

# 血液流变学 基础与临床

范家骏 赵国欣 主编



1.3

陕西科学技术出版社

XH1212

96  
R331.3  
10  
2

# 血液流变学 基础与临床

主 编

范家骏 赵国欣

副主编

何作云 刘泽富 雷震甲

编 者

(按姓氏笔画为序)

于学军	文 峻	尹翠娥
王保平	王红勇	巨宏博
伍建中	刘泽富	刘彩云
何作云	杨 军	杨惠洁
吴婉坤	李静岩	孟素荣
金永娟	范家骏	赵国欣
赵润芝	胡家仑	张建保
南柏松	贾敏江	徐 静
菅 忠	雷震甲	廖福龙

陕西科学技术出版社



3 0151 2897 2

316167



C

(陕)新登字第 002 号

## 内 容 简 介

本书分上下两篇,上篇着重于基础,下篇偏重临床。全书系统地阐述了宏观和微观血液流变学的基本理论及其临床应用和药物研究。书中充分展示了编者多年的主要科研成果和国内外的最新成就。尤其对 Casson 流体、红细胞聚集性、白细胞流变学、凝血流变学、激光多普勒电泳、血液稀释疗法、细胞的粘附、聚集、变形和膜流动性的分子机制及其在临床医学和药理学研究中的作用和意义,予以重点详述。本书突出的特点是宏观、细胞和分子血液流变学相结合,基础理论与我国临床实际相结合。

本书可作为医学院校研究生、本科生的教材和参考书,适用于各级医院的临床医师、基础学科的教学人员和科研人员阅读,也可做为理工科院校有关学科师生的参考书。

责任编辑 宋宇虎

ISBN 7-5369-2177-2



9 787536 921771 >

血液流变学基础与临床

主编 范家骏 赵国欣

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

第四军医大学印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 24.688 印张 616 千字

1995 年 1 月第 1 版 1995 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1-3000

ISBN 7-5369-2177-2/R·505

定价 (精)38.00 元 (平)25.00 元

家駿教授及其他教授學  
友所撰寫的《血液流變  
學基礎與臨床》一書確  
為我國的生理流變  
學血液流變學發展增  
添光采。

吳云鵬  
一九九四年十月

## 序

血液流变学是生物流变学的一个最活跃的分支，它研究血液及其组分的流动，变形，聚集，解聚，和粘附等相互作用，以及和血液接触处血管的结构及其流变性质。它是物理，力学，和医学密切结合的新兴学科，对于基础医学和临床医学的发展有着十分重要的意义。血液流变学作为一门系统学科是源于西方，但血液流变学的主要病理概念——血淤，确早在二千多年前的黄帝内经中就已有论述，随着现代科学技术的发展，我们深信血液流变学在我们伟大祖国的土地上，在基本理论和临床医学应用上会得到很大的发展。

范家骏教授及其它教授、学者积多年科研，教学和临床经验编著了这本专著，为我国的血液流变学发展作出了积极的贡献。在上篇中本书深入浅出的论述了血液流变学原理，血液流变学性质的基本理论分析，和影响血液流变性质的因素讨论，测量技术方法的研究，红细胞，白细胞，血小板的聚集、解聚、变形和电泳性质，微循环流变学和物质交换，全面阐述了血液流变学各个方面的基本理论和近年来血液流变学的新发展。在下篇中对于血液流变学在临床医学中应用的一般原理到临床各科的一些特殊法则，如：心脑血管病，血液病，妇产科疾病，泌尿系统疾病，糖尿病等都有深入的论述。并从血液流变药理学角度研讨了药物（西药，中药）改善血液流变学性质的机理，对于临床药物使用的基本原则和新发展作了深入的介绍。本书不论对于血液流变学基础工作者和涉及血液流变学的临床工作者都是一本极好的参考书，它的出版必将进一步推动我国血液流变学的发展和普及。

国际生物流变学官方杂志：

生物流变学(Biorheology)编委

临床血液流变学杂志(Clinical Hemorheology)编委

中日友好医院血液流变研究室主任

庄逢源

1994年10月

## 前 言

现代医学飞跃的发展,动力之一来自基础科学、工程学对生命科学的强烈渗透。基础科学等有统一的原理与分析方式,有利于探索生命过程的本质。基础与临床的紧密结合,是医学顺利发展的必要条件。

