



血液流变学

主编 秦任甲



人民卫生出版社





主 编 秦任甲

副主编 刘美玉 赵朝林

编 者 (以姓氏笔画为序)

刘美玉 应正运 张淑丽 赵朝林

唐仕雄 秦任甲 温彦生

血液流变学

人民卫生出版社



图书在版编目(CIP)数据

血液流变学/秦任甲主编.-北京:人民卫生出版社,1999

ISBN 7-117-03344-4

I. 血… II. 秦… III. 血液学:流变学 IV. R331.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 13750 号

血 液 流 变 学

秦任甲 主编

人民卫生出版社出版发行

(100078 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼)

三河市富华印刷包装有限公司印刷

新华书店经销

850×1168 32 开本 9.5 印张 248 千字

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数:00 001-4 000

ISBN 7-117-03344-4/R·3345 定价:15.00 元

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

前 言

血液流变学是生物学、医学、物理学等多学科相结合而形成
的新兴边缘学科，属于生物医学工程学领域。

近几十年来血液流变学获得迅速发展，已形成较完整的学科
知识体系。在我国近二十年来，血液流变学检测仪器研制与生产
迅速发展，临床应用迅速普及，选修课开设的医学院校迅速增多，
研究生教育已开展多年。血液流变学已成为当今发展最迅速，临
床应用最广泛，最具影响力的医学新兴边缘科学之一，受到医学
界有关各界广泛关注。

编写本书的目的在于适应血液流变学迅速发展、广泛应用的
需要，为从事血液流变学工作者，尤其是临床医师和医学检验工
程师提供一本易于阅读的实用型参考书，以促进本学科的进一步
普及和提高。

本书是各编者结合自己的教学经验、科研实践、临床应用和
收集到的大量最新资料编著而成。全书内容系统完整，包括血液
流变、微循环两门学科的基础理论、检测方法和临床应用三大部
分，相应分成上中下三篇，较好地反映了学科的新成就、新进展。
临床应用部分包括了血液流变学疾病和血液流变治疗学的主要内
容。对临床应用具有全面指导作用和很强的实用价值。

鉴于微循环学临床应用已很普遍，从“血管-血液器官”的观

点看，微循环检测属于微循环流变学范畴，是血液流变学的重要组成部分。两者合编在一起既是符合科学的，也是满足临床应用，促进学科发展的需要。

全书叙述简明扼要，准确具体，深入浅出，图文并茂，通俗易懂，很适合临床医师、医学检验工作者和从事血液流变学、微循环学科研、教学和临床应用的其他人员阅读，亦适合医学、医学检验和中医学等专业学生做教材。

全书力图统一用全国自然科学名词审定委员会最新公布的名词，如“切应变”、“切应力”分别改用“剪应变”、“剪应力”，相应的“切变率”改用“剪变率”。统一用国际单位制单位。血液流变学中常用的几个旧单位与国际单位的换算为：粘度 $1\text{cp}=1\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，压强 $1\text{mmHg}=133.33\text{Pa}$ ，力 $1\text{dyn}(\text{达因})=10^{-5}\text{N}(\text{牛顿})$ ，电量 $1\text{esu}=\frac{1}{3}\times 10^9\text{C}(\text{库仑})$ 。

本书由赵朝林编写第一章、第九章，温彦生编写第二章，张淑丽编写第三章、第七章第十~十三节，刘美玉编写第四章，秦任甲编写第五章、第七章第一~九节，应正运编写第六章，唐仕雄编写第八、十、十一、十二、十三章。最后由秦任甲统一修改整理。

