

INCHUANG
JELIU
JXUE

编者

临床
血流
图学

吉林

临床血流图学

郑豁然 编著

吉林人民出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了血流图方法的历史概况,血流图的基本原理和仪器结构、检查方法、正常血流图及其波形,对影响血流图的因素亦作了说明。临床应用是本书重点,着重介绍了脑、心、肺、肝脏和肢体等血流图的方法和观察指标,并附图说明各种疾病的血流图表现。对其它部位少见的血流图亦作了概括介绍。

本书可供从事血流图工作的专业人员,神经科、内科、外科临床医生参考。

临 床 血 流 图 学

郑 懿 然 编 著

*

吉林人民出版社出版 吉林省新华书店发行

吉林市印刷厂印刷

*

787×1092毫米32开本 印张: $5\frac{5}{4}$ 3插页 124,000字

1980年12月第1版 1980年12月第1次印刷

印数: 1—5,150册

书号: 14081·75 定价: 0.68元

前 言

采用血流图方法来研究某些血管搏动功能障碍，虽然已有近半个世纪的历史，但由于方法学等问题，人们对血流图本质的认识亦各有不同，因此，在一定程度上限制了其应用范围。近年来，随着电子技术的发展，对血流图这一新兴技术的进展也起到了推动作用。很多地方已把血流图检查应用于临床；有些地方还利用血流图方法来研究中医中药。同时，在血流动力学的研究等方面也取得了可喜的成果。

从国内来看，目前血流图应用的经验尚不够丰富，因而，常出现血流图和临床不一致的情况，临床和专业工作者均有争论。这里应当说明，血流图是一种动态的观察和记录，不同的心血管疾病，病情的轻重，伴发病的有无以及个体在不同情况下的差异等，均可出现相似甚至完全相同的血流动力学状态。所描记的血流图波形有如血压、脉搏，同样是一种动态的记录。血流图专业人员和临床工作者如忽略了这些重要因素，看待不同客观条件下波形的变异，不加深地了解不同生理条件、方法、仪器、正常指标和技术操作上存在的问题，而片面的作出血流图诊断，必然导致错误的结论。

这本原名《血流图方法学及其临床应用》的小册子，曾于一九七五年印制过，分发国内各高等医学院校及有关人员，广泛征求各界意见。为了适应医疗卫生事业的发展，帮助从事血流图工作的同志和临床医师比较系统地了解 and 掌握血流图方法学，此次付印前，作者将原书做了修订，并根据一些读者的要求，又增添了一些新内容。

本书修订工作，是在吉林市第四人民医院党组织督促和帮助下完成的。

在编写过程中，承蒙中国医学科学院、河北新医大学第二医院都本杰教授、北京阜外医院刘伯仁同志、上海胸科医院心脏血管疾病研究室顾菊康医师及吉林市第一人民医院刘庚辰医师给予热诚的帮助，初稿完成后承白求恩医科大学王牧同志审阅，在此致深切的谢意。

编 者

1980年1月

目 录

第一章	血流图的概念及历史概况	(1)
第二章	人体电阻和血流图的基本原理	(4)
第三章	仪器的原理与结构	(9)
一、	电桥式血流图仪的原理	(9)
二、	电桥式血流图仪的结构	(9)
三、	直接式血流图仪的原理与结构	(11)
第四章	血流图的检查方法	(15)
一、	电极	(15)
(一)	电极大小	(15)
(二)	电极形状	(15)
二、	导联选择及位置	(16)
(一)	横向脑血流图导联	(16)
(二)	纵向脑血流图导联	(17)
(三)	心血流图导联	(17)
(四)	肺血流图导联	(17)
(五)	肝血流图导联	(18)
(六)	肾血流图导联	(18)
(七)	肢体血流图导联	(18)
(八)	其它部位的血流图导联	(18)
三、	检查方法	(18)
(一)	电桥式血流图仪	(18)
(二)	直接式血流图仪	(20)
第五章	血流图波形的形成和观察指标	(24)

一、图形的形成	(24)
二、图形解释	(25)
三、观察指标	(29)
(一) 波形测量	(29)
(二) 血流图的时间指标	(31)
(三) 血流图的波幅指标	(32)
(四) 时间与波幅关系指标	(34)
(五) 其它指标	(34)
(六) 直接式血流图仪的参数测量及计算方法	(34)
(七) 指标选择和正常值	(37)
第六章 影响血流图的因素和血流图机能与药物测验	
实验	(39)
一、影响血流图的因素	(39)
(一) 局部因素	(39)
(二) 生理因素	(40)
(三) 个体特性	(44)
(四) 药物影响	(45)
(五) 其它因素	(45)
二、血流图机能与药物测验	(46)
(一) 测验的价值及其应用	(46)
(二) 适应症及其意义	(46)
(三) 测验的种类和方法及其评价	(46)
第七章 血流图的临床应用	(49)
一、脑血流图	(50)
(一) 脑部的血液供应及其生理	(52)
(二) 方法及观察指标	(55)
(三) 正常值	(56)

