

XUEYELIUBIANXUEJIQIYIXUEYINGYONG

血液流变学及其医学应用

秦任甲 编 著



广西师范大学出版社

血液流变学及其医学应用

秦任甲 编著

广西师范大学出版社

血液流变学及其医学应用

秦任甲 编著

责任编辑:唐丹宁

封面设计:杨琳

广西师范大学出版社出版发行

邮政编码:541001

(广西桂林市中华路36号)

桂林市印刷厂印刷

*

开本:850×1168

1/32

印张:9

字数:226千字

1996年8月第一版

1996年8月第一次印刷

印数:0001—4000册

ISBN 7-5633-2255-8/R·010

定价:(平)13.00元
(精)18.50元

船

PDG

内 容 简 介

本书是作者结合自己的教学经验、科研实践及收集的最新翔实资料编著而成。主要包括血液流变学基础理论、检测技术、微循环理论与检测以及临床应用四大部分。内容广泛,知识系统,较好地反映了学科新成就、新进展,突出医学实用性,对血液流变性、微循环检测及中西医疾病诊断与防治有很强的指导意义和实用价值。

本书可供临床医师、医检工作者、医学生、基础医学工作者和从事血液流变学、微循环学科研、教学和应用的其他科技工作者阅读,亦可用作医学、医学检验等专业研究生、本科生及专科生教材。

前 言

血液流变学和微循环学是物理学、工程学和生物医学等多学科相结合而形成的新兴边缘学科。在我国,血液流变学和微循环学虽然起步较晚,但发展迅速,临床应用已相当普及。相对而言,血液流变学和微循环学基础理论、基本知识传播仍然滞后。编著本书的目的在于适应血液流变学和微循环学发展需要,促进血液流变学和微循环学进一步普及和提高。

本书是作者结合自己的教学经验、科研实践及所收集到的大量资料编著而成。主要包括血液流变学基础理论、检测技术、微循环理论与检测以及临床应用四大部分。内容广泛,知识系统,较好地反映了学科新成就、新进展,突出医学实用性。叙述力求详尽,通俗易懂,图文并茂,以适应读者需要。本书主要阅读对象是临床医师、医检工作者、医学生和基础医学以及从事血液流变学、微循环学科研、教学和应用的其他科技工作者。还可作为医学和医学检验等专业的研究生、本科生、专科生教材。

本书统一用全国自然科学名词审定委员会 1988 年公布的物理学名词,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”。本书所涉及的量的单位统一用国际单位。血液流变学中常用的几个旧单位与国际单位的换算:压强 $1\text{mmHg}=133.33\text{Pa}$,粘度 $1\text{cp}=1\text{mPa}\cdot\text{s}$,力 $1\text{dyn}(\text{达因})=10^{-5}\text{N}$ (牛顿),电量 $1\text{esu}=\frac{1}{3}\times 10^9\text{C}(\text{库仑})$ 。

岳景山、李嘉庚、曾宪定、虞达英、唐仕雄审阅了部分书稿,并

提出了宝贵意见,汤祖贵、何典荣绘制书中的全部插图,还有一些人士对本书的编著、出版,给予支持和帮助,在此一并致谢!

本书内容丰富,涉及面广,难免存在疏漏和缺点,敬请读者批评指正。

编著者

桂林医学院血液流变学研究室

1996年3月14日

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 血液流变学发展回顾	(1)
一、国外发展简况	(1)
二、国内发展简况	(4)
第二节 血液流变学研究的内容及与医学的关系	(5)
一、血液流变学研究的内容	(5)
二、血液流变学与医学的关系	(8)
第三节 我国血液流变学未来发展趋势	(10)
第二章 基础理论	(12)
第一节 物体的粘性、弹性和粘弹性	(12)
一、物体的粘性	(12)
二、物体的弹性	(13)
三、物体的粘弹性	(15)
第二节 牛顿粘滞定律	(16)
一、速度梯度与剪变率	(16)
二、牛顿粘滞定律	(19)
第三节 圆管内牛顿流体的流动	(20)
一、泊肃叶定律	(20)
二、斯托克斯公式	(21)
三、湍流 雷诺数	(23)
第四节 非牛顿流体的流动	(24)
一、非牛顿流体的分类	(24)
二、表观粘度	(26)
三、本构方程	(29)
第五节 粘度	(32)

