

"The Chinese Editions are intended for sale in PRC only and not for export, which is prohibited."

血管 超声学入门

(第四版)

Introduction to Vascular Ultrasonography

William J. Zwiebel 著
郑宇华扬 主译



中国医药科技出版社

血管超声学入门

第四版

William J. Zwiebel 著
郑 宇 华 扬 主译

中国医药科技出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

血管超声学入门: 第4版/(美) 兹韦尔 (William J. Zwiebel)
著; 郑宇、华扬等译. —北京: 中国医药科技出版社, 2005. 4

书名原文: Introduction to Vascular Ultrasonograph

ISBN 7-5067-3195-9

I. 血... II. ①兹...②郑...③华... III. 血管疾病—超声
波诊断 IV. R543.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 028259 号

责任编辑 葛 蕾

美术编辑 陈君杞

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100088

电话 010-62244206

网址 www.mpsky.com.cn

规格 787×1092mm¹/₁₆

印张 26¹/₄

字数 548 千字

版次 2005 年 5 月第 1 版

印次 2005 年 5 月第 1 次印刷

印刷 北京建筑工业印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 7-5067-3195-9/R·2658

定价 150.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

前 言

这一版《血管超声学入门》已经拖了很长的时间，在此，作者表示歉意。许多人曾经问作者，第四版书何时出版，这说明前面的几版受到了大家的肯定，同时，也令作者感到了压力。作者为第三版与第四版之间的时间的拖延表示真诚的道歉。这也从一定程度上说明目前放射学者所面临的临床研究经费减少的困境。

自本书第三版发行之后，血管诊断学领域发生了很大的变化。彩色血流成像技术已经成熟，能量多普勒成像技术也在血管诊断学中占据了一席之地，超声仪也有了长足的发展。最重要的是超声技术已经成为血管实验室的主要检测工具。光电容积描记仪虽然在肢体动脉供血不足及血管痉挛性疾病的诊断中起重要的作用，但事实上，当今所有在血管实验室进行的检查均与超声有关。

在第三版发行以来的另一个显著的变化是彩色血流成像和多普勒成像技术已经广泛深入地渗透到了超声诊断领域。这些技术已是血管实验室的不可或缺的技术，并且已经应用于腹部、盆腔和产科等超声各领域的诊断过程。所有的超声工作者必须熟悉多普勒技术，因为，几乎每一次超声检测都离不开血流的评估。

还有一项重大的变化是在脑血管、肢体动脉和腹部血管疾病的诊断中超声的重要地位得以确认。因此这一版的相关内容也作相应修订。脑血管部分是重新编写，以反映颈动脉内膜剥脱术的多中心的研究成果。这个试验不仅证实了颈动脉内膜剥脱术的有效性，也规范了颈动脉狭窄的测量方法。腹部血管超声也几乎重写，以反映技术的进步和满足临床日益增长的对超声诊断腹部血管疾病的需求。为了反映超声在肢体动脉缺血诊断中的显著作用，肢体超声部分也作了修改。

在第三版发行的时候，彩色血流成像技术还相当原始，能量多普勒成像还没有出现。所以，这一版中几乎更新了所有的超声图像。尽管工作量很大，但作者也因此领略了图像数字化的威力，并可以藉此严格掌握文字和图像的质量及排版，并删掉了图像当中的多余的数字、伪像和其他无关的东西。并对图像进行了压缩处理，使得版面更加紧凑，以提高图像的说服力。通常，对彩色信号进行处理可以使图像更加漂亮，但作者认为这没有多大的用处。读者应该知道在日常工作中既不可能也不必要个个打出如此漂亮的图像。

在这一版中，作者和出版商再次一致同意将彩图集中编排，以减少消费者的开销。希望无碍读者的阅读。

血管超声学将继续在临床应用和技术领域向前发展。如超声增强剂、谐波

2 血管超声学入门

成像、三唯超声技术在本书发行的时刻已经进入临床，并将在几年内得到推广，这将对超声诊断产生影响。毋庸置疑，本书的内容也将很快过时，作者希望能及时发行第五版。

William J. Zwiebel

目 录

第一部分 基 础

- 第一章 脑血管和外周血管的血流动力学 3
- 第二章 多普勒和 B 型超声的物理学和设备原理 13
- 第三章 多普勒频谱分析 35
- 第四章 血管诊断中的彩色血流成像 52
- 第五章 超声造影剂 60

第二部分 脑血管

- 第六章 脑血管超声检查的重要性 73
- 第七章 正常脑血管解剖和侧支循环 79
- 第八章 正常颈动脉和颈动脉检查技术 85
- 第九章 颈动脉斑块的超声诊断 97
- 第十章 颈动脉狭窄的多普勒特征 107
- 第十一章 颈动脉的闭塞、夹层、内膜剥脱及颈动脉体瘤 123
- 第十二章 椎动脉超声检查 132
- 第十三章 经颅多普勒超声 142

