

电泳蛋白图谱

李修旺 编著

福建医科大学

前 言

血清蛋白电泳是临床诊断疾病的一个资料，甚至是一个极为重要的资料。自从应用醋酸纤维素膜作为支架之后，由于操作时间缩短，临床已广泛地应用。鉴于国内目前缺乏这方面的完整资料，在校领导大力支持和同志们帮助下，根据实践与理论相结合和“洋为中用”的原则编写了《血清蛋白电泳》一书。

本书内容分为五章。第一章介绍蛋白质空间构型，构型与功能以及构型与电泳的关系。第二章介绍正常血清蛋白电泳图型产生的机理以及如何对图型进行分析。第三章介绍蛋白质合成代谢、分解代谢和代谢的调节。第四章介绍产生血清蛋白质异常症的机制和病因。第五章介绍异常电泳的类型和各种类型产生的机理。最后介绍如何应用电泳图型来诊断疾病。

虽然内容以血清蛋白电泳类型与疾病的关系为中心，因有不少篇幅介绍蛋白质正常和异常代谢，因此本书可供医学生、临床医师和医学基础课老师学习参考资料。由于专业水平有限，加之时间仓促，又缺乏经验，书中必然存在着不少缺点和错误，希望同志们提出宝贵意见，帮助进一步修订提高。

作 者

1979年元月

目 录

第一章 血清蛋白质化学	(1)
一、蛋白质分子结构.....	(1)
(一) 蛋白质分子的一级结构.....	(1)
(二) 蛋白质分子的二级结构.....	(3)
(三) 蛋白质分子的三级结构.....	(4)
(四) 蛋白质分子的四级结构.....	(5)
二、蛋白质分子结构与功能关系.....	(7)
(一) 肽链的氨基酸排列顺序与功能关系.....	(7)
(二) 血红蛋白的空间构型与功能关系.....	(8)
(三) 血红蛋白的变构效应及其生理上的意义.....	(9)
三、蛋白质分子电性质.....	(9)
(一) 等电点.....	(9)
(二) 电泳.....	(10)
(三) 电泳度.....	(10)
第二章 正常血清蛋白质电泳图型	(13)
一、滤纸电泳和醋酸纤维素膜电泳.....	(13)
二、区带的外观.....	(16)
三、区带的浓度.....	(16)
四、波峰.....	(18)
第三章 血清蛋白质代谢	(19)
一、蛋白质生物合成和调节.....	(19)
(一) 蛋白质合成的一般过程.....	(19)
(二) 核糖核酸的合成.....	(29)
(三) 蛋白质合成的调节.....	(32)
二、蛋白质分泌和分布.....	(38)
三、蛋白质降解和调节.....	(39)
四、反馈作用.....	(41)
第四章 血清蛋白质异常症	(43)
一、白蛋白异常症.....	(43)
二、胶体渗透压性蛋白质异常症.....	(45)
(一) 非选择性蛋白质丧失.....	(46)
(二) 选择性蛋白质丧失.....	(46)

三、免疫球蛋白异常症.....	(46)
(一)多系性免疫球蛋白增多.....	(49)
(二)单系性免疫球蛋白增多.....	(49)
(三)低 γ 球蛋白血症.....	(50)
四、肝细胞性蛋白质异常症.....	(51)
五、激素性蛋白质异常症.....	(52)
(一)通过细胞质膜受体起作用的激素.....	(52)
(二)通过细胞内受体起作用的激素.....	(55)
六、急性时相反应性蛋白质异常症.....	(57)
七、红细胞性蛋白质异常症.....	(59)
八、基因性蛋白质异常症.....	(60)
(一)DNA复制和修复.....	(60)
(二)基因突变与蛋白质异常.....	(63)
(三)基因表达失常与蛋白质异常.....	(64)
九、脂蛋白代谢紊乱.....	(66)
(一)极低密度脂蛋白.....	(68)
(二)乳糜微粒.....	(68)
(三)低密度脂蛋白.....	(68)
(四)高密度脂蛋白.....	(69)
第五章 异常血清蛋白质的电泳图型.....	(71)
一、类型和特征.....	(71)
二、病因、机制和鉴别.....	(72)
《一》蛋白不足型.....	(73)
《二》肾病型.....	(73)
《三》急性肝细胞损伤型.....	(74)
《四》肝硬化型.....	(75)
《五》急性时相反应型.....	(77)
《六》慢性感染型.....	(77)
《七》 β 球蛋白增多型.....	(79)
《八》 γ 球蛋白广泛增多型.....	(80)
《九》M蛋白型.....	(80)
《十》甲胎蛋白型.....	(86)
《十一》妊娠型.....	(86)
《十二》蛋白缺乏型.....	(86)
《十三》混合型.....	(87)
三、诊断上的应用.....	(88)
(一)诊断上的价值.....	(88)
(二)如何应用.....	(89)

