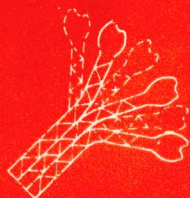
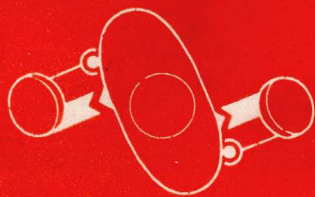


中学生课外读物



免疫学基础

戴顺志 编著



人民教育出版社

中学生课外读物

现代科学技术丛书

免疫学基础

戴顺志 编著

人民教育出版社

内 容 简 介

免疫学是在人类与传染病作斗争过程中建立起来的一门科学。近几十年来，由于科学技术的迅猛发展，许多新技术在免疫学领域中得到广泛应用，使免疫学不仅成为一门独立的科学，而且还成为生物医学领域中发展最迅速的边缘科学之一。

本书是一本介绍免疫学基础知识的读物。书中主要介绍了人体免疫系统的各个组成成分及其功能，免疫学在国内外的发 展概况和最新成就，以及免疫学的发展前景。

关于人体免疫系统的生理不容易理解，免疫学中的基础理论也比较抽象，但是本书作者能够从日常所见的免疫现象入手，配上生动形象的插图和简明的附表，用通俗易懂的文字，深入浅出地阐述免疫学基础理论，可以使读者读时不感到难懂，并且能够从中获得免疫学基本知识。

本书可以供中学生和具有中等文化程度的一般青年阅读，也可以供中学生物教师参考，中级医务人员和中等医药卫生学校的师生参考。

中学生课外读物

现代科学技术丛书

免 疫 学 基 础

戴顺志 编著

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

国营五二三厂印装

开本 787×1092 1/32 印张 3.75 字数 78,000

1986年3月第1版 1987年6月第1次印刷

印数 1—3,000

书号 7012·01056 定价 0.50 元

目 录

一	免疫和免疫学的发展.....	1
二	免疫反应.....	8
三	抗原.....	21
四	免疫球蛋白.....	31
五	补体系统.....	48
六	免疫器官.....	60
七	免疫细胞.....	68
八	变态反应.....	88
九	免疫学的应用.....	100

一 免疫和免疫学的发展

自然界中已有 150 多万种动物和 40 多万种植物。它们能够生生不息，经历亿万年却没有灭绝，这是因为它们能够适应环境，传种接代，不断地进化着，还因为它们都有对付敌害、保护自己的本领。

我们知道，细菌、真菌、病毒、寄生虫和其他微生物，它们大量地存在于空气、水、土壤、动植物体的表面和体内。据估计，一块蚕豆大小的土块或几滴污水中，可能生活着几十万个，甚至几十亿个细菌；人的手指甲缝和牙垢中，也藏有成千上万个细菌。空气中的细菌、真菌、病毒还能够随尘埃到处飘扬，遇物落下，生长繁殖。一个肺结核病人，通过痰液、唾沫或咳嗽，一天要喷出 20—30 亿个结核菌，去危害他人。此外，苍蝇、蚊子、蟑螂等昆虫身上，也都带有许多细菌、病毒和寄生虫。

当然，这些细菌和其他微生物中的大多数都不会致病，甚至对人类是有益的。例如，固氮菌有助于农作物生长；青霉菌、链霉菌等可以被人类利用，生产出数千种抗生素；酵母菌在酿造酒、酱、醋和奶制品等食品工业生产中，也是必不可少的。此外，有些微生物也是生产维生素、疫苗和其他生物化学药品所必需的。人们还憧憬，采用现代生物技术，如重组遗传基因技术和细胞融合技术，人类的未来社会就可以利用微生物或动物细胞来生产各种蛋白质；制备生物固氮的肥

