

医学生物化学丛书

血液生物化学

林钧材 主编

欧阳啟楣 王明运 赵宝昌

李永岚 黄诒森 南国华

林钧材 崔肇春

编写

人民卫生出版社

医学生物化学丛书

血液生物化学

林钧材 主编

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

北京市房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米32开本 12 $\frac{3}{4}$ 印张 4插页

1988年11月第1版 1988年11月第1版第1次印刷

印数: 00,001—4,570

ISBN 7-117-03606-4/R·607 定价: 5.30元

〔科技新书目164—79〕

前 言

血液生物化学内容与临床关系密切，而且发展又快，从事医学教学、科研的人员，医务工作者以及医学院校研究生和大学生都需要一本既有基础理论又能适当联系临床的血液生物化学参考书。我们谨将这本《血液生物化学》献给广大读者，以期共同切磋，促进有关方面工作的发展。

本书是《医学生物化学丛书》的一个分册，为避免与其他分册内容重复，主要对血浆蛋白质、血浆脂蛋白、血液凝固、纤维蛋白溶解、红细胞代谢、血红蛋白和白细胞的生化七项内容作了较深入的介绍。

由于编者水平有限，本书中难免存在不当或错误之处，敬请读者予以批评指正。

林钧材

《医学生物化学丛书》出版说明

《医用生物化学》作为医学院校师生和临床医生学习生物化学的参考书,自1979年出版后受到读者的好评与鼓励。但是,生物化学领域进展十分迅速,近年来无论是基础生化理论,或是联系到医学实践的知识,都有很大的发展,出现了不少新观点或新突破,书中有许多内容需要更新补充。另一方面,本书编写时,由于受当时思想的束缚,有不少重要的生物化学基础理论知识未能予以充分阐明,这是我们一直引以为憾的。因此,经过酝酿准备,我们着手对此书作全面修订。为了适应当前教学、科研、医疗对生物化学的广泛需要,力求及时反映国内外的成就和进展,决定将《医用生物化学》改为一套《医学生物化学丛书》,分册陆续出版。丛书暂定为八册,每一分册有一主题,由上海医科大学、大连医学院、山东医科大学和北京医科大学的生物化学教研室分工负责编写。

为了编好这套丛书,成立了《医学生物化学丛书》编写委员会,由顾天爵、张昌颖、陈惠黎、李茂深、林钧材、王明运等同志组成,负责审定各分册的主题及编写内容。

丛书仍会有一些不够完善之处,恳望广大读者提供宝贵意见。丛书的出版,如能对读者有参考价值,编者将感到十分高兴。

《医学生物化学丛书》编委会

目 录

第一章	血浆蛋白质·····	1
第二章	血浆脂蛋白·····	58
第三章	血液凝固·····	103
第四章	纤维蛋白溶解·····	139
第五章	红细胞的生化·····	167
第六章	血红蛋白·····	259
第七章	白细胞的生化·····	340

第一章 血浆蛋白质

第一节 概述	2
一、血浆蛋白质的分离纯化	4
(一) 沉淀法	5
(二) 电泳法	5
(三) 层析法	9
二、血浆蛋白质的组分和分类	11
(一) 血浆蛋白质的组分和特性	11
(二) 血浆蛋白质的分类	13
三、血浆蛋白体系 and 组别简介	14
(一) 凝血系统	14
(二) 补体系统	14
(三) 免疫球蛋白	16
(四) 血浆蛋白酶抑制剂	16
(五) 脂蛋白	19
(六) 已知功能的水浆蛋白质 (载体蛋白)	20
(七) 未知功能的水浆蛋白质	20
四、血浆蛋白质的临床重要性和遗传变异	21
第二节 前白蛋白	22
一、前白蛋白的组成和结构	23
(一) 前白蛋白的组成和一级结构	23
(二) 前白蛋白的三维结构	24
二、前白蛋白的理化性质和遗传变异	27
三、前白蛋白的运输功能	28
(一) 运输甲状腺激素	28
(二) 运输维生素A	29
四、疾病时前白蛋白浓度的变化	31
第三节 白蛋白	32

