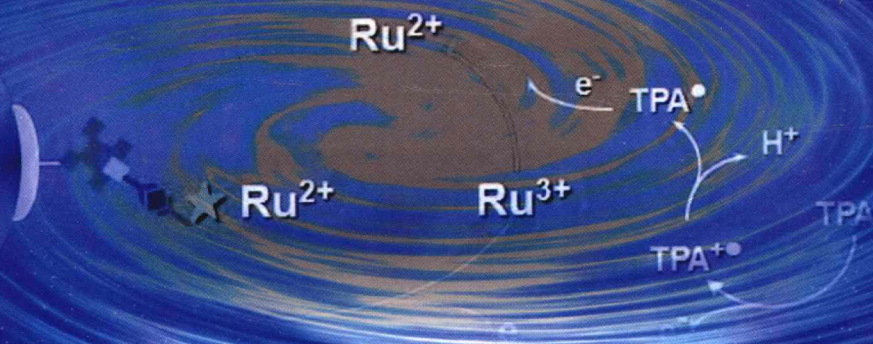


电化学发光免疫分析 在医学中的应用

主审 陈光连
主编 尹石华 孟令强 邓宽国

DIANHUA XUE
FAGUANG MIANYI
FENXIZAI YIXUE ZHONG
DEYINGYONG

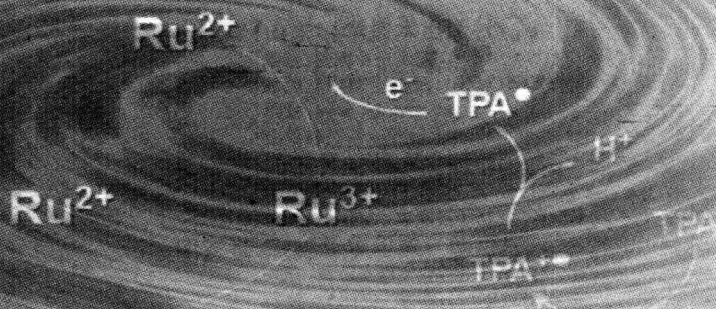


山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

电化学发光免疫分析 在医学中的应用

主审 陈光连
主编 尹石华 孟令强 邓宽国

江苏工业学院图书馆
藏书章



图书在版编目 (CIP) 数据

电化学发光免疫分析在医学中的应用/尹石华等主编. — 济南:山东科学技术出版社,2009
ISBN 978 - 7 - 5331 - 5164 - 5

I. 电… II. 尹… III. 电化学—化学发光分析—应用—医学 IV. R

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 004314 号

电化学发光免疫分析在医学中的应用

主审 陈光连

主编 尹石华 孟令强 邓宽国

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号
邮编:250002 电话:(0531)82098088
网址:www.lkj.com.cn
电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号
邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:山东新华印刷厂临沂厂

地址:临沂高新产业技术开发区
邮编:271600 电话:(0539)2925608

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:17

版次:2009年2月第1版第1次印刷

ISBN 978 - 7 - 5331 - 5164 - 5

定价:39.00 元

内容提要

本书主要介绍 21 世纪以来,国内外逐渐普遍推广使用的电化学发光免疫分析技术及其在生物医学和临床医学中的应用,是一本临床医学与检验医学相关的专业书。本书共分上下两篇十一章。上篇共三章,主要是对标记免疫学作了总体的概括和叙述,电化学发光免疫分析技术的免疫学基础,并对全自动电化学发光免疫分析技术进行了理论及方法学的论述,电化学发光免疫分析仪的维护保养和部分故障排除。对标记免疫分析质量控制进行了较全面叙述,简单介绍了我国对医学实验室质量和能力的专用要求标准(ISO15189 文件),讨论了在工作中如何保证和控制标记免疫分析质量的各种方法和指标。下篇共九章,具体介绍了电化学发光免疫分析在生物医学和临床医学上的应用。重点叙述了不同的电化学发光免疫分析项目的分子生物学基础及对有关人体各系统疾病的临床应用。本书既注重理论联系实际,又注重当前生物医学及临床医学的发展方向,可供临床医生、医学检验工作者、从事免疫分析的科技人员及医学院校的老师和学生,在实际工作中作为专业或临床实践的有用参考书。