第一章 血清蛋白质化学

血清蛋白质种类甚多，目前已鉴定和已知特性的蛋白质，就超过了六十种。根据溶解性，可分为两大类，即溶于水的白蛋白类和不溶于水而溶于稀盐溶液的球蛋白类。按照化学成分，可分为单纯蛋白类和结合蛋白类。单纯蛋白质，其化学成分只含有氨基酸；结合蛋白质，其化学成分除了氨基酸外，还含有糖（糖蛋白）、脂类（脂蛋白）或金属离子（金属蛋白）等。属于白蛋白类或单纯蛋白类的蛋白质较少，如白蛋白。属于球蛋白类或结合蛋白类的蛋白质较多，如前白蛋白、 α_1 -脂蛋白、 α_1 -酸性糖蛋白、 α_1 -抗胰蛋白酶、输皮质激素蛋白、 α_2 -GC球蛋白、中间 α -胰蛋白酶抑制物、接联珠蛋白、铜兰蛋白、 α_2 -巨球蛋白、 α_2 -脂蛋白、 α_2 -糖蛋白、 α_2 -HS糖蛋白、 β -脂蛋白、 β_1 A-球蛋白、 β_1 C-球蛋白、 β_1 E-球蛋白、输铁蛋白、结合血红素球蛋白、 β_2 -糖蛋白、免疫球蛋白A、免疫球蛋白G、免疫球蛋白M、免疫球蛋白E、免疫球蛋白D和血浆素元，等等。

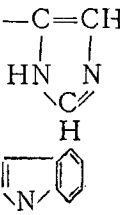
血清蛋白质，不但种类繁多，而且各种蛋白质的理化性质和生物学功能各不相同，这与蛋白质分子的复杂结构分不开的。

一、蛋白质分子结构

组成血清蛋白质的基本单位是氨基酸，各种氨基酸结构如表1—1。蛋白质分子中的氨基酸通过肽键联接起来，氨基酸有一定顺序排列。虽然，氨基酸仅有二十多种。但是，组成蛋白质分子的氨基酸数目很多。少者有数十个，多者可达数千个。因此，蛋白质分子量大，结构复杂，种类多。有生物活性的血清蛋白质，具备三级或四级结构，外形呈球状或椭圆形（球状蛋白类）。

（一）蛋白质分子的一级结构 蛋白质分子中的氨基酸，彼此之间以肽键（ $-\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{|}}{\text{N}}}-$ ）连接成一条或几条多肽链，氨基酸有一定顺序排列。一条多肽链，除了一条主链外，还有许多侧链。主链由各个氨基酸 α -碳原子和肽键组成的。侧链由氨基酸残基的侧链(R)组成的。主链长，末端各有一个游离的 α -氨基和 α -羧基，分别称N末端和C末端。侧链短，可有电离基团，线状的多肽链，称为蛋白质分子的一级结构（见图1—1）。现在有少数蛋白质分子的一级结构已经搞清楚了，如胰岛素的一级结构由51个氨基酸组成的二条多肽链（A链和B链）。链与链之间通过二硫键相连接，A链由21个氨基酸组成，B链由30个氨基酸组成，各链上氨基酸顺序排列如图3—8。

表1-1 组成血清蛋白质的氨基酸

氨基酸名称	代 号	结 构 式 $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HOOC}-\text{C}-\text{R} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
甘 氨 酸	Gly (甘)	—H
丙 氨 酸	Ala (丙)	—CH ₃
缬 氨 酸	Val (缬)	—CH(CH ₃) ₂
亮 氨 酸	Leu (亮)	—CH ₂ CH(CH ₃) ₂
异亮氨酸	Ile (异亮)	—CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃
丝 氨 酸	Ser (丝)	—CH ₂ (OH)
苏 氨 酸	Thr (苏)	—CH(OH)CH ₃
半胱氨酸	GySH (半)	—CH ₂ SH
蛋 氨 酸	Met (蛋)	—CH ₂ CH ₂ SCH ₃
门冬氨酸	Asp (门)	—CH ₂ COOH
门冬酰胺	Asn (门胺)	—CH ₂ CONH ₂
谷 氨 酸	Glu (谷)	—CH ₂ CH ₂ COOH
谷氨酰胺	Gln (谷胺)	—CH ₂ CH ₂ CONH ₂
精 氨 酸	Arg (精)	—CH ₂ CH ₂ CH ₂ NHC(NH ₂)NH ₂
赖 氨 酸	Lys (赖)	—CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ NH ₂
苯丙氨酸	Phe (苯)	—CH ₂ 
酪 氨 酸	Tyr (酪)	—CH ₂ 
组 氨 酸	His (组)	—CH ₂ — 
色 氨 酸	Try (色)	—CH ₂ 
脯 氨 酸	Pro (脯)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CHCOOH} \\ \quad / \\ \text{N} \quad \text{H} \end{array}$