016657-89/2/17-5.502

一、白蛋白的化学组成和结构·····	32
二、白蛋白的理化性质·····	35
(一) 一般性质·····	35
(二) 白蛋白的不均一性·····	36
三、白蛋白的分布·····	37
四、白蛋白的生理功能·····	39
(一) 血液缓冲剂·····	39
(二) 营养作用·····	40
(三) 维持血浆胶体渗透压和液体交换·····	40
(四) 运输功能·····	41
五、白蛋白的代谢·····	44
(一) 白蛋白的生物合成·····	44
(二) 影响白蛋白生物合成的因素·····	48
(三) 白蛋白的分解代谢·····	50
六、白蛋白的变异·····	53
(一) 双白蛋白血症·····	53
(二) 白蛋白二聚体变异·····	53
(三) 无白蛋白血症·····	53
七、疾病时血清白蛋白浓度的变化·····	54
参考文献·····	55

第一节 概 述

血浆蛋白质是血浆中含量最多的固体成分，其种类繁多。早在 1830 年就有人开始作血液白蛋白和纤维蛋白分析。如 19 世纪末 Hofmeister 发现球蛋白的沉淀只需要半饱和硫酸铵，而白蛋白则需要饱和硫酸铵溶液等。但是血浆蛋白质的系统研究却只是近几十年的事情。随着分离、纯化及测定技术的不断改进，尤其采用了同位素法和免疫化学技术，最近十多年来血浆组分的研究进展更快，不断揭示了人类血浆蛋白质成分的复杂性和生理作用的重要性。目前已经知道的就有 200 多种，其中分离出接近纯品的上百种（表 1-1）；而且还对 30~40 种人血浆蛋白质进行

了氨基酸排列顺序的分析。许多血浆蛋白质的理化性质、生化特性、生理功用、在体内的代谢、遗传变异及其与临床医学关系等方面的研究工作都取得很多进展，积累了丰富的资料。

表 1-1 血浆蛋白质分级分离的年代、
方法和纯品数目

年代	方 法	纯品数目*
1880	无机盐沉淀	1
1889	优球蛋白沉淀	2
1900		2
1910	乙醇沉淀，电渗析	2
1920	超速离心	3
1930	自由电泳	3
1940	过氯酸沉淀	5
	氨基酸分析	
	滤纸电泳	
	免疫电泳	
	亲和层析	
1950	羟磷灰石层析	10
	淀粉凝胶电泳	
	利凡诺 (rivanol) 沉淀	
	DEAE、CM-纤维素层析	
	放射免疫电泳	
	凝胶过滤	
1960	聚丙烯酰胺凝胶电泳	30
1970	等电聚焦电泳	55
1980	等速电泳	100

* 高度纯化的血浆蛋白质的大约数。

表 1-2 为已经进行氨基酸顺序分析的人血浆蛋白质。人们早已知道，在细胞培养中，血清常常是细胞生长的必要条件。血清中加速细胞生长的某些因素已被分离，其中有些已鉴定为一般的激素如胰岛素和促生长因子，有些则只知它们有刺激增殖的作用，但它们的组分及性质还不清楚，这些组分中的一部分，分子量为

表 1-2 已经进行氨基酸顺序分析
的人血浆蛋白质

- | | |
|---|--|
| <p>1. 已测知全部或大部分氨基酸排列顺序的有：前白蛋白、白蛋白、α_1-酸性糖蛋白、结合珠蛋白 (α_1^S、α_1^F、α_2、β 链)、载脂蛋白 (A-I、A-II、C-I、C-II、C-III)、视黄醇结合蛋白、纤维蛋白原、β_2-微球蛋白、C3a-过敏毒素、C5a-过敏毒素、C-反应蛋白、IgG (γ 链)、IgA (α 链)、IgM (μ 链)、IgE (ϵ 链)、κ 链、λ 链、τ 链。</p> | <p>2. 测出部分氨基酸序列的有：运铁蛋白、铜蓝蛋白、补体成分 ($C1q$、$C1r$、$C1s$)、β_2-糖蛋白 I、9.5α_1-糖蛋白、凝血酶原、α_1-抗胰蛋白酶、α_1-抗胰凝乳蛋白酶、血纤维蛋白溶酶原、血纤维蛋白溶酶、运血红素蛋白、凝血因子 XII。</p> |
|---|--|