主 审 陈光连

主 编 尹石华 孟令强 邓宽国

副主编 韩来新 刘玉霞 刘梅春 范迎春

张蒙启 赵爱华

编 委(按姓氏笔画排列)

于本章 尹石华 邓宽国 史 建 刘玉霞 刘 兵

刘梅春 杨传峰 李丽娟 李爱茜 李 梅 宋 辉

张团结 张蒙启 陈光连 陈良奎 范迎春 孟令强

赵爱华 唐夫兴 韩来新 韩景银

序 言

标记免疫分析技术为生物医学的分析开创了一个新领域。随着放射免疫分析的发展,各种非同位素标记的免疫分析相继问世并迅速发展。根据所用标记物质或方法的不同,已有酶及其衍生的各种标记免疫分析,如胶体免疫分析、不同类型的荧光免疫分析、不同类型的化学发光免疫分析,特别是电化学发光免疫分析及其他种类的标记免疫分析等等。由于不使用放射性物质及在灵敏度、准确度、快速检测及自动化等方面的综合优势及潜力,全自动电化学发光免疫分析技术日益显示出超越放射免疫分析及其他种类标记免疫分析的优越性。目前,电化学发光免疫分析技术已广泛深入应用于生物医学,特别是临床医学的各个领域或各个系统疾病的诊断中,电化学发光免疫分析正日新月异地向前发展,并促进生物医学和临床医学的发展。我国亟需赶上当前发展趋势的专业参考资料和文献。

为适应上述发展趋势的需要,他们组织有关专家撰写了《电化学发光免疫分析在医学中的应用》这本专著。本书分上下两篇共十一章,系统地阐述了电化学发光免疫分析技术的理论基础、方法和每个检测项目的临床应用。这本专著内容丰富,全面系统地阐述了目前和今后全自动电化学发光免疫分析及所检测项目的生物学特性和临床意义,在国内像这样的专著较少,本书具有较高的科学性、先进性和新颖性,为现代临床医学、检验医学的发展做出了重要的贡献。更难能可贵的是每位作者写出了自己的实践经验和体会,并详尽地查阅了有关最新资料,具有较大的实用性。因此,这是一本对从事生物医学研究和临床实践者及医学院校学生很有价值的读物。

由尹石华等检验医师主编的《电化学发光免疫分析在医学中的应用》一书,总结了他们多年工作的实际经验,本书在临床应用上虽然只涉及肿瘤标记物和内分泌,但它的深度和涉及到的基础知识皆是目前前沿学科,内容丰富,文字通顺,并经陈光连先生的审阅。我相信《电化学发光免疫分析在医学中的应用》这本专著是检验医学和临床医学有价值的参考书。让我们热烈祝贺《电化学发光免疫分析在医学中的应用》一书的出版问世,并热情地向广大临床医师和医学检验工作者推荐这本书。



2008年10月

前 言

由于全自动电化学发光免疫分析不使用放射性物质及在灵敏度、快速检测、自动化等方面的综合优势和潜力,正日益显示出超越放射免疫分析及其他各类标记免疫分析的优越性。目前,电化学发光免疫分析技术已广泛深入应用于生物医学,特别是临床医学的各个领域中,以促进和提高临床医学的诊断水平。

为适应上述形势和需要,我们组织有关专家撰写了《电化学发光免疫分析在医学中的应用》一书。本书分上下两篇。上篇主要是对标记免疫学作了总体的概括和叙述,介绍电化学发光免疫分析技术的免疫学基础;对目前多数医院主要使用的电化学发光免疫分析技术进行理论及方法学的论述,以及电化学发光免疫分析仪的维护保养和部分故障排除;全面论述了标记免疫分析质量控制,简单介绍了我国对医学实验室质量和能力的专用要求标准(ISO15189 文件),讨论了保证和控制标记免疫分析质量的各种方法和指标。下篇具体介绍了电化学发光免疫分析在生物医学和临床医学上的应用。在临床医学应用方面,重点叙述不同的电化学发光免疫分析项目的分子生物学基础及对有关人体各系统疾病的应用。