料；进行生物除草；改良农作物、林木、食用牲畜和鱼类的品种，从而使人类的食物大大地丰富；还可进行三级采油，利用生物能源，并进行生物冶炼……等等。只有少数的细菌、病毒、寄生虫等是致病生物，对人类是有害的。它们在人体和动植物体上，常常通过消化道（这就是“病从口入”的由来）、呼吸道和皮肤粘膜的破损处，或者通过蚊子、虱子、跳蚤等体外寄生虫的叮咬而侵入人体，然后在人体内繁殖或释放毒素，形成感染，损伤机体组织，危害人体。

上述情况可以说明，人、动物和植物时时刻刻生活在细菌、病毒、真菌、寄生虫以及其他微生物的包围之中。尽管如此，他们在一般情况下都不会得病，其原因何在？原来他们都有一种保护自己、杀死病原体的本领。例如，植物在土壤中吸收的水很脏，但是植物根的表皮细胞在吸收水份的时候，能够把病原体挡住。又如，人的皮肤内的汗腺，能够分泌杀菌物质，杀死在皮肤表皮上的病原菌。有人试验，如果在清洁的皮肤上沾上了细菌，两小时内就有90%以上的细菌可以被消灭。生物体这种抵御病原体、保卫自己的本领，就是免疫力。“免疫”一词的原意是免生疾病。

高等动物，特别是人类，在亿万年漫长的种属进化中，形成了防御病原体的一道又一道的防线。皮肤、呼吸道和消化道的粘膜是第一道防线。它们不仅能够机械地阻挡病原体，而且皮肤内汗腺分泌的乳酸，皮脂腺分泌的不饱和脂肪酸，以及粘膜分泌物中含有的杀菌和溶菌的物质，都有轻微的杀菌作用。如果病原体通过了第一道防线，侵入体内以后还会遭到遍布全身的第二道防线——免疫系统的拦截堵击，

并且被就地消灭。此外,体内还有血脑屏障和胎盘屏障等第三道防线,对特别重要的器官起着保护作用。如血脑屏障能够阻挡病原体和某些化合物随血流进入脑脊液或脑组织,从而保护了人的最高司令部——中枢神经系统。胎盘屏障则能够阻止母体内的病原体通过胎盘而感染胎儿,以保证胎儿的正常发育。

承担防御任务的第二道防线——免疫系统,是由骨髓、脾脏、全身淋巴结等免疫器官和数以亿计的淋巴细胞、吞噬细胞等免疫细胞,以及存在于体液中的无数抗体、补体和淋巴因子等免疫分子组成的。抗体又被称为免疫球蛋白(简称Ig),它共有IgG、IgM、IgA、IgE和IgD五个亚类。人体的免疫系统组织严谨,分工精细,相互之间巧妙配合、密切合作,组成了一个防御入侵者、对抗病原体的天罗地网,它犹如一个国家的现代化军队,组织复杂而又能令行禁止。它不但能象海、陆、空军那样配合作战,而且还有似雷达、电讯等的联络指挥系统,时刻处于戒备状态之中。人体免疫系统的功能远远多于一支军队的作用,它不但要象国防军那样起防御外敌的作用,要象清洁工人那样,清除体内已遭损伤、衰老或已经死亡的细胞,而且还要发挥象武警部队那样的作用,进行免疫监视,消灭体内变异细胞,防止癌症发生。人体免疫系统具有多种功能,而免疫防御、免疫自稳和免疫监视是它的三种主要功能(表1)。

免疫防御是免疫系统的一项重要功能,它可以抵御病毒、细菌、真菌和寄生虫等各种病原体的侵袭,还可以中和毒素。当免疫防御功能正常时,机体就能够顺利地抵抗各种感染,保持身体健康或迅速恢复健康。当免疫防御功能失调

表 1 免疫系统的功能

主要功能	正 常 表 现	异 常 表 现	
		过 高	过 低
免疫防御	抗病原体感染	变态反应	免疫缺陷病
免疫自稳	清除损伤或衰老的细胞	自身免疫性疾病	—
免疫监视	防止细胞癌变或持续感染	—	肿瘤或持续感染