第三部分 肢体动脉

- 第十四章 无创性检查在肢体动脉疾病中的作用 167
- 第十五章 肢体动脉解剖 172
- 第十六章 下肢动脉疾病的非成像生理检查 190

- 第十七章 上肢动脉评价 206
- 第十八章 下肢动脉的双功能超声检查 218

第四部分 肢体静脉

- 第十九章 四肢静脉双功能超声检查的必要性 239
- 第二十章 四肢静脉解剖 247
- 第二十一章 名词术语、仪器设备和正常静脉的特征 253
- 第二十二章 四肢静脉的超声检查技术 260
- 第二十三章 静脉血栓 276
- 第二十四章 慢性静脉功能不全的诊断及描述 291
- 第二十五章 动静脉瘘和非静脉性肢体疾病 310

第五部分 内脏血管

- 第二十六章 腹部血管的解剖和正常多普勒特征 319
- 第二十七章 主动脉、髂动脉、下腔静脉 334
- 第二十八章 内脏动脉的超声评价 356
- 第二十九章 肝血管病 364
- 第三十章 肾血管和移植肾的超声评价 384
- 第三十一章 阴茎的超声和多普勒检查 402

第一部分 基 础

第一章 脑血管和外周血管的血流动力学

循环系统在结构和功能上都非常复杂。许多因素如心脏功能、血管壁弹性、血管平滑肌张力、直径及与分支血管的连接方式等都可以影响血流。某些因素可以用相对简单的术语进行描述和量化，而某些因素由于了解不够深入和难以量化不能描述。

鉴于此，本章重点叙述循环系统的基本血流动力学、影响血流的因素及血管狭窄后的血流动力学变化。这将有助于理解循环系统的正常生理和血管狭窄后的异常变化。

决定血流的生理因素及其特征

能量和压力

在循环系统内，任何两点之间血流存在的前提是两点之间的能量差异。即压力差。动脉系统压力高、能量水平高；而静脉系统压力低、能量水平低。动静脉系统之间由分支血管（小动脉）和微循环的阻力血管（微动脉、毛细血管、微静脉）连接。

血液流动时，由于血流与管壁之间、血流各质点之间的摩擦存在阻力使得血流从动脉到静脉，能量和压力逐渐下降。血流的连续流动所需的能量由心脏的搏动来维持，心脏将血液由静脉泵入动脉并维持血液流动所需的动脉压和能量差。

动脉内的高能量水平与动脉血容量有关。心脏和血管的功能正常，使动脉内的血容量和压力维持在正常范围以保证正常供血，并保持进出动脉系统的血容量的平衡。

进入动脉系统的血量等于心搏出量；而心搏出量取决于动脉压和由微循环的血管舒缩形成的外周血管阻力。

通常，身体各组织的血流量由组织需要量调节，由被供血器官内的小动脉的舒缩来实现。所以维持动脉内正常的血容量和压力有利于分配血流和调节心搏出量。

血流的能量形式和流动中的损耗

本节讨论①循环系统中的能量存在形式及在流动过程中控制能量的消耗和转换的因素如摩擦力、阻力；②层流及涡流；③泊肃叶定律和涉及血流、压力、阻力关系的公式；④不同连接方式（并连、串连）对血管阻力的影响。

能量形式

势能和动能 血流的主要能量形式是由心脏收缩产生的使血管扩张的压力（势能）。另一种能量形式是动能，即血流做功的能力，后者只占很小的部分。正常休息状态下，仅相当于几厘米汞柱。动能与流体密度（正常情况下是恒定的）和血管面积存在一定的比例关系。所以，当运动时血流量增大及血管狭窄时截面积减小时，动能明显增加。当流速下降（如狭窄后正常管径）时，动能又转化为势能（压力）。

身体各部分的能量形式 在身体的不同部位能量形式也有所不同。例如，身体下垂部位的血管压力（如小腿）高于上部。这种静水压增加了跨壁压并使血管扩张，然而下

垂部位的重力势能较小。所以,不同部位不会引起沿血管树传导的驱动压的变化,除非血流受到干扰,就像静脉瓣的关闭。在某些情况下,身体不同平面的压力和能量改变是有重要意义的,诸如体位的变化和行走时肌肉活动对静脉血的回推作用。

能量的损耗

层流的能量形式 多数血管内的血流是层流状态,每个层流带的流速不同。理论上最外层的流速为零,这是由于血管内壁与该层血液之间的粘和作用。次外层的血流有一定的速度,但与最外层的血液之间存在摩擦阻力。管腔中间的血液流速最快,血管内的平均流速是最高流速的1/2。由于近血管壁的流速变化大而血管中间的变化小,血流速度轮廓呈抛物线型(图1-1A)。



图1-1 正常动脉管腔内的速度轮廓。A,层流,抛物线型。B,中心流速相对一致,扁平型轮廓线,常见于动脉分叉近段和湍流状态。

由于摩擦阻力的存在,血液在流动中会有能量的损失。阻力的大小及能量损失的多寡主要取决于管径。在小血管特别是在微循环,由于管径细,即使中间的血流也与管壁很近,故受到极大的阻力的影响而导致流速明显下降。大血管则相反,中间层受到的摩擦阻力很小,因而能量的损失也很小。

