及终身学习的能力。做到深入浅出,循序渐进,便于学生理解与自学。

在教材内容中,增设了相关的临床案例,以启发学生思考,提高学习兴趣,开阔学生视野,便于教师开展“学导式”教学活动;紧密结合执业医师考试大纲,每章正文后附要点总结与考点提示、复习思考题,复习思考题题型与执业医师考试接轨,便于学生对所学知识进行自我检测。

全书分为四篇,共三十四章。第一篇为医学免疫学基础,第二篇为医学微生物学,第三篇为人体寄生虫学,第四篇为实验指导。各院校在使用时,根据教学大纲要求,结合本校实际情况对教材内容加以适当调整。

在教材编写过程中,参考和引用了各类医药院校同类教材及相关资料,得到了科学出版社及各参编学校的大力支持,在此一并表示衷心感谢。限于编写人员的学术水平及编写能力,教材中可能存在欠妥和错漏之处,恳请读者批评指正。

编 者  
2013年3月



# 目 录

第一篇 医学免疫学基础 .....	(1)
医学免疫学概述 .....	(1)
第一章 抗原 .....	(3)
第一节 抗原的概念与特性 .....	(3)
第二节 决定抗原免疫原性的条件 .....	(3)
第三节 抗原的特异性 .....	(4)
第四节 抗原的分类及医学上重要的抗原 .....	(6)
第二章 主要组织相容性复合体 .....	(11)
第一节 主要组织相容性复合体概念及基因结构 .....	(11)
第二节 HLA 的分子结构、分布与生物学功能 .....	(12)
第三节 HLA 与临床医学 .....	(14)
第三章 免疫系统 .....	(17)
第一节 免疫器官 .....	(17)
第二节 免疫细胞 .....	(18)
第三节 免疫分子 .....	(24)
第四章 免疫球蛋白 .....	(29)
第一节 免疫球蛋白的分子结构 .....	(29)
第二节 抗体的生物学作用 .....	(31)
第三节 五类免疫球蛋白的特性与功能 .....	(32)
第四节 人工制备抗体的类型 .....	(33)
第五章 补体系统 .....	(35)
第一节 补体系统的概念、组成、性质 .....	(35)
第二节 补体的激活与调节 .....	(36)
第三节 补体的生物学作用 .....	(39)
第六章 免疫应答 .....	(41)
第一节 免疫应答的概念、分类、过程及特点 .....	(41)
第二节 T 细胞介导的细胞免疫应答 .....	(42)
第三节 B 细胞介导的体液免疫应答 .....	(45)
第四节 免疫耐受与免疫调节 .....	(48)
第七章 抗感染免疫 .....	(52)
第一节 固有免疫应答的抗感染免疫作用 .....	(52)
第二节 适应性免疫应答的抗感染免疫作用 .....	(55)
第八章 超敏反应 .....	(58)
第一节 I 型超敏反应 .....	(58)
第二节 II 型超敏反应 .....	(61)
第三节 III 型超敏反应 .....	(62)
第四节 IV 型超敏反应 .....	(64)

第九章 免疫学应用 .....	(67)
第一节 免疫预防 .....	(67)
第二节 免疫治疗 .....	(69)
第三节 免疫学诊断 .....	(71)
第二篇 医学微生物学 .....	(75)
医学微生物学概述 .....	(75)
第十章 细菌的形态与结构 .....	(77)
第一节 细菌的大小与形态 .....	(77)
第二节 细菌的结构 .....	(78)
第三节 细菌的形态检查法 .....	(83)
第十一章 细菌的生长繁殖与代谢 .....	(86)
第一节 细菌的生长繁殖 .....	(86)
第二节 人工培养细菌 .....	(89)
第三节 细菌的代谢产物及意义 .....	(90)
第十二章 细菌的分布与消毒灭菌 .....	(93)
第一节 细菌的分布 .....	(93)
第二节 消毒与灭菌 .....	(95)
第十三章 细菌的遗传与变异 .....	(99)
第一节 细菌的变异现象 .....	(99)
第二节 细菌的遗传物质 .....	(100)
第三节 细菌变异的机制 .....	(102)
第四节 细菌遗传变异的意义 .....	(104)
第十四章 细菌的感染 .....	(106)
第一节 细菌的致病作用 .....	(106)
第二节 感染的发生与发展 .....	(109)
第三节 医院感染 .....	(111)
第十五章 球菌 .....	(117)
第一节 葡萄球菌属 .....	(117)
第二节 链球菌属 .....	(120)
第三节 奈瑟菌属 .....	(123)
第十六章 肠道杆菌 .....	(129)
第一节 埃希菌属 .....	(129)
第二节 志贺菌属 .....	(131)
第三节 沙门菌属 .....	(134)
第四节 其他肠杆菌属 .....	(136)
第十七章 厌氧性细菌 .....	(140)
第一节 厌氧芽胞梭菌 .....	(140)
第二节 无芽胞厌氧菌 .....	(143)
第十八章 分枝杆菌属 .....	(145)
第一节 结核分枝杆菌 .....	(145)
第二节 麻风分枝杆菌 .....	(148)

