

1

医学生理学基础

〔美〕C. H. 倍斯脱 N. B. 泰勒 主编

*

上海科学技术出版社

医学生理学基础

(一)

[美] C. H. 倍斯脱 N. B. 泰勒 主編

李茂之 主譯

徐学崢 姜起立 张荣宝 华蕴博

王棣华 俞德章 陈庚新 馮稼孙

合 譯

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书系根据 C. H. Best 及 N. B. Taylor 所著《The Physiological Basis of Medical Practice》1961 年第七版翻譯而成。原书共計九篇七十九章，譯本分四册出版。第一册为血液和淋巴，循环；第二册为呼吸，尿的排泄，消化；第三册为代謝和营养，內分泌腺；第四册为神經系統和特殊感官。全书內容丰富，反映了医学生理学各方面的成就，并注意了生理学知識与臨床实践之間的联系，可供生理学和病理生理学工作者以及臨床医师的参考。

THE PHYSIOLOGICAL BASIS OF MEDICAL PRACTICE

C. H. Best & N. B. Taylor
Bailliere, Tindall & Cox, 1961

医学生理学基础 (一)

李 茂 之 主 譯

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)
上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/18 印张 26 插頁 4 排版字数 617,000
1965年 12 月第 1 版 1965年 12 月第 1 次印刷
印数 1-3,500

統一书号 14119·1223 定价(科六) 3.80 元

譯者序

《医学生理学基础》是根据 Best 和 Taylor 原著《医学实践的生理学基础》(The Physiological Basis of Medical Practice)最新版(第七版, 1961)翻譯而成。这部书的₁最大特点,是在于加强生理学知識与临床实践之間的联貫,使生理学原理有助于解释疾病的症状和指导治疗的方向。这一版由各个領域內的专家分头执笔,重写或修訂了許多章节,使生理学和医学中的一些最新成就在本版中得到了充分的反映。因此,我們感到把这部书譯成本国文字,以供广大的临床工作者和生理学工作者参閱,是很有价值的。

由于这部书內容丰富,篇幅巨大,为了照顾讀者的实际需要,决定分四册出版:第一册血液和淋巴,循环(第 1~28 章);第二册呼吸,尿的排泄,消化(第 29~43 章);第三册代謝和营养,內分泌腺(第 44~60 章);第四册神經系統,特殊感官(第 61~79 章)。第一二两册由浙江医科大学生理学教研組有关同志翻譯,第三四两册由上海第二医学院生理学教研組有关同志翻譯。

全书原有彩色插图 3 幅,每章末均附有参考文献,为了节约篇幅,減輕讀者負担,已予删去。

我們限于水平,翻譯時間又較匆促,錯誤缺点必定不少,希望国内同道和讀者們給予指正,无任感謝。

承上海科学技术出版社給予种种合作和幫助,我們謹志謝意。

譯者

一九六四年十二月

目 次

第一篇 血液和淋巴

第 1 章 血液的生理性质、物理特性及其組成·····徐学崢譯 李茂之校	1
血液机能概要·····	1
血液的組成·····	2
第 2 章 紅細胞·····徐学崢譯 李茂之校	11
紅細胞的大小、形狀及构造·····	11
紅細胞的数目·····	13
紅細胞的大小、形狀及构造的变异·····	16
第 3 章 血量, 体液, 水平衡·····徐学崢譯 李茂之校	19
血量測定方法·····	19
各种方法所測得的血浆量和全血量的正常数值·····	21
体 液·····	22
水平衡·····	24
控制組織与血管之間液体交換的因素·····	29
血量的变化·····	32
第 4 章 淋巴液和組織液·····徐学崢譯 李茂之校	38
淋巴系統的构造·····	38
淋巴結是一防御性屏障·····	39
淋巴的組成·····	39
淋巴的形成、压力及其流动·····	41
淋巴系統的机能·····	42
增加淋巴流量的一些条件·····	42
水 肿·····	44
第 5 章 輸血: 血型·····徐学崢譯 李茂之校	47
全 血·····	47
血 型·····	48
人体血清和血浆·····	56
胶体溶液·····	57
晶体溶液·····	58
第 6 章 血紅蛋白·····徐学崢譯 李茂之校	59
血紅蛋白的化学組成·····	59
亚铁血紅素在自然界中的分布·····	62

