

医 用 免 疫 学

叶天星教授 编著

18

厦门市卫生局科技情报室
厦门市医药研究所印

前 言

近十几年来免疫学发展非常迅速，不仅基本上阐明了各类生物体免疫功能的演化发展过程、人体免疫系统的组成和功能、免疫活性细胞的类型和作用，而且还查明了免疫物质的分子生物学及免疫化学的性能和本质，搞清各种免疫反应对机体有利和有害的影响，出现免疫防护和各种免疫性疾病的机理，创立了各种精确的免疫学诊断检验方法，改进了有效的免疫预防制剂，和研制成许多种免疫增强和免疫抑制的药物，在一定程度上推动了医学及其他有关学科的发展。就医学而论，在医学各基础学科及临床各学科无不牵涉到免疫学的问题，因此临床医务工作者、医学教育工作者及科研工作者都渴望了解免疫学的知识和技术，为更好更快地促进医学科学的发展，以加速实现四个现代化而努力。本书就是为适应这方面需要而编写的。

本书的内容是根据编作者在上海和其他各地历次讲演的讲稿，按照听众提供的意见和要求修订编成。但是由于时间仓促，错误和遗漏之处在所难免，尚希读者指正。

这次蒙厦门市卫生局和中国人民解放军第174医院邀请在厦讲学，又蒙厦门市革委会印刷厂加工排印，特此致谢。

叶天星 1979年4月于厦门鼓浪屿

目 录

第一讲 免疫学概论	(1)
一、现代免疫学的概念.....	(1)
二、人体的免疫系统.....	(1)
三、免疫活性细胞.....	(12)
第二讲 抗原与抗体	(27)
甲、抗原.....	(27)
一、抗原的定义与种类.....	(27)
二、抗原的条件.....	(29)
三、抗原的决定基及结合价.....	(32)
四、抗原的理化性状及特异性的基础.....	(34)
五、佐剂.....	(37)
乙、抗体.....	(38)
一、抗体的定义和种类.....	(38)
二、抗体的基本结构及类型.....	(39)
三、抗体的一般特性.....	(49)
四、抗体的结合价及亲合力的基础.....	(50)
丙、抗原与抗体的反应.....	(53)
一、抗原抗体结合的机理.....	(53)
二、抗原与抗体的体外反应的类型.....	(58)
第一类型 凝集反应.....	(58)
第二类型 沉淀反应.....	(64)
第三类型 溶解反应.....	(66)
第四类型 补体结合反应.....	(66)
第五类型 调理吞噬反应及免疫粘连现象.....	(67)
第六类型 免疫荧光及免疫酶标染色.....	(67)

第三讲 非特异性防护机理——一级免疫应答反应	(71)
一、免疫反应的类别及非特异免疫力的含义	(71)
二、机体的自然屏障作用	(72)
三、非特异性细胞防护作用	(74)
四、正常体液的非特异性防护作用	(84)
第四讲 特异性免疫——二级免疫应答反应	(98)
一、含义与基本机理	(98)
二、特异性体液免疫——B淋巴细胞导致的免疫	(100)
三、特异性细胞免疫——T淋巴细胞介导的免疫	(110)
第五讲 抗感染免疫	(117)
一、病原体与宿主的特点及互相关系	(117)
二、抗细菌感染的免疫机理	(122)
三、抗病毒感染的免疫机理	(126)
四、抗真菌的免疫机理	(135)
五、抗寄生虫病的免疫机理	(138)
第六讲 速发型过敏反应 (I、II、III型变态性反应) ——三级免疫反应(上)	(141)
一、I型过敏反应	(142)
二、II型过敏反应	(147)
三、III型过敏反应	(161)
第七讲 迟发型过敏反应及其他 (IV、V、VI型) ——三级免疫反应(下)	(175)
四、IV型过敏反应	(175)
五、V型过敏反应	(180)
六、VI型过敏反应	(182)
第八讲 自身免疫性疾病	(188)
一、自身免疫性疾病的涵义	(188)
二、自身免疫性疾病发生机理	(188)
三、常见的自身免疫性疾病	(190)
第九讲 免疫缺陷病及免疫增殖病	(209)
甲、免疫缺陷病	(209)
一、免疫缺陷病的定义及分类	(209)

二、非特异免疫力的缺陷·····	(210)
三、特异免疫力的缺陷·····	(215)
乙、免疫增殖病·····	(226)
一、单株丙种球蛋白症·····	(226)
二、多株丙种球蛋白症·····	(230)
三、温度依存性异常免疫球蛋白血症·····	(230)
第十讲 移植免疫学 ·····	(232)
一、移植的类型和种类·····	(232)
二、组织相容性抗原·····	(234)
三、移植免疫反应——排斥现象·····	(240)
四、供体选择与组织相容性配型试验·····	(248)
五、延长移植物活存时间的措施·····	(251)
第十一讲 肿瘤免疫学 ·····	(258)
一、肿瘤生长与免疫监督及逃逸·····	(258)
二、肿瘤发生的原因及肿瘤抗原的特点·····	(262)
三、宿主抗肿瘤的免疫机理·····	(267)
四、肿瘤的免疫学诊断·····	(273)
五、肿瘤的免疫治疗·····	(278)
第十二讲 免疫学诊断 ·····	(289)
一、总则·····	(289)
二、免疫性疾病的诊断·····	(290)
免疫学试验法·····	(301)
一、一级免疫功能试验·····	(301)
二、二级免疫功能试验·····	(306)
三、三级免疫功能试验·····	(323)

第一讲 免疫学概论

近十年来,免疫学研究的进展非常迅速,不但改变了许多旧的免疫学观念,而且这门新兴的知识渗透到各不同学科中,形成免疫生物学、分子生物免疫学、免疫遗传学、免疫化学、生化免疫学、免疫病理学、免疫药理学以及临床免疫学等,大大充实和更新了医学微生物学及临床各学科有关的免疫理论和技术。指出有广泛的发展前景。近年来特别对于分子免疫学、免疫化学、肿瘤免疫学及移植免疫学等方面的研究比较活跃,阐明有不少原因不明的疾病与免疫有关,几乎现今各学科无不广泛牵连。