虞达英审阅了部分书稿，汤祖贵，何典荣绘制了全部插图，黄慰怀、秦涛誊抄了部分书稿。还有一些人士为本书的编著、出版、发行给予大力支持，在此一并致谢！

血液流变学、微循环学内容丰富，涉及面广，且还在不断发展之中。编著者水平所限，难免存在疏漏和不足之处，敬请专家、读者批评指正。

编 著 者

1998年8月20日

目 录

● 上篇 血液流变学的基础理论 ●

第一章 导论	3
第一节 血液流变学发展概况	3
一、血液流变学发展回顾	3
二、血液流变学未来发展趋势	5
第二节 血液流变学与医学的关系	7
一、血液流变学研究的内容	7
二、血液流变学在临床医学中的应用	9
第二章 流变学基础	11
第一节 应变与应力	11
一、应变	11
二、应力	12
第二节 物体的粘弹性	13
第三节 牛顿粘滞定律	15
一、速度梯度与剪变率	15
二、牛顿粘滞定律	17
第四节 圆管内的泊肃叶流动	19

一、泊肃叶定律·····	19
二、泊肃叶流动的剪变率分布·····	21
三、雷诺数·····	22
第五节 非牛顿流体的流变性·····	23
一、非牛顿流体的分类·····	23
二、表观粘度·····	26
三、本构方程·····	27
第三章 粘度及其测定仪器·····	29
第一节 粘度·····	29
第二节 旋转粘度计·····	31
一、旋转圆筒粘度计·····	31
二、锥-板粘度计·····	33
第三节 毛细管粘度计·····	35
一、毛细管粘度计的工作原理·····	35
二、影响毛细管粘度计测量的主要因素·····	38
第四章 血液的流变性·····	41
第一节 血液·····	41
一、血液的组成·····	41
二、血液的理化性质·····	42
第二节 影响血液粘度的因素·····	45
一、剪变率·····	45
二、红细胞压积·····	46
三、红细胞聚集·····	48
四、红细胞变形·····	50
五、血浆粘度·····	51
第三节 血液的本构方程·····	51
一、血液的卡森方程·····	51
二、血液的屈服应力·····	52
三、人血的流变性分区·····	54
第四节 红细胞的流变性·····	55

一、红细胞的变形性	55
二、红细胞的聚集性	61
第五节 血小板的流变性	62
一、血小板的形态与结构	63
二、血小板的功能	63
第六节 白细胞的流变性	69
一、白细胞的分类与形态	69
二、白细胞的流变性	70
第五章 微循环的流变性	74
第一节 微循环	74
一、微循环的基本结构和功能	74
二、微循环血流的特点	76
三、脏器微循环结构与分类	78
第二节 微血管中血流效应对表观粘度的影响	79
一、红细胞的轴向集中	79
二、Fahraeus 效应	80
三、Sigma 效应	82
四、管壁效应	84
五、红细胞栓塞效应	85
六、法-林效应	87
七、法-林效应的逆转	89
第三节 微循环的流态	90
一、微循环的流态	90
二、微循环的病理流态	92

● 中篇 血液流变学的检测方法 ●

第六章 人体甲襞微循环指标检测	99
第一节 检测甲襞微循环的设备	99

第二节 甲襞微循环指标	102
一、甲襞微循环的构形	102
二、甲襞微循环指标	102
三、做好检测准备,尽量减少影响因素	110
第三节 甲襞微循环指标量化及诊断标准	110
一、甲襞微循环指标量化的田牛氏积分法	110
二、甲襞微循环分级诊断标准	114
三、甲襞微循环'94上海积分法	116
第七章 人体血液流变学指标测定	119
第一节 血液粘度的测定	119
一、血样	119
二、测定粘度	121
三、血液粘度变化分析	122
第二节 红细胞压积测定	123
一、测定红细胞压积的方法	123
二、测定红细胞压积的临床意义	127
第三节 血浆纤维蛋白原测定	129
一、测定血浆纤维蛋白原的方法	129
二、测定血浆纤维蛋白原的临床意义	133
第四节 红细胞变形性测定	134
一、测定红细胞变形性的方法	134
二、测定红细胞变形性的临床意义	147
第五节 红细胞聚集性测定	147
一、测定红细胞聚集性的方法	147
二、测定红细胞聚集性的临床意义	152
第六节 血小板粘附性测定	153
一、测定血小板粘附性的方法	153
二、测定血小板粘附性的临床意义	156
第七节 血小板聚集性测定	157
一、测定血小板聚集性的方法	157