为了保证本书的新疑性和可读性,编者们参考了2001年以来大量的文献资料,特别是具有权威性的专业杂志的最新研究成果和进展。本书既注重理论知识的综述,又注重总结工作中的实践经验,内容丰富,涉及面广泛,信息量较大,兼顾深度及广度,注重理论与实际相结合。编者希望本书能对临床医生、医学检验工作者、医学生物学研究人员在实际工作中有所帮助,为从事免疫分析的科技人员及医学院校的师生提供一部兼有实用及理论价值的书籍。

本书在编写及出版过程中,得到了山东科学技术出版社和罗氏诊断(上海)有限公司、执信医疗山东公司的大力支持和帮助,在此表示感谢。特别要感谢的是全国免疫学会副理事长、全国检验学会副主任委员孔宪涛教授,不顾年事已高,在百忙中评阅了本书,并为本书写了序言。

由于本书内容涉及面广,国内工作开展也不够全面,实践经验有所不足,因此难免有疏漏、欠妥甚至是错误之处,欢迎读者提出宝贵意见以便修正。

本书编委会
2008年10月



电化学发光免疫分析在医学中的应用

第二节	甲胎蛋白测定的临床应用	(68)
第三节	癌胚抗原测定的临床应用	(71)
第四节	铁蛋白检测的临床应用	(74)
第五节	神经元特异性烯醇化酶检测的临床应用	(78)
第六节	CYFRA21-1 检测的临床应用	(81)
第七节	CA199 检测的临床应用	(83)
第八节	CA724 检测的临床应用	(86)
第九节	CA125 检测的临床应用	(87)
第十节	CA153 检测的临床应用	(91)
第十一节	前列腺特异性抗原检测的临床应用	(93)
第五章	电化学发光免疫分析在甲状腺疾病中的应用	(100)
第一节	概述	(100)
第二节	三碘甲状腺原氨酸(TT_3)测定的临床应用	(105)
第三节	甲状腺素(TT_4)测定的临床应用	(107)
第四节	血清游离甲状腺素在疾病诊断中的意义	(109)
第五节	高灵敏 TSH 检测的临床应用	(112)
第六节	甲状腺过氧化物酶抗体检测	(115)
第七节	甲状腺球蛋白及其抗体检测	(118)
第八节	促甲状腺素受体抗体 (TRAb) 检测	(121)
第六章	电化学发光免疫分析在垂体性腺疾病中的应用	(126)
第一节	垂体性腺激素测定的概述	(126)
第二节	雌二醇(E_2)	(129)
第三节	黄体酮	(132)
第四节	促性腺激素	(135)
第五节	睾酮	(140)
第六节	垂体泌乳素(PRL)	(144)
第七节	人绒毛膜促性腺激素	(146)
第八节	性激素结合球蛋白测定的临床意义	(150)
第七章	电化学发光免疫分析在肾上腺及代谢疾病中的应用	(151)
第一节	肾上腺皮质醇测定的临床应用	(151)
第二节	促肾上腺皮质激素 (ACTH) 测定的临床意义	(156)
第三节	胰岛素的检测和临床应用	(159)
第四节	C-肽测定的临床意义	(165)
第八章	电化学发光免疫分析在心血管系统疾病中的应用	(171)
第一节	心肌损伤标志物检测的研究进展	(171)