一、现代免疫学的概念 (Modern concept of immunology)

现代免疫学认为免疫是指生物体能“识别异己”(recognition of Non-self)和“排斥异己物质”(rejection of non-self substance)的一切免疫作用;免疫学是研究生物体与“非自体”物质之间进行“对立统一”的原理、原因、作用 and 应用的科学,它包括免疫防护作用和免疫病理作用两方面。亦即是抗感染免疫与变态反应性两大范畴。

免疫反应 { 抗感染免疫 = 免疫防护反应: 消除病原体及其毒性产物的传染侵害。
变态反应性 = 免疫病理反应: 引起免疫性疾病及损害。

伟大领袖和导师毛主席教导我们:“事物的矛盾法则,即对立统一的法则,是唯物辩证法最根本的法则。”(《矛盾论》)在人们日常生活中存在着无数对矛盾,它们时刻在斗争着,经常不断地转化以解决矛盾。这里所说的免疫反应就是由机体的免疫功能与“非我”的抗原性异物进行矛盾对立统一的一类特殊形式。(见图 1—1)

以前的免疫学认为,“免疫性”(Immunity)只是指机体能防御和消除外来病原体或异物的侵害。随后发现,有许多非病原体或异种物质与机体免疫因素相互作用时,也给予机体有害的影响,例如过敏反应及自身免疫性疾病等。对这类有害的作用统称为“变态反应性”(Allergy),即改变了常态的反应,包括在免疫反应之中。

总之,世界上任何事物都是“一分为二”的,人体的免疫性也不例外。

二、人的免疫系统 (Immune system)

以往在免疫学中只知道有各别的免疫作用,不了解体内有完整的免疫系统。最明显的是,直到1960年一般教科书还说淋巴细胞是终止的细胞(Lymphocytes are end cells),

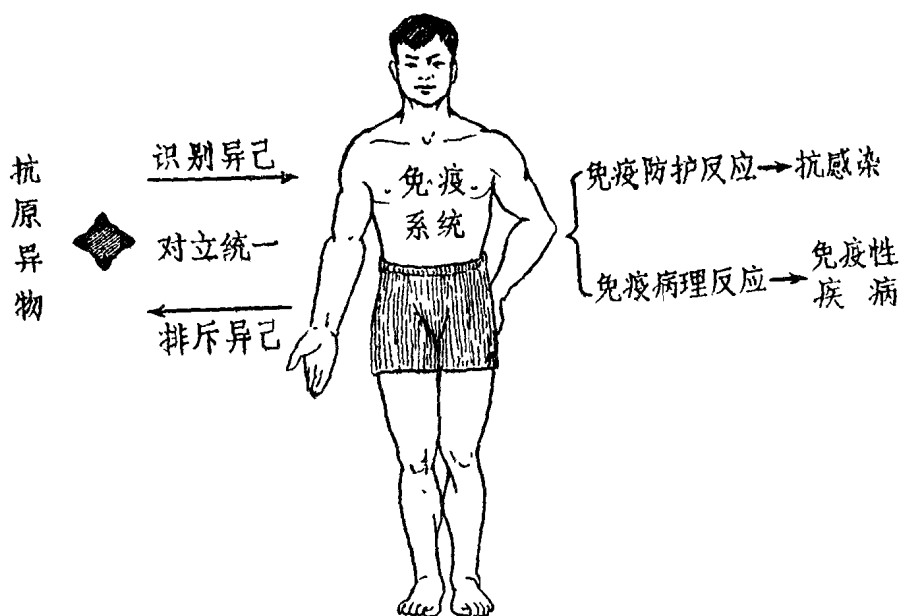


图 1—1 人体免疫系统与抗原异物进行对立统一的结果

根本不了解它们在免疫学中的重要作用。经过十几年来研究才使真相大白。

人体的免疫系统是种系进化过程中逐渐发展起来的，它与低等动物有程度和功能上的差别。例如无脊椎动物只有固定的或游走的吞噬细胞进行吞噬异物作为防御的手段；到了软骨鱼与脊椎动物（如八目鳗鱼类）才开始有弥散的淋巴系统，出现有初步的细胞免疫和原始的大分子抗体，至哺乳动物（如兔）才逐渐产生较多种类的免疫球蛋白和明显的细胞免疫；到了人类和其他高等动物才发展成完善的免疫系统。人体免疫系统的总重量约为900克左右，其中主要含有一万亿（ 10^{12} ）个淋巴细胞、万万万亿（ 10^{20} ）个抗体分子和各种淋巴因子等。（图 1—2）

无脊椎动物	脊椎动物和人			
吞噬作用 炎症反应	IgM	IgM IgG	IgM IgG IgA	IgM IgG IgA IgD IgE
				生物学放大系统

图 1—2 免疫应答反应的种系发育主要代表

(一) 免疫系统的组成：由下列六部分成分组成。(图1—3)

