

275456

实用肝血流图学

周良楣等编著



《山西医药》杂志编辑部

实用肝血流图学

主 编 周良楣
编 者 周良楣 顾慎为
王惠康 顾菊康
审 阅 徐大毅

山西医药杂志编辑部出版

一九八三年五月

序 言

肝血流图 (Rheohepatogram, 简称RHG), 又称肝电阻图或肝阻抗图, 是电阻抗容积描记法的一种。它是近年发展起来的一项电子学与医学相结合, 无创伤性检查肝脏血液动力学的新技术, 通过测定在高频电流作用下肝区组织的阻抗变化, 反映肝脏的血液循环状态, 籍以判断肝脏功能及病理变化。

早在一九二一年就有人应用高频交流电研究生物的电阻抗特性, 而后逐渐发展为阻抗血流图。一九五六年 Bettencourt 将阻抗血流图检查首次应用于肝脏, 并对肝脏供血情况进行探讨。一九六二年 Логцнов·АС 等较系统地观察心电活动与肝阻抗血流图波型之间的时相关系, 初步提出肝血流图观察指标、测定方法、临床价值, 并介绍了肝脏正常状态下和某些病理状态下的肝血流图变化。一九六六年 Мцлягцн·ВА 等研究指出, 肝血流图能反映肝脏的循环状态。此后肝血流图的研究引起医学界、生物学界以及临床医学研究者的关注。一九七二年 Лцхачева·ЕЦ 等报告了中毒性肝炎患者血流动力学的变化。一九七四年 Reznik·ND·等报告了肝脏病理诊断用的肝血流图。一九七五年 Streletiakii·G·N·等报告了肝血流图对阻塞性黄疸鉴别诊断的意义。此外还有三硝基甲苯中毒的肝血流图、慢性肺心病右心功能不全时肝血流图的改变、有关肝血流图波型产生机理的动物实验及应用肝血流图研究肝脏循环病理学等许多报告。近年来国外肝血流图的研究, 更加深入。

苏联学者提出了肝血流图的各种机能试验及某些肝外疾病的肝血流图变化。一九八〇年，捷克学者Benda J对肝血流图进行了定量研究的探讨。

近年来，肝血流图的临床应用在我国受到了人们的广泛注意和重视。一九七七年，我国开始报道了肝血流图对慢性肝炎、中毒性肝损害以及肝癌患者的诊断价值。一九七九年首届阻抗血流图学术交流会，开始交流了肝血流图的论文，肝血流图的临床应用，在全国各地广泛地展开。一九八〇年，第二届阻抗血流图学术交流会上，肝血流图的论文达40余篇，并组成肝血流图专业组，进行学术交流。在一九八一年全国首届肝、脑阻抗血流图讲习班上，讨论了肝血流图的基本原理、测量方法及临床应用，并制定了肝血流图波型命名，操作常规及报告术语等试行意见。这对促进我国肝血流图研究的发展起到推动作用。据目前国内报道的肝血流图资料来看，我国肝血流图的研究，基本上达到或接近于国际先进水平，特别是在肝血流图的临床应用资料方面。我国肝血流图研究的主要成果是：①全国各地对正常人的肝血流图进行了广泛深入的研究，摸索了肝血流图的变化规律，得到较为一致的肝血流图正常值，为临床应用奠定了基础；②在动物实验、临床观察中，从肝脏的生理和病理生理的角度，对肝血流图的波型进行了探讨，论证了肝血流图的形成机理，为正确应用肝血流图提供了依据；③利用肝血流图，对肝内疾病及某些肝外疾病进行了广泛而系统的临床观察，积累了较多的临床资料，证明肝血流图可早期反映肝脏血液循环的障碍，可作为某些肝脏疾病如慢性肝炎、门脉性肝硬变、门脉高压症，心源性肝淤血、肝囊肿及中毒性肝损害等疾病的一项辅助诊断指标。最近研究表明，肝血流图对肝癌诊断与

定位也有一定的帮助。对脂肪肝、糖尿病患者的肝血流图，也开始了探讨，经过几年的探索，肝血流图主要应用于临床各种肝病，可作为辅助诊断、疗效和预后的判断。最近报道，还应用于运动医学，作为运动员肝循环功能的评价指标，我国肝血流图的研究，历史虽然较短，但在临床应用方面进展较快，并受到国外学者的重视。我国肝血流图的论文也被选入一九八一年八月在日本东京召开的第五届国际生物电阻抗会议论文集。这不仅反映了我国肝血流图进展的水平，也是我国肝血流图取得成绩的一个重要标志。