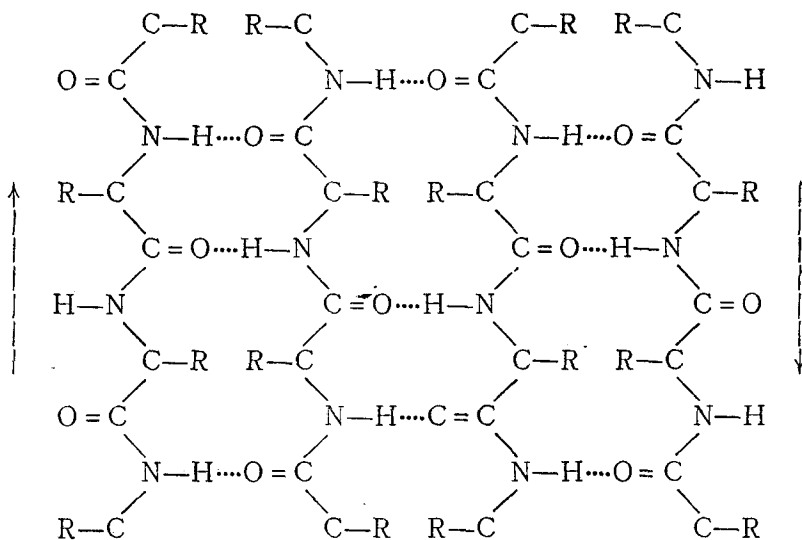


图 1—3 反平行的β片层结构

(三) 蛋白质分子的三级结构 蛋白质分子的二级结构,又可按照一定方式,折迭盘绕,形成三级结构。三级结构靠多肽的侧链间的盐键、氢键和疏水键等维系和固定。一般而言,具有完整的三级结构的蛋白质,已能发挥其生物学功能。因此,可将这样的单位称为蛋白质分子,其构型如图 1—4。

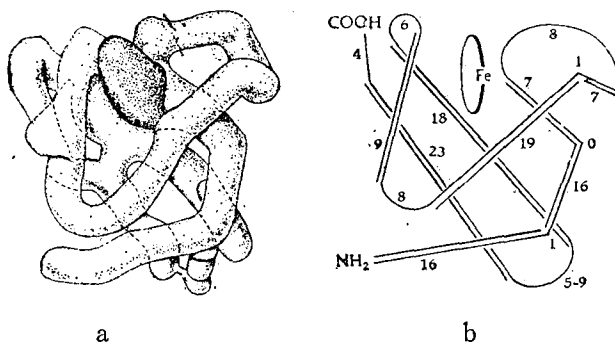


图 1—4 球状蛋白质三级结构

a = 分子一般构象 b = 分子的图解说明, 数字表示每个α螺旋片断(双线)和角(单线、非螺旋区)氨基酸的数目

具有三级结构的球状蛋白质,其多肽链除了含有α螺旋结构区域外,也含有非螺旋区域。这些非螺旋区的多肽链可以各种相互作用的形式(如氢键、疏水键等)形成“反平行”或“平行”片层结构,或“发夹”结构;也可能存在着无定形结构。各种球状蛋白质分子中的α螺旋量不同,如肌红蛋白分子中约有75%,而溶菌酶和糜蛋白酶分子中分别为10%和5%。

三级结构的血清蛋白质,立体构型为球状或椭圆形。氨基酸残基侧链的极性、亲水性基团,全部暴露在分子表面;几乎全部疏水基团包围在分子内面,形成可溶性蛋白质分子。

(四) 蛋白质分子的四级结构 由几个亚基(具有三级结构)组成的才具有生物学功能的蛋白质分子, 其亚基之间相互连接形成四级结构。四级结构靠亚基多肽链之间的 疏水键、氢键或静电吸引力等维系和固定(见图 1—5)。

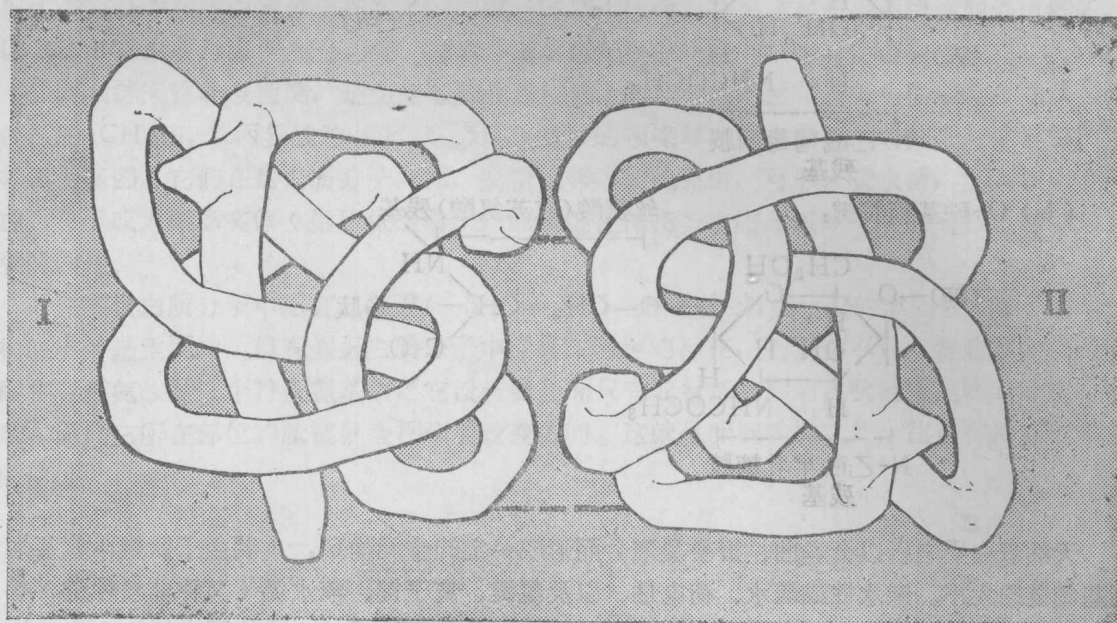


图 1—5 球状蛋白质四级结构(二聚体)

