

机体的免疫反应

(内部参考资料)

晋东南医专

1976.1

机体的免疫反应

(内部参考资料)

晋东南医专

1976.1.

前 言

近十几年来由于免疫化学、细胞免疫学以及遗传免疫学等方面的进展发生了突飞猛进的变化，因此，免疫学无论在基础理论研究和医学临床实践上都有较大的进展，它涉及的范围几乎遍及临床各科。这本资料汇编是我校病原生物教研室近两年来开展关于免疫学进展方面学术活动的资料汇集。取名为“机体的免疫反应”。内容主要包括机体免疫反应的基本知识；机体的免疫反应；机体的异常免疫（免疫病理）反应；最后以免疫学概述结束。这本资料汇编的目的主要是为了内部学习参考。由于我们的政治思想和学术水平所限，再加上我们在编汇方面缺乏经验，因此汇编中难免有这样和那样的缺点和错误，衷心的欢迎同志们批评指正。

山西新华印刷厂和山西医学院印刷厂及绘图室的同志在印刷、制图方面给予大力协助，特此表示衷心感谢。

晋东南医专教育处

一九七六年一月

目 录

第一篇 机体免疫反应的基本知识	(1)
第一章 抗原概述.....	(1)
一 抗原的分类.....	(1)
二 抗原的特异性.....	(4)
三 影响抗原发挥作用的诸因素.....	(5)
第二章 免疫球蛋白.....	(7)
一 免疫球蛋白的结构.....	(7)
二 抗体(免疫球蛋白)的不均一性.....	(9)
三 免疫球蛋白的生物活性.....	(10)
四 免疫球蛋白的理化及生物学特性.....	(12)
五 异常免疫球蛋白.....	(17)
六 免疫球蛋白的临床应用.....	(19)
第三章 免疫反应的细胞基础.....	(21)
一 免疫淋巴器官.....	(21)
二 免疫活性细胞.....	(22)
第二篇 机体的免疫反应	(29)
一 免疫反应的概念.....	(29)
二 从种系发生和个体发育过程中看机体免疫反应的发生.....	(30)
三 免疫反应的分类.....	(30)
1 非特异性免疫和特异性免疫.....	(31)
2 细胞免疫和体液免疫.....	(32)
3 自动免疫和被动免疫.....	(32)
4 正常免疫反应与异常免疫反应.....	(32)
四 免疫反应的机能.....	(33)
五 机体的免疫反应.....	(34)
(一) 淋巴系统与免疫反应.....	(35)
(二) 机体免疫反应的过程.....	(36)
(三) 淋巴因子的特性和作用.....	(38)
(四) 转移因子.....	(40)
(五) 细胞与体液免疫的互补关系.....	(41)
(六) 细胞免疫与抗感染.....	(42)

六	机体免疫反应的结果	(45)
七	机体免疫反应效果的检查	(46)
八	机体免疫反应的调节	(48)
第三篇	机体的异常免疫 (免疫病理) 反应	(50)
第一章	变态反应	(51)
一	变态反应的分类及其发生机制	(51)
二	参与变态反应的诸成分	(65)
三	变态反应性疾病的防治	(68)
四	结束语	(71)
第二章	自身免疫性疾病	(72)
一	自身免疫性疾病的概念	(72)
二	自身免疫性疾病的分类原则	(72)
三	人类自身免疫病谱	(72)
四	自身免疫病的临床特征	(76)
五	自身免疫病的组织损伤机理	(77)
六	自身免疫病发病机理的推测	(79)
七	自身免疫性疾病的诊断	(81)
八	自身免疫性疾病的治疗	(86)
九	小结	(87)
第三章	机体的组织移植免疫反应	(89)
一	移植免疫中常用的名词及其含义	(89)
二	移植抗原的类型	(90)
三	组织移植排斥反应的种类及机制	(90)
四	延长移植物存活时间的措施	(91)
五	存在问题	(95)
1	感染问题	(95)
2	并发肿瘤问题	(95)
六	小结	(95)
第四章	免疫缺陷病	(97)
一	免疫缺陷病的分类	(97)
二	临床常见免疫缺陷病举例	(98)
三	免疫缺陷和严重感染	(107)
四	细胞免疫缺陷和肿瘤发生	(108)
五	免疫缺陷病的诊断	(110)
六	免疫缺陷病的治疗	(111)
第五章	机体的免疫无 (低) 反应性	(113)
一	诱生机体免疫无 (低) 反应性的条件	(113)
二	免疫反应受抑制的三个阶段	(114)