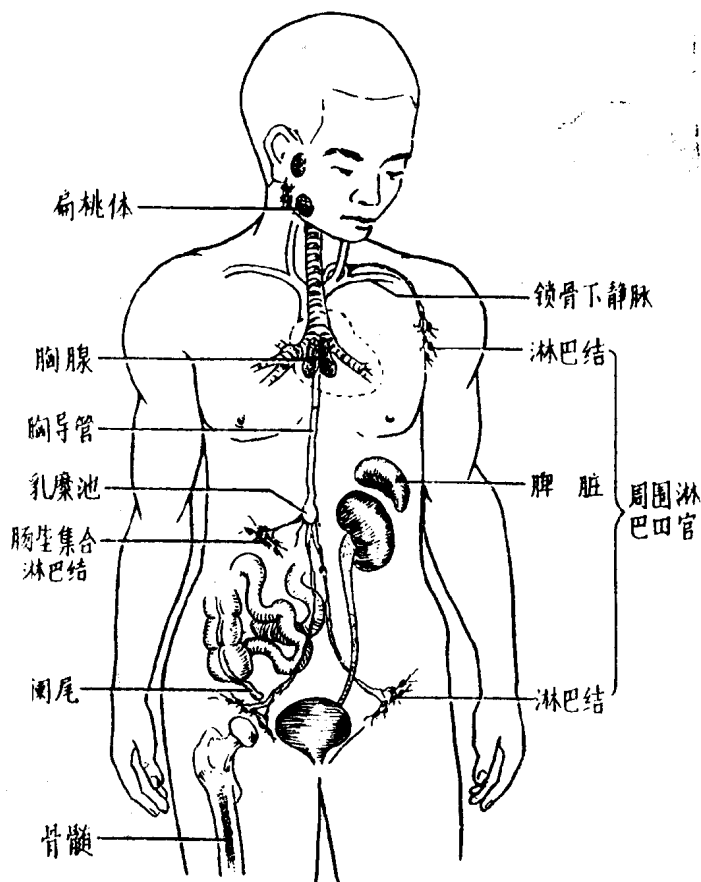


图1—3 人体免疫系统的淋巴网状组织主要代表

1、中枢免疫器官(Central immune organ):又称1级淋巴器官(Primary lymphoid organ):包括胸腺、腔上囊或类囊器官及骨髓。

(1) 胸腺(Thymus):在胚胎期第六周起由第三和第四咽囊腹侧上皮发育增殖和分化生成,在此同时甲状旁腺也由同一咽囊处发展(图1—4)。大约至第十周,胸腺上皮分化成为致密的上皮结构,以纤维样的网状组织交织。至第十一周出现有胸腺细胞的干细胞,大概是由卵黄囊血岛和肝脏中多能造血干细胞而来;在胚胎发育早期,骨髓中的淋巴干细胞也移行到胸腺内。这些细胞进一步分化,其中,上皮细胞增殖发育成为具有突起的网状细胞(Reticular cell);干细胞来源的原始淋巴细胞迅速分裂增殖,生成大量的胸腺淋巴细胞,称为胸腺细胞(Thymocytes)。胸腺实体就是由这两类细胞共同构成。至第14周时又更进一步分化成为淋巴细胞密度高的皮质(Cortex)和网状细胞密度高的髓质(Medulla)。皮质内的淋巴细胞不断受到由髓质中网状(上皮)细胞分泌出的胸腺激素(Thymosin)影响和驯养,使其衍化生成依赖胸腺的淋巴细胞(简称T淋巴细胞,

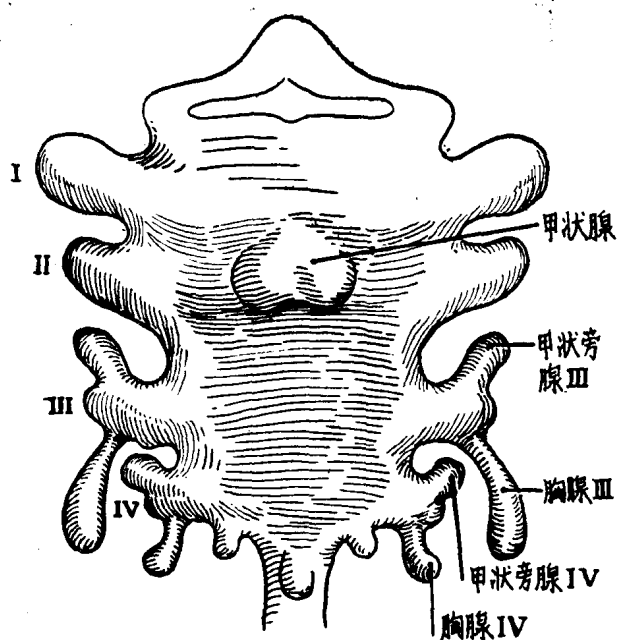


图 1—4 胚胎发育中的胸腺形成——由第Ⅲ至第Ⅳ咽囊分化发育生成。

注意：紧密靠近该处是甲状腺（Ⅱ—Ⅲ咽囊）和甲状旁腺（Ⅲ—Ⅳ咽囊）的分化部位。

T代表Thymus)。这类淋巴细胞在胸腺内绝大多数寿命不长，大约4~5日后即死亡。随即被巨噬细胞吞噬销毁，仅5%细胞可保持长命，1%细胞能发育成熟后进入血液循环中，遍布全身，循环运行，专司细胞免疫的作用。

胸腺在胚胎期以至出生后两年内生长迅速。新生儿胸腺约10~15克，自两岁至青春期仍继续发育，至13岁时胸腺重量约30~40克。在青春期后开始萎缩，皮质内淋巴细胞逐渐减少，成年后至老年的胸腺实体逐渐由脂肪组织代替，但还残留一定的功能。年龄与胸大小变化的关系见图1—5。

