

血液流变学基础 及临床检测

• 戴荣锦/编著



江西科学技术出版社

XHP 4/101

80
R331.3
8

2

序

血液流变学基础理论在我国发展十分迅猛，血液流变学的临床应用，更是繁花似锦。新型仪器不断推出，检测手段日臻完善，基础理论与临床实践紧密结合，已为某些疾病的早预防、早诊断、早治疗做出了巨大的贡献。

当前我国血液流变学的基础研究和临床应用，已由形态深入到机理，由定性提高到定量，从宏观观察到微观和分子水平，并将理论与实践，体外检测与体内状态结合起来，步入了世界先进水平的行列。

血液流变学已经并将将在我国的保健医学、预防医学和老年医学的发展中，显示出强大的生命力。

《血液流变学基础与临床检测》是作者创造性劳动的成果，全书十六章，上篇七章讨论血液流变学基础，下篇九章是临床检测技术，内容丰富，理论简明，方法实用。

本书对于从事血液流变学的工作者，临床医师和检测人员的学习和工作颇有裨益，是一本简明的应用工具参考书。

《血液流变学基础及临床检测》是作者从事四十年临床和血液流变学检测工作宝贵的丰富实践的总结和升华。它的出版必将为发展和繁荣我国的血液流变学和临床血液流变学专业做出新的贡献。

本书的内容和出版也充分说明了临床检验工作在医学基础理论发展中的重大作用。



中国医学科学院血液学研究所 李贵山

1984年3月

C

239104

(赣)新登字第003号

血液流变学基础及临床检测

戴秉治等著

江西科学技术出版社出版发行

(南昌洪都大道)

各地新华书店经销 江西印刷公司印刷

开本 787×1092 1/32 印张12 字数28万

1984年12月第1版 1984年12月第1次印刷

印数 1—3300

ISBN:—5393—0012—1/京·184 定价: 11.00元

(江西科技新书凡属印刷、装订错误, 请随时向承印厂调换)

概 述

“血液流变学”是一门多学科综合的边缘医学基础科学，是流变学的一个分支，也是生物流变学的重要组成部分。它对循环血液的流动和变形及血管流变的研究，显示出它在医学领域中的重要作用，开创了临床医学的新天地。它在临床医学中的深入开展愈来愈为广大临床医学工作者所重视和接受。

一、流变学的起源和发展

1. 流变学 (Rheology)

是一门研究物质在应力作用下流动和变形的科学，1920年为美国物理化学家E·C·Bingham首倡，主要用以研究诸如油漆、橡胶、润滑剂、塑料、化学纤维、陶瓷及食品、化工等工业流体的流动和变形。

一般对物体的弹性研究有虎克定律可依（应力与应变成正比），对粘性流动研究则有牛顿定律可循（切应力与切变率成正比），流变学对物质的研究不同于对物体单纯的力学研究，它有下列两个重要特点：

其一，物体的粘弹性，这是一种新的物理属性，它兼有虎克弹性定律的弹性形变和牛顿粘性定律的粘性流动。例如血液具有粘弹性，单纯用虎克定律或牛顿定律并不能解释它的流动和变形（血液粘度和塑性变形，不符合牛顿定律和虎克定律），而需要用水构方程和幂定律来阐述，所以流变学是流体力学和弹性力学相互渗透的新型学科。

其二，流变学的研究不仅涉及物体宏观性质和力学行为，

还涉及物体微观结构及它们的理化行为过程与宏观力学性质和行为的关系。它是理论和实验紧密结合的一门学科。

1929年12月美国华盛顿成立流变学会，隶属于美国物理学会。

2. 生物流变学 (Biorheology)

20世纪40年代A.L.Copley用流变学的方法研究生物体内的流变现象和构成生物体物质的宏观与微观的流变特性；并于1948年在荷兰召开的第一届国际流变学会议的报告中提出生物流变学这一概念。它的研究范围除包括生物流体（血液、淋巴液、关节液、精液等体液）、软组织（血管、肌肉、心、肺、软骨、肾等脏器）和骨组织等的流变特性外还包括细胞浆的流动和细胞的变形。这是流变学与生物学、医学相结合的新的边缘基础学科。

生物流变学成为独立的学科始自50年代，1963年第四届国际流变学会议，在美国组织了一次生物流变学讨论会，并于当年首次出版了《生物流变学》杂志。

3. 血液流变学 (Hemorheology)

