

LINCHUANGXUEYELIUBIANXUE

# 临床血液流变学

主编 秦任甲

北京大学医学出版社

# 临床血液流变学

主 编 秦任甲  
副主编 马国忠 温彦生  
编 者 马国忠 陈世新 秦任甲  
晨 阳 温彦生 虞达英

北京大学医学出版社

# LINCHUANG XUEYE LIUBIANXUE

## 图书在版编目(CIP)数据

临床血液流变学/秦任甲主编. —北京:北京大学医学出版社,2003.6

ISBN 7-81071-419-8

I. 临… II. 秦… III. 血液流变学 IV. R331.3  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 016530 号

北京大学医学出版社出版发行

(100083 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内 电话:010-62092230)

责任编辑:张彩虹

责任校对:周 励

责任印制:张京生

北京地泰德印刷有限责任公司印刷 新华书店经销

开本:850mm×1168mm 1/32 印张:6.25 字数:157千字

2003年10月第1版 2003年10月第1次印刷 印数:1—5000册

定价:11.80元

版权所有 不得翻印

## 序 言

血液流变学基础理论和临床实践,近 20 年在我国呈现飞速发展的势态,尤其是临床血液流变学在全国县级中西医院得到了普及。检测仪器不断更新,检测手段日臻完善,为社会的医疗、预防和保健等卫生事业发挥着积极的作用。

深入研究血液的宏观与微观流变学特性,将为阐明心脑血管疾病、恶性肿瘤及糖尿病等多种疾病的发病原因、途径及转归提供有价值的信息,为诊断治疗某些疾病的重要参考。血液流变学异常是引起生理病理变化的初始条件,因此从检测血液成分,血流状态和血管功能变化过程,来认识自身的健康状况,对于提高生活质量是很有意义的。

从当前对人群疾病谱的分析中已知,“亚健康”群体在我国 40 岁以上的人群中占 70%,这是一个严峻事实,应引起我们的极大关注,并积极加以改善。降低血液黏度、提高微血流速度、增强新陈代谢功能,是促使从“亚健康”转向健康状态的有效途径。可见血液流变学因素对于保持人体最佳健康状态起着决定性的作用。

近年来许多医学院校开设了血液流变学课程。为适应教学和临床的急需,秦教授在已完成两本血液流变学专著的基础上,以他渊博的知识,丰富的教学与管理、临床与科研的经验又编写出新著作。本书内容丰富系统、理论简明、通俗易懂、方法实用、可操作性强,是临床应用很有价值的指导书,是科研、医疗和检验人员的好读本,是一本新型的、适用的好教材。

秦教授是我国从事血液流变学科研、教学和临床应用推广较早的学者之一,在长期承担繁重的学院教学和管理工作的同时,还经常组织、参加全国性的学术会议,到许多省市讲授血液流变学。

现担任中国生物医学工程学会医学物理分会理事及其下属的临床血液流变学专业委员会主任委员,还任全国4家杂志的常务编委和编委。六十多岁了还在孜孜不倦地为我国血液流变学的发展做出新贡献。

本书的出版,为蓬勃发展的流变学这座百花盛园增添了新秀。它必将激励我们从事血液流变学工作的同仁们,也为学科的发展和临床应用做出新的努力。

中国医学科学院  
中国协和医科大学 血液学研究所

李贵山 研究员

2003.3.5

## 前 言

二十几年来,血液流变学临床应用已从大中城市医院广泛普及到县城各中、西医院,临床医学界越来越多的人学习和应用这门新兴边缘学科,基础研究和临床应用硕果累累,各医院纷纷改用质量好、精确度高的检测仪器,临床血液流变学的发展蒸蒸日上,使其在全民族的医疗保健事业中发挥着积极的作用。为保持血液流变学临床应用扎扎实实的、广泛而深入发展的势头,取得更大的成效,不仅要使血液流变学的基本理论和基本技术在临床医学界的普及面继续不断扩大,而且要在现有基础上进一步提高,还要在现有三四十所医学院校开设血液流变学选修课的基础上,使血液流变学在校教育有更广泛的发展。为此,我们编著了这本书。