血清蛋白质多为糖蛋白, 见表 1—2。糖蛋白与单纯蛋白相似, 具有三级或四级结构。所不同者, 糖蛋白的多肽链上含有单糖或聚糖(图 1—6)。糖基与极性、亲水性基团一样暴露在蛋白质分子表面。

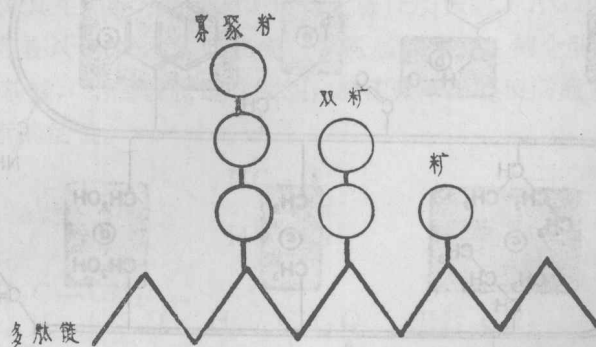
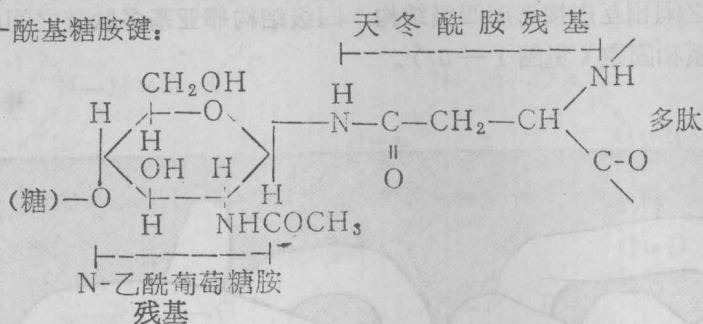


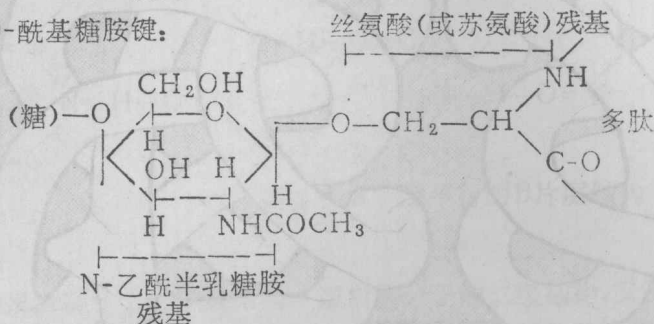
图 1—6 糖蛋白结构示意图

糖蛋白中的单糖或聚糖与多肽侧链上氨基酸残基,通过N或O-酰基糖胺键结合:

(a) N-酰基糖胺键:



(b) O-酰基糖胺键:



天然蛋白质之所以会卷曲、折叠及聚合而形成一定的空间构型,主要由于肽链中氨基酸残基侧链的大小、亲水性或疏水、荷电性、以及氢键、离子键、疏水键(又称非极性键)等付键的形成能力和肽链中二硫键和脯氨酸的特殊作用等等所造成的。这些因素的综合作用构成维持蛋白质分子空间构型的力(图1—7)。付键的键能虽小,但数量很多,足以保持相当稳定的二、三、四级结构,维持蛋白质的空间构型。

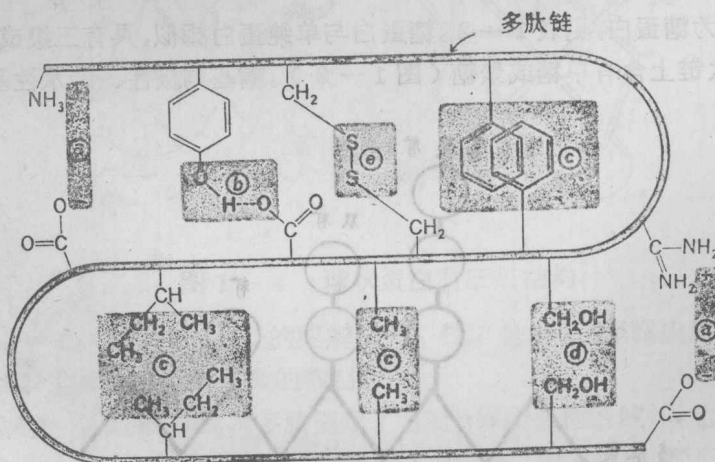


图1—7 稳定蛋白质空间构型的化学键

a = 氢键 b = 离子键(盐键) c = 疏水键

氢键是蛋白质分子中最常见的付键。它是由分子中的氢原子和负电性较强的原子,如氧及氮等原子相互吸引而成的。氢键可存在于二条肽链之间或一条肽链的二圈 α -螺旋之间。虽

然氢键的键能低，但是，一条多肽链上拥有大量肽键，形成氢键也多，因此氢键成为维持蛋白质空间构型中重要的力。

离子键是侧链正负离子之间形成的，又称为盐键。如谷氨酸、门冬氨酸的侧链带有羧基，解离后带负电；精氨酸、赖氨酸、组氨酸等的侧链可带正电荷，它们之间可成离子键。离子键大多数分布在蛋白质分子表面，因为离子键亲水性强，这可解释蛋白质溶液两性电解质，以及许多蛋白质易溶于水的性能。但离子键对稳定蛋白质空间结构的作用较小。