第十九章 其他病原性细菌 .....	(150)
第一节 螺形菌 .....	(150)
第二节 其他革兰阴性杆菌 .....	(153)
第三节 其他革兰阳性杆菌 .....	(154)
第二十章 其他原核细胞型微生物 .....	(158)
第一节 螺旋体 .....	(158)
第二节 支原体 .....	(162)
第三节 衣原体 .....	(164)
第四节 立克次体 .....	(166)
第五节 放线菌属与诺卡菌属 .....	(168)
第二十一章 真菌 .....	(171)
第一节 概述 .....	(171)
第二节 常见病原性真菌 .....	(174)
第二十二章 病毒的基本性状 .....	(178)
第一节 病毒的大小与形态 .....	(178)
第二节 病毒的结构与化学组成 .....	(179)
第三节 病毒的增殖 .....	(180)
第四节 病毒的变异 .....	(181)
第二十三章 病毒的感染与免疫 .....	(183)
第一节 病毒感染的途径与类型 .....	(183)
第二节 病毒的致病机制 .....	(184)
第三节 抗病毒免疫 .....	(185)
第二十四章 病毒感染的检查方法与防治原则 .....	(188)
第一节 病毒感染的检查方法 .....	(188)
第二节 病毒感染的防治原则 .....	(190)
第二十五章 呼吸道病毒 .....	(192)
第一节 流行性感冒病毒 .....	(192)
第二节 麻疹病毒 .....	(194)
第三节 腮腺炎病毒 .....	(195)
第四节 冠状病毒 .....	(196)
第五节 其他呼吸道病毒 .....	(196)
第二十六章 肠道病毒 .....	(198)
第一节 脊髓灰质炎病毒 .....	(198)
第二节 柯萨奇病毒与埃可病毒 .....	(199)
第三节 其他肠道病毒 .....	(200)
第二十七章 肝炎病毒 .....	(202)
第一节 甲型肝炎病毒 .....	(202)
第二节 乙型肝炎病毒 .....	(204)
第三节 丙型肝炎病毒 .....	(208)
第四节 其他肝炎病毒 .....	(209)
第二十八章 虫媒病毒 .....	(211)
第一节 流行性乙型脑炎病毒 .....	(211)



第二节 登革病毒和森林脑炎病毒 .....	(213)
第二十九章 疱疹病毒 .....	(215)
第一节 单纯疱疹病毒 .....	(216)
第二节 EB病毒 .....	(217)
第三节 水痘-带状疱疹病毒 .....	(218)
第四节 巨细胞病毒 .....	(219)
第三十章 反转录病毒 .....	(222)
第一节 人类免疫缺陷病毒 .....	(222)
第二节 人类嗜T淋巴细胞病毒 .....	(225)
第三十一章 其他病毒及朊粒 .....	(227)
第一节 出血热病毒 .....	(227)
第二节 狂犬病病毒 .....	(228)
第三节 人乳头瘤病毒 .....	(230)
第四节 朊粒 .....	(231)
第三篇 人体寄生虫学 .....	(233)
人体寄生虫学概述 .....	(233)
第一节 寄生虫、宿主与生活史 .....	(233)
第二节 寄生虫与宿主的相互关系 .....	(234)
第三节 寄生虫病的流行与防治原则 .....	(235)
第三十二章 医学蠕虫 .....	(238)
第一节 线虫 .....	(238)
第二节 吸虫 .....	(250)
第三节 绦虫 .....	(259)
第三十三章 医学原虫 .....	(269)
第一节 溶组织内阿米巴 .....	(269)
第二节 疟原虫 .....	(272)
第三节 阴道毛滴虫 .....	(277)
第四节 杜氏利什曼原虫 .....	(278)
第五节 其他原虫 .....	(281)
第三十四章 医学节肢动物 .....	(291)
第一节 概述 .....	(291)
第二节 常见医学节肢动物 .....	(294)
第四篇 实验指导 .....	(306)
实验一 免疫器官、免疫细胞、抗原抗体反应及常用生物制品 .....	(306)
实验二 细菌形态检查 .....	(308)
实验三 人工培养细菌及细菌的生长现象 .....	(310)
实验四 细菌的分布与消毒灭菌 .....	(313)
实验五 常见病原性球菌 .....	(315)
实验六 衣原体、立克次体、支原体、螺旋体、病毒及真菌 .....	(317)
实验七 常见人体寄生虫 .....	(318)
彩图 .....	(320)

# 第一篇 医学免疫学基础

## 医学免疫学概述

医学免疫学(Medical Immunology)是研究机体免疫系统的组成和功能的科学,阐明免疫系统识别抗原后发生免疫应答及其清除抗原性异物的规律,探讨免疫功能异常所致疾病的发生机制。学习医学免疫学的基本理论和技术,为预防、治疗和诊断免疫相关疾病奠定基础。免疫学已成为生命科学的前沿学科和现代医学的支撑学科之一,在生命科学和医学中占有十分重要的地位。

### 一、免疫的概念与功能

人们曾经认为,免疫(immunity)即“免除瘟疫”,是机体针对病原生物感染而产生的抵抗力,对机体是有利的。随着对免疫机制的深入研究,人们逐渐发现免疫还可抵抗许多非传染性异物(如动物血清、移植物、肿瘤细胞等),并导致一些非感染性疾病的发生(如超敏反应性疾病、移植排斥反应、肿瘤等)。故现代免疫的概念是指机体识别并清除抗原性异物的功能。在正常情况下免疫对机体有利,表现为维持机体的生理平衡和稳定;异常时对机体有害,表现为组织的损伤和生理平衡紊乱。