胸腺成长后，位于胸腔纵膈上部，在胸骨后方。胸腺外包有结缔组织被膜，被膜的结缔组织又向内伸

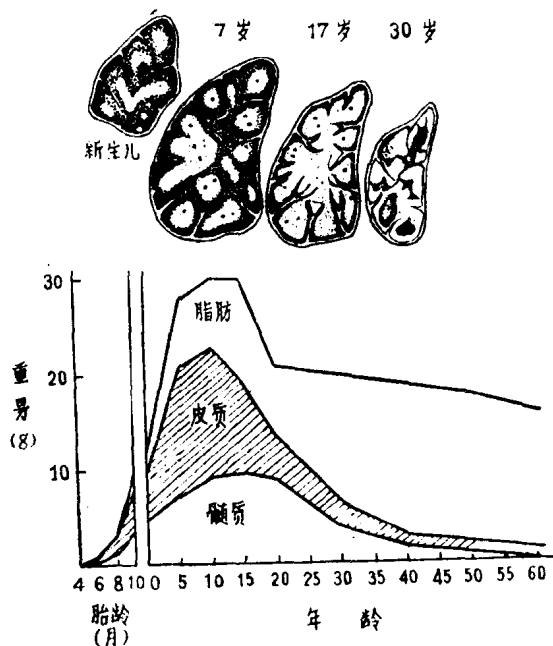


图 1—5 胸腺的重量及成分与年龄的关系

入，将胸腺分成许多不完全分隔的小叶，每个小叶周边是皮质，深部是髓质。皮质内含有很多淋巴细胞，靠近最外层的最大，为较原始的淋巴细胞，常见有分裂；中层是中淋巴细胞；深层是小淋巴细胞。由浅层至深层表现出淋巴细胞增殖、分化的推移过程。在皮质中含有巨噬细胞，但无浆细胞和生发中心（患胸腺瘤或自身免疫性疾病时可出现）。在髓质内，淋巴细胞及巨噬细胞均较少，没有浆细胞，但网状（上皮）细胞丰富，由这类细胞可产生胸腺激素。此外，在髓质内有囊状结构的胸腺小体，称为哈塞耳氏小体（Hassall's Corpuscles），是由含有角质的退化的网状上皮细胞呈同心性排列所形成（图1—6）。在先天性胸腺发育不全症时，髓质内查不见胸腺小体。

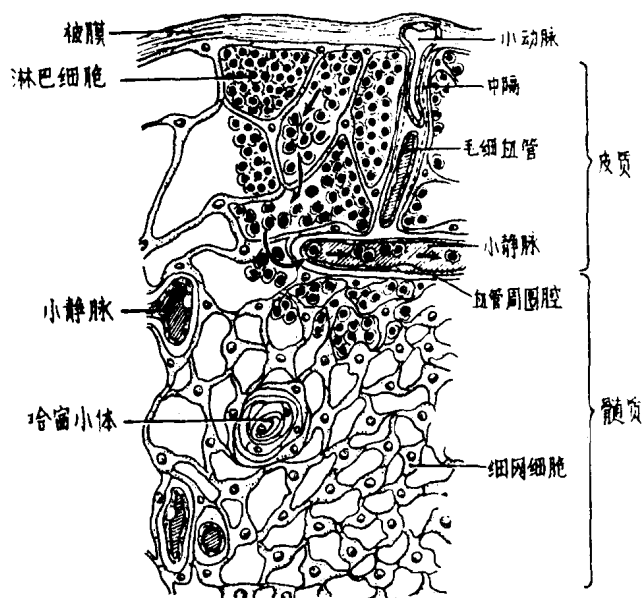


图1—6 胸腺的组织学结构

注意：在皮质中有血管周围上皮包围着动脉和毛细血管，由这种上皮鞘层构成胸腺血液屏障；皮质中生成的淋巴细胞只可进入毛细血管后的小静脉内。

胸腺对建立机体的免疫功能有极重要的作用，它象是生成机体内免疫能力的器官之母和执行终生监督全身淋巴系统的防御功能。它的作用具体表现：（1）在皮质内能生成大量的淋巴细胞作为后备和补充；（2）在髓质内的网状（上皮）细胞能分泌胸腺激素，使经过胸腺的淋巴细胞和外来的淋巴细胞被它培育和驯养成为T淋巴细胞，输送至全身以发挥细胞免疫和帮助另一类淋巴细胞（B淋巴细胞）产生抗体；（3）不断输出定型的免疫活性的T细胞至全身，随时寻觅和摧毁体内出现异样的突变细胞，以执掌免疫监督作用；（4）在胸腺内可以消除对自身组织成分有受体的禁忌细胞株，以避免发生自身免疫性疾病；（5）培育生成抑制的T淋巴细胞，以调节和控制产生不利于自体的抗体。

胸腺虽被认为是中枢淋巴器官，但它与其他淋巴组织有若干不同点。第一是，所有其他淋巴组织都位于抗原异物（包括微生物）容易进入的体内部位或其附近，但胸腺则包在体腔内，呈隔离状态，不易暴露于抗原。第二是，一般淋巴组织都经由淋巴道引流，其中淋巴细胞可不断通过胸导管进入血流，再回到淋巴组织中进行再循环，因此，它们与进入体内的抗原容易相遇，但胸腺则具有血液—胸腺屏障(Blood—Thymus barrier)，使产生淋巴细胞的部位与抗原隔绝。这种屏障的生成，是因为在皮质内的血管周围都有连续的上皮细胞包围，在毛细血管内皮与上皮鞘之间形成血管周围空间，血流中的大分子抗原物质不易透过上皮层进入胸腺内，因此在胸腺内一般不生成生发中心和浆细胞（注：如直接注入抗原于胸腺内或患胸腺瘤时皆可以生成），皮质内的淋巴细胞只可以通过毛细血管后的小静脉自由进入血循环中。第三是，胸腺内淋巴细胞分裂增殖的速度比任何其他淋巴组织中的细胞都大，但相比之下，由胸腺排出的淋巴细胞数目比其繁殖的数目大为减少，这是因为大部分淋巴细胞在胸腺内都被筛选淘汰而死亡，以保证输出合格的有免疫活性的淋巴细胞，这正表现是胸腺的监督功能。

对新生的动物切除胸腺，则丧失细胞免疫功能，出现细胞免疫缺陷的病症，植入胸腺组织后得能恢复正常。成年后切除胸腺，对细胞免疫无显著影响，这是因为由胸腺产生的T淋巴细胞早已遍布全身，可以长期在有关的淋巴器官和组织中活存。