本书虽然篇幅不大,但我们从临床应用实际需要出发,并考虑到适用于教学,编入了临床应用所必备的基本理论和基本技术。主要内容有基础理论和基本检测仪器,血液和血细胞流变性,临床应用血液流变学指标及其检测,血液流变学疾病及其诊断、治疗药物和方法等,形成了临床血液流变学较完整的知识体系。考虑到阅读对象的数理基础,书中避开了数学推导和复杂的数理公式,表述上深入浅出,条理清楚,简明扼要,便于广大临床工作者,在校中、西医临床医学、医学检验专业学生阅读、理解、掌握和应用。

本书是二十几年来我国血液流变学临床应用与研究的基本归纳,十余年教学经验的总结,教学内容第三次重大修改的成果,企盼成为较好的临床应用参考书和选修课的好教材。

本书由秦任甲编写绪论、第二、三、七章,晨阳编写第一、五章,陈世新编写第四章、第六章的第一、二、三节,温彦生编写第六章第四、五、六、七、八、九节,马国忠、秦任甲合编第八、十章,秦任甲、虞

达英合编第九章。全书由秦任甲统一审改整理定稿。

我建议,随后受命筹备成立中国生物医学工程学会医学物理分会临床血液流变学专业委员会已两年余,现已瓜熟蒂落,它诞生之际,将是此书出版之时,谨以此表示祝贺。

陈小业等不辞辛劳绘制此书全部插图,已有多所医学院校同行选用此书作教材,多方面支持此书出版,在此一并致谢。

临床血液流变学涉及面广,还多有不成熟之处,且编著者水平有限,书中难免存在错漏和不足之处,敬请读者批评指正。

秦任甲 于桂林李子园

2002年7月22日

# 目 录

## 绪 论

- 一、临床血液流变学的研究内容 ..... (1)
- 二、临床血液流变学的研究方法 ..... (1)
- 三、临床血液流变学的发展 ..... (3)

## 第一章 血液流变学基础理论

- 第一节 牛顿黏滞定律 ..... (7)
  - 一、应力与应变 ..... (7)
  - 二、速度梯度 ..... (8)
  - 三、牛顿黏滞定律 ..... (10)
- 第二节 圆管内的泊肃叶流动 ..... (11)
  - 一、流速分布 ..... (11)
  - 二、泊肃叶定律 ..... (12)
  - 三、斯托克斯公式 ..... (13)
- 第三节 卡森方程 ..... (15)
  - 一、卡森方程 ..... (15)
  - 二、表观黏度 ..... (16)
  - 三、血液的卡森图和屈服应力 ..... (18)
  - 四、物体的黏弹性 ..... (19)

## 第二章 血液流变学检测仪器

- 第一节 毛细管黏度计 ..... (21)
  - 一、水平毛细管黏度计 ..... (21)
  - 二、直立毛细管黏度计 ..... (22)
- 第二节 旋转黏度计 ..... (24)
  - 一、锥-板黏度计 ..... (24)



二、旋转圆筒黏度计 .....	(26)
<b>第三节 细胞电泳仪</b> .....	(28)
一、电泳仪的工作原理 .....	(28)
二、电泳小室 .....	(29)
三、电泳时间的测量 .....	(31)
四、影响细胞电泳的因素 .....	(33)
<b>第三章 血流参量对血细胞流变性和动脉粥样硬化的影响</b>	
<b>第一节 血液在动脉狭窄、弯曲、分支管区的流动</b> .....	(34)
一、动脉局部狭窄区血液的流动 .....	(34)
二、动脉弯曲区血液的流动 .....	(37)
三、动脉分支管区血液的流动 .....	(38)
<b>第二节 血液流态对血细胞流变性的影响</b> .....	(40)
一、分离区血细胞的运动 .....	(41)
二、高剪应力对血细胞流变性的影响 .....	(44)
<b>第三节 动脉粥样硬化与血液流态的关系</b> .....	(44)
一、壁剪应力相关说 .....	(45)
二、流动分离相关说 .....	(46)
三、压力相关说 .....	(47)
四、湍流相关说 .....	(47)
<b>第四章 血细胞流变学</b>	
<b>第一节 红细胞的流变性</b> .....	(49)
一、红细胞的基本结构 .....	(49)
二、红细胞的流变性 .....	(51)
<b>第二节 血小板的流变性</b> .....	(57)
一、血小板的基本结构 .....	(58)
二、血小板的流变性 .....	(58)
<b>第三节 白细胞的流变性</b> .....	(64)
一、白细胞的基本形态与分类 .....	(64)
二、白细胞的流变性 .....	(64)