血紅蛋白的分子量	63
血紅蛋白与气体的結合	64
血紅蛋白的种类	66
由动物卟啉所衍生的色素	66
第7章 溶血和血液的悬游稳定性	徐学崢譯 李茂之校 70
溶血或血溶解	70
血紅蛋白尿	73
血液的悬游稳定性, 紅細胞沉降率	73
第8章 脾脏; 紅細胞寿命; 血液的新生; 鉄代謝	姜起立譯 李茂之校 77
脾脏的結構	77
脾脏的功能	77
脾脏肿大	79
紅細胞的寿命	80
血液的新生	81
鉄代謝	83
銅、錳及鈷的重要性	86
第9章 貧血	姜起立譯 李茂之校 88
分 类	88
血色素过低性小紅細胞性貧血——鉄缺乏	91
恶性貧血及家族性巨紅細胞性貧血	92
其他紅巨幼細胞性貧血	95
对肝脏或胃組織的反应	96
吡咯酮谷氨酸	97
具有紅幼細胞性骨髓的巨紅細胞性貧血	98
特发性再生障碍性貧血	99
結 論	99
第10章 白細胞与凝血小体	姜起立譯 李茂之校 100
形态学及分类	100
白細胞的机能	103
淋巴細胞的归宿	105
血流中白細胞数的变化	105
白細胞数的病理性增加: 白血病, 腺热	108
凝血小体(血小板)	111
第11章 血細胞的起源——血生成	姜起立譯 李茂之校 113
緒 言	113
胚胎不同时期的血生成	113
网状内皮系統	116
出生后的生血器官	119
白細胞系的各期不同特征	123
第12章 血液凝固	姜起立譯 李茂之校 125

血凝块形成概述	125
血凝机制	126
用于检查凝血机制缺陷的试验	132
出血性疾病	134
摘 要	139
第 13 章 体液反应的调节机制	姜起立译 李茂之校 141
物理化学原理	141
血液酸碱平衡的调节	147
碱储量——酸中毒及碱中毒	149

第二篇 循 环

第 14 章 心脏的基本特征	张荣宝译 陈庚新校 155
心肌的兴奋	155
节律性与传导性	159
收缩性与伸展性	162
第 15 章 体循环与肺循环的机能特征	张荣宝译 陈庚新校 169
体循环	169
第 16 章 心电图学	张荣宝译 陈庚新校 187
仪器的使用	187
细胞集合体的去极化与复极化	187
哺乳类的心电图	192
矢量分析与心电图描记的导程	196
异常心电图	201
第 17 章 心律异常及其心电图检查	张荣宝译 陈庚新校 209
由于传导障碍所引起的心律异常	209
Wolf-Parkinson-White 综合征	212
由于异常冲动所引起的节律紊乱	212
心脏的交替活动、交替脉	222
由于迷走紧张性变异所引起的心律不齐	223
第 18 章 各器官、体腔和体区的血流量、血流速度和血容量的测定:	
循环时	华蕴博译 陈庚新校 225
血流量测定	225
血流速度	245
循环时	246
脏器、血管、体腔和体区的血容量	247
第 19 章 血压的测量	华蕴博译 陈庚新校 250
血压的直接测量法	230
血压的间接测量法	255
血压、血流速度与血流量同时测量的应用	257

第 20 章 心脏的唧筒作用·····	华蕴博译 陈庚新校	238
功能解剖学·····		258
心动周期内血压与容积的变化·····		261
心脏瓣膜的运动·····		264
心 管·····		265
第 21 章 体循环和肺循环中压力及血流的调节·····	王棣华译 徐学崢校	269
血管平滑肌的局部调节·····		269
交感神经的缩血管纤维·····		270
舒血管神经纤维·····		274
血管的肾上腺髓质调节与神经性调节·····		275
躯体神经刺激所引起的血管反射·····		276
加压或压力感受器·····		278
其他的动脉压力感受器·····		281
平衡和交互的血管反应·····		281
压力感受器反射的阻力外(心脏)效应·····		282
来自化学感受器的心血管反射·····		284
血液中 O_2 、 CO_2 及 pH 的正常变动对血管的影响·····		285
从 脏与肺来的一些反射·····		287
结 论·····		291
第 22 章 体循环与肺循环内的压力和流量调节·····	俞德章译 李茂之校	292
动脉血压·····		292
动脉血流量·····		302
静脉压·····		306
肺部血压与流量的调节·····		314
第 23 章 心输出量与心脏活动的调节·····	张荣宝译 陈庚新校	320
心脏的神经支配·····		320
心脏输出量与心脏的作功·····		323
心脏的储备·····		333
第 24 章 冠状循环·····	陈庚新译 张荣宝校	337
总 述·····		337
决定冠脉血流量的因素·····		340
决定正常心脏代谢的因子·····		343
冠脉循环反应的类型·····		345
冠状动脉侧支循环·····		352
总 结·····		358
第 25 章 不同体区的循环特征——脑, 骨骼肌, 皮肤·····	陈庚新译 尹效孟校	359
脑循环·····		359
皮肤循环·····		361
骨骼肌循环·····		370
周围血管疾病·····		373

