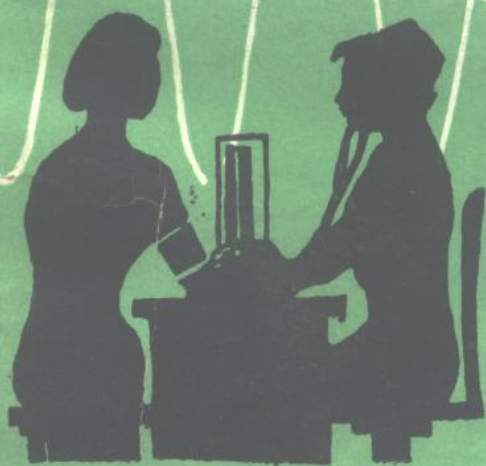


动脉血压调节机理及测量

陈芝村 编著



人民军医出版社

1987年 北京

动脉血压调节机理及测量

ChenZhiCun BianZhu

陈芝村 编著

人民军医出版社

1987年 北京

内 容 提 要

本书扼要地阐述了人体动脉血压的特点、影响因素及其调节机制。概括而又系统地讨论了血压的生理变化及病理生理的一般规律、全面而又有重点地介绍了血压的各种测量方法。

本书是高级科普性质的学术著作，是医学院校有关教材的补充读物，其主要服务对象为各类医学院校的学生及初级医务人员，对教学科研和其他医务人员也有一定参考价值。

动脉血压调节机理及测量

陈芝村 编著

梁宝林 编审

人民军医出版社出版
(北京市复兴路22号甲3号)
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经销
北京华新科技印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：3.75 字数：75千字

1987年8月第1版 1987年8月第1次印刷

印数：1—3200 定价：1.05元

统一书号：14281·103

〔科技新书目：162—111⑤〕

ISBN 7—80020—034—5/R·33

前 言

动脉血压是血液动力学的核心问题之一，是心血管机能状态的重要指标。血压的各种变化是诊断疾病、观察治疗效果、进行预后判断的重要依据。血压的测量是门诊和病房医务人员的日常工作，也是某些科研工作不可缺少的操作内容。因此，了解血压的特点及其影响因素，掌握血压的调节机制、生理和病理生理变化的一般规律，正确进行血压的测量对临床医生、教学和科研人员以及其他医务人员都具有重要意义。

本书共分三个部分。第一章阐述了血压的一般特点及其影响因素，着重讨论了动脉血压调节机制及其互相关系。第二章扼要地叙述了正常条件下血压的生理变化以及各种病理生理变化的一般规律。第三章比较全面地介绍了各种常用的血压测定方法及其原理。在间接测定法中对听诊法做了更为详细的叙述。在电学间接测定法中超声法、示波法、热敏电阻体积描记法、阻抗体积描记法目前虽不普及但有一定参考价值也做了扼要介绍。

本书虽为学术性专著，但就其所讨论的问题的广度和深度而言则属于高级科普性质，也可以说是医科大学或中专教材的补充读物。因此本书的主要服务对象是医学院校的学生和初级医务人员，但对教学科研及其他医务人员也有一定参考价值。

编者多年从事科研工作，接触血压的问题较多，但终究不是心血管问题专家，再加上理论水平不高，写作经验不足，缺点错误在所难免，欢迎批评指正。

陈 芝 村

目 录

第一章 动脉血压的特点及其调节	(1)
一. 动脉血压的特点	(1)
二. 动脉血压的影响因素	(5)
(一) 心输出量	(6)
(二) 外周阻力	(8)
(三) 动脉的弹性	(10)
三. 动脉压的调节	(11)
(一) 压力感受器反射	(12)
1. 压力感受器及其传入神经	(12)
2. 神经中枢及其传出神经	(14)
3. 效应器	(15)
4. 低压感受器反射	(16)
(二) 化学感受器反射	(19)
(三) 神经中枢缺血反射	(19)
(四) 肾—体液调节机制	(19)
(五) 肾素—血管紧张素机制	(23)
(六) 毛细血管体液转移机制	(25)
(七) 各调节机制之间的关系	(26)
第二章 动脉压的生理变化及异常改变	(30)
一. 动脉压的生理变化	(30)
(一) 年龄与性别	(30)
(二) 身高与体重	(34)