阻抗血流图是一门新发展的技术，它具有无创伤、安全、简便、可连续观察等优点，引起医学界的密切关注。虽然有一些实际问题及基础理论还不够清楚，但目前全国已有不少单位开展肝血流图的实验研究与临床应用，并积累了宝贵的技术资料，可望在不久的将来，肝血流图的临床应用会出现新的水平。

(周良楫 顾莉康)

实用肝血流图学

目 录

序 言	(1)
第一章 阻抗血流图的基本原理	(1)
第一节 有关物理学概念	(1)
第二节 有关生物电的基本概念	(4)
第三节 阻抗血流图的基本原理	(14)
第二章 阻抗血流图仪原理和使用	(19)
第一节 电桥式阻抗血流图仪	(19)
第二节 恒流式阻抗血流图仪	(31)
第三节 关于仪器的选用	(38)
第三章 肝脏血液循环的生理与调节	(43)
第一节 正常肝脏的结构特征	(47)
第二节 正常肝脏的血液循环	(44)
第三节 门静脉系统的血液循环	(45)
第四节 肝动脉系统的血液循环	(49)
第五节 肝静脉系统的血液循环	(51)
第六节 肝脏血液循环的调节	(52)
第七节 肝脏的微循环及其调节	(54)
第四章 肝血流图波形及形成机理	(59)
第一节 正常肝血流图的波形及形成机理	(59)
第二节 动物实验对肝血流图波形形成机理的 论证	(64)

第三节	常见肝血流图波形及意义	(66)
第五章	肝血流图的检查方法及影响因素	(69)
第一节	肝血流图的检查方法	(69)
第二节	肝血流图检查的影响因素	(70)
第六章	肝血流图的指标分析	(77)
第一节	肝血流图的分析指标	(77)
第二节	正常肝血流图的指标参数	(84)
第七章	异常肝血流图及其病理学基础	(88)
第一节	常见的异常肝血流图	(88)
第二节	异常肝血流图的病理学基础	(91)
第八章	各种肝脏疾病的肝血流图特征	(93)
第一节	肝炎患者的肝血流图	(93)
第二节	肝硬变患者的肝血流图	(93)
第三节	血吸虫肝病患者的肝血流图	(94)
第四节	肝癌患者的肝血流图	(95)
第五节	多囊肝患者的肝血流图	(97)
第六节	肝脓疡患者的肝血流图	(97)
第七节	脂肪肝患者的肝血流图	(97)
第八节	职业中毒性肝损害患者的肝血流图	(98)
第九节	肝淤血患者的肝血流图	(98)
第九章	肝血流图的临床应用	(101)
第一节	诊断与鉴别诊断	(101)
第二节	了解病变程度、判断预后	(104)
第三节	评价治疗效果	(106)
第十章	肝血流图检查申请、阅读、诊断报告	(108)

第一节	申请	(108)
第二节	阅读分析	(110)
第三节	诊断报告	(112)
第十一章	临床肝血流图图谱	(114)
图 1:	慢性迁延型肝炎患者的肝血流图	(115)
图 2:	慢性活动型肝炎患者的肝血流图	(115)
图 3:	肝硬变巨脾症患者的肝血流图	(116)
图 4:	肝硬变失代偿期患者的肝血流图	(117)
图 5:	肝硬变合并门脉高压症患者的肝血流图	(118)
图 6:	肝硬变脾切除患者的肝血流图	(119)
图 7:	肝硬变门脉高压症手术前后的肝血流图	(120)
图 8:	弥漫性肝实质细胞癌患者的肝血流图	(121)
图 9:	肝内巨大占位性病变患者的肝血流图	(122)
图 10:	弥漫性结节状肝实质细胞癌患者的肝血流图	(123)
图 11:	肝右叶占位性病变患者的肝血流图	(124)
图 12:	肝癌患者的肝血流图	(125)
图 13:	肝右叶肝实质细胞癌患者的肝血流图	(126)
图 14:	肝内多发性占位性病变患者的肝血流图	(127)
图 15:	脂肪肝患者的肝血流图	(128)

图16: 多囊肝患者的肝血流图.....	(129)
图17: 多囊肝患者的肝血流图.....	(130)
图18: 肝脓疡患者的肝血流图.....	(131)
图19: 右心功能不全肝淤血患者的肝血流 图.....	(132)
参考文献.....	(133)