第 26 章 不同体区循环的特征(續)——内脏循环;肾循环

.....	陈庚新译 尹效孟校	379
内脏循环.....		379
肾循环.....		383
第 27 章 应激状态下的循环调节.....	俞德章译 李茂之校	394
心脏的扩张和肥大.....		394
动脉性高血压.....		398
低血压.....		405
通气过度、通气不足、碳酸过多等.....		407
气候条件下的循环调整.....		408
重力紧张下的循环反应.....		409
电离辐射的心血管作用.....		413
年老对循环的影响.....		415
第 28 章 应激状态下的循环调节(續).....	馮稼蓀、徐学崢译 秦文清校	421
休克和出血.....		421
充血性心力衰竭.....		425
血流动力学.....		429

第一篇 血液和淋巴

第1章 血液的生理性质,物理特性及其組成

血液机能概要

在多細胞組成的动物体(多細胞动物),其血液所完成的任务,有如浸浴着单細胞生物(原生动体)体表的液体基质(盐水或淡水)所完成的任务。例如变形虫所需的氧即由外界直接弥散入細胞内部的方式而得到。同样二氧化碳也直接从体内弥散到体外。营养过程和細胞代謝产物的排泄过程,亦以同样简单的方式来完成。食物或以溶液的形式或以特殊物体的形式經細胞膜进入体内,而废物則經細胞膜进入周围液体中。变形虫的其他需要,例如保持适宜的温度和湿度,均依靠于直接的(内部的)环境,亦即 Claude Bernard 所称的内环境。

从最原始的多細胞生物到最高等的脊椎动物,其每个細胞的基本需要均与单細胞生物相同。惟在較高等生物的进化过程中,組成机体的細胞已逐渐不再与外界直接接触,无数細胞聚集在一起,較深在的細胞就不能象单細胞生物那样以直接而简单的方式来满足其需要。較原始的多細胞生物发展成向外开口的管道系統以克服此种困难。經過这些管系,海水即可自由地进出,将氧和食物帶給較深在的細胞,并将二氧化碳和其他废物携出体外。这个最初步的循环系統是一种开放式的。在較高等的生物,循环系統再进化而成封閉的形式,周围环境中的液体不再进出于身体。呼吸气体的交換和营养物质的吸收,亦不再以直接而简单的方式来进行,而在这封閉循环管系内充滿了一种液体,这种液体就代替并完成了原始生物的液体环境的职责。因而血液和其他体液可視為封閉在高等动物体内的环境,其組成成分由于适应于浸浴在其中的特殊細胞的需要而发生了某些变化。

曾为 Macallum 的研究所強調的海水成分与血液成分类似性这个事实,支持了血液进化的观点^①。由于体液的职责正象在原始生物一样在于满足个别細胞的需要,因而前述的简短論証就可作为考虑体液机能的起点。

1. 呼吸机能 将肺内空气中的氧輸至組織,并将組織內的二氧化碳运至肺部。

^① 现今的海水与血清成分不同,其盐类总浓度約为3%,而镁的浓度更高,鉀的浓度則較低。但 Macallum 指出,在哺乳动物的祖先仍适应于陆地生活时,此地质时期的海水的无机成分可能与血清十分相似。

2. 营养机能 将消化道来的食物,葡萄糖,氨基酸及脂肪运至组织。

3. 排泄机能 将新陈代谢的终产物,如尿素、尿酸、肌酸酐等运走。

4. 维持组织的水含量 虽然血液本身包含在血管内,但通过血管壁经常进行着液体的交换。已经离开血管并与组织细胞直接接触的液体,称为组织液或组织间液,其化学成分近似血浆,而与淋巴相同。机体通过渗出液的媒介才完成了氧和食物转运给组织的最终一步,并完成了从组织来的 CO_2 及终产物运送过程的第一步。

5. 调节体温 机体所以具有调节体温的能力(第52章)主要是由于血液和组织液内的水分。水分具有良好地完成这个机能的三个性质:

