



博雅系列精品教材

全国高等医学院校规划教材
安徽省高等学校省级规划教材

医学免疫学 实验教程

主编 许礼发

供基础、临床、预防、药学、检验、
护理等专业使用



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

全国高等医学院校博雅系列精品教材

安徽省高等学校省级规划教材

医学免疫学实验教程

主编 许礼发



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

内 容 简 介

本教材为安徽省高等学校省级规划教材,全书共分 11 章。实验内容与规划教材理论教学内容相匹配,实验项目多样化,主要以基本技能实验为主,体现重基础的原则,同时增加了当前免疫学研究常用的前沿技术。

本书适合于高等医药院校基础、临床、预防、药学、检验、护理等专业的本科及专科的免疫学实验教学使用,也可供各类高等医学院校免疫学教师以及进行免疫学实验研究的科研人员和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

医学免疫学实验教程/许礼发主编. —上海:第二军医大学出版社,2015. 11

ISBN 978 - 7 - 5481 - 1165 - 8

I. ①医… II. ①许… III. ①医药学—免疫学—实验—高等学校—教材 IV. ①R392 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 262277 号

出 版 人 陆小新

责任编辑 画 恒 高 标

医学免疫学实验教程

主 编 许礼发

第二军医大学出版社出版发行

<http://www.smmup.cn>

上海市翔殷路 800 号 邮政编码: 200433

发行科电话/传真: 021 - 65493093

全国各地新华书店经销

江苏天源印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.5 彩插 2 面 字数: 230 千字

2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5481 - 1165 - 8/R · 1897

定价: 27.00 元



本书编委会

主 编 许礼发
主 审 张荣波 (安徽理工大学医学院)
副主编 钱中清 王 健 陈晓宇
编 者 (以姓氏笔画为序)

王 健 (安徽理工大学医学院)

田 晔 (安徽理工大学医学院)

刘小燕 (安徽理工大学医学院)

许礼发 (安徽理工大学医学院)

沈 静 (安徽理工大学医学院)

汪洪涛 (蚌埠医学院)

宋传旺 (蚌埠医学院)

宋福春 (安徽理工大学医学院)

陈晓宇 (安徽医科大学)

范巧云 (安徽理工大学医学院)

施自伦 (安徽理工大学附属医院)

姚春艳 (蚌埠医学院)

夏 丹 (安徽中医药大学)

钱中清 (蚌埠医学院)

前 言

随着生命科学的快速发展,医学免疫学已渗透到生命科学的各个领域,成为一门重要的学科,医学免疫学实验也成为了与医学免疫学理论教学相匹配的必修的基础实验课程。为了适应高校教学改革,提高教学质量,培养创新型和实用型高级人才,2013年我们组织申报了安徽省高等学校省级规划并顺利立项,编写团队根据学科的发展趋势和多年的教学经验,编写了本实验教程。本实验教程共11章,除了介绍免疫学基本技术外,还系统介绍了当前免疫学研究常用的酶免疫、免疫荧光、免疫组化、免疫印迹、免疫胶体金、化学发光免疫分析等技术的原理、种类和应用;所选实验与规划教材理论教学内容相匹配,对每个实验的实验原理、实验器材、实验方法、实验结果判断和注意事项等都做了较为详细的叙述。通过免疫学实验技术较系统的训练,培养学生良好的科研思维、熟练的动手操作和综合应用能力,为今后科研工作打下良好的基础。在编写过程中,我们既注意配合课堂理论教学又注意训练学生基本实验操作技能,同时也注意到增加反映新技术、新方法的实验内容,体现先进性。

本教材适合高等医药院校基础、临床、预防、药学、检验、护理等专业的本科及专科的免疫学实验教学使用,由于水平有限,在实验选材、编排上难免有不妥之处,甚至有错漏之处,恳请广大读者在使用过程中提出宝贵意见。

编 者

2015年10月

目 录

第一章 免疫组织器官和免疫细胞的观察	(1)
实验一 免疫器官的大体形态和组织结构观察	(1)
实验二 淋巴组织结构观察	(5)
实验三 主要免疫细胞的形态观察	(7)
第二章 抗原与免疫血清的制备	(11)
第一节 常用抗原的制备	(11)
实验一 细菌悬液的制备	(11)
实验二 红细胞悬液的制备	(13)
第二节 免疫血清的制备	(14)
实验一 兔抗羊免疫血清的制备	(14)
实验二 抗菌血清的制备	(16)
实验三 免疫球蛋白的分离提取与纯化	(17)
实验四 人全血清抗体的制备	(19)
实验五 单克隆抗体的制备	(22)
第三章 免疫凝集类实验	(25)
实验一 细菌的玻片凝集实验	(25)
实验二 ABO 血型鉴定实验	(26)
实验三 细菌的试管凝集实验	(28)
实验四 类风湿因子免疫胶乳实验	(30)
实验五 反向间接凝集法检测 AFP	(32)
实验六 抗“O”实验	(33)
实验七 抗球蛋白实验	(34)
第四章 免疫沉淀类实验	(37)
实验一 单向琼脂免疫扩散实验	(37)
实验二 双向琼脂免疫扩散实验	(39)
实验三 对流免疫电泳实验	(41)
实验四 火箭免疫电泳实验	(43)
实验五 免疫电泳实验	(44)
实验六 免疫透射比浊分析实验	(46)