根据机体识别和清除抗原性异物的种类不同,把免疫的功能概括为三方面。

**1. 免疫防御** 是机体防止外界病原体入侵及清除已入侵的病原体(如病毒、细菌、真菌、支原体、寄生虫等)和其他有害物质。免疫防御功能过低或缺如,可发生免疫缺陷病;而免疫应答过强或持续时间过长,免疫防御在清除病原体的同时,则可发生超敏反应,导致机体组织损伤或生理功能紊乱。

**2. 免疫稳定** 是机体免疫系统通过自身免疫耐受和免疫调节两种主要机制,维持自身内环境相对平衡和稳定。一般情况下,免疫系统有识别“自己”和“非己”的能力,其对自身组织不产生免疫应答(称免疫耐受),当免疫耐受被打破,免疫调节功能紊乱,则可导致自身免疫性疾病和超敏反应性疾病。

**3. 免疫监视** 是机体随时发现和清除体内基因突变而产生的肿瘤细胞、衰老和凋亡的细胞以及病毒感染的细胞。免疫监视功能低下时,可能导致肿瘤的发生和持续性病毒感染。

### 二、免疫学的应用

免疫学是在人类与传染病作斗争的过程中发展起来的,应用免疫学理论和免疫学技术可以诊断、预防和治疗疾病。

**1. 免疫诊断** 免疫诊断已经成为临床医学中诊断疾病的重要手段之一,近年来,免疫学诊断方法向着微量、快速、自动化方向发展,新的方法不断涌现。在免疫学检验中,抗原或抗体的检测仍然是主要项目。抗原抗体反应具有高度的特异性、对某些疾病的诊断起决定性作用,另外,由于免疫标记技术的引入(如酶免疫技术、免疫荧光技术、化学发光免疫技术等),抗原抗体检测的敏感性达到皮克(pg/ml),该技术已广泛应用于病原生物(乙型肝炎病毒、人类免疫缺陷

病毒、禽流感病毒、细菌、衣原体等)及其抗体、内分泌疾病、早孕、血清肿瘤标志物、血型检测等。细胞免疫的检测丰富了免疫学检验的内容,使得免疫学诊断更加全面。各种免疫细胞及其亚群分离和鉴定的技术日臻完善,应用单克隆抗体荧光染色和流式细胞术,可迅速确定各种白血病和淋巴瘤的免疫学分型,T淋巴细胞、B淋巴细胞及吞噬细胞功能检测方法也不断涌现。

**2. 免疫预防** 接种疫苗,是预防乃至消灭传染病的重要措施。通过接种牛痘,使全球消灭了天花,这是人类预防疾病最伟大的成就。通过口服小儿麻痹糖丸(脊髓灰质炎疫苗),全球消灭小儿麻痹症(脊髓灰质炎)已指日可待。基因工程疫苗的应用,使得乙型肝炎的发病得到了有效控制。实施计划免疫后,我国在控制多种传染病尤其是儿童多发传染病方面取得了显著成绩。

**3. 免疫治疗** 免疫生物治疗已成为临床治疗疾病的重要手段,单克隆抗体在治疗肿瘤、移植排斥反应及自身免疫性疾病方面取得了突破性进展。多种细胞因子在治疗病毒感染、贫血等方面具有良好疗效。造血干细胞移植已成为治疗造血系统疾病不可替代的治疗手段。



### 要 点 总 结 与 考 点 提 示

1. 免疫是机体识别并清除抗原性异物的功能。医学免疫学是研究机体免疫系统的组成和功能的科学,阐明免疫系统识别抗原后发生免疫应答及其清除抗原性异物的规律,探讨免疫功能异常所致疾病的发生机制。

2. 免疫的功能包括免疫防御、免疫稳定、免疫监视。免疫功能正常时,免疫对机体有利,表现为维持机体的生理平衡和稳定;异常时对机体有害,表现为组织的损伤和生理平衡紊乱。

3. 应用免疫学理论和免疫学技术可以诊断、预防和治疗疾病。



### 复 习 思 考 题

#### 一、A1 型题

1. 免疫是指( )
  - A. 机体对病原体的防御能力
  - B. 机体清除自身衰老或受损伤细胞的功能
  - C. 机体清除自身突变细胞的功能
  - D. 机体识别和清除抗原性异物的功能
  - E. 以上均正确
2. 免疫稳定功能异常时表现为( )
  - A. 超敏反应
  - B. 免疫缺陷病
  - C. 肿瘤
  - D. 自身免疫性疾病
  - E. 反复感染
3. 免疫应答过强或持续时间过长可导致( )
  - A. 感染
  - B. 免疫缺陷

C. 超敏反应

D. 自身免疫性疾病

E. 肿瘤

4. 发明牛痘苗的是( )

A. Edward Jenner

B. Von Behring

C. MacFarlane Burnet

D. Peter Medawar

E. Paul Ehrlich

#### 二、问答题

1. 什么是免疫? 什么是医学免疫学?

2. 免疫有哪些功能?

3. 免疫学在医学中的作用有哪些?