0376057-88/5/6-1.05-2

(三) 种族与地理环境	(35)
(四) 家族与遗传	(37)
(五) 城乡差别与职业因素	(38)
(六) 精神因素	(39)
(七) 饮食习惯	(40)
(八) 日夜周期	(42)
二. 病理性高血压	(44)
(一) 继发性高血压	(45)
1. 肾性高血压	(45)
2. 内分泌性高血压	(46)
3. 神经性高血压	(47)
(二) 原发性高血压	(47)
三. 病理性低血压	(49)
(一) 血量减少型低血压	(49)
(二) 血管扩张型低血压	(51)
(三) 心脏功能障碍型低血压	(51)
第三章 血压的测量	(54)
一. 直接测定法	(54)
二. 间接测定法	(62)
(一) 非电学法	(62)
1. 听诊法	(66)
(1) 测定原理	(66)
(2) 测定装置	(70)
(3) 操作	(77)
(4) 准确度	(79)
(5) 误差的来源	(80)
2. 触诊法	(81)

3. 观色法.....	(83)
4. 示波法.....	(84)
(二) 电学法.....	(87)
1. 柯氏声法.....	(88)
(1) 半自动柯氏声电学血压测定法.....	(88)
(2) 全自动柯氏声电学血压测定法.....	(89)
2. 超声法	(99)
3. 示波法.....	(103)
4. 热敏电阻体积描记法.....	(105)
5. 阻抗体积描记法.....	(108)

第一章 动脉血压的特点 及其调节

一. 动脉血压的特点

人类早在1733年就开始了动物血压的观察，但是由于科学技术水平的限制，当时还无法全面了解血压的各种特点和真实规律。第一次测定动物血压的是英国人Hales。他当时用铜管直接插入马的动脉血管，通过观察与铜管相连并垂直于地面的玻璃管内血柱的高度的方法测定了血压。后来水银压力计应用于血压的直接测定和记录，但由于水银的惯性甚大，同样达不到真实观察血压变化规律的目的。但是现代科学技术为血压特点及其变化规律的了解提供了可靠条件。

图 1-1 是用电学血压记录系统通过压力传感器直接描记下来的肱动脉压力曲线。它真实地反映了动脉压的一般特

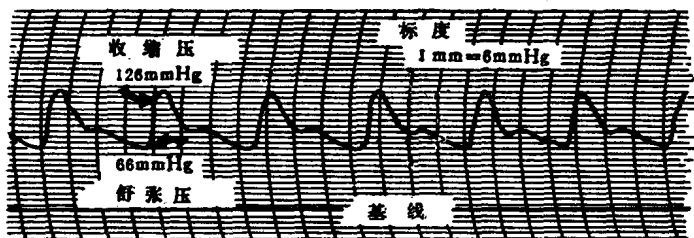


图 1-1 肱动脉压力曲线

点和规律。曲线的陡峭而平滑的升枝与左心室收缩期相当，其最高点为收缩期的最高血压，称为收缩压。曲线的降枝不像升枝那样平滑，主动脉瓣的关闭导致了短暂的快速下降，紧接着由于主动脉和主动脉瓣的弹性回缩产生了一个小的上升波即重波，从而干扰了曲线的平滑下降。当降枝下降到一定程度就不再继续下降而产生另一个心动周期的压力波。降枝下降到最低的压力为舒张期的最低压力，称为舒张压。两者之差即为通常所说的脉压。

收缩压、舒张压和脉压都是血压的重要指标，但对血液循环来讲，平均动脉压具有更重要的意义。因为它是血管内平均血流速度的决定因素，在一些生理学研究中并不特别重视周期性压力变化的记录而只是重点观察平均动脉压的变化。所谓平均动脉压就是一个心动压力波动周期的血压平均值。如果动脉压力曲线是正弦波，即升枝和降枝相同的话，