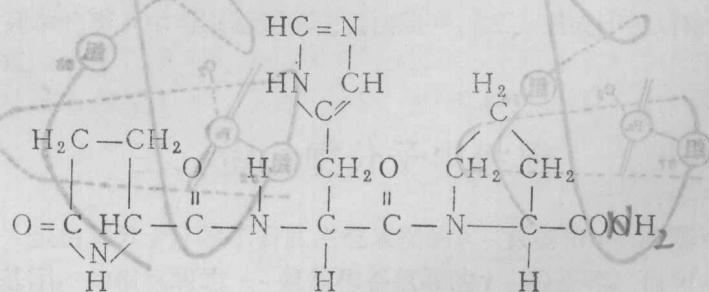
疏水键又称非极性键，是由氨基酸残基侧链上的非极性基团相互吸引而成的。如丙氨酸侧链的 $-\text{CH}_3$ 基，苯丙氨酸的 $-\text{CH}_2-$ 基；色氨酸的吲哚环以及支链氨基酸的分支侧链都属于非极性基团。它们在蛋白质分子内部，紧密相邻，彼此吸引，可形成疏水键，而且使整个蛋白质分子成为球形实体（指球状蛋白），疏水键在保持蛋白质三级结构的稳定性上起着最重要的作用。

许多蛋白质分子中还有二硫键（ $-\text{S}-\text{S}-$ ），是一种共价键，由于它的牢固性，对于空间结构的维持是重要的，但有些蛋白质分子中没有二硫键的存在，所以它不具有普遍意义。脯氨酸和羟脯氨酸是一个特殊氨基酸，它没有氨基而只有亚氨基，后者在肽链中能妨碍螺旋的形成，因此它所在部位的肽链就会拐弯而改变方向，这就是肽链转折之处，往往有脯氨酸存在的原因。

二、蛋白质分子结构与功能关系

蛋白质是生命的物质基础。各种蛋白质都有其特异的生物学功能，所有这些功能与它的空间构型密切相联。不论改变蛋白质分子的一、二、三或四级结构，均可显著影响其生物学功能，下面仅举几例说明之。

（一）肽链的氨基酸排列顺序与功能关系 肽链氨基酸的顺序是空间结构的基础。因此，顺序排列与生物学功能有密切关系。如促甲状腺素释放激素只是一个简单的三肽；其N-末端是5-酮脯氨酸（即焦谷氨酸）残基，如果将N-末端的这个吡咯环水解裂开（成为谷氨酸残基），就立即丧失其生物学活性。又如促肾上腺皮质激素（ACTH）是一个由39个氨基酸组成的多肽激素，若在N-末端水解或改变一个氨基酸残基，都会明显地丧失活性；倘若以C-末端不断去掉氨基酸，则随着肽链的缩短，却在促肾上腺皮质激素活性下降的同时显示出越来越强的促黑激素的活性。



焦谷氨酸 组氨酸 脯氨酸

图 1—8 促甲状腺素释放激素

(二) 血红蛋白的空间构型与功能关系 血红蛋白由四个亚基组成的四聚体。每一个亚基由一条肽链和一个血红素组成。正常人红细胞中97%的血红蛋白由二个 α 亚基 (α 链) 和二 β 亚基 (β 链) 组合而成, 即 $\alpha_2\beta_2$ 。 α 亚基由141个氨基酸连接而成; β 亚基含146个氨基酸。两种亚基的氨基酸顺序虽然不同, 但折叠形式相似, 都有约75% α 螺旋结构, 全部肽链折叠而成八个肽段, 一般分别用A、B.....H八个字母表示。各段之间有长短不一的非螺旋部分(图1—9)。四个折叠的亚基(具有三级结构)又聚合成对称的球形的血红蛋白分子, 肽链中的亲水基团常在分子表面, 而疏水基团大多存在肽段间隙中, 依靠肽链内和肽链间的付键, 保持分子构型的稳定。

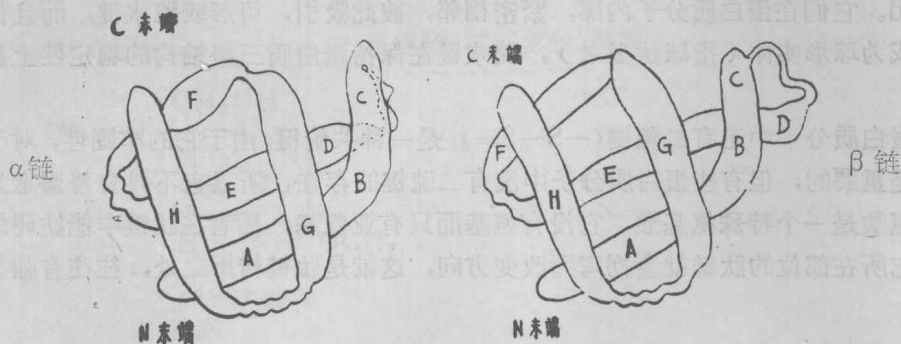


图1—9 血红蛋白 α 及 β 链的三级结构示意图
(棒形部分表示 α -螺旋的肽段)