第一章 阻抗血流图的基本原理

阻抗血流图是测定人体各脏器或组织的电阻抗变化，反映该脏器或组织的血液动力学状况，并籍以判断某些疾病的一种生物物理学检查方法。阻抗血流图主要是研究生物体电阻抗变化与血容量变化之间的关系。它是电子学与医学相结合的生物医学工程的一个部份。所以要了解阻抗血流图的基本原理，就必须熟悉物理学、生物电现象等有关的基本知识。

第一节 有关物理学概念

一、电阻与电阻率

导体对电流的阻碍作用称为导体的电阻，以R表示。电阻的单位是欧姆，简称欧，用 Ω 表示。1欧姆是指当导体两端电压为1伏，而通过的电流强度为1安培时的该导体的电阻。

任何物质对通过的电流均有一定的电阻存在，其电阻大小由式1-1决定：

$$R = \rho \frac{L}{a} \quad (1-1)$$

式中：R—为电阻 Ω

L—为导电物质的长度cm

a—为导电物质的截面积 cm^2

P—为物体的电阻率，它表示物体的导电性能，电阻率越小，其导电性能越好。单位为欧姆·厘米（ $\Omega \cdot \text{cm}$ ），

即长1 cm, 截面积1 cm²的导体在一定温度下的电阻。

从式(1-1)中可知, 电阻大小除与物体的长度、截面积有关外, 主要是与该物质的电阻率有关, 电阻率与导电材料的性质有关, 不同材料有不同的电阻率。根据电阻率的大小不同, 可将物质分为三类, 即导体、半导体和绝缘体。导体的电阻率一般小于 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$, 如银的电阻率为 $1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$, 铜为 $1.7 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$, 铝为 $2.8 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 等; 绝缘体的电阻率则大于 $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$, 如石英电阻率为 $10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$, 硬橡胶电阻率为 $10^{22} \Omega \cdot \text{cm}$ 等; 半导体的电阻率介于导体与绝缘体之间, 即 $10^{-3} \sim 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 之间, 如锗电阻率为 $47 \Omega \cdot \text{cm}$ 。硅电阻率为 $6.4 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

根据测定人体各组织的电阻率差异较大, 但均在半导体的电阻率范围之内, 故人体各组织一般属于半导体的范畴(详见本章有关部分)。

二、电容

导体所带电荷的电量与其电势之比称为导体的电容。就是指导体所能贮藏电量的能力。两个彼此绝缘的但又相互接近的导体, 就组成一个电容器。电容器极板上所带的电量与两极板间的电势差成正比, 其比值即为电容器的电容。电容的大小取决于极板的形状、大小、相对位置以及极板间介质的介电常数。电容用C表示, 单位为法拉(F)或微法(μF , 1法的百万分之一)。

三、电抗、容抗、阻抗

电抗: 当直流电通过某一导体时, 所遇到的阻碍称为电阻, 但当用交流电通过一导体时(指单纯的电阻器), 所遇到的阻碍称之为电阻性阻抗, 也即为电抗, 其实用单位亦为

欧姆。交流电的电流与电压是时刻都在变化的，不象直流电那样恒定不变。但在单纯通过电阻器时，电流与电压始终存在着正比关系，且相位相同，故欧姆定律仍然适用。在计算中可用交流电压的有效值计算。

容抗：当直流电通过一电容器时，由于电容器两极板间存在着绝缘层，故直流电不能通过。交流电却可以通过电路中的电容器，但电容器对交流电的通过也存在着一定的阻碍，称之为“容抗”。

阻抗：当有交流电通过一条既有电阻又有电容的电路时，就可以产生电抗（通过电阻器时产生），又可产生容抗（通过电容器时产生），而通过这一电路时产生的总的阻碍作用，实际上就是电抗和容抗的综合，称之为阻抗，因为电抗和容抗都是向量，因此，阻抗并不是电抗与容抗的简单相加之和，而是要用向量相加的方法求得和，如以 Z 表示总的阻抗， R 表示电抗， X 表示容抗时，当电阻器与电容器串联时，其总阻抗 Z 为：