这是研究血液、血管的宏观与微观的流动和变形特性的学科，1951年美国物理学会第二十五届年会流变学分会上，在A.L.Copley的报告中首次提出。

由于血液流变学在临床的运用得到迅速发展，1964年首届国际血液流变学会议在冰岛召开，成立“国际血液流变学会”。1969年在西德召开的第二届血液流变学会议上学会更名为“国际生物流变学会”。1972年在法国举行第一届国际生物流变学会议。

1981年在日本东京第四届国际生物流变学会议上，决定出版《临床血液流变学》杂志。这样血液流变学成为流变学的一

一个重要分支、生物流变学的重要组成部分。

二、血液流变学和临床血液流变学

血液流变学的临床应用，称为临床血液流变学。这是与临床医学紧密结合的一门医学基础学科。自本世纪60年代始，由于血液流变学的临床运用，发现血液循环障碍，如动脉血管闭塞性疾病（心脏病、脑血管病等）与血液流变学的改变紧密相关，以抗凝或活血化瘀治疗取得满意的效果，同时异常的血液流变状态也得到改善。这就对这类疾病的发病机制和病理过程，提出了全新的看法。同时血液流变学指标可以作为某些疾病的临床客观指标，用于疾病的早期诊断、预后和疗效观察，通过对这些指标的动态观察可以寻找更多的治疗药物和治疗方法，从而加速了流变学在医学领域的发展。

1. 血液流变学的研究范围

血液流变学研究范围相当广泛，它包括：

混悬在血液中的有形成分自身的宏观和微观流变特性，即红细胞、白细胞、血小板的流变特性。

血浆中大分子物质例如白蛋白、球蛋白、纤维蛋白原、糖、脂类等的流变特性，它们的含量改变而导致的血浆流变学的变化。

血浆中大分子物质对血液有形成份流变特性的影响。

血管的流变学研究 and 血管对血液流变特性的影响。

2. 血液流变学按研究水平分类

宏观血液流变学(Macroscopic Hemorheology)：研究血液在各切变率下的表现粘度，血浆粘度，血液密度和血管切应力的分布。

细胞血液流变学(Cell Hemorheology)：研究红细胞、白

细胞、血小板细胞水平(自身)的流变特性,例如红细胞的密度、形态和大小,它的变形性和聚集性,表面电荷变化等等。

分子血液流变学(Molecular Hemorheology):在分子水平上研究血液成分的流变特性。如唾液酸对红细胞表面电荷的影响,血浆蛋白组份改变对血浆粘度的影响,血浆大分子蛋白对红细胞聚集的影响等等。

普通血液流变学(Common Hemorheology):研究宏观流变学、细胞流变学、分子流变学间的相互关系。

临床血液流变学(Clinical Hemorheology):机体流变学的变化会导致疾病的发生,而病理过程也可造成血液流变学的异常改变,研究流变学指标变化与疾病的关系,用于临床疾病的预防、诊断、治疗称为临床血液流变学。

3. 临床血液流变学在我国的进展

我国血液流变学在医学中的运用起自70年代后期,起步较晚但依赖于下列几个原因发展却十分迅速。

我国老一辈流变学专家的潜心研究和辛勤传播,翻译和编译出版众多有关著作,为我国流变事业在医学领域的起步和发展奠定了坚实的理论基础,同时也加速了我国流变仪器的开发和生产。

1991年《中国血液流变学杂志》的出版极大地促进了我国血液流变事业的发展。

国产流变学仪器的制造与发展,使得基层医疗单位有可能添置流变学仪器,运用于临床。

流变学客观危险指标JB值经验式的确立,导致中风预报电脑软件的研制成功,使流变学检测很方便的用于疾病的预测和临床疗效的观察。同时能够取得满意的效益。

抗凝药物的研制特别是蛇毒分离的成功,在临床治疗中取

得满意疗效，使检测与治疗紧密结合，从而也促进流变事业在临床的发展。

血液流变学检测指标用于心脑血管等疾病的预测，用抗凝药进行预防性治疗是我国临床血液流变学发展的重要特点，而国产流变学仪器能够为基层承受是我国临床血液流变学，特别在医疗基层蓬勃发展的主要原因。