血液流变学与生物流变学是一门理论性、实用性都很强的新兴学科,也是按照上述模式发展起来的,涉及面十分广泛,包括物理学、化学、工程学、生物学与医学。目前我国血液流变学与生物流变学的普及与提高仍有许多工作要做,例如出版一本能全面反映上述内容的,有理论、有临床实际并反映最新成就的书是很需要的,但这并非易事,特别是血液流变学与生物流变学尚在继续发展,看来只有通过许多人的努力,才能逐步做到。本书的出版仅是一次尝试,只希望能在一些问题上有所前进。

本书基础部分与临床部分的主要内容,在第四军医大学与第三军医大学研究生与本科生教学中,多次讲述过。根据各自不同的情况,可以有选择地阅读本书。本书各章虽有联系,但也有相对独立性。对于医务工作者,可首先阅读上篇的第六、第七、第八章与下篇的有关章节,然后再向纵深发展及阅读其它专著;对于从事基础研究的同志,可首先读完上篇后再选择下篇有关章节;对从事微循环工作的同志可先阅读上篇第六、第七、第八、第十三章以及下篇的第十八、第十九章,再向其它方面发展;研究生与本科生宜先打好基础学完上篇,再熟悉其它内容。

参加本书编写的有西安第四军医大学物理教研室范家骏、张建保、菅忠、巨宏博、文峻、杨军及数学刘彩云、军卫系吴婉坤、西京医院老年病科贾敏江,唐都医院传染科刘泽富;二炮中医多学科研究所、山海丹企业集团赵国欣、南柏松;重庆第三军医大学新桥医院内科何作云,儿科尹翠娥及王红勇、于学军、孟素云、李静岩;陕西汉中市传染病医院雷震甲;北京中国中医研究院药研所、国际《临床血液流变学》杂志廖福龙;中国医科院血液学研究所金水娟;西安医科大学二附院内科徐静;天津医学院微循环研究室杨惠洁;延安医学院药理学教研室赵润芝;山东济宁老年血管病医院王保平;陕西兴平 48 信箱 902 分箱胡家仑;辽宁清原解放军 238 医院伍建中等。本书编写中的错误与不当之处,诚望广大读者批评指正。

本书中许多工作得到总后勤部卫生部陆增琪部长,第四军医大学和校长陈景藻教授,第三军医大学和校院领导的具体关心和支持,在此谨表由衷的感谢。本书得到我国血液流变学与生物流变学先驱者之一重庆大学校长吴云鹏教授的提词,国际《生物流变学》、《临床血液流变学》杂志编委庄逢源教授作序,谨表诚挚的谢意。本书的顺利出版得到二炮中医多学科研究所、汉中传染病医院、陕西科技出版社、与第四军医大学印刷厂的鼎力相助,一并表示衷心的感谢。

编者

1994. 12

# 目 录

上篇 血液流变学基础.....	(1)
绪论.....	(3)
第一节 生物流变学与血液流变学.....	(4)
第二节 国际学术交流.....	(6)
第三节 血液流变学在我国发展概况与特点.....	(7)
第一章 理想流体的流动.....	(9)
第一节 液流连续原理.....	(9)
第二节 柏努利方程.....	(11)
第三节 柏努利方程的应用.....	(13)
第二章 牛顿流动.....	(18)
第一节 液体的粘滞性.....	(18)
一、速度梯度.....	(18)
二、牛顿粘滞性定律.....	(19)
三、剪切应力与剪切率.....	(20)
四、牛顿流体与非牛顿流体.....	(22)
五、实际流体的柏努利方程.....	(22)
第二节 泊肃叶公式.....	(24)
一、剪切应力与半径的 Stokes 关系式.....	(24)
二、圆管中流速、流量-泊肃叶公式、剪切率.....	(24)
三、流阻.....	(27)
四、心脏做功.....	(29)
第三节 湍流 雷诺数.....	(30)
第三章 卡森(Casson)流动.....	(34)
第一节 非牛顿流体.....	(34)
第二节 卡森流体.....	(37)
一、卡森方程.....	(37)
二、卡森粘度的物理意义.....	(39)
三、卡森粘度(CV)与卡森屈服值(CY)的计算程序.....	(39)
四、卡森粘度与卡森屈服值的应用.....	(42)
第三节 圆管中的卡森流动.....	(43)
第四节 粘度的测定与各种粘度指标的意义.....	(44)
一、毛细管粘度计.....	(44)