## 第五章 血液的流变性

第一节 血液的理化性质 .....	(68)
一、血液的组成 .....	(68)
二、血液的理化性质 .....	(69)
第二节 血液的黏度 .....	(71)
一、几种血液黏度的定义 .....	(71)
二、影响血液黏度的因素 .....	(72)
三、人血液流变性分区 .....	(78)
第三节 微循环的流变性 .....	(79)
一、红细胞的向轴集中和血浆层 .....	(80)
二、法-林效应及其逆转 .....	(81)

## 第六章 临床常用血液流变学指标

第一节 血液黏度 .....	(83)
一、测量血液黏度的方法 .....	(83)
二、血液黏度测量结果的意义 .....	(85)
第二节 红细胞压积 .....	(86)
一、测量红细胞压积的方法 .....	(86)
二、测量红细胞压积的临床意义 .....	(89)
第三节 血浆纤维蛋白原 .....	(89)
一、微量热沉淀法 .....	(89)
二、测量血浆纤维蛋白原的临床意义 .....	(90)
第四节 红细胞变形性指标 .....	(91)
一、测量红细胞刚性指数 IR 和 TK 值 .....	(91)
二、测量红细胞滤速 EFR、红细胞变形指数 DI .....	(93)
三、测量红细胞滤过指数 IF .....	(94)
四、测量红细胞变形性指标的临床意义 .....	(95)
第五节 红细胞聚集性指标 .....	(96)
一、测量红细胞聚集指数 .....	(96)
二、测量血沉方程 K 值 .....	(97)

三、测量红细胞聚集性指标的临床意义 .....	(98)
第六节 血小板黏附率 .....	(99)
一、血小板黏附率的定义 .....	(99)
二、玻璃球瓶法测量血小板黏附率 .....	(99)
三、测量血小板黏附率的临床意义 .....	(101)
第七节 血小板聚集率 .....	(101)
一、比浊法测量血小板聚集率 .....	(101)
二、测量血小板聚集率的临床意义 .....	(104)
第八节 体外形成血栓指标 .....	(105)
一、测量方法 .....	(105)
二、测量体外形成血栓指标、药物溶栓率的临床意义 .....	(107)
第九节 红细胞电泳指标 .....	(107)
<b>第七章 血液流变学疾病</b>	
第一节 血液黏滞异常综合征 .....	(110)
一、血液黏滞异常综合征 .....	(110)
二、血液高黏滞综合征的分型 .....	(111)
第二节 血液高黏滞综合征的病因及危害 .....	(113)
一、血液高黏滞综合征的病因 .....	(113)
二、血液高黏滞综合征对健康的危害 .....	(113)
第三节 血液高黏滞综合征的诊断 .....	(116)
一、临床血液流变学指标检测报告单 .....	(116)
二、血液流变学指标检测的应用 .....	(118)
<b>第八章 一些疾病与血液高黏滞综合征</b>	
第一节 循环系统疾病与血液高黏滞综合征 .....	(121)
一、高脂血症 .....	(121)
二、冠心病 .....	(123)
三、高血压病 .....	(130)
第二节 肺心病与血液高黏滞综合征 .....	(132)
第三节 泌尿系统疾病与血液高黏滞综合征 .....	(134)