(1) 水的比热^①。比任何其他液体或固体的比热都高得多。由于水的这一巨大的储热能力,即可避免体温的急剧变化,甚至一个冷血动物如蛙,由于水分这一纯物理的性质,即使在环境温度暂时波动时,亦能使其体温保持相当恒定。一个平均体重的人在24小时中产生3000大卡的热量,这一数值的热量能提高其组织(大部分是水分)温度仅约 32°C 。由于热的发散(辐射等)可与热的产生维持平衡,故体温仅在正常限度内略有变动。然 J. J. Henderson 曾指出,如果组织象其他多数物质所具有的那样低的储热能力(比热),则3000大卡的热量可使组织和体液的温度提高 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 导热性高。水的导热性比任何其他一般的液体都大,这对于体内深部热量的发散是非常有利的。

(3) 蒸发潜热高。水分蒸发所需的热量比任何其他等量的液体蒸发所需者为多,1毫升水分蒸发时约需0.6大卡,比最接近于水分的其他液体还要高过50%。机体经常从肺和皮肤蒸发而丧失液体,由此散失大量热量。

使水分成为理想的调节热量介质的这些物理性质,由于其他一些纯生理学的因素而加强了。血液的流动性及其能在体内迅速重行分布,再加液体本身所具有的独特的物理性质,使其成为如此高度有效的体温调节者。血液可在顷刻间从深部流至体表,并分布于广大面积的皮下微小血管内,如此就大为增加了热的辐射。在另一时刻,为了保持热量,液体即从表面集合于身体的深部——内部器官、肌肉等等。

6. 保护和调节机能 血液和淋巴含有一些性质复杂的化学物质,抗毒素,溶解素,以及其他的抗体,这些物质乃是身体对于各种有害因子的防御基础。循环着的液体也运送各种无管腺激素,使其与组织细胞直接接触。

血液的组成

血液是一种很复杂的液体,其中悬浮着固体成分(血细胞)。血液的比重为1.050到1.060,其粘度较水大5到6倍,如果在血液凝固以前将其离心旋转或者用特殊方法阻止其凝固,则固体成分即行下沉而与液体部分分离,这液体成分即为血浆,其中含有蛋白质以及许多溶解于其中的有机和无机物质,即营养物质和排泄物质,抗体和激素,以及其他未知或不完全知其化学组成的物质。血浆的比重正常在1.027左右,但随蛋白质的浓度而变化。人体血液中血细胞容积约占46%,血浆为54%,常有上下微小的变动。

用 Philips, Van Slyke 及其同事们的方法,可测定少量血液或血浆样本的比

^① 一种物质的比热,即1克该物质在温度升高摄氏1度时所需的卡数。

重。在一系列小玻璃瓶內，盛着等量地增加(0.004)比重的硫酸銅溶液，用医用滴管的尖端將一滴血液或血浆分別緩慢地滴入各个小玻璃瓶內，瓶中硫酸銅溶液的比重应当在預計的血液或血浆样本比重的范围之內。血液或血浆小滴进入溶液后，即为一薄层蛋白銅膜所包围，并悬浮于其中。如果其比重与溶液的比重相等，則在数秒钟內既不上升亦不下沉，因为溶液的比重是已知的，故血液或血浆的比重即被測得。

根据生理分类，血液組成如下：

全血：

A. 細胞

- (1) 紅細胞
- (2) 白細胞
- (3) 凝血小体

B. 血浆

- (1) 水, 91~92%
- (2) 固体物, 7~9%
 - (a) 蛋白质, 7%, 血清白蛋白, 血清球蛋白及纤维蛋白元^①。
 - (b) 无机成分, 0.9%, 鈉、鈣、鉀、鎂、磷、碘、鉄、銅等。
 - (c) 有机成分[除(a)及(d)以外], 非蛋白含氮物质(尿素、尿酸、黄嘌呤、次黄嘌呤、肌酸、肌酸酐、氮及氨基酸), 中性脂肪, 磷脂, 胆固醇, 葡萄糖。
 - (d) 內分泌素, 抗体及各种酶(淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶、酯酶等)。

无机成分

血浆內各种无机物质的浓度如表 1-1 所示。

表 1-1 血浆、紅細胞及全血的无机成分，每 100 毫升所含的平均毫克数

	鈉	鉀	鈣	鎂	氯	磷	鉄	銅	磷酸盐	硫酸盐	总碱基 毫升 N/10NaOH
血浆	340	20	10	2.7	370		0.2				160
血細胞	20	410	0	6.0	190		100.0				
全血	190	220	5.2	4.0	250	0.01	50.0	0.1	3.0	2.0	

各种无机成分的浓度通常亦以每升的毫当量(m. eq.)表示之。例如血清每升含 100 毫克的鈣, Ca 的分子量是 40.07, 由于鈣是二价, 故其毫当量是 20.03, 所以血清鈣浓度是 $\frac{100}{20.03} = 4.9$ 毫当量/升。鈉是一价的, 其分子量是 23, 所以血清鈉含量是 $\frac{3400}{23} = 147.8$ 毫当量/升。