泊肃叶定律和公式 在圆柱状的管道模型中,平均速度与管道两端的能量差及半径的平方成正比,而与管道长度及黏度系数成反比。在循环系统中,血流量较流速更受关注,血流量与半径的4次方成正比,因为它等于平均速度与截面积的乘积。这些知识对

理解泊肃叶定律很有益处。泊肃叶公式:

$$(1-1) \quad Q = \frac{\pi (P_1 - P_2) r^4}{8L\eta}$$

由于血流量与半径的4次方成正比,即使半径的很小变化就能引起血流量的巨大改变。例如,半径减少10%,管道模型中的血流量减少35%,半径减少50%,血流量下降95%。在循环系统中,血管的长度及血液的黏度系数几乎不变,所以血管的管径及压力梯度决定血流量的大小。泊肃叶公式可以变化为:

$$(1-2) \quad \frac{8L\eta}{\pi r^4} = \frac{P_1 - P_2}{Q}$$

$$(1-3) \quad R = \frac{8L\eta}{\pi r^4}$$

$$(1-4) \quad R = \frac{P_1 - P_2}{Q}$$

血管阻力(R)取决于血液的黏度与管径。尽管这些参数在复杂的系统中不能测得,但压力差和血流量能够获得,因此能够计算血管阻力。由于阻力等于压差除以血流量,即推动一个单位的血量所需的压差,也是推动血流通过血管的难度系数。

血管的连接形式与能量的损耗 泊肃叶定律仅适用于管径不变的刚性管道中呈恒定层流状态的简单流体(例如水)。而在血液循环中,不可能满足上述条件。血管的不同连接方式的综合效应影响着外周阻力,类似于电路中的电阻。如果血管“串联”的话,总的阻力等于单个血管阻力的总和。如果血管“并联”,总阻力的倒数等于各血管阻力的倒数之和。所以,任何一根血管对整个血管床总阻力的贡献,或这根血管管径的变化对总阻力的影响,取决于是否与其他血管相连、连接的方式(串联或并联)及血管管径。

血液的黏度同样与泊肃叶定律的适用条件不符,因为血黏度不是恒定的,受红细胞比容、温度、管径和流速的影响。

非层流状态 在正常和病理情况下,循

环系统中存在程度不等的非层流血流。其原因是：(1) 在每个心动周期中流速不是恒定的，收缩期加速，舒张期减速；(2) 管径变化（包括心脏搏动引起的管径改变）引起血流线的改变；(3) 血管弯曲及以不同角度分支引起血流方向变化。例如，血管分支后抛物线样的速度轮廓线在相当长的距离内不会恢复。而且，抛物线变扁，出现流速相对一致的扩大的中央血流（图 1-1B）。

由于各种因素的影响，以至在规则的管道中，层流受到干扰就变成湍流。雷诺氏系数概括了影响湍流的因素。

$$(1-5) \quad Re = \frac{vq2r}{\eta}$$

v 为流速， q 为流体密度， R 为管道半径， η 为黏度系数。由于 q 和 η 比较恒定，湍流的发生主要取决于管径和流速。在管道模型中，如果雷诺氏系数大于 2000，层流就趋向于被破坏。然而，在循环系统中，即使该指数较低，由于身体的活动、血流的搏动性、管径的变化、粗糙的血管内皮表面及其他因素，容易发生不同程度的湍流。在有高速血流的大血管内，容易产生湍流，临床检查可发现血管杂音和震颤。正常个体在休息状态时，有时于升主动脉的收缩加速期能听到杂音。当心搏出量增加、血流量加大，通常在远处的动脉（如股动脉）¹ 也能听到杂音。层流状态的改变可以用超声血流探测器来评估，并应用于诊断。例如，在有严重狭窄的动脉，狭窄后段明显的湍流就具有诊断意义。高速、高动能的喷射状血流突然到了正常的或狭窄后扩张了的管腔，就会变成湍流，其速度和能量低于狭窄段血流。

在湍流状态，血管两端之间压力势能的丢失大于用泊肃叶公式计算出来的数值，抛物线样的速度轮廓线变得扁平²。

动脉系统中搏动性压力及血流变化

心脏每次跳动都将一定量的血液泵入动

脉系统，使动脉压力波沿动脉干传导，其传导速度、振幅和波形在传导过程中将发生变化。这些变化受到血管的影响。血流速度及血流方向随每次心跳而变化。如果要正确理解无创性检查的结果如动脉压和流速及其曲线，就需要了解影响压力和流速的各种因素。

心脏活动所致的压力改变 如前所述，心脏的收缩使动脉系统的末端保持一定的血量，使动静脉之间存在一定的压力差，以维持血液的流动。由于心脏跳动是间断性的，压力和血流具备搏动性。在心室的快速射血期，动脉末端的血容量增加，压力达到最高峰。在收缩后期，心脏的射血量下降，流出阻力血管的血流量多于心脏射出的血流量，压力开始下降，并持续于整个舒张期，此时血液由动脉系统持续灌注到微循环。心脏所做的功一部分推动血液向前流动，大部分的能量使动脉扩张，以贮存血容量及能量，在舒张期维持组织的持续性血流灌注。