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (1-2)$$

阻抗的单位仍为欧姆（ Ω ）。阻抗同样适用于欧姆定律。它等于电路两端电压的有效值与输入电流的有效值之比。

四、交流电的频率

交流电的电流方向是随时都在变动的，对电路的某一端来说，其电极的极性总是正负交替变换，每秒钟正负交替一次，称为1赫。一般应用的交流电频率为50赫，即每秒钟正负交替50次。每秒钟的交替频率为1000次时，称为1千赫（KHZ），或称千周（kc）。在阻抗血流图仪中，通常要应用数十千周的交流电，这种交流电常称为高频电流。

第二节 有关生物电的基本概念

生物体是一个导体，电流通过时容易导电。但它不同于一般的物质导体，当电流通过生物体时，除符合一般电路的电特性外，还有一些较为特殊的生物电现象，这对于了解阻抗血流图是十分重要的。现将有关生物电的一些基本概念介绍如下。

一、容积导体

根据导体的导电方式不同，导体可分为电子型导体与离子型导体两大类。金属的电荷是由电子携带，其电流的运动是由电子的传播和运动来实现的，这类导体称为电子型导体。电流通过这类导体时，总是沿着导体直线地通过，一般电路都是电子型导体。在盐溶液中，电荷则由离子携带，电流是通过离子的传递而流动，这种导电方式称为离子型导体。电流流经离子型导体时，不是通过一根导线而是通过一定容积的物体，其电流流动的规律与一般电路即电子型导体不同，这种导体又称容积导体。生物体的体液、血液等均含有大量的电解质，电流是通过离子传递，故生物体是离子型导体，也就是一个容积导体，其电流通过时则服从于容积导体的规律。

容积导体导电规律可用下列实验说明。在稀溶液中插入两个电极分别与电池的正负极相连，则在溶液中就有电流通过，其电流沿无数线路从正向负流动，在整个溶液中任何一点都要受到此电场影响，各部分都有一定的电位，越近负极处电位越低，越接近正极处电位越高，离开正负两极最远的部位，电位接近于零。可用实验方法测定溶液内各点的电位，即将“无关电极”放在盐溶液中离正负极最远的部位，

用另一“探查电极”在溶液内各处移动以测定各点的电位性质和大小，可看到在连接正负极轴线的中点的垂直平面上因其与两极距离相等而电位等于零。（图1—1）图1—2

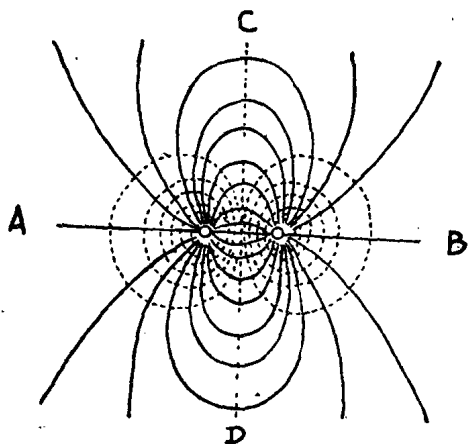
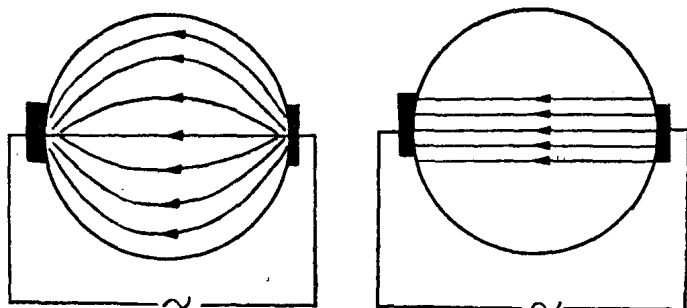


图1—1 容积导体示意图 实线为电流，虚线为电位差

中实线为容积导体中电子线的方向，虚线为等电位点的连线，即等电位线。在同一条等电位线上的任何一点的电位都是相等的。

生物体是一容积导体，在生物体表面安放电极通过电流时，电流并不直接从两电极间直线地通过，而是依照容积导体导电规律，在整个导体内形成电场（图1—2）。这一点对测定阻抗血流图时是极为重要的。如在测定肝血流图时，一个电极放在胸部右锁骨中线第六肋间，另一个电极放在背部相对应位置，即第十肋间肩胛线与腋后线间，所测得的阻抗变化，不仅代表着两个电极之间直线联线之间的阻抗变化；由于电流是在两电极之间形成一个较大范围的电场，故测得的是这一区域内的电阻抗变化，反映了此肝区范围的血