三	先天性免疫无(低)反应性	(116)
四	免疫抑制剂的临床应用	(116)
五	结束语	(118)
第六章	机体对肿瘤的免疫反应	(119)
一	机体的免疫功能状态与恶性肿瘤发生的关系	(119)
二	机体对肿瘤的免疫反应	(120)
三	体液因素的作用	(122)
四	肿瘤对机体免疫反应的影响	(123)
五	结束语	(127)
第四篇	免疫学概述	(128)
第一章	机体的免疫系统	(129)
第一节	免疫的概念	(129)
第二节	机体的非特异性免疫	(130)
第三节	机体的特异性免疫	(131)
第四节	机体免疫系统的组织结构	(131)
第二章	机体的免疫反应过程与生理功能	(134)
第一节	抗原	(136)
第二节	机体的体液免疫反应	(137)
第三节	机体的细胞免疫反应	(138)
第四节	机体免疫反应的生理功能	(140)
第三章	机体的免疫病理反应	(142)
第一节	变态反应	(142)
第二节	机体的自身免疫反应	(147)
一	自身免疫反应发生的机制	(147)
二	组织损伤机理	(150)
三	自身免疫的分类	(150)
第四章	免疫知识的应用	(152)
第一节	血清学反应基本原理	(152)
第二节	凝集反应	(153)
第三节	沉淀反应	(154)
第四节	补体结合反应	(155)
第五节	免疫荧光法	(156)
第六节	皮肤试验	(157)
附录	名词解释	(158)

第一章 抗原概述

(Antigen)

抗原 (Antigen) 亦称免疫原, 是免疫学中一个特有的术语, 通常具有两种涵义, 一种是指通过注射能刺激机体产生抗体 (或致敏淋巴细胞) 的物质, 另一种是指能与抗体 (或致敏淋巴细胞) 起反应的物质。前者称为抗原的免疫原特性, 后者称为抗原的反应原特性 (专一性)。通常所说的抗原性包括上述两方面的含义。

总的来说, 抗原的分子量都较大, 而且都具有与人体不同的特殊的化学结构, 称为抗原的决定簇 (Antigenic determinant), 具有特异性 (专一性)。抗原的特异性是临床特异性诊断、预防和治疗的物质基础, 也是输血、植皮、器官移植和各种变态反应疾患中的重要课题。

抗原可以是生物体如各种病原微生物, 也可能是非生物体如各种异种异体蛋白质复合物以及微生物的代谢产物等。机体接受不同抗原刺激后, 就产生不同的免疫反应, 其中之一称为抗感染反应, 对机体有利; 另外, 亦可由于免疫反应而导致疾病, 称为免疫性疾病, 对机体有害。

免疫反应的产生不仅与抗原分子的结构、大小及物理状态有关, 同时也与动物的年龄、生理状态、遗传性及种系有关, 此外, 还与抗原引入的途经和佐剂的有无有关。因此, 一种抗原可以是一种免疫原, 也可以不是一种免疫原, 关键取决于机体对抗原物质的反应性而定。

近年来由于生物化学及分子生物化学的进展, 某些抗原分子决定簇的化学结构及空间构型都研究的比较清楚, 抗原的纯化和精制也有了很大发展, 这些工作在人工抗原、合成抗原特异性的研究上起了重要的推动作用, 因而已有可能改变天然抗原的组成。

现就抗原的几个基本方面概述如下:

一、抗原的分类

目前关于抗原的分类尚无一致意见。

(一) 根据抗原的来源不同分类

一种是将抗原分为三类: (表一)

1. 天然抗原
2. 人工抗原
3. 合成抗原

另一种是将抗原分为外源性和内源性两大类 (表二)

抗原的分类 (其一)

表一

类别	来源	举例
天然抗原	动物、植物、 细菌、病毒、真菌等	颗粒状的：血球、细菌、病毒、真菌等。 可溶性的：毒素、蛋白质、脂蛋白、糖蛋白、多糖等。
人工抗原	经化学修饰的天然抗原	碘化蛋白，DNP—蛋白，AZO—蛋白等
合成抗原	化学合成的 高分子抗原	多肽，同一氨基酸的聚合物，复合链同一氨基酸的聚合物（链与链可以含不等的氨基酸）等

(引自首都医院基础组免疫学讲义)

原抗的分类 (其二)

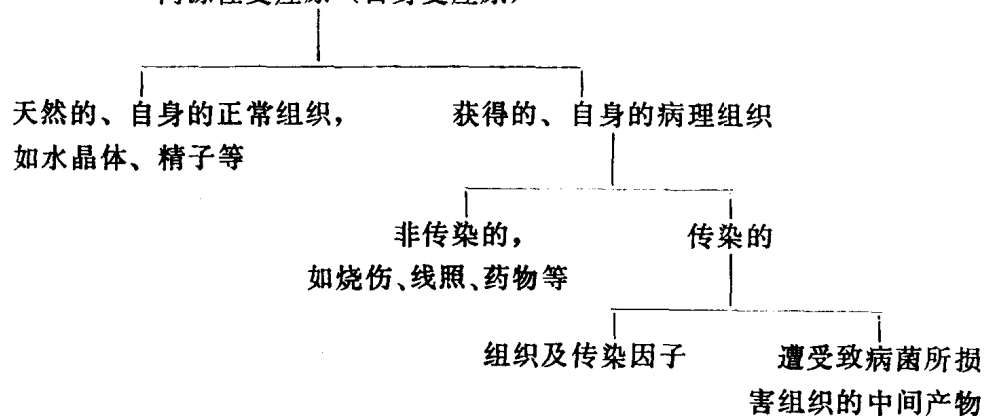
表二

型别	举例	临床表现
外源性的	病毒、细菌、毒素、花粉	感染、哮喘
内源性的	异质性的 异性抗原	急性肾小球肾炎、风湿热
	自质性的 器官特异性抗原	自身免疫性疾病
	同源性的 血型物质、组织相容抗原	输血反应、移植免疫