动脉压力波 动脉压力和血流量随心动周期呈搏动性改变，因而在整个动脉系统都能探测到动脉压力波的变化。动脉压力波的振幅和形状取决于多种因素的相互作用，包括射血量、心室射血时相、周围血管阻力、动脉壁的硬度。总之，任何一种因素的提

高，均会引起波幅的增高（收缩-舒张压力差）及收缩压的升高。例如，年长患者，动脉壁的硬度增加使收缩压和脉压差升高。动脉压力波的振幅沿动脉干向远心端逐渐增高。传导速度与动脉壁的硬度、壁厚与管径之比值成正比。哺乳动物循环系统的动脉壁硬度从主动脉到外周动脉逐渐升高。所以压力波的传导速度也逐渐增快。血管硬度的逐渐增加抑制反射波使得主动脉和大动脉的搏动性压力和收缩压相对低于外周血管。有利于心脏射血和做功³。

循环系统的压力变化 图 1-2 显示从大动脉开始到阻力血管、静脉的压力变化图。由于大动脉和分支动脉的摩擦力很小，

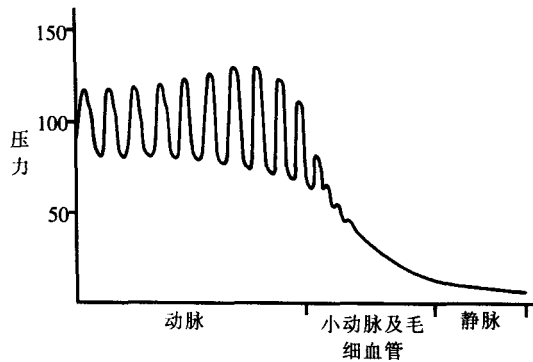


图 1-2 在循环系统中正常的血压变化的示意图。

对血流的阻力很小，压力势能很少丢失；在主动脉和肢体小动脉（桡动脉、足背动脉）之间，平均压仅稍有下降，舒张期的压力变化也不大⁴⁻⁵。当压力波向远处传导时，振幅及收缩压增大，这是由于血管壁硬度的升高和反射波的出现。反射波是在血管的管径改变、硬度改变、血管分支时出现并叠加到原始的波形中³⁻⁴。至少在肢体部位，反射波由于阻力的加大而增强。在实验动物模型和人体中直接测量小动脉血压及间接测量人手指收缩压时显示，在小动脉末梢（如人体肢体的指趾动脉）搏动波幅及收缩压下降⁶⁻⁹。然而压力和血流的搏动性在微动脉和毛细血管中仍能保留，至少在外周血管扩张时是这样，而且可以用容积描记器记录下来。在微循环中血管的收缩对搏动性的影响与肢体近端小、中动脉的影响作用相反。在小动脉、微动脉、毛细血管，血管收缩使搏动性下

降，血管扩张使搏动性增强。而肢体的中、小动脉收缩时可以升高反射波使搏动性增强，扩张时搏动性减弱。图 1-3 记录的分别是股动脉和足背动脉的舒缩（通过升降温度来实现）对动脉压的影响。

肢体温度降低时，足背动脉压力波振幅增大；升温后，振幅恢复至原有水平。某些影响外周阻力的因素如反应性充血和运动也能使压力波发生类似的变化。运动能降低做功肌肉的血管阻力并降低运动肢体动脉的反射波。由于心血管的反射性调节，血管收缩时，使反射波增强，压力波的振幅增加。例如，行走时，尺动脉的搏动压超过主动脉的 1 倍¹⁰。

上述知识对正确理解外周动脉阻塞时压力测量值非常重要。例如，上臂收缩压能很好的反应主动脉和股动脉的收缩压，并作为与踝动脉压相比较的基准。正常人体，踝动脉收缩压常高于上臂动脉收缩压；如果踝动脉收缩压低于甚至稍低于上臂动脉收缩压，提示踝动脉的近段有狭窄。然而，人的指趾动脉的收缩压低于手腕或脚踝近段动脉的收缩压。当指趾动脉的收缩压用作远端动脉狭窄的基准时，应考虑上述情况。此时，应参考指趾动脉和近端动脉收缩压差的正常值¹¹。