15,000~20,000，它们与激素不同，可能这一部分本身就是血浆的固有成分，这些体液性因素的分离和生化研究，对医学是有意义的。近年来，人们不仅对经典的血浆蛋白质的知识有了引人注目的增长，医学方面随着对血浆中“次要”组分（如运铁蛋白、结合珠蛋白、运血红素蛋白、血浆蛋白酶抑制剂等）的研究进展，特别对作为体液性因素影响血浆蛋白质生物合成的那些蛋白质的研究很感兴趣，这方面的研究将会对疾病和健康的认识作出贡献。总之，血浆蛋白质的研究不论对基础医学和临床医学各领域都是一个颇有兴趣和有意义的课题，涉及面广，内容丰富。本章所涉及的内容，只是其中的一小部分。其他重要的血浆蛋白如凝血系统、补体系统、免疫球蛋白、脂蛋白、血浆蛋白酶抑制剂及除白蛋白、前白蛋白外其他的载体蛋白等均未列入本章内容，请参阅有关章节。

一、血浆蛋白质的分离纯化

分离纯化血浆蛋白质各组分有四个主要目的：①获得纯品作组分和结构分析，以便在分子水平上阐明蛋白质结构与功能的关系；②用高纯度蛋白质通过免疫获得各种蛋白质抗血清，后者是现今对蛋白质生物学功能的研究和临床诊断不可缺少的试剂；③分离制备具有预防和治疗作用的“药用”蛋白质；④测定疾病时各种血浆蛋白质浓度的变化。

可以根据各种蛋白质的理化性质或生物学特性的不同进行血浆蛋白质的分离。目前采用的方法有沉淀法、电泳法、层析法、超离心法、吸附法、抽提法、结晶法和超滤法等。由于分离目的不同,采用的方法各异,所得到的组分数目亦有差别,组分的命名也不尽相同,其中有些方法可用于血浆蛋白质总量和组分的定性、定量分析。现将较为常用的几种方法简要介绍如下。

(一) 沉淀法

沉淀法是利用溶解度的不同来提取分离蛋白质。经典的盐析法如用硫酸铵、硫酸钠、亚硫酸钠或磷酸盐等分段沉淀蛋白质,现仍被广泛采用,而且还可用于定量分析。

使用有机溶剂(如乙醇、甲醇、丙酮等)分段沉淀法,仍经常采用。但加入乙醇与水混合时释放热量,容易引起蛋白质变性,因此一般只能在低温下进行,必须严格控制沉淀条件,操作比较麻烦。

1956年 Horejsi 和 Smetana 首先采用利凡诺(rivanol)分离蛋白质。利凡诺即 6,9-二氨基-2-乙氧基吡啶乳酸盐,易溶于水,低浓度溶液即可在 260~280 纳米显示荧光。它在 pH8.0 时带正电荷,与蛋白质以静电作用相结合,可与多种血浆蛋白质形成不溶性的复合物。用利凡诺沉淀蛋白质时可以通过调节试剂的 pH 和浓度,进行多种蛋白质如 α_2 -巨球蛋白、前白蛋白、IgG、血清胆碱酯酶及补体成分 C₃ 等的分离。

也可以用聚乙二醇(PEG)进行蛋白质的分段沉淀。常使用的有 PEG4,000 和 PEG6,000,都是一些不均匀的混合物,其平均分子量分别为 4,000 和 6,000。PEG 与乙醇不同,是一种性质比较温和的沉淀剂,当与水混和时几乎不释放热量,在 0℃ 以上使用也不易引起蛋白质变性。通过调节溶液的 pH、离子强度、蛋白质浓度及选用不同分子量的 PEG,可以提高该法的特异性,用以纯化血浆中 γ -球蛋白和纤维蛋白原等蛋白质。