时,则会导致机体出现异常的免疫反应:反应过高会引起变态反应,如药物过敏、哮喘、荨麻疹、肾炎等;反应过低或缺失,则会招来反复感染和各种免疫缺陷病。

免疫自稳是维持机体内部环境平衡的一项免疫功能。它可以清除机体在新陈代谢过程中出现的衰老细胞或受损伤的自身细胞,保持各类细胞的均一性,使机体的生理活动能够正常地进行。当免疫自稳功能失常时,或自身的正常组织细胞在环境理化因素作用下产生质变时,机体的免疫系统就会将自身组织细胞当作异物来清除,从而引起自身免疫性疾病。

免疫监视是机体防止癌症、心血管病、持续感染等由遗传和环境共同作用而引起的严重疾病的一项重要功能。人体内经常在产生一些突变细胞,这些突变细胞是在化学因子(化学致癌物)、物理因子(如辐射)和生物因子(如病毒)的作用下,发生基因突变、基因缺失或基因异常表达而产生的。近年来,癌变基因的研究飞速发展,现在已经分离

和鉴定出了 40 多个与癌瘤发生有关的癌基因。这些癌基因所编码的蛋白质的结构及其在细胞中的位置和作用，正在被阐明之中。免疫监视功能正常时，机体内的某些免疫细胞能够发现并杀伤、销毁少量异常细胞；而免疫监视功能失调时，已经癌变的细胞因没有被立即清除，而得以大量繁殖。由于癌变细胞无限制地增生，而会发展成为肿瘤。老年人免疫监视功能最差，这可能是老年人容易发生肿瘤的原因之一。

总之，由免疫器官、免疫细胞和免疫分子组成了人体免疫系统，这是构成体液免疫和细胞免疫的物质基础，它主宰着机体的免疫功能。

在生物种系进化过程中，无脊椎动物的免疫防御功能表现为吞噬细胞的吞噬作用和炎性反应；软骨鱼有胸腺和淋巴细胞，可以排斥异体组织移植；禽类有了法氏囊，才开始产生特异性抗体。在生物种系进化过程中，先出现细胞免疫，后出现体液免疫。在人类个体发育过程中，也反映了这一现象，胚胎在 8 周胚龄时，开始出现吞噬细胞和淋巴细胞；20 周胚龄时，细胞免疫成熟以后，才出现 IgM；胎儿出生以后，才逐步具有产生 IgG、IgA、IgD 和 IgE 等抗体的能力。

人类对自身免疫系统及其功能的认识，有一个逐渐提高的过程。由于它是随着人类科学水平的提高而提高的，因而免疫学也经历了一个相当长的历史发展过程。

在我国，早在战国时期（公元前 475—公元前 221），古医书《黄帝内经》中就有对免疫概念的最早描述，讲述到

了患过天花、鼠疫等烈性传染病而幸免于死亡的人，终生不会再患天花或鼠疫，还可以让他们在上述传染病流行期间去护理病人等内容。晋朝时期(265—420)，已经有了把疯狗(即患狂犬病的狗)的脑子取出来，敷在被疯狗咬过的伤口上，对患者进行治疗的方法。宋朝时期(960—1279)，人们已经创用了接种人痘的方法来预防天花。明朝时期(1368—1644)，则发展到使用时苗和熟苗来预防天花了。人们接种的时苗，是直接使用病人的痘痂；接种的熟苗是经人体传代七次，降低了天花病毒的毒力的病人痘痂。后来，我国的这两种人痘接种法传到了俄国、土耳其、北欧和英国。到十八世纪中叶，人痘接种法已传遍了欧、亚两大洲。由此可见，祖国医学在免疫学发展史上曾经作出过较大的贡献。

1796年英国人琴纳医师(Edward Jenner, 1749—1823)，观察到了挤牛奶的工人感染了牛痘病毒以后，不再得天花的现象，并且用牛痘苗进行实验，发明了牛痘接种法。从此，牛痘接种法逐步取代了人痘接种法，来预防天花。