(李剑平)



# 第一章

# 抗 原

## 第一节 抗原的概念与特性

抗原(antigen, Ag)是指能够诱导机体产生免疫应答的一类物质。它包括有生命的细菌、病毒和活疫苗等;也包括无生命的蛋白质、死疫苗和某些小分子物质等。抗原具有免疫原性和抗原性两种特性:①免疫原性:是指抗原能刺激机体的免疫活性细胞,使之活化、增殖、分化,产生对应的抗体或效应淋巴细胞的能力。如伤寒沙门菌经口食入,进入人体,刺激机体免疫活性细胞,产生抗伤寒沙门菌抗体和针对伤寒沙门菌的效应淋巴细胞;②抗原性:亦称免疫反应性,指抗原能与相对应的抗体或效应淋巴细胞特异性结合,在体内产生生物学效应,一定条件下在体外出现可见反应。如伤寒沙门菌与抗伤寒沙门菌抗体或针对伤寒沙门菌效应淋巴细胞发生特异性结合(图 1-1)。

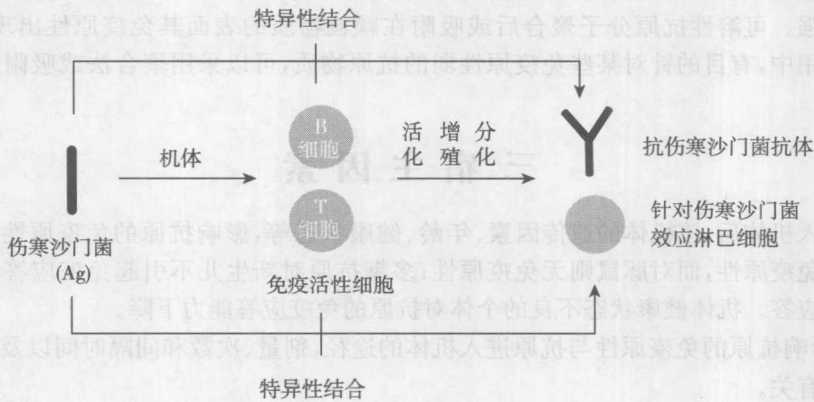


图 1-1 抗原的特性

## 第二节 决定抗原免疫原性的条件

### 一、异物性

抗原与宿主之间在化学组成、结构上存在差异,称为异物性。抗原对宿主而言是一种异物。在免疫学中,异物指凡在胚胎期未与免疫细胞接触过的物质。因此,这类异物有三种:①异种物质:如动物血清蛋白,细菌、病毒等;②同种异体物质:如血型抗原;③自身“异己”物质:机体自身某些物质与免疫细胞隔绝,因为某种原因暴露与免疫细胞接触被识别而视为异物。如眼晶体蛋白、精子、脑组织等。抗原与宿主之间异物性程度越高抗原的免疫原性越强。

异物性是某种物质具有抗原免疫原性的首要条件。澳大利亚免疫学家 Burnet 于 1957 年提

出克隆选择学说,该学说认为每个个体在胚胎发育过程中,免疫活性细胞能够形成多种多样识别各种抗原物质的细胞系,称为无性细胞系。在胚胎期,能识别自身组织抗原的无性细胞系发生凋亡或处于抑制状态(或称为禁忌细胞株)。个体出生后能够识别自身组织抗原的免疫活性细胞凋亡或成为禁忌细胞株,机体的免疫活性细胞具有精确识别“自己”和“非己”物质的能力。

## 二、一定的理化性状

### (一)化学性状

一般情况下,抗原是大分子物质,分子量在 10kDa 以上;同时具有一定的化学组成与结构。试验证明蛋白质抗原中,含有大量芳香族氨基酸(尤其是酪氨酸)的蛋白质抗原,其免疫原性比以直链氨基酸组成的蛋白质抗原的免疫原性强;而明胶蛋白,主要由直链氨基酸构成,分子量高达 100.0kDa,免疫原性很弱,在明胶分子中加入 2%酪氨酸,免疫原性增强。又如胰岛素的分子量低,为 5.7kDa,其氨基酸组成排列中含芳香族氨基酸,在体内不容易被降解,有免疫原性且强。其原因是:①大分子、有一定的化学组成与结构的物质,其表面的特殊化学基团(抗原决定簇)越多,容易被免疫活性细胞识别;②大分子及复杂结构组成的胶体物质,化学结构稳定,在体内不容易被分解,故停留时间较长,可持久刺激免疫系统,有利于免疫应答的发生。多数大分子蛋白质具有良好的免疫原性。糖蛋白、多糖、脂蛋白及糖脂等也具有免疫原性。一般说来,分子量越大、化学结构越复杂,免疫原性越强;反之免疫原性越弱。

### (二)物理性状

抗原物质的物理性状能决定其免疫原性的强弱。一般颗粒性抗原物质的免疫原性比可溶性抗原物质强。可溶性抗原分子聚合后或吸附在颗粒物质的表面其免疫原性出现增强现象。在免疫学应用中,有目的针对某些免疫原性弱的抗原物质,可以采用聚合法或吸附法增强其免疫原性。

## 三、宿主因素

抗原进入机体后,该机体的遗传因素、年龄、健康状态等,影响抗原的免疫原性。如多糖抗原对小鼠有免疫原性,而对豚鼠则无免疫原性;多糖抗原对新生儿不引起免疫应答而对成年人则引起免疫应答。机体健康状态不良的个体对抗原的免疫应答能力下降。