第五章 免疫标记技术	(48)
第一节 免疫酶技术	(48)
实验一 酶联免疫吸附试验:间接法	(49)
实验二 酶联免疫吸附试验:夹心法	(50)
实验三 酶联免疫吸附试验:竞争法	(54)
实验四 BAS-ELISA 检测 HBsAb	(56)
实验五 酶免疫组织化学技术测定血清 ANA	(58)
第二节 免疫荧光技术	(60)
实验一 直接免疫荧光法检测 B 细胞膜表面免疫球蛋白	(60)
实验二 间接免疫荧光法检测抗核抗体	(62)
第三节 化学发光免疫分析技术	(63)
酶标记化学发光法检测甲胎蛋白	(63)
第四节 免疫金标记技术	(65)
实验一 胶体金免疫层析法检测早孕实验	(65)
实验二 斑点金免疫渗滤法检测抗双链 DNA 抗体实验	(66)
第五节 免疫印迹技术	(67)
酶免疫印迹技术检测 ENA 多肽抗体谱实验	(67)
第六章 免疫细胞的分离、纯化和鉴定	(70)
实验一 Ficoll-Hypaque 密度梯度离心法分离人 PBMC	(70)
实验二 Percoll 密度梯度离心法分离人 PMNs	(72)
实验三 免疫磁珠法分离淋巴细胞	(75)
实验四 小鼠腹腔巨噬细胞的分离	(76)
实验五 小鼠胸腺细胞的制备	(77)
实验六 小鼠骨髓树突状细胞的制备	(79)
实验七 尼龙毛法分离人外周血 T、B 淋巴细胞	(80)
第七章 免疫细胞及免疫功能检测技术	(82)
第一节 淋巴细胞亚群的检测	(82)
实验一 E 花环形成实验	(82)
实验二 T 细胞亚群测定	(83)
第二节 固有免疫功能检测	(85)
实验一 中性粒细胞吞噬实验	(85)
实验二 巨噬细胞吞噬实验	(86)
实验三 NK 细胞自然杀伤活性的测定	(88)
实验四 LAK/NK 细胞的制备和活性测定	(89)
实验五 溶菌酶活性测定	(91)
实验六 CH50 法血清总补体活性测定	(93)
实验七 补体旁路途径的溶血活性测定	(94)
第三节 获得性免疫功能检测	(96)

实验一 T 淋巴细胞转化实验	(96)
实验二 B 淋巴细胞溶血空斑实验	(100)
实验三 淋巴细胞抗体生成能力测定——酶联免疫斑点技术	(102)
实验四 细胞因子的检测	(104)
第八章 人类白细胞抗原分型技术	(108)
第一节 血清学分型技术	(108)
HLA 抗原血清学分型	(109)
第二节 细胞学分型技术	(111)
实验一 双向 MLC 方法	(111)
实验二 单向 MLC 方法	(113)
第三节 DNA 分型技术	(114)
实验一 基因组 DNA 的提取	(114)
实验二 PCR/SSP 技术	(116)
实验三 PCR/SSCP 技术	(117)
实验四 PCR/SSO 技术(正向杂交)	(118)
第九章 超敏反应实验	(122)
实验一 豚鼠速发型超敏反应	(122)
实验二 青霉素皮肤实验	(123)
实验三 结核菌素实验	(125)
实验四 血清总 IgE 测定	(126)
第十章 其他免疫学技术	(128)
第一节 流式细胞术	(128)
实验一 流式细胞术检测细胞膜抗原	(128)
实验二 流式细胞术检测细胞内抗原	(131)
第二节 免疫复合物检测技术	(132)
实验一 聚乙二醇环状沉淀实验	(132)
实验二 直接聚乙二醇沉淀实验	(134)
第十一章 医学免疫学创新性实验的选题、组织与实施	(136)
附录一 常用实验动物及基本技术	(140)
附录二 常用试剂的配制	(146)
参考文献	(156)
附图	(157)