可以见到血浆內鈉和鈣的含量相当丰富, 而鉀和鎂則較少。然在血細胞內情况正好相反, 其中鉀和鎂有相当高的浓度, 但缺少鈣而鈉浓度低(人体)。在某些动物种

① 經過凝固而除去纤维蛋白元的血浆, 即称为血清。

族的血液内缺少钠或仅有微量,铁除了少量在血浆内之外,主要系在红细胞内与血红蛋白分子结合(第 6 章),据推测在红细胞内小量非血红蛋白的铁是与细胞基质的卵磷脂疏松地结合着,参见第 8 章。

磷

磷在血液内以四种主要形式存在,其一为无机磷(正磷酸盐),其他三种是有机结合状态下的磷,它们是:

- 1. 酯 磷 如二磷酸甘油酸,三磷酸腺苷,磷酸己糖,磷酸甘油。
- 2. 脂 磷 如磷脂类,卵磷脂,脑磷脂,神经磷脂。
- 3. 核酸磷

根据 Kay 的说法,认为核酸磷在正常人血中仅有微量,它是从白细胞的核以及网状细胞的网状物衍化而来,在含有大量白细胞、网状红细胞或有核红细胞的异常血液中,核酸磷就可能成为全部磷的显要的组成部分。

根据绝大多数观察者的观察,无机磷(3毫克/100毫升)系平均地分布于血细胞和血浆内的,血液内有机磷的量要比无机磷大许多倍。在全血内有机磷的含量可有 35~40 毫克/100 毫升,并且大部分在血细胞内。

可用三氯醋酸将蛋白质沉淀并经过滤而提出血液内的无机磷和脂磷部分。在滤液内包含的磷称为酸内溶解的磷,用酒精-乙醚来提取血液即可得到脂磷,故血磷可分两类:

- (1) 酸内溶解的磷,包含:
 - (a) 无机磷
 - (b) 酯磷
- (2) 酒精-乙醚内溶解的磷,即脂磷 } 有机磷

测定了酸内溶解磷的总量,并由其中减去无机磷,余下即为酯磷或酸内溶解的有机磷。所有脂磷均为细胞内的,其中约有四分之一可为骨磷酸酶所水解(第 59 章)。能水解的部分主要为三磷酸腺苷,不能水解的部分主要为二磷酸甘油酸。由于核酸磷在正常血液内仅有可不计算的微量,所以酸内溶解的磷加酒精-乙醚内溶解的磷等于湿灰法测得的总磷量。

正常血内无机磷、酯磷及脂磷的分布情况如下表:

全血内的磷

每 100 毫升内的平均毫克数

1. 总磷	40
2. 酸内溶解的总磷——90%在血细胞内	27
3. 无机磷——在血细胞及血浆内	3 ^①
4. 酯磷(2~3)——实际上全在血细胞内	24
5. 脂磷(1~2)——在血细胞及血浆内	13

血液和组织内的含磷化合物,在红细胞内电解质平衡的维持上以及在酸碱平衡的调节上均起着重要的作用。例如在糖尿病酸中毒与服用氯化铵而引起的酸中毒时,均伴有尿磷排出量的增加,以及血细胞中酸内溶解的有机磷含量的显著减少。在碱中毒时则有相反情况的变化。在幽门阻塞

① 在婴儿和小孩,每 100 毫升中无机磷的含量较成人高 1 到 3 毫克。

时所起的血液内氯化物减少,以及由于过度呼吸所起的碱中毒,均伴随着尿磷排泄的减少和血内无机磷及酯磷的降低。在肾机能不全时,血细胞和血浆内的无机磷以及血细胞内的酯磷(二磷酸甘油酸)均大为增加,在佝偻病人血内无机磷及酯磷皆减少,惟在痊愈过程中即迅速增加。在注射胰岛素后以及在甲状腺机能过盛的病人,其无机磷减少(第59章);网織紅細胞过多的贫血者以及白血病患者,血内酯磷浓度增加。在某些类型的手足搐搦症患者其无机磷增加。

有机成分(有机磷除外)

血浆蛋白

血浆内总蛋白的浓度以及白蛋白、球蛋白和纤维蛋白元三者的比例随种族而异,但在通常健康状况下,同一种族的不同个体之间,仍保持相对的恒定。

血清球蛋白可用“盐析法”分成两部分,即优球蛋白和拟球蛋白;或用电泳法将其分成三部分,即 α -、 β -及 γ -球蛋白。用NaCl使成饱和,用 $MgSO_4$ 使成半饱和,或用 $(NH_4)_2SO_4$ 使成为1/3的饱和,均可使优球蛋白从溶液中分离出来,它不溶于水。拟球蛋白不能用NaCl将其“盐析”出来,如用 $MgSO_4$ 使其溶液饱和,或用 $(NH_4)_2SO_4$ 使其成半饱和,也可将其分离,它溶于水。