十九世纪，微生物学在西方有了很大的发展。人们建立了能够迅速分离出各种病原菌的细菌培养方法。在此基础上，有人进行了减毒菌苗的研究和试制。所谓减毒菌苗，就是设法降低病原菌的毒力，接种后不致使人发病，而又保留它们能够使人体产生免疫能力的菌苗。法国科学家巴斯德(Louis Pasteur, 1822—1895)首先用此减毒方法，制出了预防鸡霍乱病、羊炭疽病的减毒活菌苗。接着，他又研制出了狂犬病毒的减毒疫苗，用以预防人类的狂犬病。巴斯德

的这些工作为疫苗的研制和发展，开拓了广阔的前景，也为实验免疫学奠定了基础。

由于免疫学是在人类与传染病作斗争过程中建立和发展的，因而在本世纪前半叶，人们都把免疫学看成为微生物学的一部分。近 30 年来，科学技术的迅猛发展，特别是分子生物学、细胞生物学、免疫化学、遗传学的迅速发展，以及许多新技术，如等电点聚焦、亲和层析、扫描电子显微镜、同位素标记、免疫酶标、免疫荧光、荧光细胞激活分离器、重组基因、淋巴细胞杂交瘤和单克隆抗体等技术在免疫学领域中的广泛应用，使免疫学不仅已经成为一门独立的科学，而且成为生物医学领域里发展最迅速的边缘科学之一，这对动物学、植物学和生物医学的发展都有着重大的影响。

由于人们对免疫学的认识还未完结，人体免疫系统中还有许多成员及其功能尚未被人们所揭示，因此免疫学还将继续向前发展，特别是在分子水平上还将得到迅速发展。

二 免疫反应

由于人们在与疾病作斗争的开始阶段，主要是千方百计地防止感染和治疗传染病，因而人们对免疫的认识，也仅仅停留在人体对传染病的抵御和抗争的能力上，当时的免疫学也只涉及抗感染免疫。

随着医学实践的发展，人们又陆续发现了许多与抗感染免疫无关的免疫现象。例如，人与人之间不能随便输血，输血前如果不配血，就会产生严重的输血反应，有时会导致死亡；有的人注射青霉素以后，会发生严重的休克反应；有的人不能服用四环素、磺胺或其他药物，否则会发生过敏反应；也有人接触了花粉、吃了鱼、虾，吸入尘埃等，会发生哮喘、荨麻疹等过敏反应。此外，严重烧伤的病人需要植皮时，用自己的健康皮肤移植到伤口上，能够生长，并且促进伤口的愈合，而用别人的皮肤移植到伤口以后，这种异体皮肤却不能生长，并且会逐渐坏死脱落。这些免疫现象与抗感染免疫相比，虽然在表现形式或所产生的后果方面都不相同，但是它们都是免疫反应，都是人体免疫系统在发挥不同的作用而引起的不同种类的免疫反应。

此外，还有一类免疫反应，表现为自身免疫性疾病，如某些甲状腺炎、肾炎、类风湿性关节炎等疾病的发生，如同谚语所说的大水冲了龙王庙，自家人不认识自家人那样，是由于人体免疫系统失常，攻击自体组织器官而发生的免疫反

应所引起的。另有一类免疫缺陷病，如当前在美国、西欧流行的、危及人们生命的获得性免疫缺陷综合征（英文简写为AIDS，有人译为“爱滋病”），则是由于免疫系统的某些成分缺少或功能低下而引起的。

总之，免疫系统的任何成员过多或过少，免疫反应过强或过弱，都会引起疾病。在当今世界上大部分烈性传染病得到控制之际，人们一步一步地认识到，人类的许多疾病，从广义上讲，都或多或少地与免疫反应有关，而抗感染免疫只是其中的一小部分。在各种各样的免疫反应中，有些能够保护人体免遭损害，于人类是有益的；有些则伤害人体正常组织，引起病理改变，于人类是有害的。可见，免疫反应也与世界上的一切事物一样，是一分为二的。