血红蛋白四个亚基的血红素辅基, 均处于折叠肽链的包围中, 这些肽段主要由含疏水侧链的氨基酸组成。这些疏水侧链和卟啉环上的疏水基形成疏水键, 使血红素中的 Fe^{++} 处于这疏水环境中, 可免遭氧化。此外, 在血红素附近还有两个组氨酸残基(α 链的第58位和87位; β 链的63位和92位), 它们的咪唑基恰好处在血红素环平面的两边。离血红素平面较近的一个咪唑基(α 链的87或 β 链的92)与血红素的铁原子形成一个配位键(图1—10)。血红素中的铁原子共可形成6个键, 除了这个键与咪唑基配合外, 还以二个共价键与卟啉环内两个氮原子结合, 二个配位键与卟啉环内氮原子结合, 余下的一个配位键与氧进行可逆的结合。

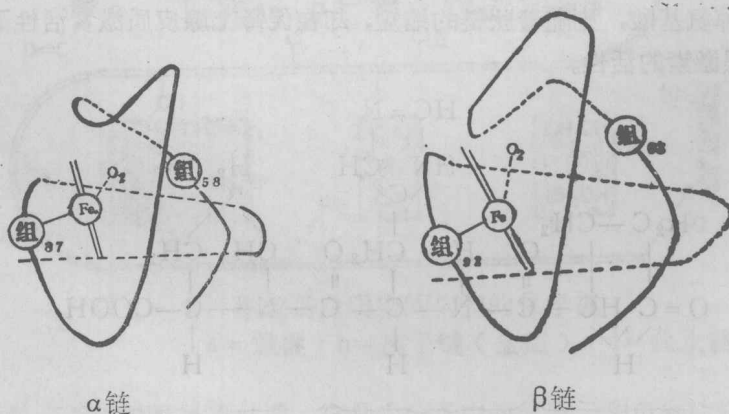


图1—10 血红蛋白 $\alpha\beta$ 链中两个组氨酸和血红素的关系

血红蛋白和氧的可逆结合受氧分压控制，若以氧分压 (pO_2) 为横轴，氧饱和度为纵轴作图，所得的曲线称为氧解离曲线。血红蛋白的氧解离曲线随着氧分压增高而呈S形曲线逐渐上升（图1—11）。血液流经肺部时氧分压较高，氧与血红蛋白结合；血液流经组织时，氧分压较低，氧合血红蛋白解离而放出氧，从而完成血红蛋白运输氧的功能。肌红蛋白以及自血红蛋白分离出来的单一的亚基（单体），它们和氧的结合很强，但当氧分压在10毫米以上时，氧合肌红蛋白和氧合血红蛋白的单体都没有显著的解离。因此，它们都不适宜作为肺与组织之间氧的运载工具。由此可见血红蛋白四级结构的变化和功能改变之间有密切的关系。

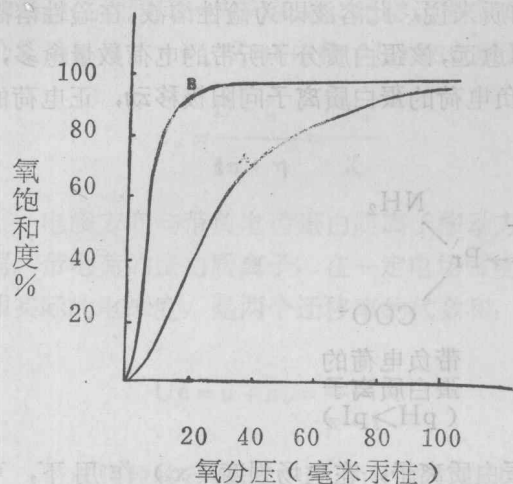


图1—11 血红蛋白和血红蛋白单体或肌红蛋白氧解离曲线的比较
A = 血红蛋白 B = 血红蛋白单体或肌红蛋白

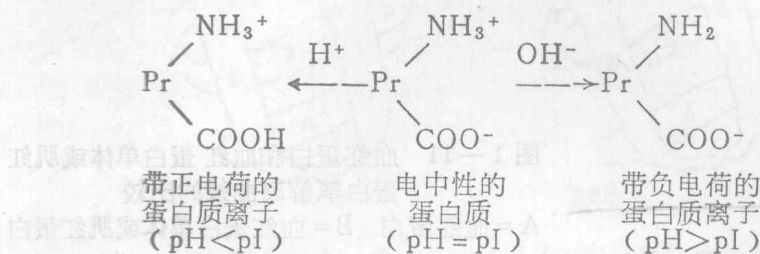
（三）血红蛋白的变构效应及其生理上的意义 天然的血红蛋白（脱氧血红蛋白）亚基之间有不少连接键，使分子构象保持稳定，而且铁原子没有全部嵌入卟啉环平面，与氧的亲合力不大。当血红蛋白中的一个 α -亚基与氧结合后，铁的直径缩小而能落入卟啉环平面，并使铁原子与 α_{87} 或 β_{92} 组氨酸间连接键的距离发生变化，进而引起一系列连接键的变化，使相邻的 α -亚基结构变得易与氧结合，在此亚基与氧结合后，接着又引起其余亚基变构，逐个变得易与氧分子结合，最终整个血红蛋白分子变成氧合血红蛋白的构象。血红蛋白与氧合血红蛋白的转变过程中出现分子构象的改变，称为“变构现象”。不仅血红蛋白的运氧过程是如此，酶的催化过程中也普遍存在着“变构现象”，因此不要把蛋白质的天然构象视为凝固不变的，实际上蛋白质在功能变化时存在构象的变化，而且这种变构是调节其功能活动极为有效的方式。从上面列举的事例中可以看到不论蛋白质一、二、三或四级结构均与其生物学功能有密切相关。