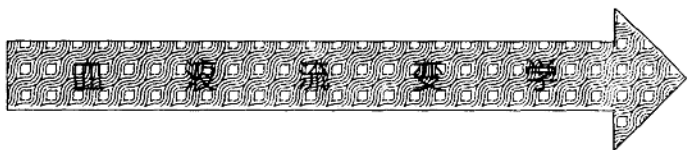
二、测定血小板聚集性的临床意义	163
第八节 体外血栓形成测定	164
一、测定体外血栓形成的方法	164
二、测定体外血栓形成的临床意义	168
第九节 细胞电泳测定	169
一、基本原理	170
二、电泳装置	172
三、测定方法	174
四、细胞电泳测定的临床意义	179
第十节 白细胞流变性测定	180
一、白细胞变形性的测定方法	181
二、白细胞聚集性的测定方法	184
三、白细胞粘附性的测定方法	184
四、白细胞流变性测定的临床意义	186
第十一节 血液触变性测定	187
一、测定原理	187
二、测定方法	189
三、血液触变性测定的临床意义	190
第十二节 血液粘弹性测定	191
一、测定原理	191
二、测定方法	193
三、血液粘弹性测定的临床意义	195
第十三节 血栓弹力图测定	195
一、测定原理	195
二、测定方法	196
三、血栓弹力图指标	197
四、血栓弹力图测定的临床意义	198

下篇 血液流变学的临床应用

第八章 疾病的血液流变学改变	203
第一节 临床血液流变学的主要研究成果	203
第二节 疾病的血液流变学改变	205
一、动脉粥样硬化	205
二、高脂血症	206
三、急性心肌梗塞	207
四、肺心病及呼吸衰竭	208
五、脑血管意外	208
六、急性肾功能衰竭	209
七、真性红细胞增多症	210
八、糖尿病	211
九、休克	211
第九章 血液高粘滞综合征	213
第一节 高粘滞综合征的病因和发病机制	214
一、主要病因	214
二、发病机制	215
第二节 血液高粘滞综合征的分型	216
第三节 血液流变学疗法	218
一、现代医学改善血液流变性的途径	219
二、药物疗法	220
第十章 血液流变学在血瘀证和活血化瘀研究中的应用	223
第一节 血液流变学在血瘀证和活血化瘀研究中的 应用范畴	223
第二节 血瘀证与血液流变学	226
第三节 活血化瘀药对血液流变性的影响	227
第四节 心脑血管病的活血化瘀疗法	229
一、活血化瘀疗法的作用原理	229

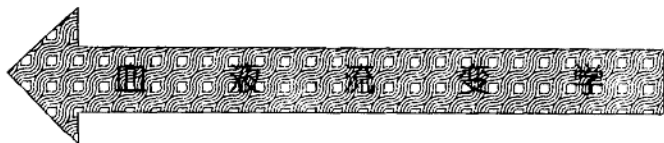
二、冠心病的活血化瘀疗法	230
三、脑血管病的活血化瘀疗法	234
第十一章 血液稀释疗法	238
第一节 血液稀释疗法的分类	239
一、病理生理学分类	239
二、临床分类	240
三、血液稀释度	241
第二节 血液稀释的病理生理学改变	241
一、血液流变学的改变	242
二、血液动力学的改变	244
三、水盐代谢及酸碱平衡的改变	248
四、急性血液稀释对机体的影响	249
第三节 等容血液稀释疗法技术操作规程	256
一、血液稀释室	256
二、术前准备	256
三、等容血液稀释疗法的操作步骤	258
四、血液稀释疗法的疗效与复查	262
五、血液稀释疗法的副作用与并发症	262
第四节 常用血液稀释剂及其选择	264
一、常用血液稀释剂	264
二、血液稀释剂的选择	267
第五节 血液稀释疗法的临床应用进展	269
一、血管栓塞性疾病	269
二、肺心病、肺性脑病	270
三、原发性或继发性红细胞增多症	271
四、缺血性心脏病	271
五、原发性高血压	272
六、休克与高粘滞综合征	272
七、在外科领域的应用	273
第十二章 光量子血液疗法	275