我国临床血液流变学事业高速发展，对中老年多发性疾病（心、脑血管等疾病）的防治做出了积极的贡献。这是一代流变学工作者包括流变学检测者辛勤劳动的成果。

三、历史赋予流变学检测者的艰巨任务

临床血液流变学的发展，依赖于准确的检测数据，疾病预测的准确与否，数据的准确仍然是关键，所以提高检测质量是检测工作者的首要任务。由于基层检测工作者所受专业训练、所处地位、使用的仪器等等原因，必须通过艰苦的努力才能完成历史赋予我们的光荣任务。会做试验容易，做好试验则难，这是经验之谈。

1. 学习的问题

血液流变学检测是一门全新的综合性学科，掌握它的检测除应具备基础医学理论和熟练的临床检验技术外，还应当具备有关血液流变学理论、流体力学知识、电子计算机的理论和操作技术等等。而当今中等检验专业教课书中有关血液流变学的章节实在太少，教授者尚在学习阶段，不可能从学校中得到完整的系统教育。中老年检验工作者则从未接触这一学科，非医学检验人员参与检测工作困难更大。由于厂家仪器培训仅是学习使用仪器而已，这就要求检测人员边工作边学习，不断充实自己，使业务水平与临床血液流变检测的需要相适应，不断提

高检测质量。

2. 仪器问题

由于国力的不足，我国血液流变学大量临床检测数据是用简陋的仪器完成的。国产仪器型号多样，各有千秋，当然其中也不乏质量低劣的产品。由于仪器工作模式的不同或采用质量低劣的产品，致使检测数据可比性很差，这降低了疾病预测的准确率，也是大量数据不能进行国际交流的原因。国际血液标准化委员会(ICSH)-血液流变学专家组的指导意见和天津会议“关于血液粘度测定规范化的几点意见”等，可以作为工作模式的选择和日常工作的参考(参阅附录)。

由于是一项全新的工作，购买仪器前的调研工作显得十分重要。仪器的选购以工作模式、操作方便、内在和外在质量及培训和售后服务几点最为重要。

3. 日常工作的要求

用简单的仪器做出高质量的检测结果是有难度的，这就要求检测工作者熟悉仪器，严格操作规程，一丝不苟地用学到的流变学理论指导日常工作，在实践中不断总结经验，提高自己的素质，找出合理的工作流程，提高工作效率和检测水平；核查每一组数据，做到报出的数据相对准确无误。

4. 血液流变学检测和疾病预报的完善

血液流变学的检测和利用流变学数据预测疾病，并非尽善尽美，还存在着不断完善的过程。检测人员大量的临床实践能够提出问题和发现问题，这就为直接参与检测和疾病预报的完善工作提供了可能。

临床血液流变学在医学领域前途广泛，大有可为。相信在我国广大流变学工作者的共同努力下，定会结出丰硕的成果。造福于我国人民乃至世界人民。

目 录

概述

上 篇 血液流变学基础

第一章 流变学有关力学的基本概念.....	(3)
第一节 应力和应变.....	(3)
第二节 液体的层流和切变率.....	(5)
第三节 摩擦力和切应力.....	(6)
第四节 牛顿定律与粘度.....	(7)
第五节 牛顿流体与非牛顿流体.....	(8)
第六节 流体在管道中的流变特征.....	(13)
第二章 血液与血液的流变特性.....	(21)
第一节 血液的来源、组成和生理特性.....	(21)
第二节 血液的流变特性.....	(25)
第三章 红细胞的流变特性.....	(41)
第一节 红细胞的物理特性和正常值.....	(41)
第二节 血液中红细胞数量的变化.....	(45)
第三节 悬浮稳定性红细胞聚集特性.....	(48)
第四节 红细胞的变形性.....	(50)
第四章 白细胞和白细胞的流变特性.....	(61)
第一节 白细胞的基本特性.....	(61)

第二节	白细胞的生理功能	(64)
第三节	白细胞的正常值和临床意义	(65)
第四节	白细胞的流变特性	(67)
第五节	白细胞的流变与临床休克	(73)
第五章	血小板和血小板的流变特性	(75)
第一节	血小板的来源和一般形态	(75)
第二节	血小板的超微结构	(75)
第三节	血小板的生理功能	(78)
第四节	血小板的活化反应	(80)
第五节	血小板的流变特性	(87)
第六章	血液的凝固和血栓的溶解	(92)
第一节	血管因素在止血过程中的作用	(93)
第二节	血液中的凝血物质和凝血机制	(99)
第三节	血液的抗凝物质和抗凝机制	(106)
第四节	弥漫性血管内凝血(DIC)发病机理	(109)
第七章	血浆脂类和动脉粥样硬化	(115)
第一节	真脂和类脂	(115)
第二节	脂蛋白和脂蛋白的分类	(118)
第三节	高脂血症与动脉粥样硬化	(124)