第一章 免疫组织器官和免疫细胞的观察

实验一 免疫器官的大体形态和组织结构观察

【实验目的】

了解免疫系统组成;复习淋巴器官胸腺切片、骨髓涂片、淋巴结切片和脾切片一般结构和功能。(本实验属于示教内容)

【实验原理】

免疫系统(immune system)由免疫器官(immune organs)、淋巴组织、分散在全身各处的免疫细胞(immune cells)和免疫分子构成。免疫器官包括中枢免疫器官(胸腺和骨髓)和外周免疫器官(淋巴结、脾和扁桃体等),在禽类,有类似骨髓的法氏囊(bursa of Fabricius)。淋巴组织分为弥散淋巴组织和淋巴小结两种形态。免疫细胞包括淋巴细胞、抗原提呈细胞、浆细胞、中性粒细胞和肥大细胞等。

免疫系统借助血液循环和淋巴循环相互联系,形成一个功能整体。其功能主要包括 3 个方面:

- (1) 免疫防御 识别和清除侵入机体的抗原。
- (2) 免疫监视 识别和清除体内抗原发生变异的细胞,如肿瘤细胞和病原微生物感染的细胞。
- (3) 免疫稳定 识别和清除体内衰老死亡的细胞,维持机体内环境的稳定。

【实验器材】

显微镜观察和复习组织切片。

1. 胸腺

胸腺(thymus)位于胸腔纵隔上部,胸骨后方(图 1-1)。胸腺大小和结构随年龄的增长而发生明显改变,在胚胎期至 2 岁内发育最快(10~15 g);2 岁至青春期仍继续增大(30~40 g),但增速减缓;青春期以后胸腺开始退化萎缩(约 10 g),而脂肪组织增多。尽管成人胸腺退变,但它仍然保持机体所必需的免疫潜能。骨髓内部分淋巴细胞迁移到胸腺内,在胸腺素的影响下,增殖分化成为具有免疫功能的 T 细胞,再经血流输送到淋巴结和脾等周围免疫器官发挥免疫功能。若新生期切除胸腺或胸腺生

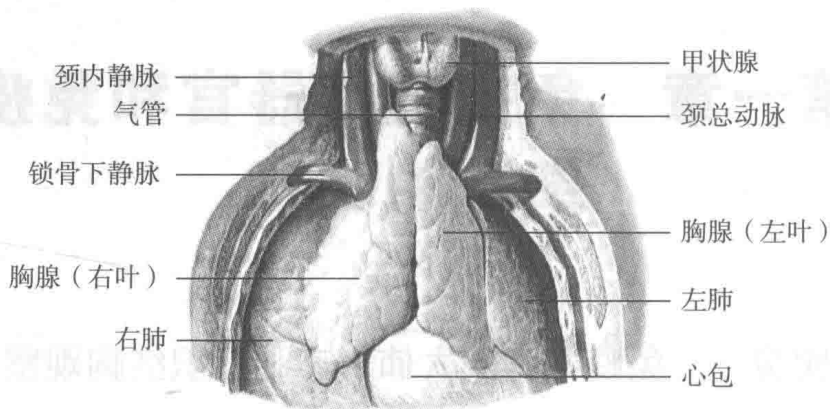


图 1-1 胸腺的位置和大体形态

长肿瘤,可导致细胞免疫功能显著下降,常因感染而死亡。

胸腺是实质性器官,分为左右两叶,表面包有薄层结缔组织被膜,被膜与实质内结缔组织形成小叶间隔(图 1-2)。小叶间隔将胸腺实质分隔成许多不完全分隔的胸腺小叶(thymic lobule)。每个胸腺小叶都有皮质和髓质两部分,小叶周边部的胸腺细胞密集,染色较深,称为皮质;中央部染色较浅,称为髓质,髓质内的胸腺细胞相对较少。由于小叶间隔不完整,相邻小叶的髓质相互通连。胸腺实质的组成主要为胸腺上皮细胞构成支架,内含大量胸腺细胞(即处于分化发育不同阶段的 T 淋巴细胞)。皮质区内 85%~90% 的细胞为未成熟的 T 细胞。髓质区内有大量的胸腺上皮细胞和稀疏分散的较成熟的胸腺细胞、单核-巨噬细胞和树突状细胞。

标本:胸腺组织切片(图 1-2、彩图 1-1)