此外,影响抗原的免疫原性与抗原进入机体的途径、剂量、次数和间隔时间以及免疫佐剂的使用等因素有关。

## 第三节 抗原的特异性

### 一、抗原的特异性

抗原的特异性是指抗原与抗体及效应性淋巴细胞之间的对应性或专一性。如伤寒沙门菌的抗原特异性:伤寒沙门菌诱导机体产生抗伤寒沙门菌抗体和针对伤寒沙门菌的效应淋巴细胞;伤寒沙门菌只能与抗伤寒沙门菌抗体、针对伤寒沙门菌的效应淋巴细胞发生结合反应。所以,抗原的特异性表现在免疫原性和免疫反应性上。特异性是特异性免疫应答最重要的特点,也是免疫学应用的理论依据。

#### (一)抗原决定簇

指存在于抗原分子中决定抗原特异性的特殊化学基团。又称为抗原决定基或抗原表位。

通常由 5~17 个氨基酸残基或 5~7 个多糖残基或核苷酸构成。抗原决定簇是抗原物质重要的结构域,如抗原物质通过抗原决定簇与对应的抗体或效应性淋巴细胞特异性结合;免疫活性细胞的抗原识别受体通过识别抗原决定簇而被激活,发生特异性免疫应答。

## (二) 抗原决定簇对抗原特异性的影响

用不同的化学基团——苯胺衍生物制备复合抗原,将复合抗原分别注入动物体内,刺激动物发生免疫应答,产生相对应的抗体,然后,再进行抗原抗体结合反应,结果如表 1-1。试验证明各种复合抗原均只能与相应抗体发生特异性结合。说明化学基团(即抗原决定簇)决定了抗原的特异性。试验也证明抗原决定簇的性质、数目和空间构型决定了抗原的特异性。

表 1-1 复合抗原与对应抗体结合反应结果

抗体 \ 复合抗原	含有不同化学基团			
	苯胺	对氨基苯甲酸	对氨基苯磺酸	对氨基苯砷酸
抗-苯胺	+	-	-	-
抗-对氨基苯甲酸	-	+	-	-
抗-对氨基苯磺酸	-	-	+	-
抗-对氨基苯砷酸	-	-	-	+

“+”表示抗原与抗体特异性结合;“-”表示抗原与抗体不结合

## (三) 抗原结合价

指抗原分子上能与对应抗体特异性结合的抗原决定簇的总数,称为抗原结合价。如某一个细菌是天然抗原,其表面有多种、多个抗原决定簇存在,此类抗原称为多价抗原,可以同时和多个相同或者不同对应的抗体分子结合。

# 二、共同抗原与交叉反应

## (一) 共同抗原

自然环境存在各种细菌、立克次体、病毒等天然抗原。每一种天然抗原的化学组成及结构都比较复杂,而且具有多种抗原决定簇,如图 1-2,甲菌有抗原决定簇 1、抗原决定簇 2、抗原决定簇 3 等;乙菌有抗原决定簇 2、抗原决定簇 4、抗原决定簇 5 等。两种细菌之间有相同或相似的抗原决定簇 2。天然抗原之间存在部分相同或相似的抗原决定簇现象,将这种相同或相似的抗原决定簇称为共同抗原决定簇。具有共同抗原决定簇的不同的抗原物质称为共同抗原。共同抗原分类属抗原和异嗜性抗原两种。存在于同一种属或近缘种属中的共同抗原称为类属抗原;存在于不同种属生物之间的共同抗原称为异嗜性抗原。

## (二) 交叉反应

依据抗原的特异性,图 1-2 中的甲菌能刺激机体产生的抗体分别是甲菌抗原决定簇 1 抗体、甲菌抗原决定簇 2 抗体和甲菌抗原决定簇 3 抗体,并且,甲菌分别能与这三种抗体特异性结合;同理,乙菌也能刺激机体产生并能与之相结合的乙菌抗原决定簇 2 抗体、乙菌抗原决定簇 4 抗体和乙菌抗原决定簇 5 抗体。由于抗原决定簇 2 是甲菌与乙菌之间的共同抗原决定簇,所以甲菌与乙菌是共同抗原。因此,甲菌能与乙菌抗原决定簇 2 抗体结合,乙菌能与甲菌抗原决定簇 2 抗体结合,这种结合反应就是一种交叉反应现象。由共同抗原刺激机体产生的抗体可以和两种以上的抗原(共同抗原)发生结合反应,称为交叉反应。