（2）腔上囊及类囊器官：这是另一类中枢淋巴器官，分述于下。

（甲）腔上囊：又称法氏囊（Bursa of Fabricius），是鸟类（包括鸡）特有的淋巴组织结构，位于总泄殖腔后上方。它是一个囊状物，具有囊腔（Bursal lumen），四周是皮质，中央是髓质（图1—7）。这个结构是在总泄殖腔与外胚叶上皮的接触点处由内外胚叶复合组成。当卵孵化后第10天，上皮发生皱折，第12~13天囊内出现干细胞，至第17日滤泡内生成无数的中小淋巴细胞。这些淋巴细胞的来源与胸腺相似，是最初来自卵黄囊血岛和随后来自骨髓。在腔上囊内的淋巴细胞，不断受到腔上囊内分泌的激素作用影响，使其被培育和驯养成为依赖囊的淋巴细胞（简称B淋巴细胞，B代表Bursa），然后排出进入血循环中，接受抗原刺激后产生抗体，以发挥体液免疫的作用。如在新生期切除鸟类的腔上囊，则不产生抗体现出，体液免疫缺陷症，但不影响细胞免疫功能。鸟类孵化至14天前后可产生IgM，但至孵化终了尚不产生IgG。

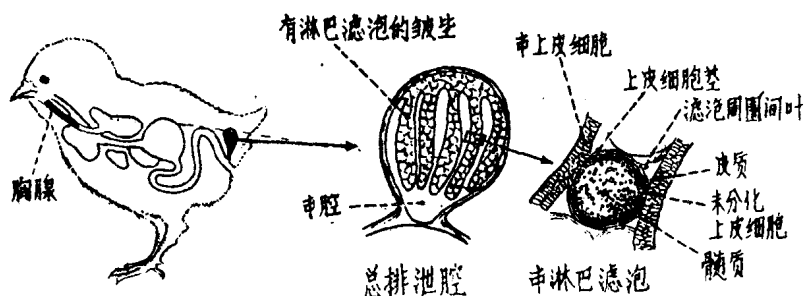


图1—7 鸟类腔上囊的部位和结构

(乙)类囊器官(bursa equivalent organ):人和哺乳动物没有上述的腔上囊,但有类似的淋巴组织,可能包括骨髓、胚肝及消化道中的淋巴组织,后者又包括下列各种组织。

(a)肠壁集合淋巴结:在系统发育进化的过程中,哺乳动物不生成腔上囊,而以发展肠壁集合淋巴结为类囊淋巴组织,不过这项根据尚不强。鉴于这类组织受抗原刺激而增强分裂增殖,认为可能是类似于腔上囊的作用。

(b)兰尾及元小囊(Appendix and Sacculus rotundus):这些组织与腔上囊的结构类似。实验证明,切除家兔的兰尾、元小囊及肠壁集合淋巴结后,其结果与切除鸟类的腔上囊相似,都影响抗体的产生。

(c)扁桃体(Tonsil):在胚胎期,扁桃体的发生与胸腺类似,都是由第二咽囊的上皮发育增殖分化而成。在胎生15周后,其中就出现淋巴细胞,逐渐发育成为淋巴组织,所以可以认为它是与胸腺分工的淋巴组织,应同属于中枢淋巴器官。

以上这些组织都是由淋巴细胞与上皮细胞共生的结构,又称为淋巴上皮器官(lymphoepithelial organ)。

有很多人认为骨髓亦可能直接诱导和培育人和哺乳动物的淋巴细胞成为B淋巴细胞成熟的场所。又有人认为,在胚胎期由淋巴细胞通过肝脏可被培育成为B淋巴细胞。总之,这些组织都是属于类囊器官。

(3)骨髓(bone marrow):是人的造血器官。成年人全身骨髓重量总计约1,500克以上,基本是富于粗糙血管窦的造血组织,本身不属于淋巴组织,含有造血的多能干细胞,具有强大的分化能力,能分化和发育成为红细胞、粒细胞(嗜中性、嗜酸性及嗜碱性粒细胞)、单核细胞(至组织中转化成为巨噬细胞)、巨核细胞(裂解成为血小板)及淋巴细胞,后者是体内的免疫活性细胞,通过下述的胸腺及腔上囊或类囊淋巴组织进一步衍化生成T淋巴细胞和B淋巴细胞(详见下述)。骨髓也可能是B淋巴细胞的成熟场所。此外,骨髓还生成第三类淋巴细胞,即K细胞(见第三讲)。

2、周围免疫器官(Peripheral immun eorgan):又称2级淋巴器官(Secondary lymphoid organ),包括脾脏、淋巴结、淋巴小结及全身弥散的淋巴组织。

(1)淋巴结及淋巴小结(lymph node and lymph nodule):都属于淋巴组织。所谓淋巴组织是指含有大量淋巴细胞的网状结缔组织。淋巴组织有两种形式,分述如下:

(甲)淋巴小结及弥散的淋巴组织:这两种结构广泛分布在体内受微生物或其他抗原异物容易进入的部位。例如弥散的淋巴组织最多分布在消化道,呼吸道及泌尿生殖道的粘膜下和一些其他淋巴器官中;淋巴小结也存在于胸腺以外的淋巴器官和粘膜下淋巴组织中。淋巴小结是致密淋巴组织构成的球形结构,小结中央染色较浅,称为生发中心,其中的淋巴细胞主要是B淋巴细胞及其幼稚细胞,又有巨噬细胞。当遭遇外来的微生物及其他抗原异物侵入,或体内出现衰死的细胞或肿瘤细胞时,通过淋巴道或血流到达这些淋巴组织时,首先可被巨噬细胞吞噬,继则刺激B淋巴细胞分化增殖和产生抗体。在这些部位中最易产生IgA,且易产生引起过敏反应的IgE。