第三章 血液及其组分的流变性	(35)
第一节 血液及其粘度	(35)
一、血液的组成及其理化性质	(35)
二、血液的粘度	(39)
第二节 血液的 Casson 图和屈服应力	(46)
一、血液的 Casson 图	(46)
二、血液的屈服应力	(47)
三、血液在圆直管内层流时的速度分布	(49)
四、正常人血流变性分区	(49)
第三节 红细胞的流变性	(50)
一、红细胞的变形性	(51)
二、红细胞的聚集性	(59)
第四节 血小板的流变性	(59)
一、血小板的形态与结构	(59)
二、血小板的功能	(60)
三、血栓形成	(68)
第五节 白细胞的流变性	(78)
一、白细胞的分类和形态	(78)
二、白细胞的趋边流动	(80)
三、白细胞的粘附性	(81)
四、白细胞的聚集性	(82)
五、白细胞的变形性	(82)
第四章 微循环及其测定	(85)
第一节 微循环	(85)
一、微循环系统的结构和功能	(85)
二、微循环血流的特点	(87)
三、微循环系统压强与流速的分布	(89)
四、微循环系统血细胞比积的分布	(89)
第二节 红细胞的径向迁移与血浆层	(90)
一、红细胞的径向迁移	(90)

二、血浆层	(91)
三、二相流	(92)
第三节 微小血管中血液表观粘度的几种变化规律	(94)
一、法氏效应	(94)
二、 Σ 效应	(96)
三、管壁效应	(97)
四、红细胞栓塞效应	(99)
五、法-林氏效应	(102)
六、法-林氏效应的逆转	(104)
第四节 微循环的流态	(104)
一、微循环的流态	(104)
二、休克与微循环	(108)
第五节 甲襞微循环	(112)
一、甲襞微循环的构形	(112)
二、观测甲襞微循环的设备	(114)
三、观测甲襞微循环的指标	(116)
四、甲襞微循环加权积分法	(124)
五、甲襞微循环'94上海积分法	(129)
第五章 血液流变学指标及其测定方法	(131)
第一节 粘度测定	(131)
一、测定粘度的仪器	(131)
二、血样	(141)
三、测定粘度	(143)
四、测定血液粘度的意义	(144)
第二节 红细胞压积测定	(146)
一、测定红细胞压积的方法	(146)
二、测定红细胞压积的临床意义	(151)
第三节 血浆纤维蛋白原测定	(153)
一、测定血浆纤维蛋白原的方法	(153)
二、测定血浆纤维蛋白原的临床意义	(157)
第四节 红细胞变形性测定	(160)

一、测定红细胞变形性的方法·····	(160)
二、测定红细胞变形性的临床意义·····	(172)
第五节 红细胞聚集性测定·····	(173)
一、测定红细胞聚集性的方法·····	(173)
二、测定红细胞聚集性的临床意义·····	(179)
第六节 血小板粘附性测定·····	(180)
一、测定血小板粘附性的方法·····	(180)
二、测定血小板粘附性的临床意义·····	(184)
第七节 血小板聚集性测定·····	(185)
一、测定血小板聚集性的方法·····	(185)
二、测定血小板聚集性的临床意义·····	(192)
第八节 体外血栓形成测定·····	(193)
一、测定体外血栓形成的方法·····	(193)
二、测定体外血栓形成的临床意义·····	(198)
第九节 细胞电泳测定·····	(200)
一、基本原理·····	(201)
二、电泳装置·····	(204)
三、测定方法·····	(206)
四、细胞电泳测定的临床意义·····	(211)
第十节 白细胞流变性测定·····	(213)
一、白细胞变形性的测定方法·····	(213)
二、白细胞聚集性的测定方法·····	(216)
三、白细胞粘附性的测定方法·····	(217)
四、白细胞流变性测定的临床意义·····	(218)
第十一节 血液触变性测定·····	(219)
一、测定原理·····	(219)
二、测定方法·····	(222)
三、血液触变性测定的临床意义·····	(223)
第十二节 血液粘弹性测定·····	(225)
一、测定原理·····	(225)
二、测定方法·····	(227)