流变化。如电极位置移动，将一个电极放在胸骨剑突下，一个放在背部对应位置，企图测定肝左叶的血流图，电极虽在肝左叶上，但有时由于其电场范围较广，还有一部分电力线通过了胸腔、腹腔，往往可流往心脏、大静脉，使心室及大静脉内的血流变化干扰了肝的血流变化，所描记到的阻抗血流图不是肝血流图的波形，而是心室或静脉成份较多的波形，造成波形难以辨认，或造成判断上的错误。



实际通路

错误的概念

图 1—2 电流在生物体内实际道路与错误概念示意图

当然，图 1—2 所示的球状容积导体中电力线的分面布是指一匀质容积导体而言的，只有在匀质容积导体中，电力线才能如此均匀分布，而电流通过人体这样复杂的非匀质容积导体时，电力线的分布必然还有所改变，在阻抗较低处，电力线的密度可能较大，形成不均匀的电场。但无论如何，不会出现图 1—2 中右图出现的那种电力线的径路。这是我们在实际工作中必须考虑到的。

二、人体组织的阻抗

(一) 人体组织的电阻率：人体是一个导体，当有电流

通过时能导电，但不同组织导电性能不同，即各组织的电阻率（ ρ ）不一样，其电阻率大小与所含电解质的离子浓度有关，离子浓度高时，导电率高，电阻率低。含离子浓度低时，导电性差，电阻率高。据测定，体内电阻率最低的是含电解质较高的液体，如脑脊液、尿等约为 $60\sim 75\Omega\cdot\text{cm}$ ，血液电阻率亦较低为 $130\sim 150\Omega\cdot\text{cm}$ ，脑组织为 $225\Omega\cdot\text{cm}$ ，这些组织电阻率较低，导电性能好。皮肤，皮下组织及肌肉组织的电阻率约为 $700\Omega\cdot\text{cm}$ ，而骨组织较大约为 $3000\Omega\cdot\text{cm}$ 。电阻率最大的可能是毛发及脂肪组织，有人认为可接近于无穷大，几乎为~绝缘体。

在阻抗血流图研究中，血液的电阻率有重要的作用。经许多学者的研究，发现血液电阻率与血液内红细胞含量有关。因为血浆的电阻率低，而红细胞的电阻率高，全血中含红细胞量的多少，势必影响全血的电阻率，当红细胞含量多，即红细胞比容高时，血液电阻率高；反之，血液电阻率就低。一般介绍血液电阻率为 $135\sim 150\Omega\cdot\text{cm}$ ，只是指在体温条件下（ 37°C ）红细胞比容正常时的电阻率，而当贫血、过多补液等情况下，血液电阻率就降低，当失血过多血液浓缩或在高山地带红细胞增多时，血液电阻率就增加。因此，在这些情况下就应当根据红细胞的比容的变化加以校正，才能得出较为正确的血液电阻率，而此数值在用直接式血流图仪测定人体某一节段的血流量时，是必不可缺少的。

不同红细胞比容的全血电阻率，根据各作者又有不同的结果，现介绍几种资料，列于表1—1。

表1—1 各作者测得的不同红细胞比容时血容电阻率

红细胞比容	电 阻 率 ΩCm		
	Hill及Thompson	Gaddes等	Kubicek
10%	51	66	89
15%	62	74	94
20%	72	83	102
25%	83	92	116
30%	93	103	121
35%	104	115	133
40%	114	128	148
45%	125	143	168

不同红细胞比容的血液电阻率亦可用Hill's公式进行校正：

$$\rho = 2.102 \times \text{红细胞比容} + 30.098$$

(二) 人体组织的阻抗

大多数的人体组织都是一个良好的导体，可视为一个电阻，当交流电通过时，存在着电抗。但不同组织的电阻率不同，在测定部位所占体积形状不同，因此各组织的电抗也不同，总的电阻是由这些不同组织并联而构成的（见图1—3）。

$$R_{\text{总}} = R_{\text{骨}} \parallel R_{\text{肌肉}} \parallel R_{\text{血液}} \dots\dots$$

另一方面，人体中有些组织，如脂肪组织、骨、皮肤等组织，其电阻率较高，导电性能较差，有的可认为是绝缘体。故在将电极放在皮肤表面测定时，可将皮肤、皮下脂肪看作是电容器的介质，两电极之间就形成一个电容器，或者在