(四) 正常脑血流图	(59)
(五) 异常脑血流图	(59)
1. 脑动脉硬化	(59)
2. 脑血管意外	(64)
3. 动静脉瘘及脑血管瘤	(67)
4. 婴儿和儿童的脑血管病	(67)
5. 颅脑损伤和脑压迫	(68)
6. 颅内肿瘤	(69)
7. 血管性头痛和偏头痛	(71)
8. 高血压	(72)
9. 心脏疾病	(73)
10. 休 克	(75)
11. 职业病	(77)
12. 其 它	(79)
二、心血流图	(83)
(一) 二尖瓣血流图	(85)
(二) 主动脉血流图	(87)
(三) 心脏功能测定	(88)
(四) 心输出量测定	(91)
(五) 心脏收缩时间间距测定	(95)
(六) 微分波的测定	(98)
三、肺血流图	(101)
(一) 正常肺血流图波形的形成和解释	(102)
(二) 肺通气流图	(105)
(三) 全胸血流图	(106)
(四) 区域性肺血流图	(107)
(五) 全肺血流图	(107)

四、肝血流图	(113)
(一) 正常肝血流图及其形成机理	(115)
(二) 分析指标、意义和方法	(116)
(三) 检查方法和正常值	(118)
(四) 异常肝血流图	(124)
1. 急性肝炎	(124)
2. 慢性肝炎	(125)
3. 肝硬化	(127)
4. 肝脏淤血	(128)
5. 中毒性肝脏损害	(129)
6. 肝 癌	(129)
五、肾血流图	(134)
(一) 方 法	(134)
(二) 正常肾血流图及观察指标和正常值	(135)
(三) 肾动脉狭窄	(136)
(四) 动脉性高血压	(136)
六、肢体血流图	(137)
(一) 四肢血管检查的解剖和定位	(138)
(二) 方法及辅助试验	(139)
(三) 观察指标和正常值	(140)
(四) 异常肢体血流图	(141)
七、其它器官的血流图	(144)
第八章 血流图检查的申请、阅读、报告和保存	(146)
一、申 请	(146)
二、阅 读	(149)
三、报 告	(149)
四、保 存	(150)

附 录

- 一、脉搏波搏动时间计算表……………(152)
- 二、导电糊的配制……………(153)
- 三、国产 JX74—A 型晶体管血流图仪的技术指
标、电原理图、电路结构和元件及其维护与
修理……………(153)
- 四、直接式血流图仪的电路图……………(166)

参考文献

第一章 血流图的概念 及历史概况

血流图(Rheography)亦名电阻图(Impedance)或电阻式血管容积描记(electrical impedance plethysmography),亦有人称为血容图。即给人体被检部位通过一种无损伤的微弱高频电流,检测两个电极间之器官电阻抗的综合变化,来测定颅内、心、肺、肝、肾和肢体等部位体液的生物阻抗、循环功能和血流动力学变化的生物物理方法。这是目前最简单的一种无创伤性检查方法之一。国外从三十年代开始,在基础医学、实验医学以及临床医学等方面的应用日渐广泛,成为一种估计心动周期时机体各部位搏动性血液供应的生物物理方法之一。由于本法能间接诊断和评价被检部位的循环机能状态、血液供应强度、血管紧张度及血管解剖状态等,且较应用脑血管造影、同位素法简便而安全,因此,近年来颇受重视。

医学上应用中频交流电和微弱的电流远较其它生物科学为晚,在一九二一年即有应用频率在1.8—200千赫兹之间交流电的报导。如 Rappaport 等对乌龟心脏电传导的研究, Dubuisson 测定了肌肉收缩时电导度的变化。他们发现当心脏、肌肉等电导度在心脏收缩时增加。Schluter 描述了一种在脑中测定电阻抗的器械,并创造了一种名为“Meyer—Schluter—Sonde”的仪器。但当时对生物电阻抗的认识不足,进行的工作也比较分散,由于检查所使用的频率指标、

所检部位各不相同，结果报导亦极不一致。因此，没有引起人们的重视，致使此种方法的发展受到了限制。其后近二十五年间没有进一步研究。

以后Polzer等总结了有关研究资料，并描记了身体各部位的电阻抗变化及其相互关系，说明各家研究结果不一致的原因系由于一种可变因素所致。如Atzler等用2~3米的放射频率研究的“双电图法”、Nyber等用很高的频率来研究心脏的“心放射图”等。Polzer等认为：用20~30千周/秒频率的交流电能察知心脏的机械活动等，总结此一阶段之研究均说明：随心脏每一动作出现传导度的周相变化与每次搏动的血容量有直接关系。