(二) 电泳法

电泳技术已经成为研究各种大分子物质特性及鉴定其纯度的重要方法之一。本法主要利用各种蛋白质分子大小和表面电荷的差别,在直流电场中迁移速度的不同而加以分离。电泳方法种类

很多，有移动界面电泳、区带电泳和免疫电泳等。根据支持物的不同，区带电泳又可分为滤纸电泳、醋酸纤维素薄膜电泳、淀粉板电泳及凝胶电泳（包括琼脂凝胶、淀粉凝胶和聚丙烯酰胺凝胶）等，而从种类分类则又有普通电泳、盘状电泳、等电聚焦电泳及等速电泳等。

迁移率的精确测量虽可以应用自由界面电泳，但是仪器复杂，价格昂贵，难于普遍使用。自从 1950 年滤纸电泳法问世以来，区带电泳发展甚为迅速，其发展着眼于寻找更好的支持物，改进设备，设计制备蛋白质纯品的各种电泳。

各种性能不同的电泳支持物，对血浆蛋白质的分辨能力差别

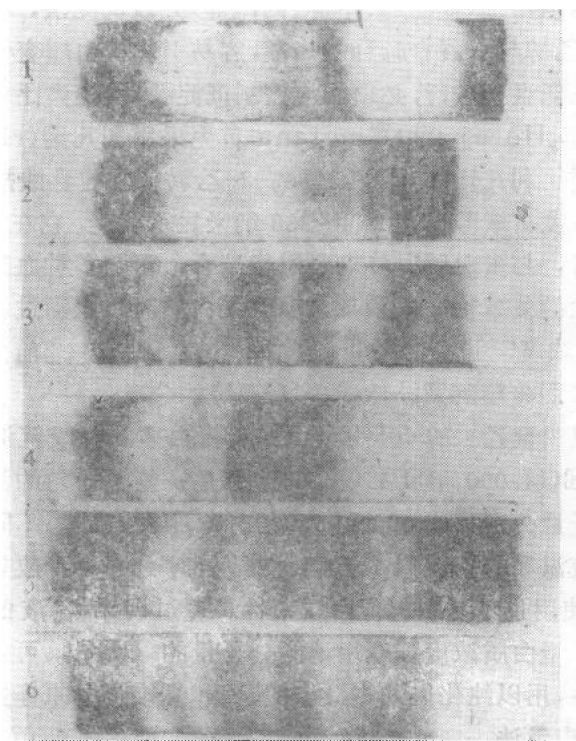


图 1-1 正常成人血清和某些疾病血清滤纸电泳图谱

Whatman 滤纸 (3cm). 0.05mol/l 巴比妥缓冲液 pH8.6. 5V/cm

电泳16小时

电泳谱 1.骨髓瘤(IgG); 2.骨髓瘤(IgM); 3.骨髓性白血病; 4.腹
质肾病; 5.病毒性肝炎(多克隆); 6.正常成人血清

很大。滤纸电泳可将血清蛋白质分离为白蛋白、 α_1 -、 α_2 -、 β - 和 γ -球蛋白 (图 1-1)。醋酸纤维素薄膜电泳区带清晰不拖尾, 电泳时间短, 所需设备简单, 已为临床实验室常规使用。这种电泳方法又有了许多改进, 如用专门明胶化的纤维素膜可提高分辨率。有些微量电泳, 只用血清 0.1~0.5 微升, 电泳时间也可以缩短到 15 分钟。琼脂和琼脂糖是一种较好的电泳支持物, 其最大优点是几乎不吸附蛋白质(图 1-2), 是分辨血浆脂蛋白的良好介质。

从提高分辨率和降低吸附力方面看, 目前认为聚丙烯酰胺凝胶和淀粉凝胶电泳最令人满意, 因其具有分子筛作用。淀粉凝胶电泳可将血清蛋白质分离 12~20 条区带, 可使多种球蛋白, 特别是结合珠蛋白、运血红素蛋白和 GC 球蛋白得以分离。但是, 操作比较困难, 需要冷室设备。