那么，究竟什么是免疫反应呢？免疫反应是指抗原（如病原体、红细胞、鱼虾蛋白等）进入人体以后，刺激人体免疫系统而产生的一系列复杂的生理或病理反应。免疫反应的整个过程，包括免疫细胞对外来抗原的识别和摄取、免疫细胞受刺激以后产生的分化和增殖、免疫细胞之间的相互作用（以上被称为特异性细胞免疫），产生有针对性的专一抗体（被称之为特异性体液免疫）。这些被动员起来的免疫细胞、特异性抗体和体内已经存在的其他免疫分子（又称非特异性体液免疫）共同作用，吞噬、溶解并清除外来的抗原。在此整个免疫反应的过程中，除有免疫系统参加外，人体的神经系统、内分泌系统和造血系统也都被动员起来，参与了免疫反应。从上面所述的免疫反应过程可以看出，免疫反应主要包括特异性细胞免疫反应和特异性体液免疫反应，也包括非

特异性的细胞免疫反应和体液免疫反应。

现以接种卡介苗预防结核病为例，来了解人体产生免疫反应的过程。当卡介苗作为抗原被注射入人体以后，抗原刺激人体的免疫系统，使人体免疫系统在体内因素（如神经、激素等）和体外因素（如各种免疫药物、中药、针灸等）的影响下，产生了以细胞免疫为主的免疫反应。此时，人体不仅能够产生专门针对结核杆菌的细胞免疫反应，即特异性细胞免疫反应，而且也增强了吞噬细胞对布氏杆菌和肿瘤细胞的吞噬能力，增强了非特异性细胞免疫反应。在产生细胞免疫的同时，还产生了体液免疫。此时，不但可以检测出体内的抗结核杆菌的特异性抗体，而且某些在体内已经具有的非特异性体液因子（如干扰素）的含量也有增加。图1表明，当任何抗原刺激人体时，人体免疫系统所产生的特异

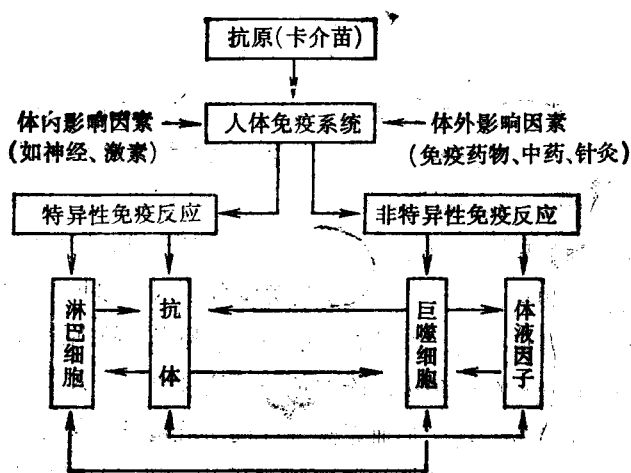


图1 人体免疫反应之间的相互关系

性免疫反应，包括了产生专门作用于结核杆菌的致敏淋巴细胞和抗体；人体内对任何外来抗原都有作用的巨噬细胞和体液因子（如干扰素）也得到了加强。此外，致敏淋巴细胞、特异性抗体、巨噬细胞和非特异性体液因子之间相互协作，共同努力，就地消灭了入侵的抗原。图1还显示人体产生的免疫反应，无论是特异性免疫反应，还是非特异性免疫反应；无论是细胞免疫反应，还是体液免疫反应，它们之间都是相互联系、相互作用、相互帮助的。它是一个有机的整体反应，只不过有时以细胞免疫为主，有时则以体液免疫为主而已。

（一）免疫反应的分类

非特异性免疫反应和特异性免疫反应 非特异性免疫反应是机体在长期的进化过程中形成的。它是从遗传特性、组织结构和生理功能等各个方面，对抗原所具有的免疫反应。它具有一种特殊的“自我识别”的本领，即能识别出哪些是自身正常的组织细胞，哪些是外来异物，并且为外来异物设置层层防线，处处堵截。由于这种免疫反应并不是专门针对哪个外物的，因而称它为非特异性免疫反应。在同一生物种系中，这种免疫反应是每个正常机体都具备的；而在不同生物种类之间，非特异性免疫反应则各不相同。非特异性免疫反应也受各种因素的影响，如受蛋白质和维生素等营养条件、紫外线和针刺或X射线等物理刺激、各种佐剂、中药或免疫抑制剂等药物，以及切除脾脏等手术的影响。