自质性和异质性抗原又称内源性变应原。

自质性抗原（自身抗原）：随着免疫基础理论的研究进展，有关自身免疫反应和自身免疫性疾病的研究才受到各方面的重视，自身免疫病已引起医务界的广泛兴趣，这些疾病的种类有日渐增多之势，几乎遍及临床各科，对于自质性抗原的分类也有如下考虑。

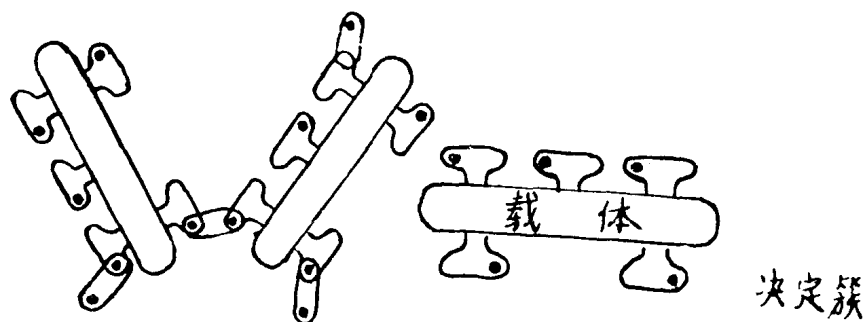
内源性变应原（自身变应原）



异质性抗原：现今已经知道有些病原体与人体某些组织具有共同的抗原成分，如链球菌与肾小球基底膜，大肠杆菌与大肠组织，肝炎病毒与平滑肌等，这也是导致免疫性疾病的重要原因。

（二）根据抗原的作用特点分类

1. 完全抗原：具有免疫原及反应原的特性，即引入机体能刺激产生抗体或致敏淋巴细胞，并能在机体内和试管内与这些物质结合发生免疫反应。这种抗原具有决定簇和载体两部分。其结构如图所示。如细菌蛋白质及外毒素等。



2. 不完全抗原（半抗原）：只具反应原特性，缺乏免疫原特性，或免疫原特性不完善。如细菌的多糖和类脂质等。

（三）根据抗原的化学组成分类

1. 蛋白质：动物体液中的大多数蛋白质，植物的可溶性蛋白质以及细菌的毒素等都是良好的抗原。各种理化因素处理可引起抗原特异性的改变。当蛋白质经加热处理后，破坏了分子正常三向度结构的链，而重新排列，其中氨基酸的链并不被破坏，但是控制氨基酸链的折叠方式的侧链则重新组合。如此在抗原分子上某些原来的抗原决定簇被破坏，而代之以新的排列组合，也可能本来藏在分子内部的决定簇被暴露出来，因此变性蛋白质常丧失原来抗原的特异性，并出现新的特性。

值得指出的是，用甲醛处理蛋白质时，抗原性多不改变，因此，生物制品单位常采用此法以制备类毒素。经处理后分子电荷发生改变，封闭了自由氨基，而产生甲烯化合物。其他基（如嘌呤核异吡唑环）与侧链的关系亦可改变。若蛋白质是有生物活性的，例如毒性作用，经此处理后，即可变为类毒素，毒性丧失，而仍保留其抗原性。

动物蛋白质的免疫原性与其在分类上的种系关系有关，一般说来，种系血缘关系愈远，免疫原性愈强，例如鸭的蛋白质对家兔是良好的抗原，而对鸡是较好的抗原。分类上相近的物种的同一类蛋白质抗原在血清学上有交叉反应。如鸡卵清蛋白的家兔抗血清能使各种家禽的卵清蛋白发生沉淀反应（当然有程度上的不同）。说明交叉反应和分类上的亲疏程度成正比，即血缘关系愈近，交叉反应愈强。

蛋白质分子的大小、组成和形态与其免疫原性密切相关。一般说来，天然蛋白质的分子量达到 10,000 以上时才具有较好的免疫原性。这是由于大分子胶体在体内停留时间较长，不易排除，因而对机体的刺激作用强。单纯分子量大常不一定就具有免疫原性。

例如人工合成的多聚丙氨酸—多聚赖氨酸复合物的分子量可以超过 10,000，但并非良好抗原。如果在丙氨酸的末端都连接以酪氨酸，即表现出抗原性。可见抗原分子内一定的特殊结构及其立体构造的完整性，对蛋白质的抗原性来说是极为重要的因素。进一步研究指出，对蛋白质抗原性来说，芳香族氨基酸起着很大的作用。

小分子量物质团聚成的多聚体或吸附于其他胶体及某些固体等颗粒表面（如高岭土、羟化铝等），形成大分子表面结构时，就可获得较高的免疫原性。如细菌的多糖成分、青霉素等化学药物。近年来的研究证明，分子量即使较小，但分子内具有特定的结构也常能表现出免疫原性。例如血管加压素，其分子量仅 1031，仍能引起豚鼠迟发超敏。