(乙)淋巴结:位于淋巴管的通道上,分布于全身各部位。淋巴结表面有结缔组织被膜

包裹，被膜的结缔组织向内部深入构成小梁，作为淋巴结的支架。淋巴结的实质分为皮质和髓质两部分，外部为皮质，内部为髓质。皮质靠近被膜的部位称为浅皮质区，靠近髓质的部位称为深皮质区或副皮质区，但两者间并无明显界限。浅皮质区内含有淋巴小结，小结内有生发中心（germinal center），其中主要是B淋巴细胞，也有网状细胞、巨噬细胞和较多突起的树状细胞，在后者细胞膜表面上含有免疫球蛋白性质的受体，能将进入淋巴结内的抗原异物迅速捕获，并与其结合而被长期留存在细胞膜面上。抗原刺激生发中心积极增大，促进B淋巴细胞活跃分裂，生成浆细胞产生抗体。深皮质区为弥散淋巴组织，其中主要是T淋巴细胞，较少巨噬细胞和浆细胞，没有树状细胞。深皮质区是T淋巴细胞居住地，称为胸腺依存区（thymus—dependent area）。动物在新生期切除胸腺后，则见胸腺依存区内缺乏T淋巴细胞。

淋巴结的髓质是由髓索和髓窦构成。髓索有很多B淋巴细胞和巨噬细胞，也有浆细胞和网状细胞。髓窦是淋巴液流经的通道，其中也有很多巨噬细胞，能将流经的淋巴液中微生物或其他异物及时吞噬清除。髓质与浅皮质区是B淋巴细胞的居住地，称为胸腺非依存区（thymus—dependent area）或肠关联的淋巴组织（gut-associated lymphoid tissue，简称GALT）。（图1—8）

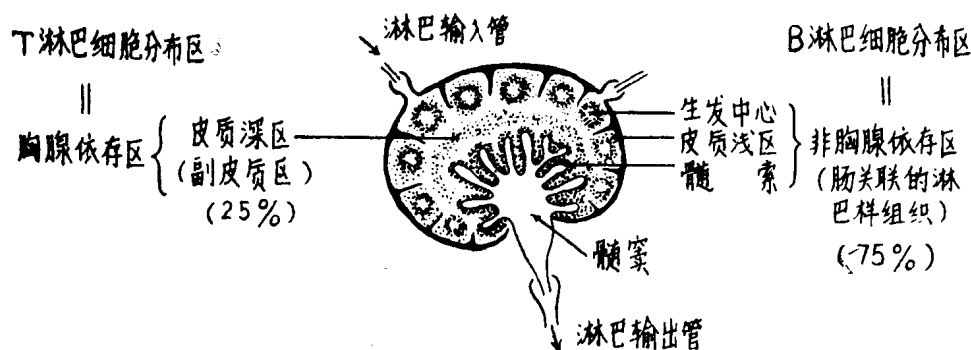


图1—8 淋巴结中T淋巴细胞与B淋巴细胞的分布

淋巴结在免疫上有三种功能：（1）淋巴结有过滤清除淋巴液的作用。淋巴结是连接组织中淋巴液与血液的中继站，首先由淋巴液（lymph）收集组织液，通过淋巴毛细管流经较大的淋巴管，由淋巴输入管流入淋巴结中，然后再由淋巴输出管流经集合淋巴管，经由胸导管注入血液循环中，随后再由血液渗入组织细胞间隙中成为组织液，如此反复循环，以过滤清除混入组织液及淋巴液中的微生物及其他异物。因为淋巴结内有很多巨噬细胞可以及时捕获和吞噬销毁进入淋巴结中的各种异物，又有树状细胞可以粘捕住抗原，使淋巴液进入血流内纯净不含异物，以保证安全。（2）淋巴结是居留和产生淋巴细胞的场所。淋巴结内含有T淋巴细胞约25%，B淋巴细胞约75%，这些细胞有些是在居住地繁殖新生成的，有些是随着淋巴血液再循环不断进入的，由此可以补充壮大身体内淋巴细胞群的阵容。（3）淋巴结是产生免疫力的基地。血流中的T淋巴细胞抓捕抗原异物后，通过再循环进入淋巴结内，或再将抗原交付给该处的B淋巴细胞，然后分别发

展,生成致敏的T淋巴细胞和转成浆细胞产生抗体,为机体提供细胞免疫力和体液免疫力。

(2)脾脏(Spleen):是体内最大的淋巴器官,也是过滤血液的唯一的淋巴组织,具有全身性的免疫性的和非免疫性的防御功能(上述的淋巴节只有局部的防御功能),能产生淋巴细胞和合成大量抗体,还能清除血循环中衰死的细胞以维护体内环境稳定性(homeostatic function),将血红蛋白转成胆红素和释放铁质进入血循环中重被利用。

脾脏是在胚胎期第5周时,由胃的侧方间叶细胞发育形成,至24周时在血管周围出现淋巴细胞集团。

脾脏的外面有致密的结缔组织构成的被膜,并有平滑肌。结缔组织向内伸入脾实质,形成小梁。肉眼观看新鲜脾的切面,可见到有许多灰白色小点,称为白髓(White pulp);其余部分呈暗红色,称为红髓(red pulp)。由白髓和红髓构成脾脏的实质。

白髓是包围在中央动脉外面的淋巴组织,相当于淋巴结的深皮质区,含有淋巴小结,围绕中央动脉周围都是密集的T淋巴细胞。白髓中经常出现生发中心,在生发中心外围也是T淋巴细胞。这些部位都是T淋巴细胞的居住地,T淋巴细胞约占脾脏淋巴细胞总数的40%左右,但在生发中心内部却都是B淋巴细胞。在白髓中,浆细胞及巨噬细胞都较少。白髓是脾脏中产生淋巴细胞的主要基地。

红髓分布在白髓的周围、由脾索(Splenic cord)和血窦(Splenic sinus)组成,占脾脏的大部分部位。脾索互相吻合交织成网状,在网状细胞间有大量游离的巨噬细胞和部分浆细胞,髓索中主要是B淋巴细胞。血窦中充满血液,内含大量红细胞及其他血液成分,主要供作过滤血液之用,如血液中混入抗原异物或衰死的细胞,流经迂回曲折的血窦通道时,即可被红髓中网状内皮系统丰富的巨噬细胞所吞噬销毁,予以清除。红髓中的脾索和白髓中生发中心内部都是B淋巴细胞的居住地,B淋巴细胞约占淋巴细胞总数中的60%左右。(图1—9)