特异性免疫反应则是机体在个体发育过程中，在与各种抗原物质进行斗争中形成的。与非特异性免疫反应相比，特异性免疫反应具有下列特点：第一，针对性非常强。无论是抗体，还是致敏淋巴细胞，都只能和相应的抗原发生专一性的结合，而不能和其他抗原结合；第二，当机体再次接触同样抗原时，该免疫反应得到明显的加强，常常能够迅速消灭抗原物质而不使机体发病；第三，个体之间存在着一定的差异。例如，大量伤寒杆菌由消化道进入人体以后，人体内的淋巴细胞在伤寒杆菌的刺激下，产生了具有专一杀菌能力的致敏淋巴细胞，分泌了只和伤寒杆菌特异结合的抗体。这些致敏的淋巴细胞和特异性抗体与伤寒杆菌结合，溶解并清除伤寒杆菌，产生了特异性免疫反应。人体所获得的针对伤寒杆菌的免疫反应能力比较牢固，持续时间长。在这免疫期间，任何伤寒杆菌再次侵入人体，人体可以明显地加强对伤寒杆菌的特异性免疫反应，并且迅速将再次入侵的伤寒杆菌消灭，因而不使人发病。而当痢疾杆菌也由消化道侵入人体之后，人体已经获得的针对伤寒杆菌的特异性免疫反应不能就地消灭痢疾杆菌，而是另外产生针对痢疾杆菌的特异性免疫反应，获得对痢疾杆菌的免疫力。人群对伤寒杆菌的免疫能力所持续的时间有长有短，这表明不同个体在产生对伤寒杆菌的特异性免疫反应上有一定的差异。

非特异性免疫反应和特异性免疫反应在同一机体内是相辅相成的。特异性免疫反应是在非特异性免疫反应的基础上形成的，而在建立特异性免疫反应的过程中，又进一步增强了机体的非特异性免疫反应。例如，人体接种卡介苗以后，

除增强了人体对结核杆菌的免疫能力以外，还增强了吞噬细胞对布氏杆菌和肿瘤细胞的吞噬、消化的能力，以及增加了干扰素的含量等。以往，人们比较重视对特异性免疫反应的研究，近十年来，人们也开始重视对非特异性免疫反应的研究了，尤其在对一些尚无特殊疗法的疾病，如肿瘤的治疗中，常常采用接种卡介苗等办法，来提高人体的非特异性免疫力。

细胞免疫和体液免疫 非特异性免疫反应和特异性免疫反应都包含细胞免疫和体液免疫两个部分。在图 2 所示的非

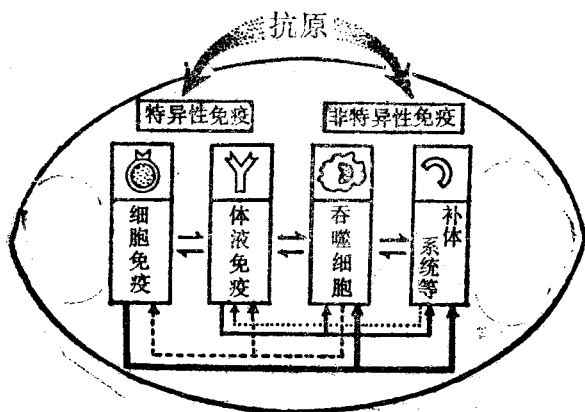


图 2 细胞免疫和体液免疫在两种免疫反应中的相互关系

特异性免疫反应中，吞噬细胞能吞噬、处理抗原，属于细胞免疫，而补体系统参与杀菌和自然抗体促进吞噬作用，以及溶菌酶的溶菌作用……等，则属于体液免疫。图 2 中的黑线和箭头表示特异性免疫反应对吞噬细胞和补体系统等的增强作用，而虚线和箭头则表示非特异性免疫反应也参加了细胞