共同抗原与交叉反应在临床免疫学中有着重要的医学意义。



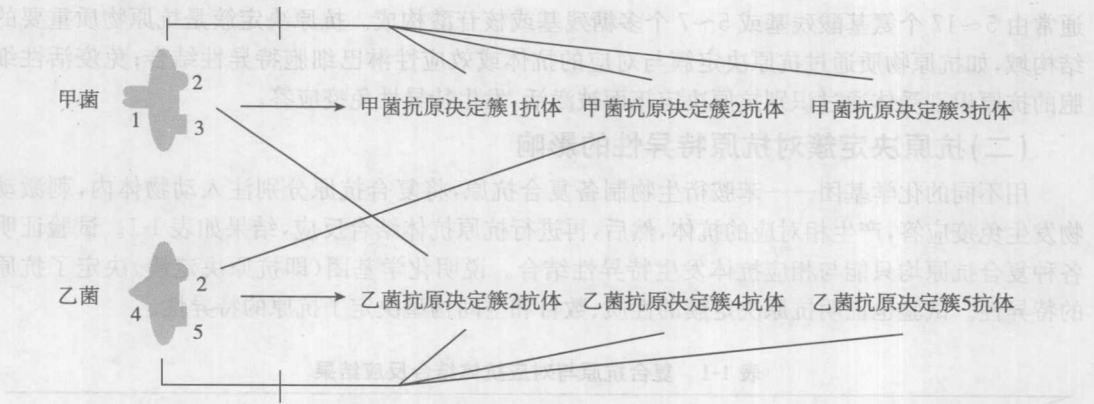


图 1-2 共同抗原与交叉反应示意图

## 第四节 抗原的分类及医学上重要的抗原

### 一、抗原的分类

#### (一) 依据抗原的特性不同分类

1. **完全抗原** 指具有免疫原性和免疫反应性的一类抗原。绝大多数抗原属于完全抗原,如细菌、细菌外毒素、立克次体、病毒和动物免疫血清等。

2. **不完全抗原** 又称半抗原,指仅有免疫反应性,无免疫原性的一类抗原。此类抗原一般都是小分子化学物质,如多糖、类脂和药物等。半抗原独立存在不具有免疫原性,如果进入机体与体内的大分子蛋白质或细胞膜结合,大分子蛋白质和细胞成为半抗原的载体,形成半抗原-载体复合物,此时的半抗原获得了免疫原性,在载体承载下成为完全抗原。

#### (二) 依据与宿主亲缘关系不同分类

1. **异种抗原** 指来源于另一物种的一类抗原。相对人类而言,所有的微生物及其代谢产物、动物血清蛋白质和人体寄生虫及其代谢产物等都是异种抗原。这类抗原的免疫原性强。

2. **同种异体抗原** 指同一种属不同个体之间的不同抗原。如在人类同种异体抗原主要有两种:血型抗原和组织相容性抗原。

3. **自身抗原** 指个体组织成分被自身的免疫细胞识别为“异物”的一类抗原。在人类主要是:隐蔽性自身抗原和修饰性自身抗原。

#### (三) 依据抗原诱导的免疫应答分类

1. **胸腺依赖性抗原 (thymus dependent antigens, TD-Ag)** 指刺激 B 细胞产生抗体需要 T 细胞辅助的一类抗原。自然环境中,大多数天然抗原属于胸腺依赖性抗原,如细菌、立克次体、病毒和动物血清等。胸腺依赖性抗原的特点:①此类抗原结构复杂,抗原决定簇种类多;②既能引起抗体的产生,也能引起效应性淋巴细胞的形成;③产生的抗体以 IgG 为主;④能使免疫活性细胞形成记忆免疫细胞。

2. **胸腺非依赖性抗原 (thymus independent antigens, TI-Ag)** 指刺激 B 细胞产生抗体不需要 T 细胞辅助的一类抗原。胸腺非依赖性抗原主要有细菌的脂多糖、荚膜多糖和多聚鞭毛素等。胸腺非依赖性抗原的特点:①此类抗原结构比较简单,抗原决定簇种类单纯,但数量多、排列密集;②能直接刺激 B1 细胞引起抗体产生,不能引起效应性淋巴细胞的形成;③只产生 IgM 类抗体;④不能使免疫活性细胞形成记忆免疫细胞。

胸腺依赖性抗原与胸腺非依赖性抗原在诱导特异性免疫应答有明显的区别,如表 1-2。

表 1-2 TD-Ag 和 TI-Ag 的区别

区别点	TD-Ag	TI-Ag
化学成分	蛋白质	多糖
结构特点	结构复杂抗原决定簇种类多	结构简单抗原决定簇种类单纯
T 细胞辅助	需要	不需要
免疫应答产物	抗体和效应性淋巴细胞	抗体
免疫球蛋白类型	以 IgG 为主的抗体	只有 IgM 的抗体
记忆免疫细胞	有	无

#### (四)其他分类

依据抗原来源不同分外源性抗原和内源性抗原。前者指来自于体外的抗原,后者指体内细胞产生的抗原,这类细胞称为靶细胞,主要是体内的肿瘤细胞和被病毒感染的细胞。

## 二、医学上重要的抗原

### (一)病原微生物及其代谢产物

病原微生物对人类而言属于异种抗原,故免疫原性强。主要有病毒、细菌、衣原体、支原体、螺旋体、立克次体和真菌等。虽然各类病原微生物的结构简单,但作为一种抗原物质其化学组成及结构是复杂的。如伤寒沙门菌的抗原结构有:鞭毛抗原、荚膜抗原和菌体抗原。此类抗原的特点是抗原结构复杂、特异性强。