第一节	光量子血液疗法作用原理	276
第二节	光量子血液疗法的操作规程	278
一、	光量子血液疗法	278
二、	紫外线氧透射疗法	279
第三节	光量子血液疗法的临床应用	280
第十三章	低能量 He-Ne 激光血管内照射疗法	283
第一节	低能量 He-Ne 激光血管内照射疗法作用原理	284
第二节	低能量 He-Ne 激光血管内照射疗法操作规程	286
第三节	低能量 He-Ne 激光血管内照射疗法临床应用	288
一、	适应证与禁忌证	288
二、	评价与展望	290
主要参考文献		292



血液流变学的基础理论

上篇



第一章

导 论

第一节 血液流变学发展概况

一、血液流变学发展回顾

血液流动与变形的现象早在17世纪后期就为人们所注意。在1675年Leeuwenhok就报道了红细胞通过毛细管发生变形的现象。1750年Boerhaave在球结膜血管中看到红细胞的轴流现象。

1687年英国科学家牛顿建立了牛顿粘滞定律。1842年法国生理学家泊肃叶在观察动物肠系膜微血管中血液流动和玻璃细管中均质流体流动基础上建立了泊肃叶定律。这两个定律成为当今血液流变学的基础理论。

1906年Denning等看到血液粘度可随细管管径变化而改变的现象。

1920年美国物理化学家Bingham对油漆、糊状粘土、印刷油墨等进行研究，提出了物质的变形与流动的科学的重要性。他把研究物质流动与变形的科学称为流变学（Rheology）。

1929年美国成立了世界上第一个流变学会，随后英国、德国、

荷兰、法国、日本等国也相继成立了流变学组织，为流变学成为一门独立学科奠定了基础。

1931年 Fahraeus 和 Lindqvist 观察了血液在不同管径的细管中流动，发现在一定的管径范围内，血液表观粘度随管径变细而降低，提出了法-林 (Fahraeus-Lindqvist) 效应，这对了解血液在微血管中流动的规律有重要意义。

1941年 Krinsely 等用光学显微镜观察到红细胞聚集，当严重时会造成末梢循环血流明显紊乱，他称之为“血泥” (blood sludge)。

1948年在荷兰斯赫维宁根召开第一届国际流变学会，A. L. Copley 在会上作了“生物学中的流变学问题”的报告，他首次提出“生物流变学” (Biorheology) 这个名词。

1951年 Copley 首次提出“血液流变学” (Hemorheology) 这个名词。

1958年召开第三届国际流变学会，提出成立生物流变学研究组织，Copley 主持讨论了“血流与血管壁关系”这一专题。

1961年 Wells 等研制成适合于测血液粘度的锥板粘度计，对血液流变学的发展起了推动作用。

1962年 Scott Blair 与 Copley 共同创办了国际学术杂志《生物流变学》。

1966年在冰岛召开第一届国际血液流变学会，Copley 当选为学会主席。1969年在德国海德堡召开第二届年会，Copley 再次当选主席。随着研究领域的扩大和深入，把学会更名为国际生物流变学会。

1981年作为生物流变学的姐妹刊物《临床血液流变学》杂志创刊。

以后多次召开国际学术会议，很多国家都先后成立了生物流变学或血液流变学组织，学术活动繁荣，推动着生物流变学和血液流变学的迅速发展。