聚丙烯酰胺凝胶电泳 (PAGE) 操作简便, 分辨力高, 可将血浆蛋白质区分为 25~30 条区带。十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳 (SDS-PAGE), 已广泛用于测定纯化蛋白质的分子量及其亚基的组分。聚丙烯酰胺凝胶电泳后对大分子的检测, 常用考马斯亮蓝染色, 这种染色步骤简单, 但灵敏度较差, 不能检出微量蛋白质。1979 年以来 Switer、Merril 等将银染色应用到聚丙烯酰胺凝胶电泳蛋白质染色, 灵敏度远远高于考马斯亮蓝, 能与放射自显影相媲美。然而, 各种染色技术的一个主要缺陷是不能利用来定量。若将被研究的大分子先用放射性标记物进行标记, 则可以进行蛋白质定量。

免疫电泳能根据电泳和免疫学性质来区分溶液中的蛋白质。这是将区带电泳和凝胶双向扩散法相结合的一种技术, 从而能提高分辨力, 检测出许多更为微量的血浆蛋白质。免疫电泳图谱见图 1-3。

免疫电泳定量, 已成为目前血浆蛋白质定量测定的重要方法之一。可将特殊蛋白质的相应抗体加入熔化的凝胶(如琼脂)中, 制成凝胶板, 于板孔中滴入血清通电进行电泳, 形成火箭样的沉淀弧, 测量弧的长度可定量, 这种技术称为火箭电泳。常用这种方法检测凝血因子 VIII。如果将两种或更多的抗血清加入凝胶中,

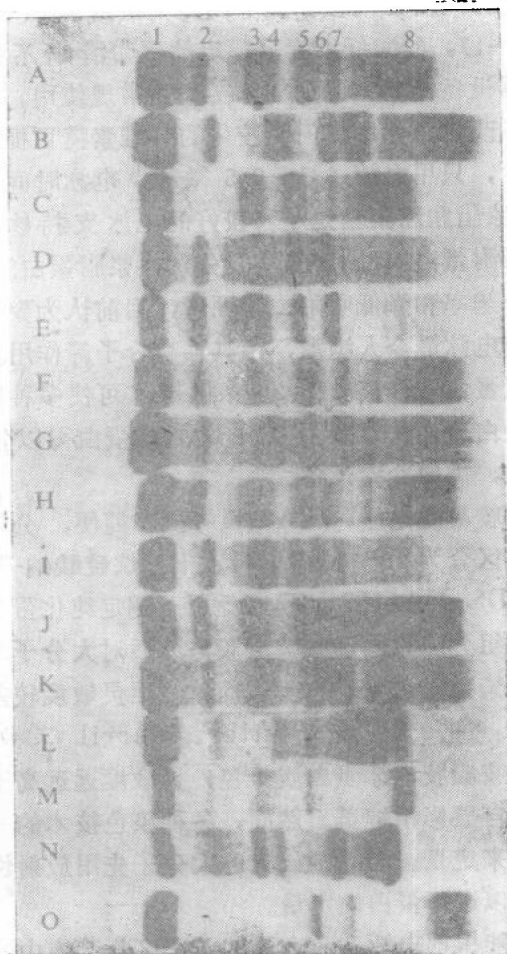


图 1-2 纯化琼脂糖血清蛋白电泳谱
正常与某些病理血清电泳谱比较

数字标示蛋白质的主要区带：1.白蛋白；2. α_1 -抗胰蛋白酶；3. α_2 -巨球蛋白；4.结合珠蛋白；5.运铁蛋白；6. β -脂蛋白；7.C₃成分；8. γ -球蛋白。
英文字母标示：A.正常；B.高胆红素血症（胆红素-白蛋白增多）；C. α_1 -抗胰蛋白酶缺乏；D.肾病综合征；E.蛋白质漏出性胃肠病；F.结合珠蛋白缺乏（溶血性贫血引起）；G.高 β -脂蛋白血症；H.C₃成分缺乏；I.低 γ -球蛋白血症；J.肝硬化；K、L、M依次分别是IgG、IgA、IgM多发性骨髓瘤；N.本周氏蛋白尿（在 γ -球蛋白部分有两个单克隆区带）；O.多发性硬化症脑脊液