蛋白质的电泳分离是基于各种蛋白的电荷差异,从而在电场内有不同的移动速度而得以分离。除了“盐析法”与电泳法以外,还有两个方法可用以分离蛋白质:(1)Cohn的化学分离法,此法乃利用各种蛋白质的不同溶解度及该溶质对于离子浓度、乙醇浓度和金属离子等变化的不同敏感性。(2)超离心法,基于蛋白质的密度差异而将它们分离开来。

α -、 β -及 γ -球蛋白的等电点分别为5.1,5.6及6.0 pH。可疑的是究竟这些部分是否是各别的化学实物,很可能它们仅是由于所用的处理方法所造成的人工产物。换言之,很可能血清球蛋白是一个大分子,由于实验室的操作将其分成二或三部分。然而 γ -球蛋白可能与抗体的产生密切相关,故在许多急性和慢性的感染中均见其增加。

拟球蛋白包含85%的 α -球蛋白及15%的 γ -球蛋白,至于优球蛋白则包含较少的 α -球蛋白和较多的 β -及 γ -球蛋白。

血浆蛋白的若干电泳部分是不纯粹的,均含有脂类及糖类物质,可能成为辅基而结合着。白蛋白部分还含有胆红素(第6章)。糖类约有75%与 α -及 β -球蛋白结合,而脂类则全部是与 α -及 β -球蛋白相结合的。脂蛋白复合物在动脉粥样硬化中的作用将在本书的其他部分讨论。其他

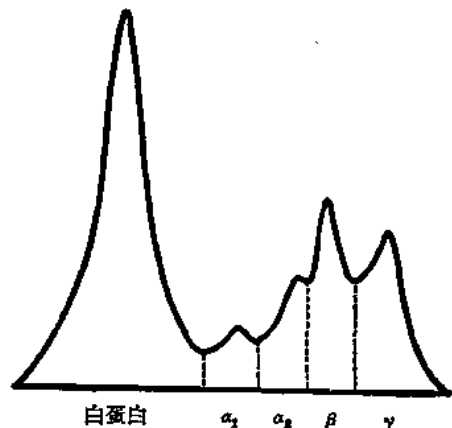


图1-1 人体血清的染色电泳图和相应的密度线图

物质如钙、磷、磺胺类药物及 T-1824 染料(19页)则系与白蛋白部分相结合(图 1-1)。

纤维蛋白元已被分离出并已制成结晶体。X线折射方法的研究指明了纤维蛋白元的分子结构与胶元和肌球蛋白(第53章)等纤维蛋白的结构相似。血浆蛋白的分子量见第8页。

利用线图可以从血浆的比重计算出血浆蛋白的总量,用 $P = K(S - A)$ 这个公式亦可计算。此处 P 是每 100 毫升中血浆蛋白的克数, S 是比重, K 及 A 是常数,其数值分别为 364 及 1.006。例如,如果比重是 1.026,则每 100 毫升内蛋白克数是 7.28,即 $= 364(1.026 - 1.006)$ 。

人体血浆中蛋白质的总量及各部分的数值如下表所列:

人体血浆蛋白的各个部分

用电泳分离法所得(克/100毫升)		用硫酸钠盐析分离法所得(克/100毫升)	
总蛋白	6.03~6.72	总蛋白	6.0~8.0
白蛋白	3.32~4.04	白蛋白	4.3~5.0
总球蛋白	2.23~2.39	总球蛋白	1.1~3.1
α -球蛋白	0.79~0.84	优球蛋白	0.1~0.4
β -球蛋白	0.78~0.81	拟球蛋白	1.0~2.7
γ -球蛋白	0.66~0.70	纤维蛋白元	0.2~0.3
纤维蛋白元	0.34~0.43	白蛋白/球蛋白(A/G)比例	1.50

在某些动物,球蛋白等于或超过白蛋白。三者之中,纤维蛋白元浓度总是最低。人体血浆内纤维蛋白元的浓度显然较某些动物内的浓度为低(如狗,母牛,山羊,每 100 毫升分别是 0.58, 0.72, 0.60 克)。见图 1-1。

血清蛋白质的病理变化 血浆内这几种蛋白质成分的数值可彼此独立地变化,而总蛋白量可以因而有改变,亦可无改变。在某些病理状态下,白蛋白与球蛋白可向相反方向变化,即白蛋白的降低伴随着球蛋白的升高。