二、同轴双圆筒式回旋粘度计 .....	(46)
三、圆锥-平板式回旋粘度计 .....	(47)
四、各种粘度指标的意义 .....	(49)
<b>第四章 复杂管内的流动 .....</b>	<b>(52)</b>
第一节 椭圆管内的流动 .....	(52)
第二节 狭窄管内的流动 .....	(53)
一、动脉狭窄对压力分布的影响 .....	(53)
二、狭窄对壁面剪应力的影响 .....	(54)
三、狭窄对速度分布及流量的影响 .....	(55)
第三节 弯曲管内的流动 .....	(55)
第四节 分枝管内的流动 .....	(56)
第五节 可塌陷管内的流动 .....	(58)
第六节 血管壁内表面对血液流动的影响 .....	(60)
<b>第五章 物质的粘弹性 .....</b>	<b>(61)</b>
第一节 固体的弹性 .....	(61)
一、应力 .....	(61)
二、应变 .....	(62)
三、弹性模量与虎克定律 .....	(63)
第二节 粘弹性及表示方法 .....	(64)
一、粘弹性的特点 .....	(64)
二、粘弹性的表示方法 .....	(67)
第三节 粘弹性的力学模型及其应用 .....	(69)
一、力学模型 .....	(69)
二、模型的应用 .....	(72)
<b>第六章 血液的流变特性 .....</b>	<b>(75)</b>
第一节 血液的基本组成 .....	(75)
一、血液 .....	(75)
二、红细胞 .....	(76)
三、白细胞 .....	(76)
四、血小板 .....	(77)
五、血浆 .....	(77)
第二节 血液粘度的实验研究 .....	(78)
第三节 血液粘度的影响因素 .....	(80)
一、血细胞压积的影响 .....	(81)
二、红细胞聚集性的影响 .....	(83)
三、红细胞变形性的影响 .....	(83)
四、血浆粘度的影响 .....	(83)



五、自由基反应对血液粘度的影响 .....	(84)
六、pH 值对血液粘度的影响 .....	(85)
七、血小板聚集对血液粘度的影响 .....	(85)
八、温度对血液粘度的影响 .....	(86)
九、其它影响因素 .....	(86)
<b>第四节 血液的触变性与粘弹性 .....</b>	<b>(86)</b>
一、血液的触变性 .....	(87)
二、血液的粘弹性 .....	(88)
<b>第五节 高血粘与恶性循环 .....</b>	<b>(91)</b>
<b>第六节 微血管内的血液流变特性 .....</b>	<b>(92)</b>
一、血浆层 .....	(93)
二、Fahraeus-Lindqvist(法-林)效应 .....	(93)
三、法-林效应的逆转与毛细血管的临界半径 .....	(95)
四、细管内的血球压积 .....	(96)
<b>第七章 红细胞的变形性 .....</b>	<b>(100)</b>
<b>第一节 影响红细胞变形性的因素 .....</b>	<b>(100)</b>
一、影响红细胞变形的内部因素 .....	(100)
二、影响红细胞变形的外部因素 .....	(106)
<b>第二节 红细胞变形的生理及病理意义 .....</b>	<b>(108)</b>
一、红细胞变形的生理意义 .....	(108)
二、红细胞变形性减退的病理意义 .....	(109)
<b>第三节 红细胞变形性的测量方法 .....</b>	<b>(110)</b>
一、粘性测量法 .....	(110)
二、激光衍射法 .....	(111)
三、离心群集法 .....	(112)
四、电导法 .....	(113)
五、微管吸吮法 .....	(114)
六、微孔滤筛法 .....	(114)
<b>第八章 红细胞聚集性 .....</b>	<b>(116)</b>
<b>第一节 红细胞聚集的测量方法 .....</b>	<b>(116)</b>
一、粘度测量法 .....	(116)
二、红细胞沉降率 .....	(117)
三、直接观察法 .....	(120)
四、动态光学方法 .....	(120)
五、超声波后向散射法 .....	(122)
<b>第二节 红细胞聚集的影响因素 .....</b>	<b>(123)</b>
一、大分子的桥联作用 .....	(123)