搏动性血流 动脉压力的波动性变化与血流的收缩期加速及舒张期减速是一致的。尽管储存在动脉壁的势能能维持正向的动静

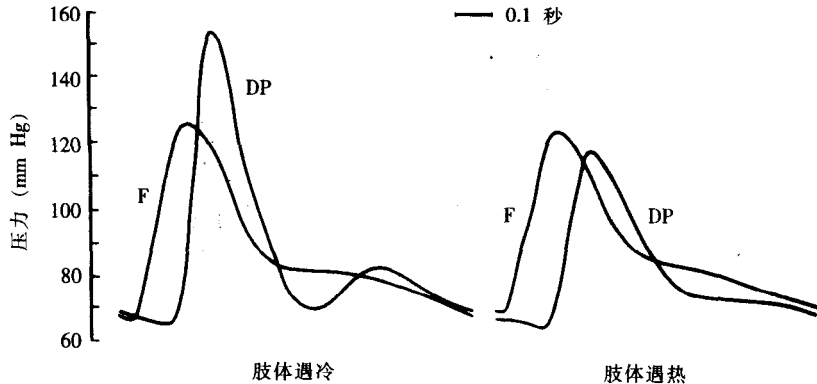


图 1-3 受冷和受热时股动脉 (F) 和足背动脉 (DP) 的压力波形，显示足背动脉在血管收缩（受冷）时压力波的搏动性增强，血管扩张时（受热）搏动性明显减弱。

脉之间的压力梯度并在舒张期保持微循环内的持续正向血流。但是，在人的动脉系统中某部位，仍会出现正向血流中断，甚至折返血流。研究动脉树上两个不同点的搏动性压力变化有助于阐明血流中断的原因。图1-3显示股动脉和足背动脉的压力波动。两点之间的压力梯度在心动周期的不同时相而发生变化（图1-4）。不仅因为压力波的波形、振幅不同，更重要的是，压力波较晚到达足背动脉。在收缩早期，波峰到达股动脉时与足背动脉之间的压力梯度最大。此后，压力梯度下降，当波峰到达足背动脉时，股动脉的压力较低，出现负向压力梯度。这种与不同的时间到达不同部位的压力波有关的负向梯度在人的动脉系统中比较常见，也因此出现折返血流。然而，尽管出现负向压力梯度，如果正向血流很大，仍不会出现折返血流¹²。

也可以这样理解舒张期折返血流：设想一支有一定舒张压的大动脉，与几支不同阻力的分支动脉相连。在舒张期主干血管的血液将流向阻力低的分支动脉，如果主干血管的分支动脉的外周阻力较大，则主干血管内的血流在舒张期折返。在肢体温度降低时，可出现短暂的折返血流（图1-4）；当肢体受热时，远端的外周阻力下降，则折返血流减小或消失。舒张期折返血流通常发生于外周阻力较高的血管床动

脉。在低阻的血管床或者周围血管扩张外周阻力降低的情况下，如皮肤加热、肌肉收缩、反应性充血等，就不会出现折返血流。这些规律在评估供应不同部位的动脉血流时非常重要。例如，在脑循环，由于颅外的血管阻力较高，故颈外动脉可以出现折返血流，而由于脑血管阻力较低，从而不会出现折返血流。

动脉狭窄的效应

动脉狭窄可以引起狭窄远端的压力和流速的下降，但还有很多因素特别是狭窄后段的因素可以影响压力和流速。当试图用无创性方法进行检查时，医生必须熟悉这些因素。本节论述了严重狭窄的概念，及动脉狭窄引起的压力、流速、血流形式的变化。

严重狭窄

动脉粥样硬化斑块导致动脉管腔变窄并引起狭窄远端压力及血流速的下降。但狭窄必须达到一定程度才能引起血流动力学的变化，这是因为与远端的阻力血管相比，大动脉对血流的阻力很小。动物和人的实验结果表明主动脉的横截面积狭窄超过90%才会引起远端压力和血流速的变化，而小一些的动脉血管如髂动脉、颈动脉、肾动脉则在70%~90%之间^{13,14}。狭窄程度的测量有管

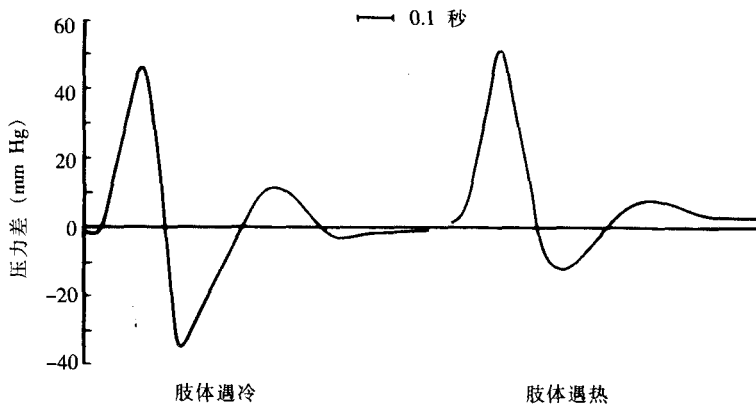


图1-4 由上图得出的股动脉和足背动脉的压力差曲线，显示血管扩张对反向血流成分的影响。

径法和面积法, 区别这两者十分重要。例如, 管径法 50% 的狭窄相当于面积法 75% 的狭窄; 管径法 66% 的狭窄相当于面积法 90% 的狭窄程度。

狭窄是否会影响血流动力学及影响到什么程度取决于下列因素: (1) 狭窄部分的残余管径及狭窄的长度; (2) 内膜的粗糙程度; (3) 狭窄的不规则程度和形状 (是逐渐狭窄还是突然狭窄); (4) 残余面积与正常管腔面积的比率; (5) 流速比; (6) 动静脉压力梯度; (7) 狭窄远段的外周血管阻力。