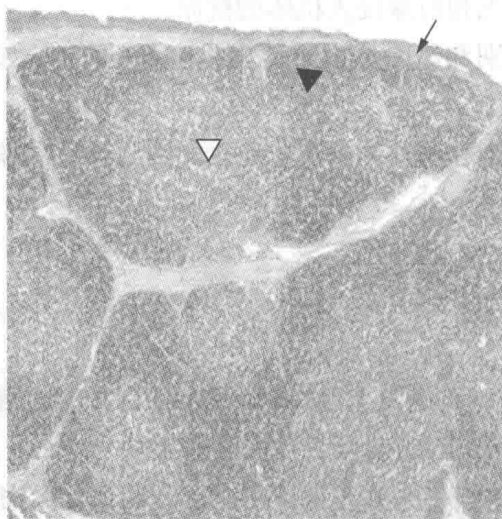


图 1-2 胸腺切片

注 →: 被膜;►: 皮质;▷: 髓质。

2. 骨髓

骨髓(bone marrow)位于骨髓腔中,分为红骨髓和黄骨髓。红骨髓有造血功能,由造血组织和血窦构成;黄骨髓主要为脂肪组织,通常所说的骨髓指红骨髓。红骨髓分布在扁骨、不规则骨和长骨骺端的松质骨中。造血组织主要由基质细胞和造血细胞组成。基质细胞包括网状细胞、巨噬细胞、成纤维细胞、血管内皮细胞等。骨髓是各类血细胞和免疫细胞发生的场所,同时,骨髓也是B细胞分化成熟和体液免疫应答发生的场所。成人的红骨髓和黄骨髓约各占一半。黄骨髓尚保留少量幼稚血细胞,故有造血潜能,当机体需要时可转变为红骨髓。红骨髓主要由造血组织和血窦构成(图1-3、彩图1-2)。

标本:骨髓涂片。

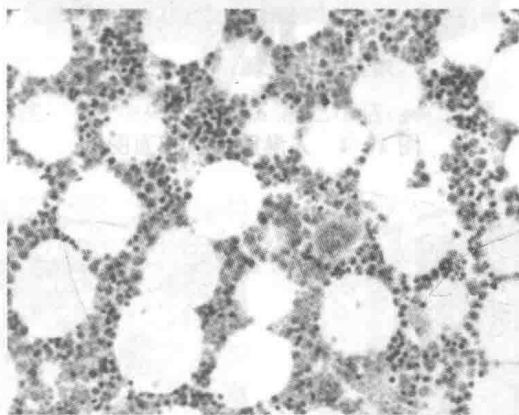


图1-3 骨髓涂片

在禽类,法氏囊是位于泄殖腔上方的一个囊状物,内充满着淋巴组织,其中淋巴细胞不断受囊素的影响,发育成B淋巴细胞。若新生期切除法氏囊,抗体的形成将受影响,而细胞免疫功能不受影响。对于B淋巴细胞发育而言,禽类的法氏囊具有哺乳类动物骨髓相似的作用。

3. 淋巴结

淋巴结(lymphoid node)是呈卵圆形、豆形结构的周围淋巴器官,大小从数毫米至2 cm,某些病理情况下(肿瘤或感染等)可明显增大。人体有300~500个淋巴结,成群分布于肺门、肠系膜、腹股沟和腋下等处,位于淋巴回流的通路上,是滤过淋巴和产生免疫应答的重要器官。淋巴结表面被覆薄层致密结缔组织被膜,数条输入淋巴管(afferent lymphatic vessel)穿过被膜进入被膜下淋巴窦。淋巴结实质分为周边皮质和中央的髓质。皮质分为浅皮质区和深皮质区两部分。浅皮质区靠近被膜下,是B细胞定居的场所,称为非胸腺依赖区(thymus-independent area)。该区内大量B细胞聚集形成淋巴滤泡,或称淋巴小结。浅皮质区与髓质之间的深皮质区是副皮质区,是T细胞定居的场所,称为胸腺依赖区(thymus-dependent area)。髓质区有髓索和髓窦组成,髓索由致密聚集的淋巴细胞组成,主要为B细胞和浆细胞(图1-4~图1-