蛋白质的分子形状对免疫原性也有一定影响。一般说来，球形分子蛋白质的免疫原性较纤维性分子蛋白质强。聚合状态的蛋白质较单体蛋白质的免疫原性强。

2. 醣类：一般来讲，醣类不具有免疫原性，但醣类与蛋白质结合后的复合抗原却具有明显的免疫原性。因此，来自细菌、病毒、真菌与血球等各种物质的抗原，其所以有无数的交叉反应，可能与类似的多醣质存在有关。

各种动物对醣类的反应性不同，如肺炎双球菌多醣对人及小白鼠皆具有免疫原性，但对家兔则无；葡聚糖对家兔似无免疫原性，对人则有；纯化血型 A 及 B 物质对人是很好的抗原，但对家兔则否。

3. 类脂质：纯化的类脂质不具免疫原性；但其与血清蛋白质结合后即具有免疫原性。天然的血清脂蛋白、细胞膜等都是良好抗原。

二、抗原的特异性

特异性（专一性）是免疫反应的重要特点，是临床上特异性预防、治疗和诊断的理论根据。

抗原的特异性是由它分子表面的特殊的化学基团（决定簇）所决定的。如以碘处理的碘化蛋白质免疫家兔，则产生相应抗体，这种抗体能与完全无关的蛋白质所制成的碘化蛋白质发生沉淀反应，而与未经碘处理的同种蛋白质则仅发生弱反应或竟全无反应。这个例子充分说明决定簇在抗原特异性上的重要作用。但是，在二次反应上载体蛋白质却也起作用，如第一次免疫所用载体为甲蛋白质，而第二次免疫用乙载体时，则不能刺激产生二次反应。

每个抗原分子的决定簇数目，因抗原种类不同而异，但一般言之，抗原分子量愈大，所含决定簇数目也愈多。就人工合成抗原来讲，决定簇的大小和位置是容易搞清楚的，但在天然抗原上则比较复杂。大多数蛋白质都是结构极为复杂的大分子，即使反复纯化，其分子结构仍很复杂，分子表面仍有许多决定簇，分子内部也还有一些决定簇，例如卵清蛋白分子有 10 个决定簇，牛血清蛋白分子有 18 个决定簇，甲状腺球蛋白有 40 个决定簇等。一般说来，只要抗原分子上有一个决定簇，该抗原即具有特异性。此外，若一个抗原分子上所含两个决定簇的位置不同，则所表现的抗原性也不一致，凡能刺激机体产生高效价特异性抗体者称为强免疫决定簇，反之称为免疫不活或安静的决定簇。如 A 与 B 两个决定簇相距很近，则除表现出 A 与 B 抗原作用外，尚可显出另

一 AB 抗原的作用。

蛋白质抗原也具有器官和组织的特异性,如猪、兔和人的胰岛素之间有交叉反应,这三种胰岛素分子的一级结构基本上相似,唯一已知的差异是B链的C末端不同,分别为丙、丝、苏。因之,可以推论器官特异抗原间的交叉反应基础是其决定簇氨基酸排列的相似性。鲸鱼和猪的胰岛素分子的一级结构相同,可是人抗胰岛素的抗体却能把这两种分子区别开来,说明除一级结构外,抗原分子的立体结构对抗原的特异性也很重要。概括言之,抗原分子结构的差别性决定免疫反应中的特异性,而分子结构的相似性决定抗原之间交叉反应性,抗原的特异性不仅取决于抗原分子的一级结构、决定簇的性质和数目,而且也决定于它们的空间排列,即整个分子的立体结构。如酒石酸由于内部排列不同,分左旋、右旋、消旋三型,经分别结合到同种蛋白载体即可形成三种含不同决定簇的抗原,免疫原性各不相同。

进一步研究指出,蛋白抗原的决定簇是多肽,各种动物的蛋白抗原的决定簇因动物不同而异。如马的蛋白抗原决定簇在氨基末端是天门冬酰胺、苏氨酸,而羧基末端是缬氨酸、丝氨酸、亮氨酸、丙氨酸。而人的蛋白抗原决定簇在氨基末端是天门冬氨酸、丙氨酸、而羧基是甘氨酸、缬氨酸、丙氨酸、亮氨酸。多糖抗原的决定簇则是简单多糖。如伤寒杆菌的多糖抗原决定簇是葡萄糖、鼠李糖、甘露糖——甘露糖——伤寒杆菌糖。副伤寒杆菌的多糖决定簇为葡萄糖、鼠李糖、副伤寒杆菌(甲、乙)糖。这说明由于抗原物质的化学性质不同或抗原决定簇不同,所引起的免疫反应也不相同。如果病原体之间有部分共同的抗原决定簇,就可以产生交叉免疫反应。

总之,不同抗原各自有其不同的抗原决定簇,因之而具有特异性,所引起的免疫反应也就不同。

三、影响抗原发挥作用的诸因素

1. 抗原引入机体的途径:抗原可由各种途径引入机体。实验动物可以通过静脉、腹腔、皮下、皮内、吸入等途径,在人类则以皮下、皮上、皮内或吸入、气雾等途径为主。一般不采用经口引入方法,其原因是经口引入,抗原大分子胶体可受到胃酸及胃液中各种酶的作用,丧失大分子胶体特性,从而丧失其免疫原性。