严重狭窄的概念在文献中已有大量报道, 在狭窄初期, 血流动力学没有或稍有变化, 当狭窄较为严重时, 压力和血流速的变化较为明显。严重狭窄的概念有较大的实用意义, 因为轻度狭窄不引起血流动力学变化和临床症状。需要明确的是严重狭窄的概念是许多因素相互作用的极大简化。特别是外周血管阻力的变化 (如运动后阻力下降) 可以明显改变已有的狭窄病变所造成的病理效应。这会使我们注意应该在生理状态下评估狭窄病变所造成的血流动力学改变和临床症状, 否则就会得出不同的结论。还应注意是否存在两个或更多的狭窄, 其造成远端压力和流速的下降比之同样长度的均匀狭窄更为明显。这是因为在狭窄入口及 (尤其是) 狭窄出口处的射流、湍流等紊乱血流可以导致能量的损失。多节段狭窄所造成的能量损失显著超过单发狭窄。

压力改变

在不同程度血管狭窄的动物实验中得出的数据显示: 只有到严重狭窄时, 舒张压才会降低; 对程度较轻的狭窄, 收缩压的下降是一个比狭窄远端的平均压的下降和压力波幅的下降更敏感的指标 (图 1-5)^{15,16}。此外, 在动脉狭窄或闭塞的远端, 可以探测到峰型变钝、峰时后延、1/2 峰宽加大。

这些搏动波的异常变化与收缩压的测

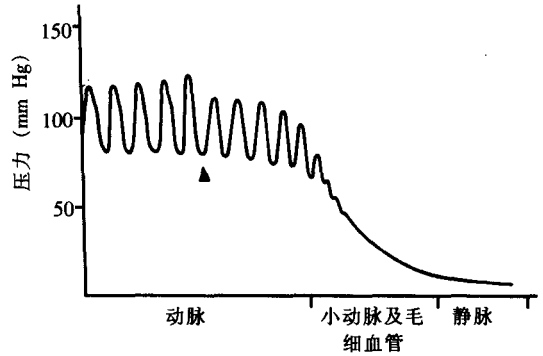


图 1-5 在狭窄远段压力波的振幅、收缩压和平均压都下降。轻度狭窄时, 这些压力的变化只有在运动或充血的情况下, 使血流量增加才会显现。

量结果相吻合。应用多种类型的无创的容积描记仪可以描记这些异常变化 (图 1-6)。对于轻度的狭窄, 则狭窄后段的压力及搏动没有或仅有轻微改变。如果通过运动或充血, 使得通过狭窄段的血流加大, 损失的能量增多, 则远端的压力及波形就会发生变化。

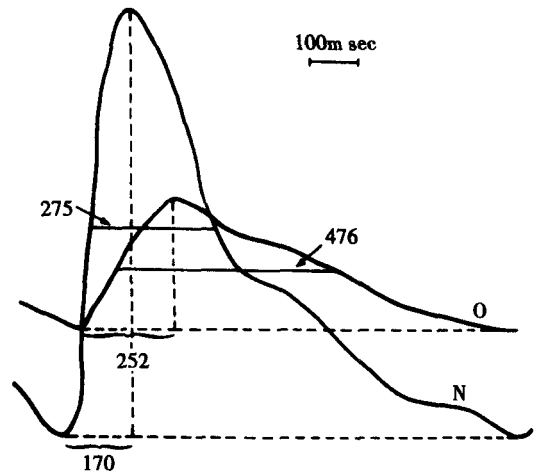


图 1-6 正常肢体 (N) 及近段动脉闭塞肢体 (O) 的足背动脉的搏动波。闭塞肢体的足背动脉的达峰时间延长 (252ms) 峰形变宽 (476ms)。

血流改变

在休息状态, 即使存在严重的动脉主干狭窄甚至闭塞, 由于侧支循环的建立和狭窄远端血管的扩张, 肢体的灌流量可以维持在正常水平, 这时测量收缩压比测量血流量更

能反映是否有狭窄和狭窄程度。只有当急性闭塞、侧支循环还来不及建立、或者在慢性阻塞过程中狭窄十分严重和存在多节段狭窄部位时,静息血流量才会下降。尽管单个狭窄病变不足以在静息状态下引发病状和改变血流状态,但在需血量增加(如运动)时,狭窄处的阻力和远端血管的阻力会妨碍血流量的进一步增加,因而出现间断缺血症状。

血管狭窄可以引起血流分布的异常。例如:运动时,狭窄血管远端的肢体骨骼肌的需血量增加,远端的压力低,则可从皮肤血管盗血,使足部皮肤缺血,使患者感到足部麻木。当下肢大动脉广泛闭塞,合并远处小分支动脉狭窄时,使用血管扩张药或交感神经切断术会将流向已经缺血组织的血液引向能扩张而阻力降低的组织。锁骨下动脉的狭窄可以引起椎动脉血流方向逆转而出现脑部症状(锁骨下动脉盗血综合征);同样,颈内动脉狭窄可以引起眼动脉的血流方向的逆转。使颜面部颈外动脉的交通支开放。