6、彩图 1-3~彩图 1-5)。淋巴结具有滤过淋巴液和进行免疫应答的功能。

标本：人淋巴结切片。

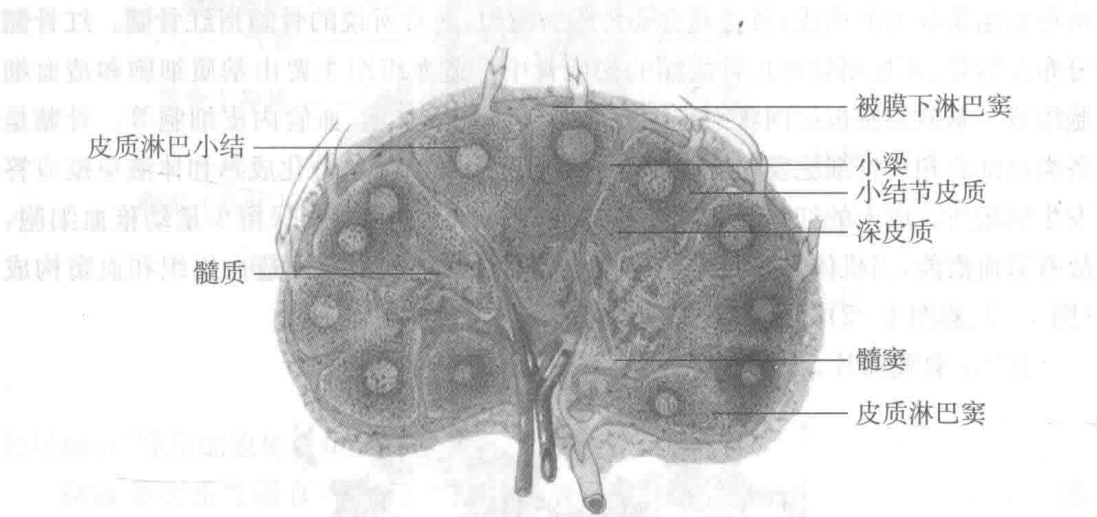


图 1-4 人淋巴结纵切面图

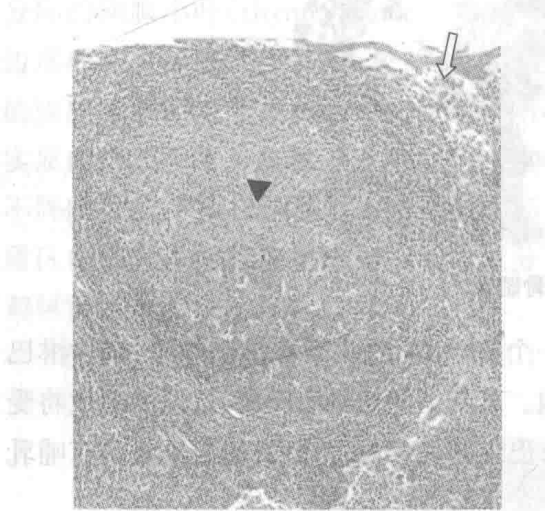


图 1-5 淋巴结皮质

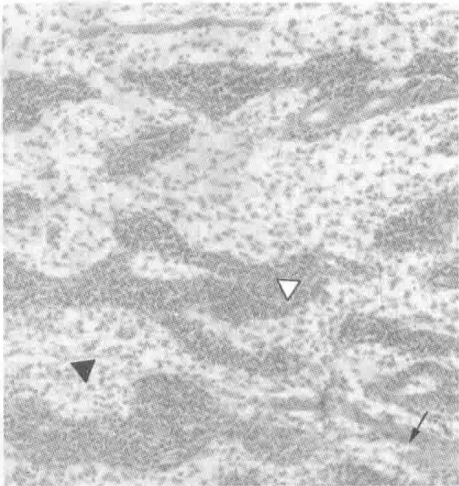


图 1-6 淋巴结髓质光镜像

注 ⇨：被膜下淋巴窦；▲：淋巴小结。

注 △：髓索；▲：髓窦；↑：小梁。

4. 脾

脾脏(spleen)是人体最大的淋巴器官,是体内免疫活性细胞定居和增殖,行使免疫应答功能的最重要的场所之一。脾的实质主要也是由淋巴组织构成,无皮质、髓质之分,分为白髓、边缘区和红髓三部分。白髓为密集的淋巴组织,为 T 细胞区;白髓与红髓交界的狭窄区域为边缘区,内含 T 细胞、B 细胞和较多巨噬细胞;红髓由髓索和髓窦组成,髓索为索条状组织,主要含 B 细胞、浆细胞等,髓窦内无淋巴窦,但富含血窦(图 1-7、彩图 1-6)。脾脏是血液的滤器,对于机体的免疫防御保护具有重要意义,胚胎时期脾为造血器官,具有造血潜能。

标本：人脾组织切片。

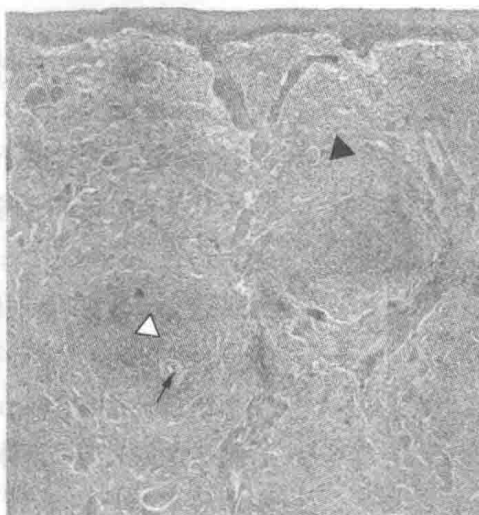


图 1-7 脾组织光镜像

注：↑：中央动脉；△：淋巴小结；▲：红髓。

实验二 淋巴组织结构观察

【实验目的】

了解淋巴组织的组成、一般结构和功能。(本实验属于示教内容)