第二节	肌酸激酶(CK)	(173)
第三节	心肌肌钙蛋白T	(176)
第四节	肌红蛋白	(182)
第五节	B型钠尿肽在心脏病学中的临床应用	(184)
第六节	地高辛	(188)
第七节	内洋地黄素	(190)
第八节	心肌损伤标志物的应用准则	(193)
第九章	电化学发光免疫分析在感染系统疾病中的应用	(200)
第一节	甲型病毒性肝炎	(200)
第二节	乙型病毒性肝炎	(202)
第三节	丙型病毒性肝炎	(208)
第四节	艾滋病	(211)
第五节	优生五项(TORCH)	(214)
第十章	电化学发光免疫分析在贫血疾病中的应用	(232)
第一节	铁蛋白	(232)
第二节	叶酸	(234)
第三节	维生素 B ₁₂	(236)
第十一章	电化学发光免疫分析在骨病中的应用	(240)
第一节	甲状旁腺激素	(240)
第二节	骨钙素	(244)
第三节	降钙素	(248)
第四节	β -胶原特殊序列	(250)
附表一	电化学发光全自动免疫分析仪检测项目一览表	(252)
附表二	电化学发光全自动免疫分析仪检测项目参考范围表	(254)

上 篇

第一章 免疫学检测技术

免疫学已发展成为当代生物科学中一个极为活跃的领域,它不仅是基础医学的重要内容,而且已渗入到临床医学各科之中。随着免疫学理论的进展,免疫学测定技术和应用已有显著的改进和发展,它在探讨发病机理、诊断和防治免疫性疾病、传染性疾病、遗传性疾病、内分泌及代谢疾病、肿瘤以及器官移植等方面,具有广泛的应用价值。

免疫学诊断技术(Immunodiagnosis Technique)可分为体液免疫测定及细胞免疫测定两大类。这里着重介绍临床上常用的体液免疫测定的基本原理及应用。抗原与相应抗体在体内结合,可发生溶菌、杀菌、中和毒素等作用。当抗原与相应抗体在体外(玻片上、试管内)发生特异结合时,在电解质、补体等参与下,根据参加反应的抗原物理性状不同,可出现凝集反应、沉淀反应、补体结合反应等各种类型的反应。由于抗体一般存在于血清中,在进行抗原抗体反应时,常采用血清做试验。故临床过去把体外的抗原抗体反应称为血清学反应。体液免疫测定是对人体血清中各种抗体成分定量或定性分析,以观察机体产生抗体的能力、特异性抗体及异常抗体的出现。可采用已知抗原检测未知抗体,帮助诊断某些疾病;反之,也可用已知抗体来检测未知抗原,用于鉴定病原微生物、激素、蛋白质等体内某些生命活性物质,对某些疾病进行早期诊断。

第一节 抗原抗体反应的基本原理

抗原与抗体反应是指由特异性抗原刺激机体产生相应的抗体后,二者所发生的特异性结合反应。这种结合主要是由抗原和抗体分子结构及空间构型上的互补,以及多种原因造成二者分子间的引力参与所发生的可逆性的反应。

一、抗原抗体的胶体特性及极性基吸附

抗体是蛋白质,抗原大多数也属于蛋白质,它们都具有胶体性质,带有电荷。在水溶液中都含有羧基、氨基及肽链等强极性基团,因此与水有很强的亲和力,水分子与亲水基

团结合,使蛋白质分子外周构成水化膜,使蛋白质成为亲水胶体。而且蛋白质胶体粒子在水溶液中都带有同种电荷,互相排斥,所以它们可以均匀地分布在溶液中,而不发生凝集或沉淀。

抗原和抗体有对应的极性基,它们能互相吸附,当二者的极性基在物理和化学特性相对应并互相结合后,就不能再和环境中的水分子结合,因而失去亲水能力,变为憎水系统。这时如有一定量的电解质存在(如 NaCl),则可使抗原与抗体分子表面电荷降低或清除,进一步促使它们互相吸引和凝集,从而出现肉眼可见的凝集和沉淀。

大量的盐类能使蛋白质沉淀,这个作用称为盐析,此时盐类兼有脱水及降低电荷的作用。盐析法常用于精制抗体、抗原及蛋白质等。常用的盐类有硫酸铵、硫酸钠、氯化钠等。离子价愈高,沉淀蛋白的能力愈强。