2. 抗原引入机体后的命运:抗原不管从那个途径引入机体内,并不只是保留于引入的局部,而是顺着两个循环系统——淋巴及血管分布到全身。由静脉注入,抗原多分布于肝脏和脾脏;由皮下注入,抗原经淋巴管分布于淋巴结;若用气雾法时,抗原将达到消化道和呼吸道,并产生分泌性抗体(局部抗体)。影响抗原在体内分布和保留的因素甚多,诸如抗原的理化性质(颗粒性或可溶性等)、调理素的有无及浓度、佐剂的影响、对细胞内酶的感受性差异等等。总的说来,当抗原进入机体后,一部分随机体代谢而消失;另一部分则参与机体的免疫反应。

3. 机体对抗原物质的反应性:对同一种抗原不同动物甚至不同个体反应性也有不同。举如肺炎双球菌多糖抗原对人、小白鼠皆能产生免疫反应,而对豚鼠则否。豚鼠对马血清蛋白质抗原能产生典型的过敏性休克,而家兔、大鼠则不易产生。在人体也是一

样，不同个体对同一种抗原的反应能力并不完全相同，这可能和人体的先天的遗传特性与后天获得性免疫的能力不同有关。

4. 佐剂的作用：增强机体特异性免疫反应的原则为延长抗原在体内的消长时间，使抗原能较长时间作用于免疫反应细胞，增强细胞免疫和体液免疫反应。这方面 Freund 氏完全佐剂及不完全佐剂常为人们所采用。佐剂的作用包括(1)把无抗原性的物质转变为有效的抗原；(2)增加循环抗体的水平；(3)改变产生的循环抗体的类型；(4)加速迟发超敏反应；(5)产生实验性自身免疫病，如实验性变态反应性脑脊髓膜炎的发生。

常用的几种加强抗体形成的佐剂有弗氏完全及不完全佐剂，明矾或氢氧化铝，此外尚有脂多糖、维生素 A 以及卡介苗等。明矾沉淀抗原主要是刺激免疫活性细胞和巨噬细胞的增生，在体内可以形成贮藏所，由此慢慢释放抗原，使大量免疫活性细胞接受刺激，促进并增加免疫生成。

如前所述，机体的免疫反应并不都是有利的，有时尚需减低免疫反应，以保护机体健康。这方面一是从抗原物质本身着手，用物理或化学方法处理抗原；另一是用免疫抑制剂以降低机体产生免疫反应的能力。

各种佐剂的一个共同性质就是表面活性。佐剂的活力必须具备两个条件：(1)化合物必须是碱性的并含有较长的烃基；(2)许多种能使溶酶体的膜不稳定，从而引起释放内含的水解酶的物质，同时都具有佐剂活性（如维生素 A、硅颗粒等）。

总如上述，任何免疫反应都是机体对抗原物质反应的结果，除抗原的理化性质、引入的途径和佐剂的作用外，免疫反应还受机体本身遗传性，发育时期、生理状态等因素的影响。

第二章 免疫球蛋白

(Immunoglobulin)

免疫球蛋白是生物体内普遍存在的一类蛋白质，它们不仅存在于血液里，而且也存在于其他体液、外分泌液以及某些细胞(如淋巴细胞)的膜上。这类蛋白过去统称为 γ 球蛋白。1964 年世界卫生组织提出了免疫球蛋白这一名词，那时研究比较清楚的是三种免疫球蛋白，即免疫球蛋白 G、A、M。1965 年、1966 年又相继发现免疫球蛋白 D 及 E。1972 年世界卫生组织建议用免疫球蛋白 (Immunoglobulin) 这一名词来表示动物体内具有抗体活性或与抗体有关的各种球蛋白，并建议以 “Ig” 表示，命名为 IgG、IgA、IgM、IgD、IgE。各种亚型即在本型后面分别列上阿拉伯数字，如 IgG₁、IgG₂ 等等。具有抗体活性的蛋白质，其理化特性差别很大，所以免疫球蛋白除有抗体活性的特点外，另一特点是极其不均一性。现就五种免疫球蛋白的理化及生物学特性概述如下。

一、免疫球蛋白的结构

1963 年 Porter 首先提出了关于 IgG 的结构模式 (图 1)。此后许多研究者证明，这一基本模式不仅适用于 IgG，也适用于其他免疫球蛋白。现今了解，无论那种免疫球蛋白都是由两条轻链 (L 链) 及两条重链 (H 链) 藉四个双硫键联结而成，不论是重链和轻链都具有两个不同的部分，即近氨基端为可变区 (V) 近羧基端为不变区 (C) (图 2)。

用木瓜蛋白酶水解 IgG 得三个主要碎片 (Fragment)，重链羧基端的一半，容易结晶，名 FC 片段，起细胞毒作用，并能通过胎盘，具有抗原性。其余两个片段是一样的，名 Fab 片段 (F 代表碎片，ab 表示能与抗原结合)，分子量为 52,000，具有抗体活性。