至四十到五十年代间，美国Nyber等人进行了广泛的研究，并发表了用电阻抗容积描记法检查肢体血流的报告，明确指出了此种方法的可用性及其优点。一九五〇年Polzer等首次报告此法应用于头部，一九五三年Auinger用此法对估价脑血管机能性改变作了实验。一九五七年有人将应用于头部的血流图方法称为脑血流图。Oehninger、Serra、Gentili等分别在心律失常时检查了血流图曲线的变化，并对脑动脉硬化、大脑后动脉栓塞和血栓的曲线进行了观察，同时对二氧化碳、氧、罂粟硷、静脉注射50%葡萄糖、麻醉剂等对血流图的影响进行了研究，并观察了脑血管疾病的病例，认为此法适于对脑血循环的研究，其传导度的周相变化具有诊断价值，并试图鉴别脑血管疾病和脑瘤。

但Spunda应用此法对脑部进行实验，其结果否定了观察和评价脑血循环变化的任何价值，Dubois的研究亦未得到结论性的结果，由于Schwan等作了标准化的基础，同时Nyber指出记录阻抗的变化与血容量及脉搏变化是一致的，

并认为：此法可应用于躯体所有部位，可作为血管性诊断的一种新型方法。

一九六一年 T. Тушкароев 用肺动脉及主动脉血流图对冠心病进行了研究，此后对肝、肺（右心）和肾血流图的研究也有了发展，此间 Jenkner 氏根据十余年的研究经验和实验数据发表了《脑血流图，脑血管变化的持续描记法》（《Rheoencephalography A. Method for the Continuous Registration of Cerebrovascular Changes》），对脑血流图的发展史、基本原理、描记方法、图形解释以及临床应用等作了详细的描述。作者期望能鼓励同道用持续记录进行脑血流动力学的研究。但该书出版后不少学者对其抱有怀疑和否定态度，尤其日本某些学者，不但对脑血流图代表颅内脉搏表示怀疑，甚而否定其为阻抗变化。

一九六九年九月召开的生物电阻抗国际会议后，始肯定了临床应用价值，血流图的应用范围逐渐扩大。在宇宙航行中，用血流图方法记录呼吸、脉搏及心输出量等，对血流图方法的改进起了推动作用。近年来不仅用于临床诊断和观察药物疗效，在体外循环情况下尚可观察血液供应强度，借以纠正缺血状态，防止中枢系统合并症。

国内自一九六四年北京神经外科研究所报导有关资料后，内蒙古、北京、吉林、天津、上海等地陆续进行了研究。尤其近五年来，包括我国在内的世界各地在血流图的基础、方法学、临床等各学科均有了迅猛的发展。据一九七五到一九七八年的不完全统计，国外即有 300 余篇报导，国内有关著述达 150 余篇。一九七九年在上海、宝鸡等地又先后集中了部分省市专业工作者进行座谈和经验交流，对各个部位血流图的研究进行了分工，在血流图仪器的规格方面也拟定了初步意见。

第二章 人体电阻和血流图 的基本原理

就整个人体而言，皮肤导电能力很差，而体液导电能力最强，此外，尚有导电能力不同的各种组织。因此，人体电阻非常复杂。使用高频电流尚可发生电解质导电问题，对于低频电流和直流，皮肤电阻占主要地位，有时可作为人体电阻。

皮肤电阻主要决定于角质层和汗腺的分布。

实验证明：在直流电的作用下，皮肤有角质时人体电阻每厘米可达几十万欧姆；没有角质时每厘米800~1000欧姆，没有皮肤时为600~800欧姆。汗腺可促进导电，其它如电流的形式和强度、电解质产物等均可在一定程度上影响皮肤电阻。性别、年龄、皮肤的血液循环状态、病理过程、神经系统的活动等也都对皮肤电阻有一定影响。

各种组织的电阻率和电流的形式有关，以直流的电阻率最大，高频电最小，低频次之，人体器官的电阻率见表 2-1。

表 2-1 人体器官的电阻率 (欧姆·厘米)

名 称	高频电流	交流电	直 流 电
肝 脏	230	1.600	8.000
肌 肉	255	1.500	9.000
皮 肤 (干)	435	300.000	4.000.000
皮 肤 (湿)	435	250.000	390.000
脂 肪	2.700	3.250	108.000
肺 (萎陷)	485	1.820	5.400
胫 骨	12.300	15.400	22.500
脑	630	2.170	10.700

(刘普和等：医用物理，第一版，106页，1959年，人民卫生出版社)