二、抗原抗体的结合力

抗原与抗体的结合,是根据它们分子构型的互补性、极性基的性质及带电的不同状态等发生互相吸引和结合。其中,有下列几种分子间引力参与,起到促进作用。

(一)库伦吸引力作用(Coulombic Attraction)或静电力作用(Electrostatic Force) 指抗原或抗体分子上带有相反电离子基团,具有相互吸引的作用。蛋白质分子中的正负电离子基团,分别来自于氨基(NH_3^+)和羧基(COO^-),二者互相吸引和结合,或当抗原与抗体间所带的电荷相反时,即产生静电引力,互相吸引而促进结合。

(二)范德瓦耳斯—伦敦引力(Van Der Waals - London, Attraction Force) 即电子云引力。由抗原与抗体分子的外层电子之间相互作用,使得二者电子云中的偶极摆动产生吸引力,从而促使抗原与抗体相互结合。

(三)氢键结合作用(Hydrogen Bond) 在具有亲水基团(OH, NH_2 及 COOH)的抗体与相应抗原相互接近时,可形成氢键桥梁,通过它促使抗原与抗体相互结合。

(四)疏水键相互作用(Hydrophobic Interaction) 抗原与抗体分子侧链上的某些氨基酸(如缬氨酸、亮氨酸及苯丙氨酸)是憎水胶体,在水溶液中与分子不形成氢键。当抗原与抗体分子表面上的憎水基团密切接触时,可排斥水分子,从而促进二者间的相互吸引和结合。这种吸引力为疏水性力,据测定这种疏水结合力对于抗原与抗体的结合提供 50% 的作用力。

第二节 抗原抗体反应特点

一、抗原与抗体的结合具有特异性

抗体只能与相应的抗原特异性结合,如白喉抗毒素只能与白喉毒素相结合,抗伤寒抗体只能与伤寒杆菌相结合。这种结合主要是在抗体超变区的化学结构、立体构型、体积大小与抗原决定簇互补,二者电荷也恰相对应,抗体结合部位上带负电荷的基团能与带正电荷的抗原结合。抗原表面有多个抗原决定簇,故可以使机体产生多种特异性抗体。抗原



更长,而单价或半价抗原均不出现可见反应。

上述两个阶段无严格界限,往往第一阶段反应还没有完成,第二阶段的反应已经开始。

第三节 抗原抗体结合的影响因素

一、电解质

抗原与抗体都是蛋白质,具有对应的极性基(如羧基、氨基),在溶液中呈胶体并带电荷。在一定浓度的电解质参与下,二者互相吸附,从亲水性变为憎水性,从而出现肉眼可见的凝集或沉淀反应。在补体结合反应中,尚需 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的存在,才能更好地发生补体结合反应。

二、温度

适当地升高温度可以增加抗原与抗体接触的机会,使反应加快,37℃是抗原抗体结合的最佳温度。根据实验,凝集反应以 45 ~ 50℃ 下为宜,而水浴的液面应低于试管内液面,以促进液体对流,增加抗原抗体结合机会。沉淀反应则以 25 ~ 30℃ 下为宜,沉淀易观察。补体结合反应以 37℃ 为最佳温度。

三、pH 值

适宜的 pH 值为 6 ~ 8。测定细菌抗原时,若 pH 值降至 3 左右,则接近细菌抗原的等电点,易引起非特异性的酸凝集,从而出现假阳性结果。溶血素与抗原结合的最佳 pH 值为 5.3。补体结合适宜的 pH 值为 6.3 ~ 7.8 之间。

第四节 免疫检测的种类及应用

一、凝集反应 (Agglutination Reaction)

将颗粒性抗原(细菌、血球)与相应抗体特异地结合,在适量电解质作用下,经过一定时间,出现肉眼可见的凝集现象,称为凝集反应。反应中的抗原称为凝集原,抗体称为凝集素。红细胞、白细胞、细菌、精子以及用抗原致敏的人工合成胶乳颗粒等都是常用的凝集原。

(一)直接凝集反应 (Direct Agglutination Reaction) 颗粒性抗原与相应抗体直接结合所出现的凝集现象。如细菌、螺旋体、红细胞等与其相应的抗体结合而出现凝集。