三、血液粘弹性测定的临床意义·····	(229)
第十三节 血栓弹力图测定·····	(231)
一、测定原理·····	(231)
二、测定方法·····	(232)
三、血栓弹力图指标·····	(232)
四、血栓弹力图测定的临床意义·····	(234)
第六章 血液流变学在疾病诊断与预防中的应用 ·····	(236)
第一节 血液流变学指标分类及相互关系·····	(237)
一、血液流变学指标分类·····	(237)
二、指标间的相互关系·····	(238)
第二节 血液粘滞异常综合征·····	(239)
一、血液高粘滞综合征·····	(240)
二、血液低粘滞综合征·····	(242)
三、血瘀证与血液高粘滞综合征的关系·····	(243)
第三节 血液流变学指标在临床医学中的应用·····	(244)
一、血液流变学检测报告单的设计·····	(244)
二、在疾病诊断中的应用·····	(245)
三、在疾病预防中的应用·····	(247)
四、在药物研究和药物治疗中的应用·····	(249)
第七章 血液流变学疗法 ·····	(250)
第一节 改善血液高粘滞的途径·····	(250)
第二节 血液高粘滞非药物疗法·····	(252)
一、血液稀释疗法·····	(252)
二、血浆置换疗法与脂质清除疗法·····	(261)
三、紫外线照射充氧自血回输疗法·····	(264)
四、磁疗·····	(265)
第三节 血液高粘滞的药物疗法·····	(266)
主要参考文献 ·····	(270)

第一章 绪论

第一节 血液流变学发展回顾

一、国外发展简况

血液流动与变形的现象早已为人们所注意. 1628 年, 英国解剖学家、医生 William Harvey 发表了他的血液循环概念. 当时还没有显微镜, Harvey 没有发现毛细血管, 他的血液循环概念是理论推断性结论. 1661 年意大利解剖学家 Marcello Malpighi 借助显微镜才首次观察到毛细血管. 1665 年意大利医生 Boree 在人的甲床观察到微血管. 1675 年 Leeu Wenhok 报道了红细胞通过毛细血管发生变形的现象. 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流体的粘滞定律, 1842 年法国生理学家 Poiseuille 在观察动物肠系膜微血管中血液流动的基础上, 建立了泊肃叶 (Poiseuille) 定律. 这两个定律成为当今血液流变学的基础理论

本世纪初, Lombord 等正式利用显微镜在临床上研究人体皮肤毛细血管. 1906 年 Denning 等观察到血液粘度随细管管径变化而改变的现象.

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

1929年美国首先成立了流变学会,随后英国、德国、荷兰、法国、瑞典、日本等国相继成立了流变学组织,为流变学成为一门独立的学科奠定了基础。

1929年 Fahraeus 证实血液从容器流入管道,管道中的红细胞压积比容器中的小。在此基础上,1931年 Fahraeus 和 Lindqvist 发现,当管径从 $500\mu\text{m}$ 减小到 $40\mu\text{m}$ 时,血液的表观粘度随之变小,这种现象称为法-林氏 (Fahraeus-Lindqvist) 效应。

1941年 Krinsely 等用光学显微镜观察到红细胞聚集,严重时会造成末梢循环血流明显紊乱,他把此现象称为“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 教授作了“生物学中的流变学问题”的报告,由他首次提出“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,在会上提出了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 等研制成适于测血液粘度的锥板旋转粘度计,对血液流变学发展起了推动作用。