所有组织的电阻率均决定于含水量和相对密度。含水量和离子多的电阻率小,为良导体;含水量和离子少、密度大、电阻率大的为不良导体。前者如肌肉含水量可达72~75%,脑的含水量为68%是良导体,筋腱、脂肪和骨骼为不良导体。

概括起来说, 血流图方法就是给人体待检查部位通以对机体无害的微弱高频电流时,测量出该部位电阻抗的变化和大小(以曲线描绘),利用此种生物物理方法反映出被检查部位的体液、血液量的变化情况,以供医生参考,使其对疾病作出正确的诊断。因而,在讨论血流图原理时,需对人体电阻抗给予简要的阐明。

实验证明,当微弱电流通过人体时,其电性质与电路类似,即可以用电阻、电容(统称电阻抗)反映。而在人体组织中是找不到电感性质的,因此,电感可以忽略。

当直流电通过人体时,人体组织的行为类似电阻,如将人体看作圆柱形导体时设电阻为 R 、长度为 L (单位 Cm),横截面积为 S (单位 Cm^2)、其特殊电阻率 ρ (单位 $\Omega \cdot \text{Cm}$)则存在关系式

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

上式分子分母乘以 L ,因导体体积 $V = SL$ (单位 Cm^3),上式化为

$$R = \rho \frac{L^2}{V} \quad (1)$$

如果圆柱形导体的长度不改变,则导体的截面积 S 发生变化时,导体的容积 V 将因之改变。根据(1)式可知 V 变化时将引起 R 的变化。

设 R_1 、 R_2 分别为变化前后的电阻，相应的体积分别为 V_1 、 V_2 ，以 $\Delta R = R_1 - R_2$ 与 $\Delta V = V_1 - V_2$ 表示电阻的变化量与相应的体积变化量，代入(1)式可得

$$\begin{aligned}\Delta R &= \rho L^2 \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) \\ &= \rho L^2 \left(\frac{V_2 - V_1}{V_1 V_2} \right) \\ &= -\rho L^2 \frac{\Delta V}{V_1 V_2}\end{aligned}\quad (2)$$

如果体积改变量与实际体积相比的比值是很小时(即 V_1 与 V_2 相差甚微) 我们可以认为 $V_1 V_2 = V^2$ ，因此(2)式可写成下式

$$\Delta R = - \frac{\rho L^2 \cdot \Delta V}{V^2}$$

$$\text{但 } R = \frac{\rho L^2}{V}$$

上式化为

$$\Delta R = - \frac{R \Delta V}{V}$$

最后得出

$$\frac{\Delta R}{R} = - \frac{\Delta V}{V}\quad (3)$$

负号表示容积增加时电阻将相应降低。从上式我们可以看出容积的变化与电阻的变化有密切关系。Nyber 氏曾在兔的主动脉中灌注电解溶液，在血管壁上安放电极导出电阻的变化，记录其容积改变，结果呈直线关系。同时 Кебров 在其实验中也得到了证实。

实际上,血流图方法是采用微弱高频电流,而非直流电,当微弱交流电通过人体组织时,其电性质除了上述电阻外,组织还起着电容的作用,此电容与电阻是串联的。根据一般电工学原理,电阻与电容的串联阻抗为

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

式中 R 为电阻, $\frac{1}{\omega^2 C^2}$ 为容抗, (ω 为交流电频率, C 为电容),容抗与频率有关,因而,测出的人体电阻将因电流频率而变化,所以在测量时应保持频率一定。

当测量人体某部位的电阻抗需和组织建立某种电接触,实际应用中是采用各种类型的电极,于是测得的阻抗,将因电极的结构、位置和几何条件而得出不同的结果。

Ziemnowicz 及 Froygang 氏报导,血液电阻率为150欧姆·厘米、脑脊液为60欧姆·厘米、脑组织约为225欧姆·厘米、皮肤、皮下组织、肌肉约为700欧姆·厘米、骨组织约为3000欧姆·厘米。

生物体的电阻由两部分组成,一为近于恒定的电阻;另一为具有规律的搏动性血液供应而变化的电阻。由于机体各部位血管随心脏搏动而发生舒缩变化,心室收缩时血管血容量增加,而电阻抗变小;舒张时血容量减少,电阻抗变大,根据机体组织中以血液和组织液对电的阻抗能力最小,而非循环成分在心动周期内变化不大,只有血容量可发生瞬时变化,因此,经血流图仪所测得的固定电阻值,是反映被检部分的总电阻值,其中随心动周期变化的电阻值,则反映了搏动性血液供应。但血液的电阻率尚与血液流速有关,血液处于流动状态时电阻率减小,因此,当心脏收缩时总阻抗的下