三、蛋白质分子电性质

（一）等电点 蛋白质分子，除了多肽主链末端的 α -氨基和 α -羧基可电离外，其侧链上未结合的电离基团，如赖氨酸的 ϵ -氨基和谷氨酸的 γ -羧基等，也可电离。它们的电离程度不等，而且受溶液的pH影响。由于各种蛋白质分子的氨基酸种类和数目不同，因此各种血清蛋白质的等电点 (pI) 也不相同。所谓等电点，是指蛋白质在一定溶液中，它所带

的酸性基团和硷性基团的电荷数量相等而呈现电中性，此溶液的pH，即为该蛋白质的等电点。例如，血清白蛋白溶解在pH=4.7的溶液中，白蛋白所带的酸性基团和硷性基团的电荷数量相等而呈现电中性，4.7是白蛋白的等电点。

(二) 电泳 蛋白质是一类两性电解质，即它们有酸性及硷性两种性质，这是因为蛋白质含有可电离的羧基和氨基之故。在等电点下，蛋白质是偶极离子（兼性离子），此时正电荷的总数等于负电荷的总数并且其净电荷为零。若以等电点为标准，溶液的pH比蛋白质等电点小，对该蛋白质来说，此溶液即为酸性溶液。在此酸性溶液中，该蛋白质成为带正电荷的离子。溶液的pH比蛋白质等电点大，对该蛋白质来说，此溶液即为硷性溶液。在硷性溶液中，该蛋白质成为带负电荷的离子，溶液的pH离pI愈远，该蛋白质分子所带的电荷数量愈多，带电荷的蛋白质离子在电场作用下，可以移动。负电荷的蛋白质离子向阳极移动，正电荷的蛋白质离子向阴极移动，此种现象称为电泳。



(三) 电泳度（或称迁移率，u） 带电荷蛋白质离子，在电场强度（x）作用下，可向一方向移动，不同蛋白质离子有不同移动速度（v）。所谓移动速度，是指在单位时间（t）内蛋白质离子移动的距离（d）。可用公式表示：

$$V = \frac{d}{t} \quad (\text{单位：厘米/秒})$$

蛋白质离子移动速度，决定于蛋白质离子的电泳度（u）和电场强度。三者关系如下公式：

$$v = u \cdot x$$

电泳度是指在单位电位梯度（伏特/厘米）的电场作用下，蛋白质离子的移动速度。即：

$$u = \frac{v}{x} \quad (\text{单位：厘米}^2/\text{伏特} \cdot \text{秒})$$

蛋白质离子的电泳度，除了与电场强度有关系外，与离子的电荷量（Q）和半径（r）有密切关联。带电荷的蛋白质离子，在移动时，其移动力（F₁）= 电荷量（Q）× 电场强度（X）；其摩擦阻力（F₂）根据流体动力学Stoke氏定律，如果实质是圆形，F₂ = 6π·r·η·v 当F₁ = F₂时，则：

$$QX = 6\pi \cdot r \cdot \eta \cdot v$$

$$\frac{v}{x} = \frac{Q}{6\pi \cdot r \cdot \eta}$$

$$u = \frac{Q}{6\pi \cdot r \cdot \eta}$$

可知，带电荷蛋白质离子的电泳度与离子的电荷量成正比，与蛋白质离子（球状）的半径和介质的粘度（ η ）成反比。球状蛋白质离子的半径与分子量大小有一定关联，分子量大的蛋白质，其半径也大。反之，分子量小的蛋白质，其半径也小。蛋白质离子的电泳度，一般来说，也可看着与分子量成反比。因此，在同一电场强度下，带电荷量多、分子量小的蛋白质离子，其电泳度大，移动速度快。反之，电荷量少、分子量大的蛋白质离子，其电泳度小，移动速度慢。

蛋白质区带电泳，离子移动还受电渗影响。所谓电渗，是指在外面电场强度影响下，液体通过毛细管向一方向流动。电渗迁移率（ u_o ）与电渗速度（ V_o ）、介质的介电常数（ D ）、介质的粘度（ η ）、Zeta电位（ ξ ）和电场强度有如下关系：

$$u_o = \frac{D \cdot \xi}{4\pi \cdot \eta} \cdot X$$

电渗方向与带负电荷蛋白质离子移动方向相反，与带正电荷的蛋白质离子移动方向相同。带电荷的蛋白质离子，在一定电场强度作用下，相对于原点的位移，其迁移率（ U_e ），即实际的电泳度，是两个迁移率的代数和：

$$U_e = u + u_o = \frac{d}{x \cdot t}$$

带电胶粒移动距离（ d ）的计算不是从原点（点样处）算起，而是从迁移率零点算起。作为迁移率零点的物质，是电中性分子，常用果聚糖，它移动的距离，表示电渗强度，具体计算方法如图1—12，各种血清蛋白质的电泳度（pH8.6， $\mu=0.1$ ）见表1—2。