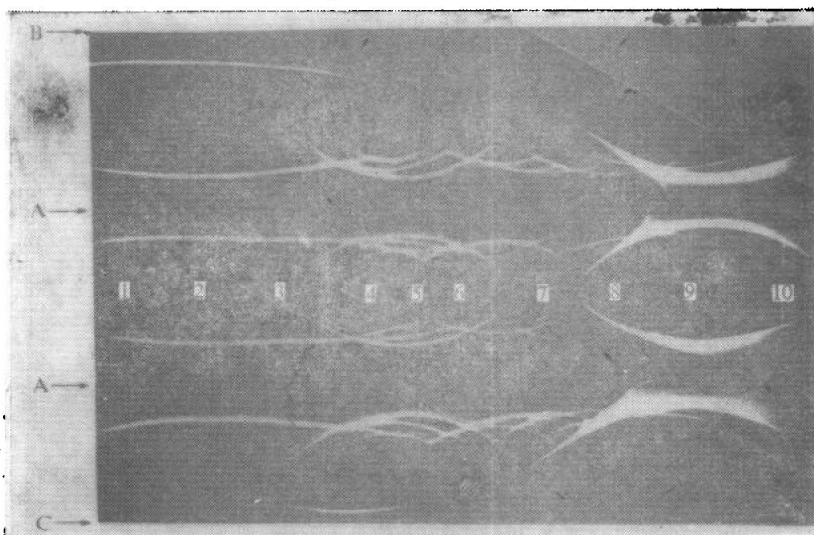


图 1-3 病毒性肝炎患者血清免疫电泳图谱

沉淀弧标号：1. IgG；2. IgM；3. IgA；4. 运血红素蛋白；5. 运铁蛋白；6. α_2 -巨球蛋白；7. 结合球蛋白；8. Gc 球蛋白；9. α_1 -酸性糖蛋白；10. 白蛋白

槽内抗血清：A. 为抗全人血清；B. 为抗IgG血清；C. 为抗IgA血清

进行火箭电泳，由于蛋白质的迁移率不同便容易被分离。

火箭电泳的一种改进方法称为交叉免疫电泳。将血清置于不含抗体的凝胶板（如琼脂糖）上进行电泳，各种成分泳动于不同的位置。然后将该凝胶切下，放在另一含有抗体的凝胶板上，再进行垂直方向电泳，于是各种蛋白质在移动过程中，与相应的抗体结合，即出现火箭样的沉淀峰（图 1-4）。

此外，免疫荧光分析法测定白蛋白，也是血浆蛋白分析的进展之一。总之，电泳法对白蛋白和球蛋白分辨最清楚，能测定数种蛋白质的相对值或绝对值，因而能提供更多实验室资料供参考。随着方法的简化和自动分析进展，将会更加普及，可以部分代替白蛋白和球蛋白的常规化学分析方法，而且可测定更多单一成分。