在怀孕、月经、各种组织损伤、甲状旁腺分泌过量、急性感染、疟疾以及其他一些情况之下,纤维蛋白元浓度增高。动物在肝脏切除后或严重肝损害以及一些与肝有关的疾病时,纤维蛋白元显著减少。在某些罕见的病例中,亦见有先天性的纤维蛋白元显然较正常为少,甚或缺如。

在失血时,血浆蛋白的各个部分均行丧失,在初期由于盐溶液或低浓度蛋白溶液从组织间隙进入血流而维持了血量,故此时血浆蛋白各个部分的浓度均见降低。在广面积的烧伤时,特别在以后的几天内,由于血液的液体部分从烧伤的表面渗出,并漏进烧伤区域的组织中,所以所有血浆蛋白部分均行减少;但由于丧失的液体中,其蛋白质含量通常较低,故血浆蛋白浓度仍趋向增加。在肝硬化、慢性肝炎(肝内合成受抑制)、慢性感染等,则白蛋白减少。

在肾变性及肾炎(由于白蛋白在尿内丧失)以及在严重营养不良(由于用以合成蛋白质的必需氨基酸的摄入不足)时,白蛋白亦减少。由于白蛋白浓度降低的结果,血浆的胶体渗透压下降,血管内水分减少,从而引起血浆容量的减少。由于这些变化

的結果，球蛋白的絕對量虽无增加，但浓度却增加了。与血內失水有关的任何情况（失水，缺水血症，见 28 页），虽然所有蛋白部分在血液內的絕對值即总量可无变化，然其浓度均见增高。如要測定某一血浆蛋白的絕對量是减少还是增加，则需要測定血浆总量（第 3 章）以及該蛋白部分的浓度。在多发性骨髓瘤、肝硬化、亚急性黄色肝萎縮、急性肝炎及急性肾炎、白血病、結核病、猩紅热以及急性和慢性感染等时， γ -球蛋白絕對量增加；在肝病變时， α -球蛋白亦增高；在妊娠晚期， β -球蛋白（包含有很高脂类百分比）的浓度增高。凝血酶元是一种 β -球蛋白，它結合有相当分量的血浆胆固醇、血浆胡蘿卜素及磷脂类。在妊娠后期几个月，凝血酶元增加。同族凝集素（抗-A 和抗-B 以及抗-Rh，第 5 章）与血浆的 γ -及 β -球蛋白部分有关。

来源 在胚胎中，間叶細胞經過一分泌过程或經其实质的溶解，形成了用以浮悬原始血細胞（第 11 章）的液体（胚胎血浆）。白蛋白比其他蛋白形成得早，在鸡胚孵化第 14 天以后即出现于鸡胚的血浆內。

在成人，血浆蛋白的来源可能有五方面，即破坏的血細胞（紅細胞或白細胞），一般的組織細胞，脾脏、骨髓等的网状內皮細胞，以及肝脏。

目前已确定肝脏是产生血浆白蛋白的地方，一切抑制肝机能的情况，均使白蛋白显著减少。据推想 Kupffer 細胞与白蛋白的制造特別有关。用阿拉伯胶溶液作靜脉注射（57 页），可使狗血浆白蛋白（但非球蛋白）减少，并維持在低于正常的水平上。在这些实验中，肝細胞肿胀并现空泡。所以血清白蛋白的下降，至少部分地是由于肝脏不能补充血清蛋白的正常“消耗”所致（每天数克），虽然还可能由于阿拉伯胶进入循环而引起胶体渗透压上升，使白蛋白从血浆中轉入肝內以代偿此种渗透压的升高。

已肯定地証明肝脏是产生纤维蛋白元的地方，正如上面已提到的，肝损伤或肝截除后，纤维蛋白元的浓度即行降低。当肝脏由于磷或氯仿等物质引起损伤之后，在其恢复健康状态时，纤维蛋白元的水平即行恢复正常。在輕微的肝损伤之后，或在肝损伤的修复期中，可能有刺激肝脏机能活动的作用，此时纤维蛋白元实际上可高于正常水平。

血清球蛋白的来源尚未十分肯定。Elman 和 Heifetz 曾以改变食譜的方法使狗的血清白蛋白减为正常量的 50%，然血清球蛋白未见减少。此动物的肝脏发生显著的組織学的及化学的变化；肝組織的水分含量增高；細胞出现空泡，并伴有肝蛋白质的严重缺乏。