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

1966年在冰岛雷克雅未克召开第一届国际血液流变学会,就此成立国际血液流变学学会,选举 A. L. Copley 为第一届学会主席。学会设立泊肃叶金奖,第一位泊肃叶金奖获得者是 R. Fahraeus。1969年在联邦德国海德堡召开第二届国际血液流变学会,选举 A. L. Copley 为第二届学会主席,第二位泊肃叶金奖获

得者是 Scott Blair. 随着研究的扩大和深入, 不仅涉及血液的流变性, 还涉及其他生物物质的流变性. 在此情况下, 第二届国际血液流变学会决定改名为国际生物流变学学会.

1972 年在法国里昂, 1975 年在以色列雷霍沃特, 1978 年在美国拉霍亚, 1981 年在日本东京, 1983 年在联邦德国巴登-巴登, 1986 年在加拿大温哥华, 1989 年在法国南锡, 1992 年在日本横滨, 依次召开第一到第八届国际生物流变学学会, 选举出各届学会主席. 大会授予泊肃叶金奖第三位到第十位获得者, 他们依次是 A. L. Copley, S. Oka (冈小天), M. Joly, A. Silberberg, H. Hartert, Y. C. Fung (冯元桢), R. Skalak, H. L. Goldsmith. 1995 年在美国大天召开第九届国际生物流变学会与第二届国际临床血液流变学会. 第一届国际临床血液流变学会于 1993 年在奥地利维也纳与第八届欧洲临床血液流变学会一起召开.

1981 年在日本东京召开的第四届国际生物流变学会决定出版《临床血液流变学》杂志.

自 1979 年在法国南锡举办第一届欧洲临床血液流变学会以来, 1981 年在英国伦敦, 1983 年在联邦德国巴登-巴登, 1985 年在意大利希拉, 1987 年在法国博迪奥克司, 1989 年在联邦德国法兰克福, 1991 年在英国南安普敦, 依次召开第二到第七届欧洲临床血液流变学会.

除上述生物流变学和血液流变学会外, 许多国家也成立了自己的生物流变学或血液流变学学术组织, 近年来各国的学术组织活动频繁.

从学会活动这个侧面可以看出, 自 60 年代以来, 国际和各国学术活动日趋频繁, 表明了这三十年间生物流变学和血液流变学迅速发展.

二、国内发展简况

在我国,生物流变学与血液流变学以及微循环学的研究和应用起步较晚,但一经起步发展非常迅速.1964年李志山、陈文杰首次报告了人体手指甲襞微循环观察结果.本世纪70年代,上海第一医学院首先将血液流变学应用于临床心脑血管疾病和中医血瘀证.随后,重庆大学、中国医学科学院天津血液研究所、北京医科大学、华西医科大学、中国中医研究院、北京西苑医院、北京中日友好医院、第四军医大学等单位及时投入人力物力开展生物流变学,尤其是血液流变学的研究、推广和临床应用,促进我国血液流变学发展.

显微电视技术用于微循环观测始于60年代,70年代迅速发展.1976年上海第一医学院报告了试用电视观察微循环的初步结果.到了80年代,微循环研究迅速发展,显微电视系统临床观测外周微循环,如甲襞微循环、眼球结膜微循环等迅速普及到大中型医院,促进我国微循环学的普及和提高.

80年代以来,我国血液流变学发展非常迅速.先行投入研究的理工科和生物医学专家、学者陆续翻译一批国外著作,把生物流变学和血液流变学介绍到我国.邀请冯元桢这样一些造诣很深的专家、教授来我国讲学、办班,传播知识.我国学者也陆续出版了一批生物流变学、血液流变学专著.发表的研究论文日渐增多.学术组织相继成立,1982年中西医结合研究会成立下属的活血化瘀专业委员会.随后,中国生物物理学会、中国生物医学工程学会、中国力学学会、中国病理生理学会均成立了下属的有关生物流变学、血液流变学专业委员会或学科组.国内学术活动日渐兴起,这些都极大地推动我国血液流变学发展.80年代以来,我国血液流变学检测仪器的研究和生产发展很快,为血液流变学的研究和临床应用创造了十分有利的条件.到90年代初,血液流变学临床应用几乎普及到县、市各大医院.我国血液流变学发展的显著特点是迅速而且密