一、肾病综合征 .....	(135)
二、慢性肾功能衰竭 .....	(137)
第四节 糖尿病与血液高黏滞综合征 .....	(140)
第五节 脑血栓形成与血液高黏滞综合征 .....	(142)
<b>第九章 血瘀证与血液高黏滞综合征</b>	
第一节 血瘀证的血液流变学研究 .....	(147)
一、病例分析 .....	(147)
二、动物模型实验 .....	(148)
第二节 血瘀证的血液流变性 .....	(154)
一、血瘀证的病因与发病机理 .....	(154)
二、血瘀证的血液流变性 .....	(155)
第三节 活血化瘀药物及其抗血液高黏滞作用 .....	(157)
一、活血化瘀药物 .....	(157)
二、活血化瘀药物的抗血液高黏滞作用 .....	(158)
<b>第十章 血液流变学疗法</b>	
第一节 治疗药物 .....	(161)
一、常用药物的血液流变学作用 .....	(161)
二、治疗血液高黏滞综合征各亚型的药物 .....	(168)
第二节 血液稀释疗法 .....	(169)
一、血液稀释度 .....	(170)
二、血液稀释剂 .....	(171)
三、血液稀释疗法的分类 .....	(174)
四、等血容量血液稀释的实施 .....	(176)
五、血液稀释的主要影响 .....	(178)
第三节 非药物疗法 .....	(179)
一、血浆置换疗法 .....	(179)
二、光量子血疗法 .....	(180)
三、辐射血稀生物平衡疗法 .....	(180)
<b>主要参考文献</b> .....	(182)

# 绪 论

## 一、临床血液流变学的研究内容

血液流变学是研究血液、血管、血液组分的流变性质及其变化规律的新兴边缘学科,是当今研究最活跃,最“热门”的生物流变学分支。从所研究对象的层次上看,可将其分为:① 宏观血液流变学。它把血液看作连续介质,研究诸如血液的表观黏度、血浆黏度、血管内皮损伤与血栓形成等宏观流变性质。② 细胞流变学。它研究各种细胞,如红细胞的变形性和聚集性,血小板的黏附性与聚集性,白细胞的黏附性、聚集性和变形性等细胞流变性质。③ 分子流变学。它研究组成血细胞、血浆的分子成分、数量和结构及其变化对其血液流变性的影响,对血液、血浆、血细胞流变性的变化规律作出微观解释,解决血液高黏滞综合征的微观机制问题。上述三个血液流变学分支在临床医学上的应用就形成了临床血液流变学。其内容包括血液及其组分的流变性,临床应用血液流变学指标及其检测,血液高黏滞综合征的微观机制,血液流变学疾病及其诊断,防治药物和方法。

## 二、临床血液流变学的研究方法

二十几年来,临床血液流变学的基础研究和应用研究取得一系列成果,获得很大进展。这些进展大体上是通过病例分析和动物模型试验两种研究方法来实现的。

1. 病例分析 此法简便易行,是临床研究常用的方法。用此法主要研究临床血液流变学中的两大问题:其一,研究各种疾病患者的血液流变性改变情况。检测疾病患者组和健康对照组的血液

流变学指标,作统计处理,进行对比分析,可获得该疾病患者组血液流变性改变情况——呈现高黏滞综合征及其亚型的情况。检索表明,至今几乎对所有常见病都研究过。研究表明,疾病患者的流变性异常是复杂的。心肌梗死、脑梗死、冠心病、糖尿病、肺心病等许多疾病的大多数患者呈现血液高黏滞综合征。同种疾病患者呈现血液高黏滞综合征的情况还与个体差异、病情、病程不同等因素有关。其二,进行抗血液高黏滞综合征药物和方法的疗效试验。将呈现血液高黏滞综合征的患者组作为用药(或其他方法)治疗组,另建立适合的对照组。检测治疗组和对照组血液流变学指标,进行数据处理和对比分析,可知道该药物或方法治疗该疾病患者血液高黏滞综合征的效果。当然,也可通过对呈现血液高黏滞综合征的疾病患者用药或施行某方法治疗前后的血液流变学指标进行对比分析,判断该药物或方法的抗高黏滞疗效。检索表明,1995年以来,国内各种期刊发表的用这种方法研究药物或治疗方法疗效的论文就达2000余篇。