在病原微生物的代谢产物中,细菌的代谢产物是重要的异种抗原,尤其是细菌的外毒素。外毒素的化学成分是蛋白质,免疫原性强,能刺激机体产生对应的抗外毒素抗体。外毒素与抗外毒素抗体相遇特异性结合,结合后外毒素的毒性作用丧失。抗外毒素抗体能中和外毒素毒性作用,故抗外毒素抗体称为抗毒素。因为外毒素有毒性,不能直接注入机体获取抗毒素。外毒素采用 0.3%~0.4% 甲醛处理后脱去其毒性,保留其免疫原性即称为类毒素。与外毒素比较,类毒素无毒性、有免疫原性。类毒素能直接注入机体诱导机体产生抗毒素。类毒素作为生物制品用于预防由外毒素所致的疾病。抗毒素作为生物制品用于紧急预防和治疗由外毒素所致的疾病。

### (二)动物免疫血清

动物血清对人体而言是异种血清蛋白;免疫血清是含有某种已知抗体的血清蛋白。如伤寒沙门菌免疫血清即指该免疫血清含有已知的抗伤寒沙门菌抗体。动物免疫血清是指含有某种已知抗体的异种血清蛋白。临床上使用的抗毒素就是动物免疫血清。采用类毒素免疫动物(马)获得。含有抗毒素的动物免疫血清对人体而言具有两重性:既是抗体又是抗原。抗毒素(抗体)能中和相应的外毒素,防治毒血症,但由于具有免疫原性,可引起超敏反应,故使用前必须做皮肤试验。临床上常用的抗毒素主要有破伤风抗毒素和白喉抗毒素,分别用于治疗 and 紧急预防破伤风和白喉。

#### 案例 1-1

患者,男性,30 岁。因不慎右足底被钉子戳伤。5 日后患者出现口齿不利、张口困难和苦笑面容,到医院就诊。医生诊断为破伤风。患者询问:为什么患这种病? 医生答:破伤风是一种毒血症,你的伤口感染了破伤风梭菌,该菌在伤口内生长繁殖的过程中合成分泌了一种外毒素,使你中毒,引起肌肉收缩痉挛,这就是破伤风。

#### 讨论分析:

1. 破伤风的致病物质是什么?
2. 用什么生物制品进行治疗? 使用前要注意什么问题? 为什么?

### (三) 同种异体抗原

在同一种属的不同个体之间,如人与人之间,由于遗传基因的不同,细胞表面的成分结构存在差异。人体器官的组织细胞、红细胞和白细胞等细胞膜上均有同种异体抗原存在,主要有两种:血型抗原和组织相容性抗原。

**1. 血型抗原** 常见的血型抗原有两种:ABO 血型抗原和 Rh 血型抗原。如彩图 1-3。

(1)ABO 血型抗原:ABO 血型抗原有 A-Ag 和 B-Ag 两种,依据红细胞膜上 A-Ag 和 B-Ag 的不同,ABO 血型有四种类型:A 型、B 型、AB 型和 O 型。血清中含有 ABO 血型抗原的天然抗体。A 型:指红细胞膜上有 A-Ag,血清中有抗-B 抗体;B 型:指红细胞膜上有 B-Ag,血清中有抗-A 抗体;AB 型:指红细胞膜上有 A-Ag 和 B-Ag,血清中无抗-A 抗体和抗-B 抗体;O 型:指红细胞膜上无 A-Ag 和 B-Ag,血清中有抗-A 抗体和抗-B 抗体。ABO 血型的四种类型比较见表 1-3。不同个体间发生血型不相合的输血,就会发生溶血反应,所以输血前必须进行交叉配血试验。

表 1-3 ABO 血型 and Rh 血型的比较

血型	红细胞膜上的抗原	血清中的天然抗体
A 型	A-Ag	抗-B 抗体
B 型	B-Ag	抗-A 抗体
AB 型	A-Ag 和 B-Ag	无抗-A 抗体和抗-B 抗体
O 型	无 A-Ag 和 B-Ag	有抗-A 抗体和抗-B 抗体
Rh 阳性血型	Rh 阳性抗原	无
Rh 阴性血型	无 Rh 阳性抗原	无

(2)Rh 血型抗原:Rh 是恒河猴(Rhesus Macacus)外文名称的头两个字母。1940 年,Landsteiner 和 Wiener 发现人类红细胞膜上有一种与恒河猴红细胞相同的抗原,命名为 Rh 阳性抗原。依据红细胞膜上 Rh 阳性抗原是否存在将血型分为 Rh 阳性(Rh<sup>+</sup>)血型 and Rh 阴性(Rh<sup>-</sup>)血型两种。血清中无 Rh 血型抗原的天然抗体。Rh 血型的两种类型比较见表 1-3。Rh<sup>+</sup> 的血液输给 Rh<sup>-</sup> 的个体,刺激 Rh<sup>-</sup> 的机体产生抗-Rh<sup>+</sup> 抗体。新生儿溶血症的发生见于母胎 Rh 血型不合,母亲为 Rh<sup>-</sup>,胎儿为 Rh<sup>+</sup>。Rh 阳性血型在中国汉族及大多数民族中约占 99.7%,Rh 阴性血型只占 3‰~4‰。