【实验原理】

淋巴组织(lymphoid tissue)是免疫系统的组成部分,按照形态结构特点,淋巴组织分为弥散淋巴组织和淋巴小结两种形态,两者均以网状组织为支架,内含大量淋巴细胞及一些其他免疫细胞。

【实验器材】

显微镜观察和复习组织切片。

(一) 弥散淋巴组织

弥散淋巴组织(diffuse lymphoid tissue)结构较为松散,无明显界限,含有 T 细胞和 B 细胞,以 T 细胞为主。多见于消化道和呼吸道的黏膜固有层。除一般的毛细血管和毛细淋巴管外,弥散淋巴组织中也常含有高内皮微静脉(high endothelial venule),内皮为立方或低柱状。毛细血管后微静脉是淋巴细胞从血液进入淋巴组织的重要通道。当受到抗原刺激时,弥散淋巴组织密集、扩大,并可出现淋巴小结。

(二) 淋巴小结

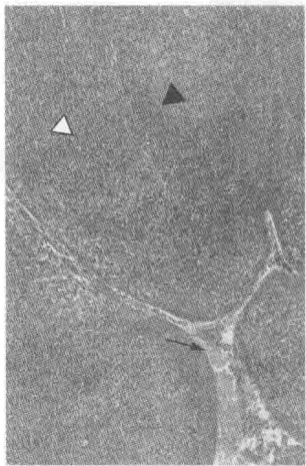


图 1-8 颞扁桃体光镜像(HE 染色低倍)

注 ▲: 淋巴小结; △: 弥散淋巴组织。

淋巴小结(lymphoid nodule)也称淋巴滤泡(lymphoid follicle),是由密集且境界清晰的,呈圆形或椭圆形小体结构的淋巴组织,直径为 0.2~1.0 mm,多位于弥散淋巴组织中(图 1-8、彩图 1-7)。淋巴小结内含有大量 B 细胞及少量的 T 细胞、树突状细胞、巨噬细胞等。淋巴小结通常有两种类型:①初级淋巴小结(primary lymphoid nodule),为未受抗原刺激的淋巴小结,体积较小,由分布均匀而密集的小淋巴细胞所组成;②次级淋巴小结(secondary lymphoid nodule),为充分发育而免疫应答活跃的状态,境界更为清楚,小结的中央部分染色较浅,常见细胞分裂象,此处是

淋巴细胞增殖分化的部位,故称生发中心(germinal center)。故淋巴小结无生发中心的为初级淋巴小结,有生发中心的为次级淋巴小结。

生发中心呈圆形或椭圆形,直径 0.1~1.0 mm,有极性,分为暗区和明区。暗区位于生发中心的内侧份,主要由幼稚的大淋巴细胞密集而成,胞质嗜碱性强,染色较深;明区位于生发中心的外侧份,主要含有中等大小的淋巴细胞,这些淋巴细胞通常是由暗区的大淋巴细胞转化而来,此区还含有较多的网状细胞、巨噬细胞、树突状细胞,细胞松散分布,着色较淡。生发中心的顶部及周围常有小结帽,为密集的小淋巴细胞层,着色较深,形似新月,多为记忆 B 细胞和浆细胞的前身。小结帽为最先接触抗原的部位。

另外,淋巴小结是 B 细胞转化的部位。暗区的大淋巴细胞不断分裂、分化为明区的中淋巴细胞。明区的中淋巴细胞进一步增殖分化为小结帽的小淋巴细胞,可参与淋巴细胞的再循环;部分中淋巴细胞为浆细胞的前身,通过淋巴和血循环迁移到其他淋巴器官、淋巴组织或炎症处,转化为浆细胞,并分泌抗体。淋巴小结的形态结构随免疫功能状态而变化,有无抗原刺激和抗原刺激程度均影响到淋巴小结的数量和形态结构。因此,淋巴小结是反映免疫应答的重要形态学标志。

位于淋巴小结的生发中心中还有较多树突状细胞(dendritic cell),细胞突起细长,且有分支,胞质嗜酸性,核呈椭圆形。树突状细胞的膜表面富有抗体受体,能结合抗原-抗体复合物,调节 B 细胞的免疫功能。

根据淋巴小结的存在形式,分为两种类型:单独存在的称为孤立淋巴小结(solitary lymphoid nodule),常见于如十二指肠、空肠黏膜固有层结缔组织中;体内有的部位可见由 10~40 个淋巴小结成群存在,则称之为集合淋巴小结(aggregated lymphoid nodules),常见于如回肠末端的黏膜固有层结缔组织中。