二、红细胞表面电荷的影响	(125)
三、剪切的影响	(125)
四、其它	(126)
第三节 红细胞聚集的生理及临床意义	(127)
一、红细胞聚集对血液宏观流变特性的影响	(128)
二、红细胞聚集对体内血液流动的影响	(130)
三、红细胞聚集在静脉病理中的作用	(132)
<b>第九章 白细胞流变学</b>	(134)
第一节 白细胞的形态与功能概述	(134)
一、白细胞的形态特点	(134)
二、白细胞的功能	(135)
第二节 白细胞的一般流变特性	(136)
一、白细胞的宏观流变学	(136)
二、白细胞的聚集性	(136)
三、白细胞的变形性	(137)
第三节 白细胞与微循环	(140)
一、微循环中血细胞间的作用	(140)
二、白细胞与内皮细胞间的粘附作用	(141)
三、白细胞与心血管疾病及微循环障碍	(143)
<b>第十章 血小板与凝血流变学</b>	(145)
第一节 血小板的结构与生理功能	(145)
一、血小板的形态与结构	(145)
二、血小板的活化反应与生理功能	(146)
第二节 影响血小板功能的流变学因素	(148)
一、剪切作用对血小板功能的影响	(148)
二、血小板的弥散系数	(149)
三、涡流	(150)
四、振荡流	(150)
五、红细胞破坏	(151)
六、血管表面损伤	(151)
第三节 凝血流变学	(151)
一、凝血的生化过程与流变学表现	(151)
二、流变学因素对凝血影响	(152)
三、凝血的流变学测定方法	(155)
第四节 病理状态下凝血流变学	(158)
<b>第十一章 血液流变特性及其生化基础</b>	(160)
第一节 红细胞流变性研究	(160)

第二节	血小板流变性研究	(163)
第三节	白细胞流变性研究	(164)
<b>第十二章</b>	<b>细胞电泳</b>	(166)
第一节	细胞电泳的基本原理	(166)
一、	双电层与 Zeta 电位	(166)
二、	$\zeta$ 电位、电泳率、电泳时间	(167)
三、	细胞表面平均电荷密度	(168)
四、	静止层	(169)
第二节	细胞电泳的影响因素	(175)
第三节	激光多普勒电泳	(176)
一、	原理	(176)
二、	实验装置	(178)
第四节	显微电泳与激光电泳的应用	(179)
一、	细胞表面电荷与集团的研究	(179)
二、	血小板的激光电泳研究	(179)
三、	癌细胞的电泳研究	(180)
四、	免疫学方面的研究	(181)
五、	测定血浆蛋白	(184)
<b>第十三章</b>	<b>微循环基础</b>	(185)
第一节	微血管的分类和构型	(185)
第二节	微血管的结构和功能	(186)
一、	内皮细胞	(186)
二、	基底膜	(190)
三、	平滑肌细胞和外周细胞	(190)
第三节	血液在微血管内的流动	(190)
一、	微循环血流途径	(190)
二、	微循环中血液的流动特点	(191)
三、	微循环中血液的流态	(192)
第四节	毛细血管内外物质交换	(195)
一、	交换方式	(195)
二、	交换的力学模型	(195)
第五节	微循环调节	(199)
一、	局部性体液调节	(199)
二、	自身调节	(200)
三、	微血管自律运动	(201)