下 篇 检测技术

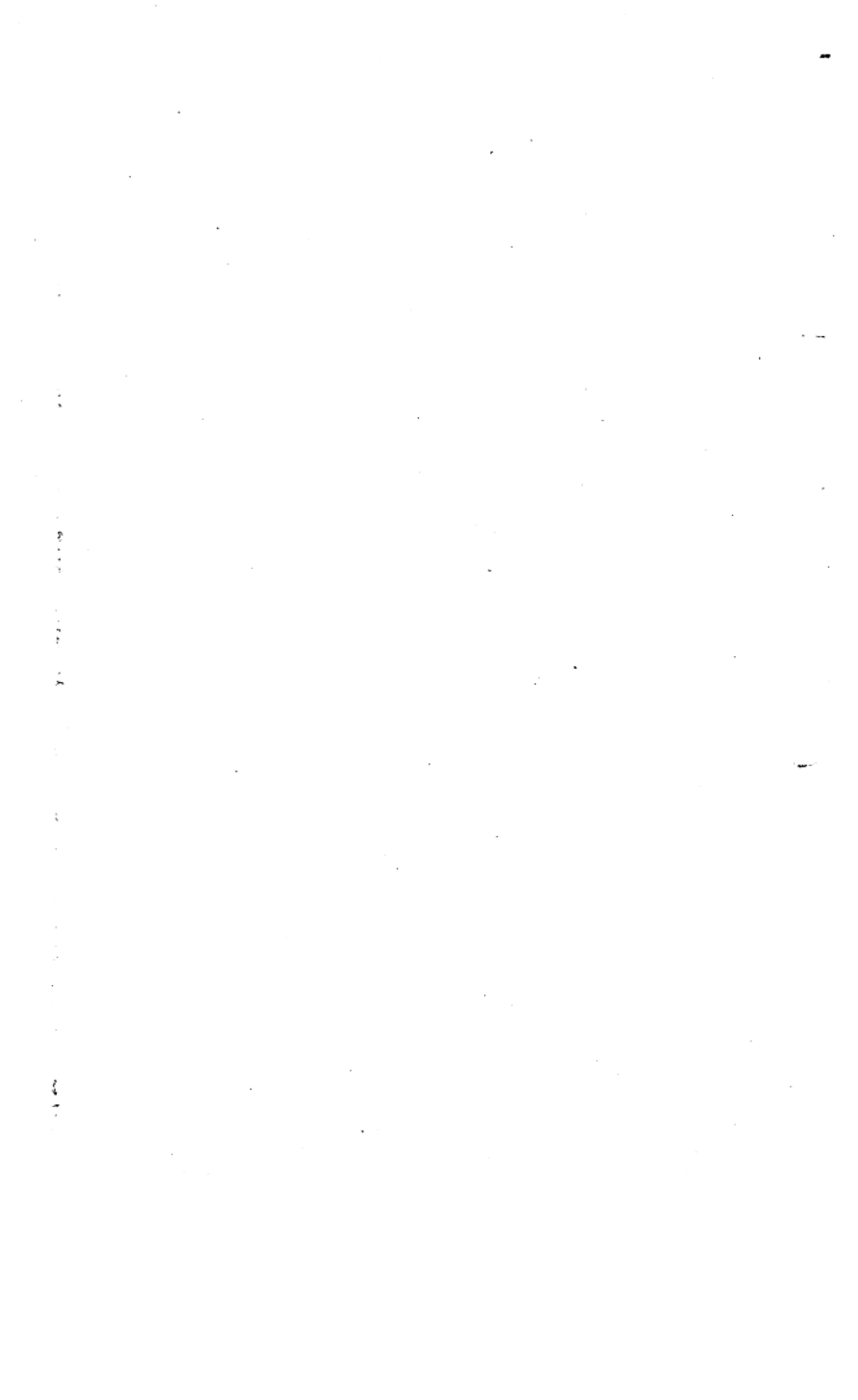
第八章	血液流变实验室的建立和实验前的准备	(133)
第一节	血液流变检测实验室的建立	(133)
第二节	仪器的选购	(135)
第三节	资料的统计学处理	(137)
第四节	抗凝剂的选择和使用	(156)
第五节	血液标本的采集	(159)