实验三 主要免疫细胞的形态观察

【实验目的】

了解免疫系统中的主要免疫细胞,以及免疫细胞的一般形态结构和功能。(本实验属于示教内容)

【实验原理】

免疫细胞(immune cells)散在全身各处,包括淋巴细胞、抗原提呈细胞、浆细胞、中性粒细胞和肥大细胞等(图 1-9、彩图 1-8)。

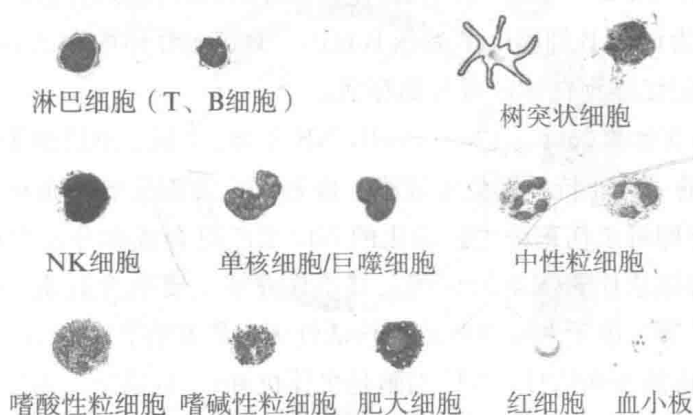


图 1-9 免疫细胞大体形态示意图

【实验器材】

显微镜观察和复习组织切片。

(一) 淋巴细胞

1. 分类

淋巴细胞(lymphocyte)是免疫反应的核心。根据淋巴细胞的发生、形态结构、表面标志和功能的不同,淋巴细胞可分为 T 细胞、B 细胞和 NK 细胞。T 细胞参与细胞免疫;B 细胞参与体液免疫;NK 细胞不依赖抗原刺激自发地发挥细胞毒效应。这三种淋巴细胞共同执行机体免疫功能,维持机体免疫内环境的稳定。

(1) T 细胞 来源于骨髓多能干细胞,在胸腺发育成熟,称胸腺依赖淋巴细胞(thymus dependent lymphocyte, T 细胞)。在胸腺发育成熟的 T 细胞为初始 T 细胞(naive T cell),进入周围淋巴器官和淋巴组织,保持静息状态。在免疫应答时,在抗原提呈细胞的介导下,初始 T 细胞转化为特异性效应 T 细胞(effector T cell),获得了迁移、产生细胞因子和其他效应的功能,少量细胞转化为长期存活的抗原特异性记

忆 T 细胞(memory T cell)。

T 细胞是相当复杂的异质性细胞群体。按其在免疫应答中的功能不同,可将 T 细胞分成若干亚群:辅助性 T 细胞(helper T cell, Th 细胞),具有协助细胞免疫和体液免疫的功能;调节性 T 细胞(regulatory T cell, Treg),具有抑制细胞免疫及体液免疫的功能;细胞毒 T 细胞(cytotoxic T cell, Tc 细胞),又称细胞毒 T 淋巴细胞(cytotoxic T lymphocyte, CTL),具有杀伤靶细胞的功能。T 细胞产生的免疫应答是细胞免疫,细胞免疫的效应形式主要有两种:①与靶细胞特异性结合,直接杀伤靶细胞;②释放细胞因子,杀伤靶细胞,并使免疫效应扩大和增强。

(2) B 细胞 来源于骨髓多能干细胞,在骨髓中发育成熟,称骨髓依赖淋巴细胞(bone marrow dependent lymphocyte, B 细胞)。在骨髓发育成熟的初始 B 细胞(naive T cell)离开骨髓,迁入周围淋巴器官和淋巴组织。受抗原刺激后,分化增殖为效应 B 细胞(effector B cell),即浆细胞,合成和分泌抗体,进入体液,发挥体液免疫的功能,少量转化为记忆 B 细胞(memory B cell)。B 细胞在体内存活的时间较短,仅数天至数周,但其记忆细胞在体内可长期存活。

(3) 自然杀伤细胞(natural killer cell, NK 细胞) 属于淋巴细胞谱系,但不同于 T 细胞、B 细胞的一类非特异性免疫细胞。成熟 NK 细胞主要分布在外周血和脾,无需预先接触抗原即可杀伤靶细胞。活化的 NK 细胞可合成和分泌多种细胞因子,发挥调节免疫及直接杀伤靶细胞的作用。其杀伤介质主要有穿孔素、NK 细胞毒因子和肿瘤坏死因子等。由于 NK 细胞的杀伤活性无组织相容性复合体(MHC)限制,不依赖抗体,具有自然杀伤活性。NK 细胞是机体抗肿瘤、抗感染的重要免疫因素。