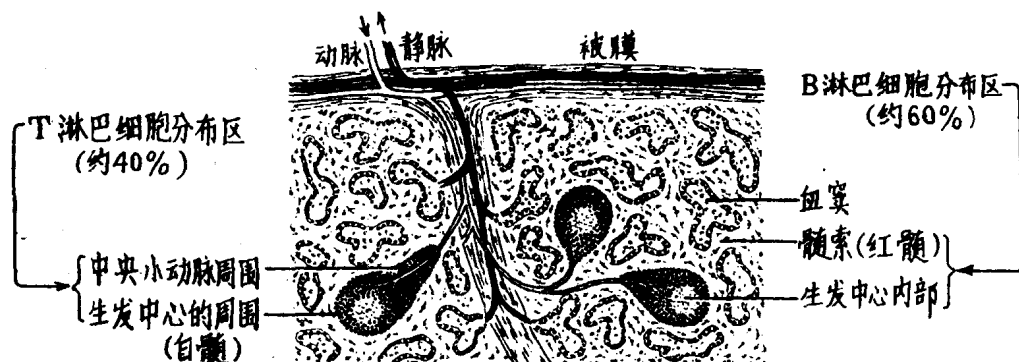


图1—9 脾脏中T淋巴细胞与B淋巴细胞的分布

红髓与白髓之间有移行区,又称边缘区(marginal zone),是淋巴细胞及抗原物质交流通行的过道。即红髓容纳由动脉运来的血液,随血液再循环的淋巴细胞可通过此区进入白髓内;白髓中原有和新生的淋巴细胞也通过此区进入红髓的血窦中,以进行再循环。

脾脏中B淋巴细胞比例较大，是体内产生抗体的主要基地，因此切除脾脏，有类似于切除鸟类腔上囊或切除哺乳类动物兰尾及回肠淋巴集结的效应，能使产生抗体的数量显著降低，但程度不如切除腔上囊严重。脾脏中，特别是红髓又含有丰富的巨噬细胞及其他网状内皮细胞。是清除全身血液中混进的废物和捕捉抗原异物的重要场所。但是成年人切除脾脏，对于生命并不构成重要影响，它常是临床上治疗措施之一（例如治疗晚期血吸虫病和严重血细胞减少症等），不过它在生命早期却是重要，因为那时其他淋巴网状系统尚未完全发展成熟。

3、免疫活性细胞：即是能胜任免疫作用的淋巴细胞（包括T淋巴细胞及B淋巴细胞），详见下节。

4、淋巴细胞的免疫产物：包括特异性抗体及免疫效应因子（又称淋巴素或淋巴因子Lymphokines），详见第二讲及第四讲。

5、其他细胞：包括巨噬细胞、粒细胞、K细胞及血小板等，

6、其他体液因子：包括补体、正常调理素、裂解素及备解素等，详见第三讲。

（二）免疫系统的功能：有三大主要功能和七种不同的正反表现：

1、免疫防护功能（Immunologic defence）：正常机体的免疫力——包括体液和细胞免疫力，可以防御和摧毁病原微生物的侵害和免除毒素的毒害，此称为免疫防护。异常情况下，机体对某些物质刺激的免疫应答反应异常过高或质的异常者，则将引起过敏反应（或称变态反应）；反之，若机体免疫系统发育不全，免疫应答反应缺乏或过低者，则出现免疫缺陷症。

2、自身稳定功能（Immunologic homeostasis）：正常机体有调节、控制和清理体内物质变化的作用，得以防止发生差错或紊乱，以保持内外环境的生理平衡与稳定。其中一类作用是靠机体免疫系统的功能，能不断地清除体内出现的衰颓变性的细胞及其成分，以维持体内生理恒常性，这称免疫的自身稳定功能。如果由于某些原因（如外伤、传染、化学品刺激等）破坏了自身稳定功能，由自身颓变的成分导致机体发生异常的免疫应答反应，即出现自身免疫病。

3、免疫监督功能（Immunologic surveillance）：正常机体内淋巴网状系统的细胞（主要是T细胞）能监视体内偶尔出现的戴有异型抗原的细胞突变株，将其杀伤或销毁，以防止这种细胞突变株在体内过度增殖引起发生恶性肿瘤。这种细胞突变株在人们日常生活过程中是经常自发产生的，当受到某些病毒感染或遭受化学品（致癌剂）或物理因素刺激时可增高突变率。例如皮肤上皮细胞常受紫外线照射后，能促进细胞核内DNA分子中两个邻近的胸腺嘧啶发生聚合而成为胸腺嘧啶二聚体，造成该细胞突变。所幸正常组织细胞内都含有核酸切割酶、核酸聚合酶及核酸连接酶，能将异常的胸腺嘧啶二聚体割开，用新的核酸成分弥补，并将其连接构成正常的DNA，以阻止突变，而保持正常的遗传特性。即使体内未能防止发生突变的细胞株，但由于任何的突变细胞株面上都生成有新的异构形抗原，可被体内淋巴细胞认出，立即予以销毁，以保证机体的纯净性，而得防止发生癌变。如果由于某些因素的影响，使由胸腺主导的免疫监督功能低下时，体内一旦出现细胞突变株，即不能被及时销毁，遂由这种具有异型抗原的突变株细胞在体内大量增殖，发展成恶性肿瘤（即癌变）。例如儿童时期因免疫系统发育不全，

较易发生肾神经母细胞瘤（比成人多40~50倍）、网状母细胞瘤、Burkitt儿童淋巴瘤及急性白血病等；40~50岁以上的老年人因免疫系统功能逐渐衰退，这时又易发生各种癌症；此外，机体免疫系统功能受到抑制时，如免疫缺陷症患者及长期使用免疫抑制剂者（肾移植患者常用免疫抑制剂，其癌症发病率比正常人高10~100倍），皆易发生癌症。