抗体分子与特异性抗原相结合的部位称抗原结合点或抗体活力点。抗体的活性中心究竟位于何处？在理论上有三种可能性：活性或是与重链有关，或是与轻链有关，或是与它们的复合物有关。现在大多数研究者同意，必须有抗体重链和轻链的复合物才能出现活性 (图 3)。然而活性中心是由两种肽链的各一部分构成的，或是轻链以某种方式“活化”重链上的一个能与抗原发生特异结合的部位构成的，关于此点，尚在研究中。

关于轻链 (L 链) 和重链 (H 链)，重链占免疫球蛋白分子的 75%，轻链只占分子的 25%。五种免疫球蛋白的轻链均相同，故有共同抗原性，免疫学上可出现交叉反应。轻链按抗原性不同区分为两个型，即 K 型 (Kappa) 和 L 型 (Lambda)，K 型的多肽链叫 K 链，L 型的多肽链叫 λ 链。每种免疫球蛋白分子的两条轻链总是同型

的，或为 K 链，或为 λ 链。

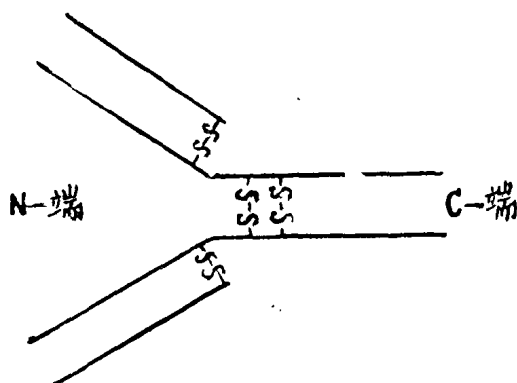


图 1 IgG 结构示意图

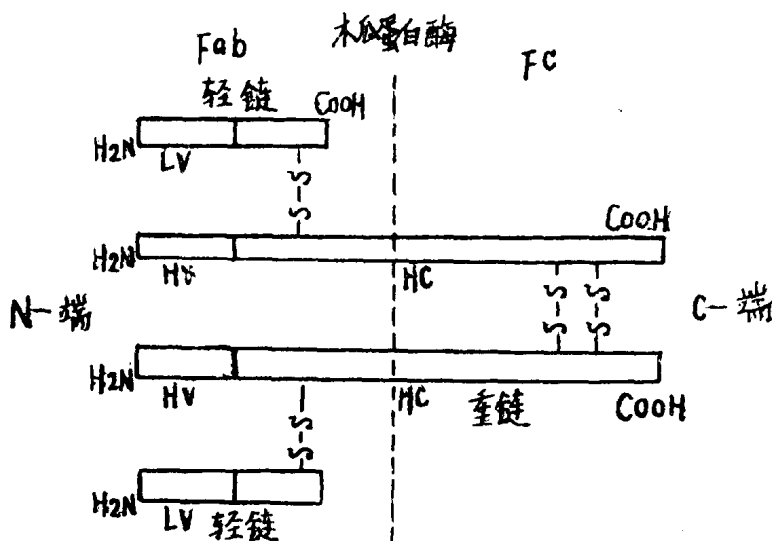


图 2 免疫球蛋白结构示意图

轻链由 212—214 个氨基酸所组成，分子量为 23,000，可变区为 1~108 号氨基酸；不变区为 109~214 号氨基酸。C 区的氨基酸很少差别，轻链的型决定于 C 区，V 区有 40~53 个氨基酸彼此不同，根据这一排列不同，大的 K 链有三种亚型， λ 链有五种亚型。正常人血中 IgG 的 K 型常比 λ 型多，二者之比约为 2:1。

重链所含氨基酸约为轻链的一倍，所以它的分子量约为 55,000。重链分别以希腊字母 γ (gamma), α (alpha), μ (mu), δ (delta), ϵ (epsilon) 分别表示 IgG, IgA, IgM, IgD 和 IgE 的重链。五种免疫球蛋白的重链具有不同的抗原性。如组成 IgG 的重链是 γ 链，由于 γ 链的抗原性不同，又可分为四个亚型，即 IgG₁, IgG₂, IgG₃ 及 IgG₄。其中 IgG₁ 所占比例最大，约为 65%，IgG₂ 占 23%，IgG₃ 占 8%，IgG₄ 占 4%。IgA 和 IgM 也各有两个亚型，即 IgA₁, IgA₂ 和 IgM₁, IgM₂。