切地与医学临床相结合。

80年代初以来,许多医学院校为医学研究生和本科生开设血液流变学课程,目前开设这门课的院校还在不断增加.80年代末,本书作者主编的本、专科两种教科书《医用物理学》就已编入了血液流变学的内容。

1991年中国血液流变学杂志、微循环学杂志创刊,1993年微循环技术杂志创刊。

现在我国已有一支由医学、医学物理学、生物医学工程学和有关工程技术等多学科工作者组成的从事血液流变学、微循环学科研、临床应用和教学的庞大队伍.就是这支队伍,促成了我国血液流变学、微循环学自80年代以来空前规模的发展.这时期的发展被国际友人誉为“中国进行生物流变学大跃进”.随着我国经济建设的发展,科学技术的提高,生物流变学和血液流变学以及微循环学在我国将会获得更大的发展。

第二节 血液流变学研究的内容及与医学的关系

一、血液流变学研究的内容

血液流变学是生物流变学的重要组成部分,生物流变学是在流变学的基础上发展起来的,这里先介绍流变学和生物流变学。

(一)流变学

流变学成为一门独立的学科,是由美国 Bingham 教授创建于1928年.他把研究物质流动与变形的科学称为流变学.遵从应变与应力成正比的胡克定律的固体,通常称为胡克固体.弹性力学是建立在胡克定律基础上的,因此弹性力学适用于研究胡克固体.遵从剪变率(剪应变随时间的变化率)与剪应力成正比的牛顿粘滞定律的流体,通常称为牛顿流体.流体力学是建立在牛顿粘滞定律基

础上的,因此流体力学适用于研究牛顿流体.流变学所研究的对象是非胡克固体与非牛顿流体,也就是既不遵从胡克定律,也不遵从牛顿粘滞定律的各种各样的物质,研究其力学特性,即流变特性,以及这些特性与结构之间的关系.流变学研究的重点是物质的本构方程.对于给定的物质,本构方程一般表示物质的应力、应变、应变率之间的关系.流变学不仅研究物质的流动与变形,即宏观流变性,而且还研究与之联系的微观结构与物化特性.

流变学是物理学中的物性学与力学紧密联系的交叉学科.它与高分子化学及胶体化学有着密切的关系.陶瓷、橡胶、塑料、纤维、化学和食品工业及土木工程等都包含有物质的流动与变形的过程.流变学也正是应这些工业的需要而发展起来的.

流变学是一种研究方法的科学,有广泛的研究领域,如有涉及土木工程和农业科学的土壤流变学,涉及地球物理的地球内部的流变学,手触及各种物质的触觉与被触及物质的流变特性有密切的联系,涉及这个领域的学科称为心理流变学,涉及生物物质流变特性的学科称为生物流变学,等等.

(二)生物流变学

生物流变学,简而言之就是研究生物物质的流变学.它研究构成生物体,尤其是人体的物质的宏观和微观流变特性问题.诸如研究血液的流变性质及变化规律,红细胞的变形与聚集,血小板的粘附与聚集,血管的力学性质,血管壁与血液的相互影响,白细胞流变性,原生质的流变性,眼球晶状体的变形性以及淋巴液、关节液、脑脊髓液、玻璃体液、子宫颈粘液、支气管分泌物、心脏、膀胱、肌肉、其他软组织、软骨、骨骼等物质的流变特性问题.生物流变学是应生物学与医学的需要而发展起来的,是流变学与生物学、医学相结合而形成的交叉学科,与物理学、生物化学等多学科相关联.从某种意义上说,它是生命科学与非生命科学之间的纽带,颇受人们重视,方兴未艾.