速度改变

在正常的动脉血管,血流速度在收缩早期很快达到峰值,在舒张期很快下降,这时会出现折返血流。搏动性速度波形类似图1-4的压力梯度图。可以用搏动指数和峰型粗略地进行速度波形的定性分析^{12,21}。也可以从多普勒探测仪发出的声音来分析波形的特征。正常的外周动脉,可听到2或3个声音;第二声代表舒张期折返血流而第三声代表再次向前的血流。是否2-3声没有多少临床意义,而与诸如心率、压力波和血流波形等许多因素的相互作用有关。正如前所述,后2个因素还取决于外周血管的收缩状态以及动脉壁的顺应性。

在狭窄的远端,血流频谱变钝与图1-6的压力波类似。折返血流消失。搏动指数下降,只能听到一个声音而不是正常的2或3声。折返血流消失归因于下列因素的相互作

用:(1)在心脏周期维持高水平的向前的血流;(2)狭窄部位阻止了血流的折返;(3)远端血管因缺血而扩张导致阻力下降;(4)狭窄使得压力波变钝,搏动性降低,使促成舒张期折返血流的反向压力的波幅减小。

狭窄段和狭窄远端的血流速度对狭窄程度的评价十分有用。实时多普勒频谱可以更好的显示由于血管狭窄所造成的血流异常。关于频谱分析,在第二章和第三章进行详述。但是回顾一下正常和异常血流频谱所揭示的生理学意义是十分必要的。如前所述:血流速度轮廓线由于血管的分叉而由尖变钝(图1-1B)。所以,在收缩期,血管中心流速较高而一致。在多普勒频谱上表现为在峰值流速附近的很窄的条带²²。而狭窄病变使得血流变得紊乱,如异常高流速、射流效应、血细胞向不同方向以不同速度运动、形成涡流。这种不同于层流的血流运动改变了多普勒频移,使频谱的频宽加大,这种由动脉狭窄引起的收缩期流速频谱的增宽,称为频窗加宽或频窗充填(见第三章)。

静脉血流动力学

如图1-2所示,当人体平卧时,血液流过小动脉和毛细血管后,压力明显减低。由于中静脉和大静脉的管径粗,对血流的阻力很小,所以静脉血容易从小静脉流入右心房。尽管动脉压及血流搏动波极少能传导至静脉系统,但心脏的活动及胸腔随呼吸的压力变化使静脉血流存在时相变化,了解这种变化有助于正确评价外周静脉的功能。

本章最后一节讨论静脉系统不同部位的压力和血流随心脏和呼吸的变化,以及不同体位时下肢静脉的状态、静脉瓣功能不全的结局及静脉闭塞的效应。

心动周期中静脉血流和压力的变化

图1-7显示大静脉(腔静脉)的压力和血流随心动周期的变化特点。这种振动有时会传导到周围血管。中心静脉压力图中有明显的三个正向波(a. c. v)反映主动脉的压力变化。a波由心房收缩和舒张引起。c波的上升支,相当于心室的等容收缩期,房室瓣关闭并突向心房,使心房压上升。随后的下降支,相当于心室收缩房室瓣向心尖移动,心房容积扩大,心房压下降。v波上升支,相当于心室收缩末期,房室瓣关闭心房充满回心血液,心房压力被动上升。v波下降支表示在房室瓣开放后,心室舒张早期,血液流入心室,心房压力下降。

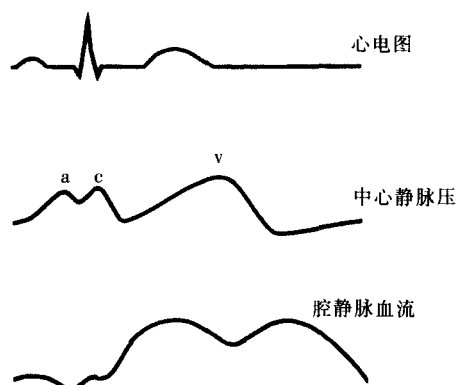


图1-7 随心动周期而变化的中央静脉内的压力及流量变化。a: a波; c: c波; v: v波。

静脉压力波与血流的变化有关。每个心动周期中,有两个时相静脉血流增加。第一个发生在心室收缩期,心肌收缩使房室瓣环向心尖移动,使心房容积扩大,心房压力下降,促使心外静脉血回流入心房。第二个发生在房室瓣开放时,血液由心房冲入心室。在心房收缩期间和期后短时间内、心室收缩后期,静脉回心血流下降。由于在右心房和腔静脉之间没有静脉瓣,在心房收缩时,会出现由心房向腔静脉的折返血流。

大的中心静脉随心脏活动而出现压力和血流的波动,而在外周肢体静脉则常常不明

显。可能与下列因素所造成的衰减有关,如静脉的易扩张性(顺应性)、腹内压的增加和胸廓入口的机械性压迫。由于心脏右侧壁的活动很容易传导到上肢的大静脉,上肢静脉与心跳有关的搏动明显强于下肢静脉。

在异常情况下,如充血性心衰或三尖瓣关闭不全时,静脉压升高,使得心脏跳动对静脉压及静脉血流的影响传导到上下肢。这种情况偶尔也能在正常人中出现,或许是因为血容量增加使静脉扩张所致。