第六节	玻璃器皿的清洗和硅化技术	(160)
第九章	红细胞比积和沉降率的测定	(164)
第一节	红细胞比积(HCT)和红细胞比积的测定	(164)
第二节	红细胞沉降率(ESR)的测定	(170)
第三节	红细胞沉降率结果的校正	(172)
第十章	血液的粘滞性和粘滞性的检测	(178)
第一节	血液粘度	(178)
第二节	粘度计和粘度计的选择	(181)
第三节	锥板粘度计的设计原理和结构	(185)
第四节	全血表现粘度的测定	(188)
第五节	毛细管粘度计的原理和结构	(195)
第六节	血浆粘度的测定	(199)
第十一章	红细胞变形性的检测	(206)
第一节	红细胞的变形性和检测含义	(206)
第二节	红细胞变形的检测	(207)
第三节	红细胞变形性检测的临床意义	(222)
第十二章	细胞电泳和红细胞电泳时间的测定	(225)
第一节	电泳和红细胞电泳测定原理	(225)
第二节	静止层和静止层的测定	(226)
第三节	目镜测微器的校正	(228)
第四节	报告方式	(229)
第五节	电泳仪和红细胞电泳测定	(230)
附:	有关红细胞电泳检测的几个问题	(236)
第十三章	血小板粘附性聚集性和血栓形成的测定	(241)
第一节	血小板粘附性测定(PAdT)	(241)

第二节	血小板聚集性测定(platelet aggregation test)	(247)
第三节	体外血栓形成测定(EXT)	(257)
第十四章	纤维蛋白原及纤维蛋白原(Fbg)的测定	(265)
第一节	纤维蛋白原	(265)
第二节	纤维蛋白原测定方法	(268)
第十五章	血糖和血脂的检测	(275)
第一节	血糖(Glu)和血糖的测定	(275)
第二节	血脂的测定	(284)
第三节	脂蛋白(LP)的测定	(291)
第四节	血清载脂蛋白ApoA-I和ApoB-的测定	(305)
第十六章	血流流变学检测结果的分析与应用	(313)
第一节	流变学检测结果的分析	(313)
第二节	高粘滞综合症(Hyperviscosity Syndrome)	(317)
第三节	缺血性中风预报(测)	(321)
附录一、	ICSH关于血液粘度及红细胞变形性测定的指导意见	(329)
附录二、	关于血液粘度等测定规范化的几点意见(讨论稿)	(348)
附录三、	中华人民共和国法定计量单位	(356)
附录四、	与医学有关的常用的许用单位和非许用单位	(360)
附录五、	希腊字母表	(366)
附录六、	t值表	(366)
附录七、	参考文献	(367)

上 篇

血液流变学基础



第一章 流变学有关力学的基本概念

第一节 应力和应变

一、液体的流动

液体可以流动，这是有别于固体的基本特性之一，所以液体又称流体。静态的液体是不会流动的，只有液体本身的平衡状态被外力打破以后才可能产生变形和位移(流动)，位移和变形的大小与液体的性质和液体所受力的时间、强度等有关。

二、应力 (Stress)

作用在一定受力面上的力(F)和受力面积(A)之比，即单位面积所受的力称为应力，根据作用力方向的不同，应力分为正应力、切应力两种。

应力的单位是帕斯卡(Pa)， $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ，它是一个矢量。

1. 正应力：垂直于截面的力称为正应力，以(σ)表示。

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1-1)$$

2、切应力：平行于截面的力称为切应力，以(τ)表示。

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (1-2)$$

三、应变 (Strains)

物体受应力的作用产生位移和变形。它们的形状，长度和体积与移位变形前之比称为应变。应变与物体的体积、长度、形状无关，它们都是无量纲的量。

根据移位和变形的具体情况应变分为三种。

1. 正应变：外力使物体拉伸或压缩造成长度的变化量。 (ΔL) 与原长度 (L) 之比称正应变(当 $\Delta L > 0$ 时称张应变， $\Delta L < 0$ 时称压应变)，以 (ϵ) 表示。

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (1-3)$$

2. 体应变：物体受外来压力导致体积的变化但不改变形状时，体积的变化量 (ΔV) 与原体积 (V) 之比称体应变以 (θ) 表示。

$$\theta = \frac{\Delta V}{V} \quad (1-4)$$

3. 切应变：物体受切向应力导致形状变化的弹性形变，而不改变体积时，所产生的切变量 (ΔX) 与原长度之比称切应变，以 $(\dot{\gamma})$ 表示见图(1-1)