相反的，在 Miller 及其同事們的实验中，他們用含有 C^{14} 标记的賴氨酸的血液灌注老鼠的完整肝脏，証明肝脏約制造血清球蛋白的 80%，其余部分由肝以外的組織供給，絕大部分（如果不是全部）是由淋巴細胞而来（White 和 Dougherty，第 10 章）。Elman 和 Heifetz 的实验結果和 Miller 及其同事們的实验結果所出現的矛盾，也許可用肝脏的巨大机能儲各能力这一点来解释。在 Elman 和 Heifetz 的实验中，对肝脏的損害可能还不足以使球蛋白的产生机能受到障碍。

实验証明，脑垂体的促肾上腺皮质激素通过它对肾上腺皮质的作用而影响到 β -

及 γ -球蛋白的制造。注射此激素或肾上腺皮质激素于老鼠体内,在24小时内能使 β -球蛋白增加30%,而 γ -球蛋白增加70~80%(White和Dougherty)。

机能 1. 纤维蛋白元为血液凝固所必需(第12章)。

2. 所有三种蛋白质均可作为维持血液渗透压(29页)的物质,大分子的蛋白质不易穿过正常毛细血管壁。在人体内这三种蛋白质所产生的渗透压在25和30毫米汞柱之间。每一种蛋白质所产生的压力与其分子的大小成反比,与其在血浆内的浓度成正比。纤维蛋白元的分子量超过200,000,且其浓度低,故在总渗透压中所起的作用很少。白蛋白的浓度最高,且其分子量最小(70,000~75,000),故血浆的渗透压主要取决于白蛋白。血清球蛋白的分子量在150,000至190,000之间,且其浓度显较白蛋白的浓度为小。在相同浓度时,血清白蛋白的渗透活性较血清球蛋白的渗透活性大2.4倍(Keys);故80%的血浆胶体渗透压系由血清白蛋白所产生。

3. 粘滞性。蛋白质使血液具有一定的粘滞性,这是维持正常血压的一个因素。

4. 血浆蛋白能协助血液酸碱平衡的调节(第13章)。

5. 血液的稳定性(75页)。球蛋白及纤维蛋白元有使血细胞彼此互相粘连形成缟钱状或团状倾向的作用。

6. 营养素。Carrol曾指出,白细胞能从血浆蛋白中制造出一种物质,此种物质为生长在培养基内的组织细胞的营养所必需,他称这些物质为营养素。

7. 免疫物质(抗体)能和一些微生物例如白喉、伤寒和链球菌的感染,以及腮腺炎、流行性感及麻疹病毒等抗原起反应,均与 γ -球蛋白有关。从其他蛋白部分中分离出的 γ -球蛋白可用来作为对抗麻疹、传染性肝炎、风疹及脊髓灰质炎等病的人工免疫物质^①。其他某些抗体例如同族凝集素A及B,则存在于 γ -及 β -球蛋白中。可以预期,在对抗上述这些感染性疾病的免疫过程中,血清球蛋白趋于增加。

8. 血浆蛋白是体内蛋白质的储备库,当饥饿或蛋白质摄入不足时,短时间内身体即取用血浆蛋白。

血浆除去法 血浆蛋白的重要性可以下述步骤来示范,如将一动物的血液放出,将其红细胞悬浮于Locke氏溶液中,再将其输入体内,即见发生休克状态。当总蛋白量减少到1或2%时,动物行将死亡。但如将血细胞悬浮于血清中,然后再输入体内,则无不良后果。当蛋白质除去尚未到达引起致命的休克时,则在15分钟内蛋白浓度可显著升高,这说明在此时间内原来形成的储备蛋白质已动员出来用以代替已被除去的蛋白质。以后蛋白质再生较为缓慢,但在最初24小时内再生还是迅速的,至第2天以后逐渐变慢。如果食物内含有足够数量的优质的蛋白质,则在2~7天内蛋白质即可恢复到正常水平。血浆蛋白本身是使血浆蛋白迅速恢复的最好蛋白,肝蛋白次之。

在较慢性的血浆除去的实验中,当总蛋白浓度减到5.5%以及白蛋白浓度减少到2.5%时,即发生水肿。

非蛋白氮或血液的不凝固氮

非蛋白氮(N.P.N.)一詞系指尿素、尿酸、肌酸酐等物质的氮。如用可使蛋白质

^① 从任何正常人体内得到的 γ -球蛋白,通常含有足量的抵抗麻疹及传染性肝炎的免疫体,但抵抗风疹(德国麻疹)、脊髓灰质炎、百日咳、水痘及腮腺炎等的主动免疫球蛋白,则仅能得自己从该病痊愈的人体内。