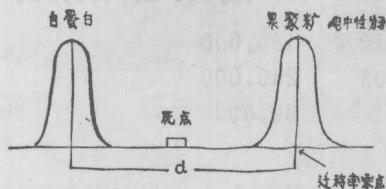


图1—12 白蛋白电泳度计量示意图

表 1—2 正常成人血清蛋白质成分、浓度、特性和生物功能

蛋 白 质		浓度	分子量	等电点	电泳度 $\times 10^5$	特性和功能
名 称	代 号	(克%)				
前白蛋白	Prealb.	0.03	61,000		7.6	含糖1.3%
白蛋白	Alb	4.5—5.6	69,000	4.7	5.92	调节渗透压 作为载体运 输代谢物
α_1 —脂蛋白	α_1 —Lp	0.18	195,000—435,000	5.2		含糖1.5%, 运输脂质
α_1 —酸性糖蛋白	α_1 —AGp	0.09	44,000	1.8—2.7	5.2	含糖40%
α_1 —抗胰蛋白酶	α_1 —At	0.29	45,000	4.0	5.42	含糖41%
运输皮质素蛋白	Tc	0.0007	52,000			含糖14%, 运输皮质素
α_2 —GC球蛋白	α_2 —GC	0.035	50,000			含糖4.2%
中间 α 胰蛋白酶 抑制物	I α TI	0.010				含糖9%
α_2 —HS糖蛋白	α_2 —HS	0.06	49,000	4.1—4.3	4.2	含糖13.4%
α_2 —巨球蛋白	α_2 —M	0.20	820,000	5.4	4.2	含糖10%
接联珠蛋白	Hp	0.16	100,000	4.1	4.5	含糖19.3% 运输游离的 血红蛋白
α_2 —糖蛋白	α_2 —Gp		300,000	3.8		
铜兰蛋白	Cp	0.03	50,000	4.4	4.6	含糖8%,运 输铜
α_2 —脂蛋白	α_2 —Lp	0.10	5,000,000—20,000,000			含糖1.7%, 运输脂质
补体成分—3	C ₃ 或B ₁ A	0.10	185,000			
补体成分—4	C ₄ 或B ₁ E	0.03	240,000			
结合血红蛋白	Hpx	0.1	80,000		3.1	含糖22.6% 运输游离的 血红蛋白
输铁蛋白	Tf	0.32	90,000	5.8	3.1	
β —脂蛋白	B—Lp	0.38	3,000,000	5.5	3.1	含糖1.8%, 运输脂质
β_2 —糖蛋白 I	β_2 —GpI	0.15				
血浆素元	PG	0.03	143,000	5.6	3.7	含糖17.1%
免疫球蛋白A	IgA	0.21	170,000	5.8—6.6	2.1	含糖7.5%
免疫球蛋白G	IgG	1.30	160,000	7.3—8.2	1.2	含糖2.9%
免疫球蛋白M	IgM	0.14	900,000	5.1—7.7	2.1	含糖11.8%

第二章 正常血清蛋白质电泳图型

电泳是测定蛋白质的一种重要方法，目前应用的主要有：自由介面电泳、区带电泳和免疫电泳等，临床上常用的是区带电泳。由于支架不同，区带电泳又分为滤纸、醋酸纤维素薄膜（简称醋纤膜）、琼脂凝胶、淀粉凝胶和丙烯酰胺凝胶等数种，其中以滤纸电泳和醋纤膜电泳最为常用。

一、滤纸电泳和醋纤膜电泳

血清蛋白质在巴比妥—巴比妥钠缓冲液（ $\text{pH}=8.6$ ）中皆成为带负电荷的离子，应用醋纤膜或滤纸为支架，在同一电场强度作用下，向阳极泳动。由于各种蛋白质的电泳度不同，可分离成白蛋白、 α_1 —、 α_2 —、 β —和 γ —球蛋白等五个区带（见图2—1）。

γ β α_2 α_1 白蛋白

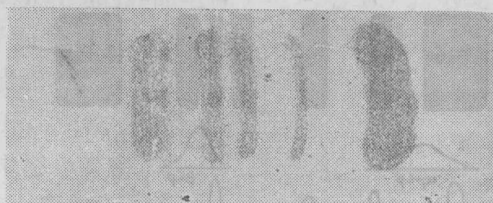


图2—1 正常血清蛋白质醋纤膜电泳

组成五个区带的蛋白质，不是均一性。各个区带由电泳度相接近的数种蛋白质组成的。免疫电泳证实，五个区带中的蛋白质主要有：

- （一）白蛋白区带 白蛋白、前白蛋白和部分 α_1 —脂蛋白等。
- （二） α_1 —球蛋白区带 α_1 —酸性糖蛋白、 α_1 —抗胰蛋白酶、运输皮质素蛋白和部分 α_1 —脂蛋白等。
- （三） α_2 —球蛋白区带 α_2 —GC球蛋白、中间 α 胰蛋白酶抑制物、 α_2 —HS糖蛋白、 α_2 —巨球蛋白、接联珠蛋白、凝血酶元和促红血球素等。
- （四） β —球蛋白区带 补体成分—3、补体成分—4、结合血红素蛋白、输铁蛋白、 β —脂蛋白、 β_2 —糖蛋白和血浆素元等。
- （五） γ —球蛋白区带 免疫球蛋白A、免疫球蛋白G、免疫球蛋白M、免疫球蛋白D和免疫球蛋白E等。