（三）层析法

层析法是血浆蛋白质分析进展最快的方法，其中以凝胶过滤及亲和层析尤为显著。

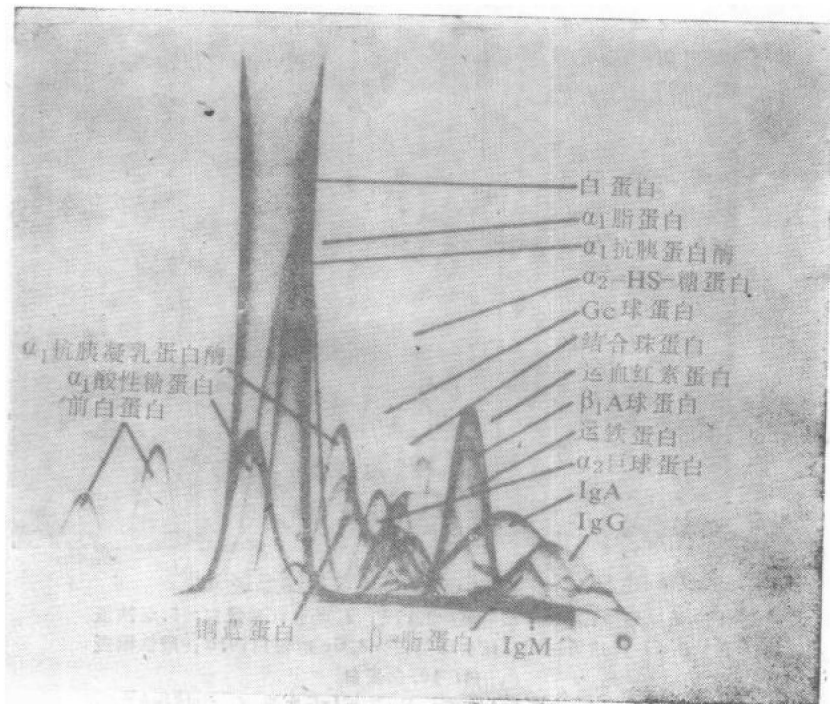


图 1-4 正常人血清双向琼脂糖板凝胶电泳图谱

正常人血清2μl，第一向电泳后，将1μl 前白蛋白加入含有兔抗人血清抗体的凝胶中作内标，转90°作第二向电泳，可以出现40多个沉淀峰，有些沉淀峰已经鉴定

凝胶过滤是利用不同交联度的葡聚糖凝胶、交联聚丙烯酰胺凝胶及琼脂糖凝胶等具有分子筛作用的高分子聚合物来分离分子量不同的血浆蛋白质。分子形状亦影响蛋白质分子透入分子筛小孔的性质。细长的分子不容易进孔，球状分子则容易进孔。因此，凝胶过滤法实际使用上是分子大小与分子形状的综合结果。采用已知分子量的蛋白质标准品，此法可测定纯化蛋白质的分子量，但不适用于变性蛋白质和纤维状蛋白质分子量的测定。

利用蛋白质的带电性质不同来分离蛋白质，最常用离子交换层析法，此法是近代纯化蛋白质重要方法之一。

亲和层析是利用生物学的特异性吸附进行分离分析的方法，是目前纯化血浆蛋白质的有效方法。特别有利于浓度较低的血浆

蛋白质的鉴定和分析。表 1-3 列举部分血浆蛋白质亲和层析的吸附剂以供参考。

表 1-3 亲和层析血浆蛋白质的吸附剂

血浆蛋白质	吸 附 剂	血浆蛋白质	吸 附 剂
白蛋白	脂肪酸-琼脂糖 Sepharese-蓝色葡聚糖	结合珠蛋白	血红蛋白-Sepharese
α_1 -抗胰蛋白酶	ConA-Sepharese 胰蛋白酶-Sepharese	运血红素蛋白	高铁血红素、血红蛋白-Sepharese
9.5S α_1 -球蛋白	镍-磷酸纤维素	血纤维蛋白溶酶原	赖氨酸-琼脂糖
甲状腺素结合球蛋白	甲状腺素-琼脂糖	凝血因子 V	凝血酶原-Sepharese
VitB ₁₂ -结合蛋白	VitB ₁₂ -Sepharese	凝血因子 VI	苯甲胺-Sepharese
抗凝血酶 III	肝素-Sepharese	凝血因子 IX	肝素-琼脂糖
视黄醇结合蛋白	前白蛋白-Sepharese	C-反应蛋白	磷酸纤维素
抗血友病因子	ConA-Sepharese	C _{1q}	Ca ²⁺ IgG-Sepharese
		凝血酶	4-氯苯酰胺