2. 功能特征

淋巴细胞是机体行使免疫功能的主体,具有复杂异质性的群体;淋巴细胞形态相似,但在超微结构上有所不同;复杂的表面分子标志表明其功能的复杂性。在功能上,淋巴细胞具有下列重要特性:

(1) 特异性 淋巴细胞表面有抗原受体,用以识别抗原;不同淋巴细胞的抗原受体是不同的,每一受体只能与其匹配的抗原结合,即具有特异性。

(2) 转化性 正常体内大多数淋巴细胞均处于静息状态,当某种淋巴细胞受到与其受体相应的抗原刺激后才被活化,这个过程称为转化性。一般需经过 40 h,淋巴细胞形态上发生了明显变化,代谢增强,由直径 $6\sim 8\ \mu\text{m}$ 的小淋巴细胞转变为 $20\sim 30\ \mu\text{m}$ 的大淋巴细胞,胞质中核糖体增多,呈较强的嗜碱性,细胞核增大,染色质变细,核仁明显。淋巴细胞转化后,进一步增殖、分化,形成参与免疫应答的效应细胞——效应 T 细胞或效应 B 细胞(具有分泌抗体的浆细胞)。这些细胞功能活跃,但寿命短(约数天或数周)。

(3) 记忆性 淋巴细胞经抗原激活转化后,有一少部分再度转化为静息状态的淋巴细胞,称为记忆性 T 细胞或 B 细胞,其寿命长,可达数年或终生存在。当再次遇到相应抗原刺激后,这些细胞能迅速转化为效应细胞,及时清除抗原。上述功能特征

保证了淋巴细胞在机体免疫防御和保护中有效而稳定地发挥作用。

3. 淋巴细胞再循环

位于周围淋巴器官或淋巴组织中的淋巴细胞,经淋巴管进入血液循环后,再经弥散淋巴组织内的毛细血管后微静脉返回到周围淋巴器官或组织中如此循环往复,称为淋巴细胞再循环(recirculation of lymphocyte)(图 1-10)。除效应 T 细胞、幼浆细胞和 NK 细胞以外,大部分淋巴细胞均参与淋巴细胞再循环,特别是记忆性 T 细胞和记忆性 B 细胞。淋巴细胞通过再循环回归到原来的淋巴组织称为归巢(homing),有利于识别抗原和迅速传递信息,使分散于全身各处的功能相关的淋巴细胞成为一个相互协调的功能整体,共同进行免疫应答。

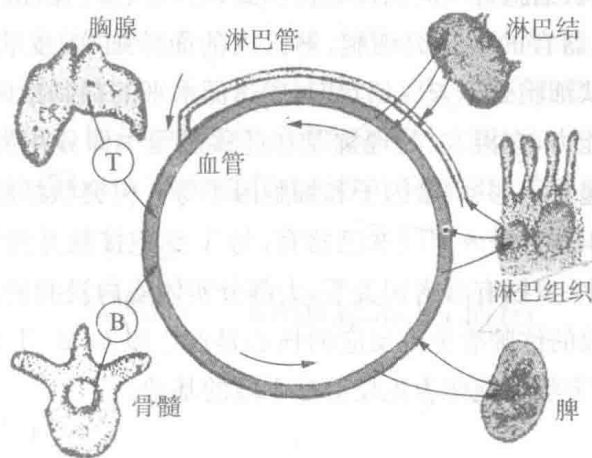


图 1-10 淋巴细胞再循环示意图

(二) 巨噬细胞及单核吞噬细胞系统

巨噬细胞是由血液中的单核细胞穿出血管后,进入其他组织中并发育分化而成,广泛分布于体内各种器官组织中。血液中的单核细胞及其分化而来的巨噬细胞均来源于骨髓干细胞,具有很强的吞噬能力,称单核吞噬细胞系统(mononuclear phagocyte system, MPS)。巨噬细胞在不同组织中由于局部微环境的差异,其形态及生物学特征均有所不同,名称各异。例如,血液中的单核细胞、结缔组织及淋巴组织的巨噬细胞、肝巨噬细胞、肺巨噬细胞、神经组织的小胶质细胞、骨组织的破骨细胞、皮肤的郎格汉斯细胞等。

单核吞噬细胞系统是体内具有强大吞噬及防御机能的细胞系统。巨噬细胞是主要的专职性抗原提呈细胞之一,在特异性免疫应答的介导与调节中发挥重要作用。此外,该系统还具有分泌多种生物活性物质(如溶菌酶、补体、肿瘤抑制因子等)的功能。

(三) 抗原提呈细胞

抗原提呈细胞(antigen presenting cell, APC)是一类能摄取和处理抗原,使抗原