1. 玻片法 为定性试验。用已知抗体检测未知抗原。此法简便、快速,常用于分离菌种的鉴定、分型及人类红细胞 ABO 血型的鉴定。

2. 试管法 为定量试验。用已知抗原测定患者血清中是否有某种抗体及其含量,以出现肉眼可见的凝集的血清最高稀释倍数为血清效价或滴度(Titer),以协助临床诊断或供流行病的调查研究,如肥达氏反应(Widal Test),是用于诊断伤寒的一种试管定量凝集试验。在细菌、血型鉴定中,为更精确起见,有时也采用试管法。

(二)间接凝集反应(Indirect Agglutination Reaction) 将可溶性抗原先吸附于一种与免疫无关的载体颗粒上,使其成为致敏载体,然后与相应抗体,在电解质存在下出现凝集,称间接凝集反应或被动凝集反应(Passive Agglutination),用于检测抗体。若使可溶性抗原与抗体先作用,然后再加进抗原致敏的载体,则因抗体已被中和,不再发生凝集,这种反应称为间接凝集抑制反应(Indirect Agglutination Inhibition),用于检测抗原。

用以吸附抗原的载体颗粒有红细胞(人“O”型红细胞、羊红细胞),聚苯乙烯胶乳(Polystyrene Latex)或皂土(Bentonite);细菌,酵母细胞,活性炭亦可作为载体颗粒。根据所用致敏颗粒的成分不同,可将间接凝集反应分类。如以红细胞为载体的称为间接血凝反应(Indirect Hemagglutination)。此反应系统是利用吸附在红细胞表面上的可溶性抗原与抗体结合,使红细胞被动地凝集,故又称为被动血凝反应(Passive Hemagglutination PHA)。以聚苯乙烯胶乳作为载体的称为胶乳凝集反应。间接凝集反应的敏感度要比直接凝集反应高2~3倍。这是由于载体颗粒的参与,使可溶性抗原反应面积增大,与抗体结合后,就足以出现肉眼可见的凝集反应,显著提高了敏感度。

间接凝集反应是一种微量、快速、敏感、操作简单、无需昂贵设备的血清学检验方法,它可以测定相应的抗体和抗原,因此应用范围很广泛。前几年临床常用间接血凝反应测定细菌抗体、病毒抗体、某些变态反应患者的抗体等。以间接胶乳凝集反应测定抗体、类风湿因子、血吸虫病、钩端螺旋体病、梅毒以及抗甲状腺球蛋白抗体、抗DNA抗体、抗肾小球抗体等自身抗体。这些检测对于类风湿性关节炎、SLE、桥本甲状腺炎等疾病的诊断、病因研究及疗效观察均有一定的临床意义。反向间接血凝法在国内已应用于某些传染病和肿瘤抗原的检测,具有高度敏感性和特异性。因体内循环抗原的出现早于体内抗体的出现,故又具有早期诊断的特点。如测定甲胎蛋白的灵敏度为5ng/ml,比免疫扩散法灵敏度高1000倍,比对流免疫电泳高100倍。此法可快速检出乙型肝炎患者和病毒携带者血清中的HBsAg。间接血凝抑制试验亦用于检测纤维蛋白、纤维蛋白原、血浆蛋白溶酶原,以诊断某些凝血系统疾病。在激素抗原的研究中,胶乳凝集抑制试验可检测绒毛膜促性腺激素(HCG)水平,用于早期妊娠的诊断等。

(三)抗球蛋白反应(Antiglobulin Reaction) 机体受抗原刺激后,除产生完全抗体(双价抗体)外,还能产生不完全抗体(单价抗体)。不完全抗体与相应抗原结合后不能出现凝集反应,而Coombs首先根据抗体都存在于球蛋白,并和同种的免疫球蛋白有共同的抗原性的原理,把不完全抗体作为抗原注射到异种动物,产生抗球蛋白抗体。将此种抗球蛋白抗体加到抗原与不完全抗体的复合物中,起到桥梁作用,就能出现直接可见的凝集反应,又称Coombs试验。临床上常用直接法检测患者红细胞表面是否存在不完全抗体,用间接法检测患者血清中是否存在不完全抗体。Coombs试验常用于免疫血液病的诊断,如Rh血型、新生儿溶血症、自身免疫性溶血症以及白细胞、血小板等自身抗体的检测。