**2. 主要组织相容性抗原** 主要存在于有核细胞膜上,能够引起强烈快速的排斥反应。因首先在人类白细胞膜上发现,故又称为人类白细胞抗原(human leucocyte antigen, HLA)(详见主要组织相容性复合体)。

### (四) 异嗜性抗原

存在于不同种属生物之间(如人与细菌、细菌与立克次体)的共同抗原称为异嗜性抗原。异嗜性抗原在临床上有着重要的医学意义,它与某些疾病的发生和诊断有关。如:①链球菌感染后肾小球肾炎的发生就是溶血性链球菌与人的肾小球基底膜之间存在异嗜性抗原,发生机制详见超敏反应章节;②立克次体引起的疾病的辅助诊断方法是外-斐试验,该试验的原理是因为某些变形杆菌菌株与立克次体之间存在异嗜性抗原,利用这些变形杆菌菌株代替立克次体作为抗原检测立克次体抗体。

### (五) 自身抗原

**1. 隐蔽性自身抗原** 个体在胚胎期有一些自身组织成分从未与自身的免疫细胞接触过,一旦出现,则被自身免疫细胞识别为“异物”。这些在胚胎期均未与自身的免疫细胞接触过的隐蔽性物质称为隐蔽性抗原。在人体隐蔽性自身抗原有:脑组织、眼晶状体蛋白、甲状腺球蛋白、精子和眼葡萄膜色素等。机体可能因为外伤和手术导致隐蔽性自身抗原进入血流,被自身的免疫



活性细胞识别为“异物”而产生自身免疫应答,引起自身免疫性疾病。如精子暴露可刺激机体产生抗精子抗体,精子与抗-精子抗体特异性结合,形成精子—抗精子抗体复合物导致精子活力下降而引起男性不育症。

**2. 修饰性自身抗原** 指自身组织成分在一定条件下引起组织成分分子结构改变,导致新抗原决定簇出现,这些新的抗原决定簇称为修饰性自身抗原。诱导修饰性自身抗原的因素主要是:辐射、药物和感染等。修饰性自身抗原出现在体内引起自身免疫性疾病。如长期服用非那西丁,可使红细胞膜的结构改变,产生修饰性自身抗原,刺激机体产生抗-红细胞抗体,红细胞与抗-红细胞抗体特异性结合,引起红细胞溶解破坏,导致自身免疫性溶血性贫血疾病发生。

## (六) 肿瘤抗原

肿瘤抗原指机体发生细胞癌变过程中,体内新出现的或是增多的具有免疫原性的大分子物质的总称。有肿瘤特异性抗原和肿瘤相关抗原两类。

**1. 肿瘤特异性抗原(tumor specific antigens, TSA)** 指只存在于某种肿瘤细胞表面而不存在于正常细胞和其他肿瘤细胞表面的肿瘤抗原。如人类黑色素瘤的肿瘤细胞膜表面有肿瘤特异性抗原,即人类黑色素瘤特异性抗原。

**2. 肿瘤相关性抗原(tumor associated antigens, TAA)** 指体内某些物质在正常情况下含量极低,当细胞癌变时其含量会显著增高,与肿瘤细胞的特异性无关,将这些物质称为肿瘤相关性抗原。常见的有甲胎蛋白和癌胚抗原等。

(1) 甲胎蛋白:英文缩写 AFP。主要是胎儿肝细胞合成的一种糖蛋白,胎儿出生后 AFP 在血清中明显减少至微量(小于  $20\mu\text{g/L}$ )。当肝细胞癌变时,AFP 在血清中显著升高,所以,检测血清中的 AFP,可用于原发性肝癌的普查和辅助诊断。

(2) 癌胚抗原:英文缩写 CEA。是由正常胚胎组织产生的一种蛋白质成分,出生后逐渐消失,或仅存留极微量。但当细胞癌变时,如结肠癌、胰腺癌、胃癌和乳腺癌等,CEA 在血清中含量有明显升高现象。

### 案例 1-2

某企业单位,在进行定期身体健康检查中发现:一位男性、40 岁的职工被检出 AFP 血清含量是  $200\mu\text{g/L}$ ;另一位男性、29 岁的职工被检出 CEA 血清含量是  $45\text{ng/ml}$ 。(备注:AFP 正常值: $\leq 25\mu\text{g/L}$ , CEA 正常值: $\leq 5\text{ng/ml}$ )

#### 讨论分析:

1. 血清中检出 AFP 和 CEA 有什么临床意义?
2. 如果这两位职工向你咨询,你的分析结论和建议分别是什么?

## (七) 超抗原

超抗原(superantigen, SA<sub>g</sub>)是一类只需极低剂量( $1\sim 10\text{ng/ml}$ )即可激活体内大量( $2\%\sim 20\%$ )T 细胞、B 细胞克隆,产生极强的免疫应答效应的大分子蛋白质。作用特点:不需要抗原呈递细胞(APC)参与,非特异性刺激 T 细胞、B 细胞克隆增殖。超抗原主要包括金黄色葡萄球菌肠毒素、葡萄球菌表皮剥脱毒素、金黄色葡萄球菌毒性休克综合征毒素 1、链球菌致热外毒素、链球菌 M 蛋白和某些病毒蛋白等。超抗原与许多毒素性疾病的发病机制、自身免疫病发生和抗肿瘤免疫有密切关系。



### 要 点 总 结 与 考 点 提 示

1. 抗原是诱导机体发生免疫应答的物质。有免疫原性和免疫反应性两种特性。依据抗原的特性不同,将抗原分为完全抗原和半抗原两种。