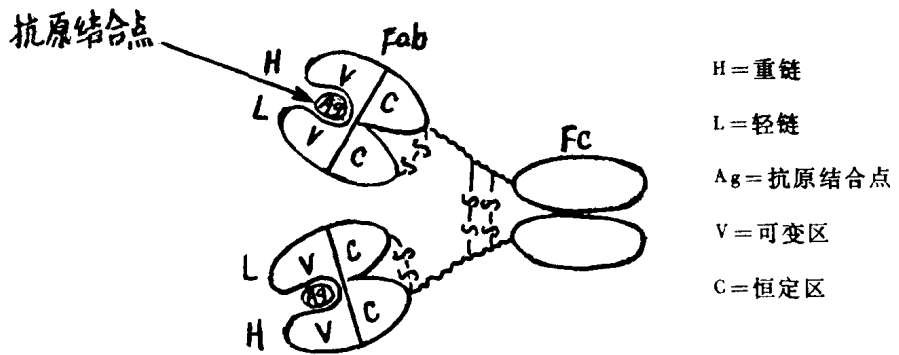


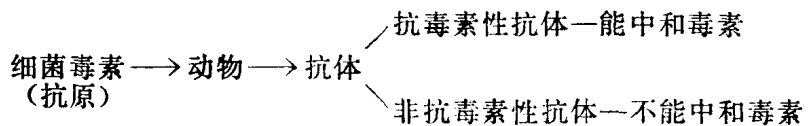
图3 哺乳类动物免疫球蛋白分子与抗原作用示意图

二、抗体（免疫球蛋白）的不均一性

免疫球蛋白具有抗体的活性，能和相应的抗原发生特异性结合。就抗体而言，内容十分复杂，组成上很不均一。所谓不均一性乃指抗体是一群多种多样的免疫球蛋白分子的混合物。它们彼此在形状、大小、结构和氨基酸的组成和排列上既相似又有所差别。

造成抗体不均一性的原因：

1. 外源不均一性：这是由抗原本身的性质所决定的。抗原多属大分子胶体，其表面有许多抗原决定簇（图4）。每一个决定簇可刺激产生一种具有特异性的抗体。如：



2. 内源不均一性：这是由机体的遗传因素所决定的，它反映了抗体形成细胞在遗传性上的差异，这种差异是免疫球蛋白分子化学结构上差异和多样性的物质基础，即各种免疫球蛋白都具有自己的抗原特异性。

现今了解，免疫球蛋白血清学的特异性可分为三类：

(1) 同种特异性：是同一物种所有个体共同具有的抗原特异性。根据同种特异性，人类的免疫球蛋白可分为五大类和两个型，有的还有若干亚型，前已述及，兹不赘述。抗体与抗原结合的特异性与上述抗体的类别、亚类、型别等无关，因为对于同一抗原，体内常可形成几类具有相同特异性的抗体。

(2) 同种异型特异性：是指同一物种（如人）的各个体间存在几种形式的抗原特异性（很象人类有几种不同血型）。其原因是由于重链的每一亚类和轻链的每一亚型在它

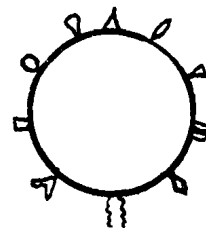


图4 抗原表面决定簇示意图

们的恒定区（C 区）内有个别氨基酸发生了置换的缘故。抗体与抗原相结合的特异性与抗体的同种异型无关。

（3）个体型特异性：是指同一物种每一个体产生自己特有的抗体分子，这是由于每一个体抗体形成细胞在遗传性上有差别之故。

由上所述可以概括为：

（1）正常人血清中的抗体是含有多种多样具有各种抗原性的免疫球蛋白混合物（图5）。

（2）K 链和 λ 链可以和各类各亚类配合。

（3）重链、轻链本身又有各种异型。

（4）每一个体又独具自身的个体型。

（5）抗体结构的多样性和抗体能与抗原结合的多样性是两回事，因其遗传控制不同之故。

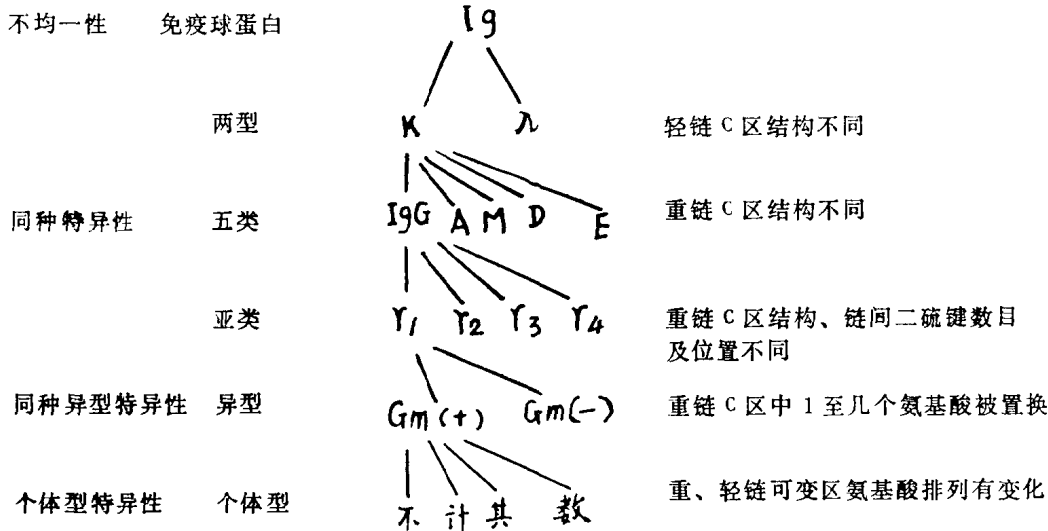


图 5 免疫球蛋白分类示意图

（引自首都医院基础组免疫学讲义）

三、免疫球蛋白的生物活性

免疫球蛋白最显著的生物活性表现在以下两个方面：

（1）结合抗原：免疫球蛋白能与抗原结合，此种结合具有特异性和多样性。抗体和抗原结合的特异性是由 Fab 碎片上的 V_H V_L 共同决定的，而与 C_H C_L 无关。关于抗体结合点，可能是分散在 V_H , V_L 上的 15—20 个氨基酸共同组成。