呼吸对静脉血流的影响

呼吸对静脉压和静脉血流有明显的影响。吸气时,胸腔内压力降低,胸部静脉容量增加、压力下降。呼气时则相反,容量下降,压力升高。在腹部,静脉对呼吸的反应与胸部相反,吸气时,膈肌下降,静脉压上升;呼气时,膈肌上升,静脉压下降。吸气时,腹压升高,使下肢的周围静脉与腹部的压力梯度减小,静脉血回流减少。呼气时,腹压降低,腹部与下肢静脉之间的压力梯度增大,静脉血回流相应增多。

在上肢静脉,呼吸对血流的影响与下肢相反。吸气时,胸腔压力下降,上肢静脉与右心房之间的压力差扩大,回流加大。呼气时,胸腔压力上升,上肢静脉与右心房之间的压力差缩小,回流血量减少。呼吸对上肢血流的作用受到体位的影响。当双臂上举吸气时,静脉血流趋于停止,呼气时恢复,可能因为锁骨下静脉在第一肋水平受到辅助呼吸肌的压迫。

呼吸与肢体静脉血流的时相变化相关,可以用不同的仪器来测量,如容积描记器和多普勒血流探测仪。可以通过控制呼吸来增加对静脉血流的影响,如Valsalva动作,增加了胸腔和腹腔的压力,能减少、阻止甚至逆转某些外周静脉的血流。当胸式呼吸或浅呼吸时,膈肌不能充分下降以提高腹压,则呼吸对下肢静脉回流的影响减少,静脉血流呈连续性。

静脉血流与外周阻力

周围静脉,特别是肢体静脉的血流及流速受到局部血流量很大影响,而后者又取决于外周阻力或血管的舒缩状态。当外周血管扩张,肢体的血流量明显增加,静脉血流呈持续性,不随呼吸改变。当肢体血管收缩,静脉血流量也明显下降,以至于远端静脉腔内(如胫后静脉)探测不到血流信号。严重的动脉狭窄使肢体的血流量和血流速下降,静脉的流速也相应减低。

体位的影响

直立时,身体下垂部位特别是下肢远心端的静脉压上升,静脉压升高与跨壁压有关,而引起血管的进一步扩张。故下垂部位的静脉管腔扩张,造成血液大量淤积,引起血管回心血量减少,继而心搏出量下降。当提高外周血管阻力的神经反射异常,则心搏出量下降,导致低血压和晕厥发生。

下肢骨骼肌的运动(如行走)加上单向静脉瓣的存在,使静脉压下降。随肌肉的收缩挤压静脉血管,推动血液向心流动。骨骼肌的收缩不仅促进回心血流和提高心搏出量也使静脉血容量减少使外周静脉压下降。完整的静脉瓣加之腿部骨骼肌收缩使肢体静脉压降低,静脉血容量减少。降低毛细血管压力,可减少液体渗出,使动静脉压差增大而提高血流速。

外界压力的影响

肢体静脉的突然受压,无论是肌肉的主动收缩还是人为的压迫,都会促进静脉血的回流,并使受压部位远端的静脉血流(须有完整的静脉瓣)回流停止。有无静脉狭窄和静脉瓣是否完整将影响静脉血管对突然的压力变化的反应。当评估静脉疾病时,检查静脉对压迫试验的反应是非常重要的(详见第二十一章)。

静脉闭塞

静脉闭塞有急、慢性之分。在严重的静脉闭塞的情况下,受累部位的皮肤营养将受损,并出现特异性的皮肤病变及静脉淤滞性溃疡。急性闭塞,通常伴有血栓形成,可能引起致命的肺栓塞。由于临床诊断急性深静脉血栓不可靠,开发了无创性检查手段以提高诊断的准确性¹²。如容积描记仪、多普勒血流探测器、及双功能超声。

周围静脉血流的多普勒声音信号很容易与动脉内的血流信号相区分。因为静脉血流没有与心跳同步的搏动性。如前所述,在低流速状态,特别是肢体受凉或探头置于小静脉上,会听不到血流信号。如果静脉是正常的,挤压检查部位远端的肢体使回流量增加,就会检出血流信号。自发的静脉血流信号有明确的呼吸时相。然而,如果在心脏与检查部位之间出现静脉阻塞,则静脉血流随呼吸的变化将受影响而减小或消失。在大静脉(如腘静脉)探测不到血流信号常提示有静脉闭塞。

挤压检查部位远端的肢体或活动远端的肌肉群可以加大检查部位的回流量,有助于判断是否存在静脉闭塞。如果血流信号没有加强,则探头部位与挤压部位之间的静脉已闭塞。

当解除探头近端静脉的压迫时,血流信号也增强,这是因为近端静脉压迫解除后的低充盈、低压力。如果近端受压静脉处闭塞,则血流信号不会增强。

静脉瓣关闭不全

当静脉瓣功能正常时,周围静脉血只能向心流动。直立吸气,或 Valsalva 动作时,血流暂时停止。周围静脉的血液来自毛细血管,充盈速度取决于外周阻力和血流量。当近端静脉瓣关闭不全,会出现外周静脉的逆灌流,如足靴区,除接受毛细血管床的充盈血流外,还要接受逆流血。逆灌流会引起严