下篇 临床应用与药	(203)
<b>第十四章 临床血液流变学研究的几个热点问题剖析</b>	(205)
第一节 血小板活化功能的分子学基础	(205)
一、激动剂及其受体	(205)
二、鸟苷酸结合蛋白(G蛋白)	(205)
三、IP <sub>3</sub> 、DG与Ca <sup>2+</sup> 系统	(206)
四、血小板 GPIb/Ⅲ与 GPIb/Ⅱa	(208)
五、cAMP系统	(208)
六、血小板膜上的 LDL、HDL受体	(209)
第二节 高凝状态	(210)
一、生理状态下的高凝	(210)
二、疾病中的高凝	(211)
三、血栓前状态的分子标志	(212)
第三节 血液高粘滞综合征的研究进展	(214)
一、高粘度血症和血液高粘滞综合征	(214)
二、血液高粘滞综合征的分类及其特征	(215)
三、血液流变学疾病的新概念	(216)
四、血液粘度的调节	(217)
第四节 细胞膜的流动性	(218)
一、膜脂的基本成分	(218)
二、膜流动性的运动形式	(218)
三、膜流动性的影响因素	(219)
四、红细胞膜流动性对细胞功能的影响	(220)
五、膜脂流动性对血小板活化功能的影响	(221)
六、膜脂流动性与疾病	(222)
七、膜脂流动性的测量方法	(222)
第五节 内皮细胞与血液流变特性	(223)
一、血管内皮细胞合成的生长调节因子	(224)
二、内皮细胞与血小板	(225)
三、内皮细胞-白细胞粘附	(226)
<b>第十五章 血液流变学与临床医学</b>	(229)
第一节 心血管系统疾病	(229)
一、冠心病	(229)
二、动脉粥样硬化	(234)
三、高血压病	(238)
四、肺心病	(240)

五、先天性心脏病	(241)
六、周围闭塞性动脉疾病与运动试验血液流变学变化	(243)
七、其他心血管疾病	(245)
第二节 脑血管意外	(247)
第三节 代谢性疾病	(248)
第四节 血液系统疾病	(250)
一、网织红细胞增多症	(250)
二、遗传性球形红细胞增多症	(251)
三、镰形细胞贫血	(252)
四、地中海贫血	(252)
第五节 妇产科疾病	(253)
一、正常妊娠的血液流变学变化	(253)
二、高危妇女的血液流变特性	(255)
第六节 泌尿系统疾病	(256)
一、急性肾炎	(256)
二、慢性肾功能衰竭	(257)
第七节 其他疾病	(258)
一、肝病血小板流变特性	(258)
二、急性胰腺炎	(259)
第十六章 血液粘滞异常综合征	(262)
第一节 基本概念及历史	(262)
一、问题的提出——人类疾病中的共性与个性	(262)
二、历史回顾	(262)
三、血液粘滞异常综合征的概念	(263)
第二节 血液高粘滞异常综合症形成机理	(264)
一、引起血液高粘滞综合症的常见疾病	(264)
二、血液高粘滞综合症的发生及其恶性循环	(265)
第三节 血液高粘滞综合症的几种常见疾病	(266)
一、缺血性脑血管病	(266)
二、休克	(267)
三、糖尿病并发血液高粘滞综合征	(268)
四、肺心病并发血液高粘滞综合征	(270)
第四节 血液粘滞异常综合征的诊断和分型	(274)
一、高血粘滞综合征	(274)
二、低血粘滞综合征	(275)
第五节 血液高粘滞综合症的对策	(275)
一、治疗原则	(275)

二、消除“激原”	(275)
三、非药物治疗	(275)
四、药物治疗——药物稀释疗法	(275)
五、几个血液流变学参数及临床意义	(278)
<b>第十七章 血液稀释疗法</b>	(281)
<b>第一节 血液稀释疗法对机体的影响</b>	(281)
一、对心脏功能的影响	(281)
二、对肝脏的影响	(282)
三、对肾脏的影响	(282)
四、对氧代谢的影响	(282)
五、血液稀释后对低蛋白血症的代偿作用	(282)
六、对脑的影响	(282)
<b>第二节 血液稀释疗法的分类</b>	(283)
一、血液稀释疗法目的与限度	(283)
二、血液稀释疗法的分类	(283)
<b>第三节 等容稀释疗法</b>	(283)
一、等容稀释与微循环的关系	(284)
二、等容稀释疗法的方法	(284)
三、等容稀释治疗缺血性脑血管病	(285)
四、等容稀释与外科手术	(285)
五、等容稀释在其它疾病中的应用	(286)
六、血液稀释疗法的注意事项	(286)
<b>第四节 血液稀释生物平衡疗法</b>	(287)
一、血液及微循环平衡是生命之本	(287)
二、血液稀释生物平衡疗法主要特点	(287)
三、动物实验与临床观察结果	(288)
四、血稀生物平衡治疗机理	(289)
<b>第五节 血液稀释疗法进展</b>	(290)
一、血液稀释的生理意义	(290)
二、血液稀释与临床	(292)
三、血液稀释中应注意的几个问题	(294)
<b>第十八章 微循环的研究方法与应用</b>	(297)
<b>第一节 微循环血管中血液流动的特点</b>	(297)
一、血浆层形成及红细胞径向迁移	(297)
二、在毛细管中血液流动特点	(297)
<b>第二节 人体甲皱微循环观察方法</b>	(298)
一、正常微循环的标准	(298)