2. 活性功能：乃指有的免疫球蛋白有固定补体，通过胎盘和结合靶细胞的能力。各种免疫球蛋白具有相同的与抗原结合的特异性，但其活性功能可以不同。各种免疫球蛋白所特有的活性功能与重链恒定区的特殊结构有关，与分子中低聚糖的结构及分布亦有关。如 IgM 能固定补体以及与红细胞表面上的糖脂蛋白选择性的结合是与 IgM 的重链

恒定区中存有 5 个低聚糖单位有关的。

Edelman 认为抗体分子象一个开关，当与抗原结合后，分子结构发生改变，绞链区发生转动，因而使原来被掩盖的补体结合点和其他活性功能发效器部位暴露出来，结果就导致靶细胞的一系列反应（图 6）。后来电镜观察发现未与抗原结合的抗体分子呈 T 字形，而与抗原结合后则呈 V 字形。

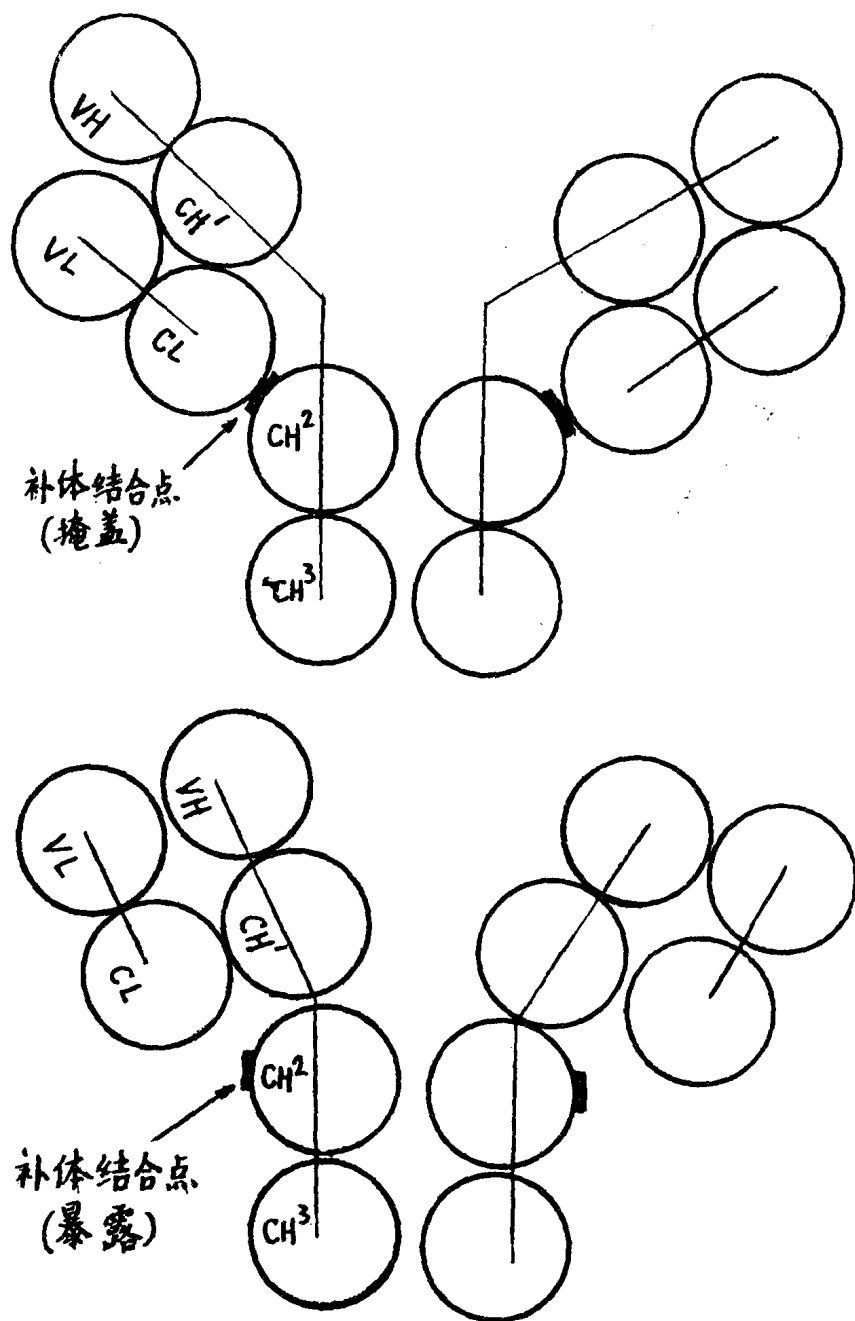


图 6 抗体分子触发活性功能示意图

上图：未与抗原结合

下图：与抗原结合后