二、沉淀反应 (Precipitation Reaction)

(一) 沉淀反应 可溶性抗原(如细菌浸出液或培养滤液、组织浸出液、动物血清、白蛋白等)与相应抗体相结合后,在电解质存在条件下,经过一定时间,形成肉眼可见的沉淀物,称为沉淀反应。

引起沉淀反应的抗原可以是多糖、蛋白质、类脂等。与相应抗体比较,抗原分子小,单位体积内所含抗原数量多,与抗体作用面积大,因此,在作定量试验时,为不使抗原过剩,常稀释抗原,以抗原的稀释度作为沉淀反应的效价。沉淀反应中的抗原称为沉淀原,抗体称为沉淀素。环状沉淀反应(Ring Precipitation)是抗原的定性试验。此时,将已知抗体先加入小试管内,再小心将待检抗原加于表面,使其分为清晰的两层,数分钟后,如两层液面交界处出现白色沉淀环,为阳性反应。本法常用于血迹鉴定、炭疽病的诊断(Ascoll 试验)、C-反应蛋白的检测、溶血性链球菌的血清学分型以及滴定抗体效价等,具有快速、微量、简单的特点。

(二) 絮状沉淀反应(Flocculation Preclpitation) 将抗原与相应抗体在试管内或凹玻片上混匀,如出现肉眼可见的絮状沉淀,为阳性反应。如诊断梅毒的康氏反应(Kahntest)、白喉抗毒素的含量测定等。

(三) 琼脂扩散试验(Agar Diffusion Test) 利用可溶性抗原与抗体在半固体琼脂内,进行自由扩散,如果二者特异性相适应,而且浓度比例适合,在琼脂中相遇后,就可以出现肉眼可见的沉淀线,判为阳性。本试验可在试管内,平皿中以及玻片上进行。

1. 单向琼脂扩散试验(Radial Diffusion Test) 为 Mancini 所发展起来的定量检测抗原的方法。在混有抗体的琼脂板上打孔,然后加入一系列不同浓度的标准抗原或待测抗原,在合适的温度、湿度环境中,经过一定时间,抗原由小孔向四周呈辐射状扩散,与混匀在琼脂中的抗体相互作用,在浓度比例合适处,小孔周围形成清晰的白色沉淀环。沉淀环的大小(直径)与抗原浓度成正比,利用标准曲线可求出未知抗原量。Fahey 和 Mckelvey 采用不同标准抗原浓度的对数作为横坐标,以沉淀环直径为纵坐标绘制标准曲线。本试验主要用于定量各种免疫球蛋白及亚类和补体成分的含量敏感度高,可测出免疫球蛋白的最小含量为 1.25ug/ml。

2. 火箭电泳(One - Dimension Rocket Immunoelectrophoresis) 在单向扩散原理的基础上,利用电场作用,抗原在含有抗体的琼脂板中由负极向正极移动,当抗原和抗体的浓度比例适当时,形成锥形(火箭状)沉淀峰,称为火箭电泳。沉淀峰的长度与抗原的浓度成正比,可以用于抗原的定量测定。可根据不同浓度的标准抗原沉淀峰绘制标准曲线,从标准曲线上查出待检抗原的量。该方法实际是单向扩散的一种变型,但由于在电场作用下,抗原定向泳动,速度快,其敏感度高于单向扩散试验,可达 0.5 ~ 2.0ug/ml。常用于一些蛋白质抗原的定量检测,如甲胎蛋白、HBsAg、IgD 等。用核素标记少量抗原进行火箭电泳,然后用放射自显影处理,可进一步提高敏感性,可检出 20ng/ml 左右的抗原量。

3. 双向琼脂扩散试验(Double Immuno-diffusion) 将半固体琼脂倾注在玻片或平板上,打孔,分别将抗原与抗体加入孔内,置湿盆上任其自由扩散。经一定时间,二者在相对应的浓度比例适当时,即出现白色沉淀线。本试验可用于对复杂的抗原抗体系统进行