二、甲皱微循环血管和血液循环通路 .....	(298)
三、观察方法及指标 .....	(299)
第三节 甲皱微循环检查障碍的分型 .....	(301)
一、痉挛型 .....	(301)
二、淤滞型 .....	(302)
三、过渡型 .....	(302)
四、麻痹型 .....	(302)
五、闭塞型 .....	(302)
六、正常型 .....	(303)
<b>第十九章 脏器微循环与临床微循环研究进展</b> .....	(304)
第一节 脏器微循环 .....	(304)
一、脏器微血管构型 .....	(304)
二、脏器血管环结构 .....	(304)
三、脏器微血管通透性 .....	(305)
四、脏器微血管的血流动态 .....	(306)
五、骨髓微循环特点 .....	(306)
六、小肠微循环特点 .....	(306)
七、胃、结肠粘膜微循环特点 .....	(307)
八、脑微循环特点 .....	(307)
第二节 临床微循环研究进展 .....	(308)
一、多部位微循环观测 .....	(308)
二、系统化测量描记方法 .....	(309)
三、微循环检测在临床应用中的评价 .....	(309)
第三节 微循环研究发展前景 .....	(310)
<b>第二十章 血液流变学在药物研究中的应用</b> .....	(313)
第一节 血液流变学理论与方法在药物基础理论研究中的意义与应用进展 .....	(313)
一、降低全血粘度与/或血浆粘度的药物 .....	(313)
二、抑制血小板聚集、PAF受体阻滞剂 .....	(313)
三、抗凝血作用 .....	(317)
四、活血化瘀药对纤溶系统影响研究及进展 .....	(318)
五、已证明能改善红细胞电泳的药物 .....	(321)
六、已证明能改善红细胞变形能力、红细胞聚集及血栓弹力图的药物 .....	(321)
七、改善微循环的药物研究进展 .....	(322)
八、氧自由基、钙通道阻滞与活血化瘀药的关系 .....	(322)
九、降脂减肥、抗动脉粥样硬化中药与血液流变学 .....	(323)
第二节 血液流变学在临床药理学研究中的应用 .....	(325)

一、血液流变学实验方法在临床判断活血化瘀药效、指导治疗及估计预后的良好指标	(325)
二、血液流变在指导中风治疗中的应用	(326)
三、用血液流变研究活血化瘀药新成果在临床应用的进展	(326)
四、血液流变学在毒理学研究方面的应用	(329)
<b>第二十一章 几种药物的使用情况</b>	(334)
<b>第一节 山海丹治疗心血管疾病的血液流变学变化</b>	(334)
一、资料及方法	(334)
二、结果分析	(336)
三、讨论	(336)
<b>第二节 抗血栓新药抵克力得(Ticlopidine)</b>	(339)
一、抵克力得抗血小板聚集的作用机理和药理学	(339)
二、抵克力得用于卒中中的一级或二级预防	(340)
三、不稳定型心绞痛	(342)
四、预防冠脉旁路术后移植血管的闭塞	(342)
五、减慢糖尿病非增殖性视网膜病变的发展	(343)
六、间歇性跛行患者	(343)
<b>第三节 蛇毒、抗栓酶与血液流变学及应用</b>	(344)
一、蛇毒、蝮蛇抗栓酶的化学组分及其作用	(345)
二、蛇毒与抗栓酶的药理作用及对血液流变学、微循环的影响及作用机理	(348)
三、抗栓酶的临床应用	(349)
四、抗栓酶的不良反应、禁忌症与用药注意事项	(350)
<b>附录 I 关于血液粘度及红细胞变形性测定的指导意见(摘要)</b>	(354)
<b>附录 II 华兴航空机轮公司仪器简介</b>	(364)
<b>附录 III 词汇表</b>	(366)



# 上 篇

## 血液流变学基础