现将这三种主要功能和七种不同的正反表现列表如下：

表 1—1 免疫系统的功能和表现

功 能	免疫刺激	实 例	正常表现	异 常 表 现	
				超活性	低活性
免疫防护	外源性	微生物及毒素	抗御传染侵害	过敏反应	免疫缺陷症
自身稳定	内源或外源	清除衰颓或变性的细胞成分	维持生理恒常	自身免疫病	—
免疫监督	内源或外源	消除突变的细胞	防止发生癌变	—	出现癌变

（三）免疫系统的特点：免疫系统是近年来提出的新概念，它与神经系统的特点比较如下。

1、广泛分布于全身各部位，比神经系统分布更广泛；经常地循环流动不息，神经系统是固定不动的。

成年人特异的免疫系统，包括有淋巴细胞约 10^{12} 个（=一万亿个），比神经细胞约多100倍；又含有特异抗体分子约 10^{20} 个（=万万万亿个），分布在全身血液、淋巴液、组织液及分泌液中（包括呼吸道、肠道、生殖道等分泌物及乳汁中），比神经系统分布广泛。由B淋巴细胞发展而成的浆细胞，每一个浆细胞每秒钟能合成和分泌约2,000个相同的抗体分子，持续几天后才死亡。T淋巴细胞是长命的，由胸腺进入血循环中约占血液中淋巴细胞的70~80%，在胸导管中可达95%，是重循环的主要细胞。

这些淋巴细胞和抗体在体内循环移动不息——先经血循环→透过毛细血管壁→到达全身各部组织中，→然后由组织间隙的组织液汇集成淋巴液→进入毛细淋巴管、淋巴管，输入淋巴结内→继则又由淋巴结输出至乳糜泡或淋巴导管内→，最后注入锁骨下静脉的淋巴胸导管内→回流到血循环中。如此循环不息，不象神经系统是固定不移动的。

2、能精确地“识别异己”和“排斥异物”，比神经系统辨别力高，而且能直接对抗。

据实验资料计算，人的免疫系统所含的淋巴细胞及抗体至少能辨别 10^{30} 种（= 2^{100} ）不同的化学分子结构的抗原异物，能分别对各该抗原异物发挥直接对抗作用。神经系统不能辨别的异物能被免疫系统认出，神经不能直接对抗异物，它需通过神经系统控制的激素及化学传递物间接地发挥作用。

淋巴细胞和抗体在全身运行不息，执行巡逻任务，就是为着寻找外来入侵的微生物

及其他异物和搜捕自体内发生衰退、损坏、突变或变性的代谢产物，就地立即予以排除或销毁，以保证机体得以维持纯净和生理稳定性。如果没有免疫系统“识别异己”和“排斥异物”的作用，则入侵的异物及自体内的颓变成分和突变细胞株都会造成危害。

关于识别作用的机理参看后述。

3、能接受、传递、储存和记忆与免疫有关的信息，这与神经系统基本相似。

免疫系统的细胞能接受抗原的信息刺激，又能将信息传递给有关的免疫活性细胞及其产生的免疫效应因子和抗体，一部分免疫活性细胞还能把信息储存起来建立一种记忆，形成免疫记忆细胞(Immunologic memory cell)，待以后再遇到同样的抗原刺激时，即可迅速分化增殖，发挥其应有的免疫作用，但免疫系统不能将信息传递给下一代。这些情况都与神经系统相似。

总之，免疫系统是新近阐明的一种结构与功能的系统。它的作用是受神经系统和激素的调节。它主管机体的免疫功能，它与机体的其他系统是分工协作的，它的特点是分布广，运行不息，辨别异物能力强，能直接对抗异物，并能接受、传递、储存和记忆免疫有关的信息。

三、免疫活性细胞 (Immunologically competent cell)

免疫活性细胞是能胜任免疫作用的淋巴细胞，它们能特异性地识别抗原异物（即能接受抗原刺激，见下述），并能通过增殖和分化而产生抗体或免疫效应因子以发生特异免疫反应的一群具有免疫活性的细胞。这类细胞是机体生成特异性免疫力的基础，它们在机体内是受中枢神经系统主导下的激素的调节和影响的。参与免疫作用的细胞，除免疫活性的淋巴细胞外，还有与免疫作用有关的其他非免疫活性细胞。例如巨噬细胞、粒细胞、肥大细胞及K细胞。这些与免疫有关的非免疫细胞作用将在第三讲中讲述。

（一）免疫活性细胞的来源与分化

根据血细胞生成的一元论学说，淋巴细胞最初主要都来自骨髓的干细胞(Stem cell)。干细胞是多能性的造血细胞，在骨髓中能衍生成各种血细胞。淋巴细胞是其中之一，由淋巴母细胞逐步发育，经大淋巴细胞、中淋巴细胞至小淋巴细胞，即成为未定型的免疫活性细胞(non-committed immunologically competent cell)，是具有潜在免疫能力的小淋巴细胞。这类细胞通过下列途径进一步发展才成为定型的免疫活性细胞(committed immunologically competent cell)，即是能特异性地识别抗原异物并能对于抗原起特异性免疫反应的细胞。

（二）种类和亚群：小淋巴细胞生成后，在体内“经历”两类的途径，分别到两类不同的“中枢淋巴组织”中受该处的激素作用后，就分化成为下列两大类“定型的免疫活性细胞”。（图1—10）

1、T淋巴细胞=胸腺依赖的淋巴细胞(thymus-dependent lymphocyte 注：T代表thymus胸腺)：是由小淋巴细胞进入胸腺内受到胸腺激素作用后分化而成(注：小淋巴细胞在胸腺外受到胸腺激素作用后，也可生成T淋巴细胞)。这类细胞寿命较长(生存4—5年以上)，能在体外与绵羊红血球结合形成自然玫瑰花形(E-rosette