2. 动物模型实验 造模的方法有许多,例如:① 取同批同饲养条件4月龄Wistar大鼠,雌雄各半,体重300g左右,每日自来水灌胃5ml/只,连续7日。第7日皮下注射浓度为0.1%的盐酸肾上腺素(Adr)0.08ml/100g体重,间隔4h再注射第二次。第一次注射Adr后2h将大鼠浸入冰水中5min。处置完后18h大鼠即呈现高、低剪变率全血黏度,血浆黏度,红细胞压积,纤维蛋白原含量显著增高的急性暂时性高黏滞模型。② 取鼠龄4个月左右,体重250~300g Wistar大鼠,每日一次肌注0.1%的氟氢可的松0.2ml/只,共13日,第14日一次皮下注射0.1% Adr 0.1ml/只,可形成红细胞压积增高、刚性增强、电泳时间延长,全血黏度,体外形成血栓长度、湿重、干重显著增高的血液高黏滞模型。③ 取新西兰种大白兔,体重1.80~2.50kg,雄性,基础饲养7天。然后,第一天上、下午各从其耳缘静注1次15%高分子右旋糖酐生理盐水溶液5ml/kg,以后每天照此执行,连续7天。第8天禁食。可

形成全血黏度,血浆黏度,红细胞聚集性,血小板黏附性、聚集性,体外形成血栓各项指标均显著增高的血液高黏滞模型。④ 鼠龄 24~27 月的老龄 Wistar 大鼠成为天然的,全血黏度,血浆、血清黏度、红细胞压积、刚性、电泳时间,血浆纤维蛋白原含量,体外形成血栓各项指标均显著增高的慢性血液高黏滞模型。其余不再列举。利用动物模型在两个方面做了大量工作:其一,进行药物和其他因素的抗高黏滞效果试验。通过建立动物正常对照组,模型组、阳性药物对照组和试验药物(或其他因素)不同剂量组,进行试验,检测指标,对比分析,可确定该药(或该因素)的抗高黏滞效果。其二,研究血瘀证的本质和活血化瘀药物的抗高黏滞作用。

### 三、临床血液流变学的发展

通过二十几年的科学研究和临床应用,做了大量的工作,取得一系列突破性进展,几乎所有常见病,包括血瘀证的血液流变性异常情况都有人研究过,从现有药物筛选出和新研制出一批疗效良好的治疗血液高黏滞综合征的中、西药物和方法,积累了较丰富的治疗血液高黏滞综合征的临床经验,使具有我国特色的临床血液流变学的知识体系基本形成。主要表现为:

1. 临床应用广泛普及 血液流变学临床应用从大中城市到县城各中西医院已广泛普及。医药界学习、掌握、研究、应用临床血液流变学的人越来越多。各地纷纷用旋转黏度计替代前已普遍应用的毛细管黏度计测量血液黏度,检测技术有新的提高。广大患者的血液流变学意识提高,主动要求做血液流变学检测和治疗。临床血液流变学在全民族医疗保健事业中已经发挥并将继续发挥积极的作用,并将继续广泛而深入地向前发展。

2. 指标检测目的端正 20 世纪 80 年代末 90 年代初那几年间,以血液流变学指标检测来预报中风,使血液流变学临床应用迅速普及到各地,为此后的发展奠定了基础。那样预报中风实在离实际太远。1992 年夏《健康报》载文对此予以否定。于是各地医

院把临床血液流变学指标检测的目的定格在诊断血液高黏滞综合征及其亚型。从此,临床血液流变学的发展走上了科学的轨道、正确的方向,决定了今天取得的成就,是我国临床血液流变学发展史上的重要突破。