二、血浆蛋白质的组分和分类

(一) 血浆蛋白质的组分和特性

主要血浆蛋白质组分的名称、浓度、某些理化特性和生物学

表 1-4 主要血浆蛋白质组分的名称、浓度及特性

蛋白质	符号	分子量	浓度 毫克/100毫升	电泳 迁移率	生物学作用
前白蛋白*	PA、 TBPA	55,000	10~40	7.6	运输甲状腺素、结合RBP、 VitA 醇
白蛋白	Alb	66,300	3500~5500	5.92	维持渗透压、运输胆红素、 游离脂肪酸、阳离子、阴 离子等。
α_1 -球蛋白					
α_1 -酸性糖蛋白*	α_1S	40,000	55~140	5.7	未知，抑制黄体酮?
视黄醇结合蛋白	RBP	21,000	3~6		运输视黄醇 (VitA醇)
α_1 -抗胰蛋白酶*	α_1 -AT	54,000	200~400	5.42	抑制丝氨酸蛋白酶
9.5S α_1 -糖蛋白	α_1 -M	308,000	3~8	α_1	未知
α_1 B-糖蛋白	α_1 -B	50,000	15~30	α_1	未知
α_1 T-糖蛋白	α_1 -T	60,000	5~12	α_1	未知
α_1 -抗胰凝乳蛋白酶*	α_1 -X	68,000	30~60	α_1	胰凝乳蛋白酶抑制剂

蛋白质	符号	分子量	浓度 毫克/100毫升	电泳 迁移率	生物学作用
α_1 -脂蛋白 (高密度)	HDL	28,000	254~387	α_1	运输脂类
α_2 -球蛋白					
Gc-球蛋白	Gc	51,000	40~70	α_2	运输维生素 D
铜蓝蛋白*	Cp	134,000	15~60	4.6	运输铜, 可能调节肝脏铜浓度, 有过氧化物酶活性
α_2 -糖蛋白, 富含组氨酸	HRG	58,000	5~15	α_2	未知
Zn- α_2 -糖蛋白	Zn α_2	41,000	2~15	4.2	未知, 结合 Zn ²⁺
α_2 -HS-糖蛋白	α_2 -HS	49,000	40~82	4.2	未知, 结合 Ba ²⁺
α_2 -巨球蛋白	α_2 -M	725,000	150~420	4.2	凝血酶、胰蛋白酶和胃蛋白酶抑制剂
运皮质激素蛋白	TC	49,500	<7	α_2	运输皮质醇
结合珠蛋白*	HP				
1-1型		100,000	100~220	4.1	结合并帮助保存血红蛋白, 防止铁的丢失
2-1型		200,000	160~300	α_2	
2-2型		400,000	120~260	α_2	
α_2 -脂蛋白	VLDL	250,000	150~230	前- β	运输脂类
甲状腺素结合球蛋白	TBG	58,000	1~2	α_2	运输甲状腺素
β -球蛋白					
运血红素蛋白	H _P X	57,000	50~100	3.1	结合血红素
运铁蛋白	Tf	76,500	200~320	3.1	结合和运输铁
β -脂蛋白	LDL	250,000	280~440	3.1	运输脂类
C ₄ 补体成分	C ₄	206,000	40~80	β_1	补体系统成分
β_2 微球蛋白	$\beta_2\mu$	11,818	痕量	β_2	
β_2 糖蛋白 I	β_2 I	40,000	15~30	1.6	未知
β_2 糖蛋白 II	GGG	63,000	12~30	β_2	C ₃ 激活剂, 活化备解素
β_2 糖蛋白 III	β_2 III	35,000	5~15	β_2	未知
C-反应蛋白*	CRP	118,000	1	β_2	调理素, 炎症时促进调理作用
C ₃ 补体成分*	C ₃	180,000	55~180	β_2	补体系统成分
纤维蛋白原*	ϕ , Fib	341,000	200~600	2.1	凝血因子 I
γ -球蛋白					
免疫球蛋白 M	IgM	950,000	60~250	2.1	抗体(早期反应)
免疫球蛋白 E	IgE	190,000	0.06	2.1	变态反应系统的反应素
免疫球蛋白 A	IgA	160,000	90~450	2.1	组织抗体
免疫球蛋白 D	IgD	160,000	15	1.9	细胞表面和血浆中抗体
免疫球蛋白 G	IgG	160,000	800~1800	1.2	抗体(广范围)

*属人体急性时相反应蛋白质, 表中浓度毫克/100毫升为正常值。