3. 血液高黏滞综合征的危害有所明了 大量资料表明,血液高黏滞综合征对健康的危害可归纳为如下三方面:①影响脏器微循环灌注,可造成脏器组织缺血、缺氧、酸中毒、微循环障碍。脏器微循环灌注不足,是许多疾病发生、发展的基础和中心环节。②是某些疾病,如脑梗死、心肌梗死、冠心病、高血压和肺心病等发生、发展的重要因素。疾病与其所呈现的血液高黏滞综合征之间往往互为因果关系,造成恶性循环。③可能是造成动脉粥样硬化的重要因素。血液黏度增高,血流中流变学参数、动力学参数,如流速、流速梯度(剪变率)、对血管壁的内摩擦力、压力等增大,长期(慢性)作用,很可能损伤内皮细胞,导致动脉发生粥样硬化。为揭示和对抗这些危害,筛选和研制对抗这些危害的药物和方法,广大学人进行了大量的科研探索和临床应用,带动了临床血液流变学全面发展。这些危害成为临床血液流变学发展的原动力,是其生命力所在。二十几年的发展证明,血液高黏滞综合征的提出的确是临床血液流变学发展进程中带突破性的重要成果,现已成为临床血液流变学的核心内容。

4. 基本指标体系已经形成 经过这些年的临床实践、经验总结,诊断血液高黏滞综合征及其亚型的血液流变学基本指标体系已经形成,为血液流变学疾病的诊断提供了保证。各地医院用国际通用的旋转黏度计来替代早已普遍采用的毛细管黏度计测量血液的黏度,使检测技术上上了一个新的台阶,检测结果更利于诊断。当前存在检测指标优化,检测仪器标准化,检测方法规范化问题。这已引起血液流变学界广大学者普遍关注,纷纷召开研讨会,发表研究论文,使之已取得一些具体进展。

5. 血瘀证本质初步揭示 长期以来,中医理论和其临床实践



都未能完全阐明血瘀证的本质,也未能提出辩证的客观数值指标。血液流变学的兴起,为研究血瘀证的本质、辩证标准的客观化、数值化、规范化提供了先进的科学理论、途径和方法。大量研究资料表明:①大多数被确诊为血瘀证患者,都呈现血液高黏滞综合征;②复制某种血瘀证的动物模型是以动物的血液流变学指标改变是否与临床上该血瘀证患者的血液流变学指标改变相同或相似作为判断依据的,相同或相似则成为该血瘀证的动物模型,显然血瘀证的动物模型也是高黏滞模型;③血液黏滞因素增高,使之发生微循环障碍和血流动力学参数异常,最终导致血瘀证的形成;④许多活血化瘀药物都具有抗血液高黏滞作用而成为治疗血液高黏滞综合征的常用药、主要用药。上述这些都表明,血液流变性增高是血瘀证的重要本质的表现。因此,1986年第二届全国活血化瘀研究学术会议修订的血瘀证诊断标准中,就把血液流变性异常作为一项重要实验指标。

6. 治疗药物和方法初步形成 经广大医药工作者进行治疗病例对比分析和动物模型试验,已从现有药物中筛选出和新研制出一批治疗血液高黏滞综合征的中、西药物及血液稀释疗法等一些治疗方法。这些药物和方法成为血液流变治疗学的基础。

7. 血液高黏滞的分子流变学机制研究起步 解决血液流变性改变的机制问题的分子流变学已处于起步阶段,虽然发表的文章不多,但毕竟已经开始研究。已经揭示:最容易受自由基攻击的生物结构是脂质双分子层。红细胞膜受自由基作用,其结构受损,功能改变,红细胞变形性降低。血浆大分子使血浆黏度增大的影响力的定量关系为胆固醇>纤维蛋白原>三酰甘油>免疫球蛋白>白蛋白。它们的影响力依次为白蛋白的278、139、121和2.7倍。许多疾病,如高血压、心肌梗死、脑梗死、肺心病等都能产生大量自由基,殃及红细胞,导致血液高黏滞综合征。这里不可能也无必要把分子流变学的成果一一列出,但可以预期分子流变学的深入发展,必将使人们从分子水平上去认识、治疗血液高黏滞综合