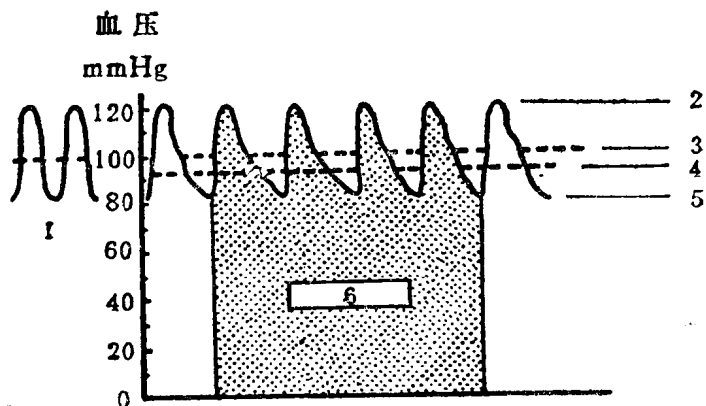


图1-2 平均动脉压的测量

1. 正弦波 2. 收缩压 3. 算术平均动脉压
4. 功能平均动脉压 5. 舒张压 6. 面积

收缩压和舒张压的平均值就是平均动脉压，但实际上并非如此，在每一个心动周期里收缩期要比舒张期短，而且波形也有明显差别。实测结果也说明，收缩压和舒张压的平均值并不等于平均动脉压。平均动脉压低于两者的均值而接近于舒张压。正如图 1-2 指出的那样，两者的算术平均值为 100 毫米汞柱，而实际平均动脉压只有 93 毫米汞柱。其具体测定方法是完整的压力曲线的总面积除以波形的水平长度。在实际应用中，为了方便起见可用下述二式中的任何一式计算：

$$\text{平均动脉压} = \text{舒张压} + 1/3 \text{ 脉压}$$

$$\text{平均动脉压} = \frac{\text{收缩压} + 2 \times \text{舒张压}}{3}$$

不过当心率很快时压力波与正弦波近似，此时的平均动脉压则大致等于舒张压加上 1/2 脉压。

图 1-2 的压力曲线只反映肱动脉的情况，并不能代表系统动脉其它部位的压力变化。实际上，不同部位不同大小的动脉压力波并不完全一致，甚至存在明显的差异。从压力波形来看，对较大的动脉来说有波形变窄，重波切迹加深变宽的现象（见图 1-3）。这是因为从动脉各部记下的压力波并不是心脏同一搏动周期射出的血液流到测定部位的结果，而是左心室射血引起的主动脉压力波本身向外传播的结果。实际上压力波的传播速度比血流速度大得多，以主动脉为例，压力波的传播速度为每秒 3 ~ 5 米，而血流速度则每秒小于 0.5 米。而压力波的传播就像排列成行的台球，当末端的一个受到冲击后逐次使前者向前运动那样，每当左心射血一次虽然射出的血液流速较慢但它所产生的压力波却可以快速向前传播。动脉压力波曲线变形的原因虽还不十分清楚，

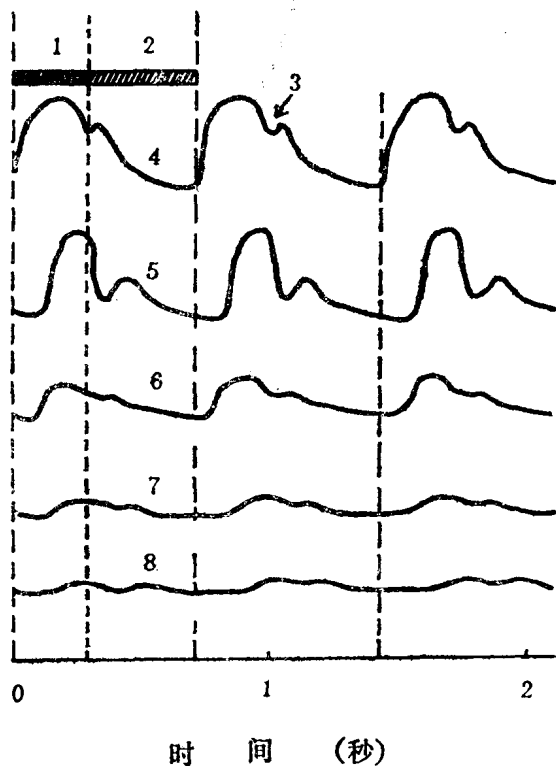


图 1-3 不同动脉的压力波

1. 收缩期 2. 舒张期 3. 垂波切迹 4. 近心主动脉
5. 股动脉 6. 桡动脉 7. 小动脉 8. 毛细血管

但无疑与上述压力波传播的特点有关。股动脉压力波形变窄、重波切迹加深加宽现象尤为明显，这可能是大动脉分枝处外周动脉产生的反射波和主波重合以及主波传播速度较快于重波的结果。

不同部位动脉压的另一个差异表现在幅度方面。一般来讲，从主动脉开始到较大的动脉分枝，收缩压略有增加的同时舒张压略有下降，因此平均动脉压不变，但从中等动脉特别是从小动脉开始血压逐渐下降，波动逐渐变小，不同动脉的平均动脉压大致为：大动脉100毫米汞柱，小动脉40~25毫米汞柱，微动脉和毛细血管一般要下降到25~12毫米汞柱。这种血压逐渐降低主要是总外周阻力降低的结果。

二. 动脉压的影响因素

正常人在站立条件下髻部的平均动脉压大约为170毫米汞柱，相当于230厘米高的水柱，而头部的平均动脉压大约60毫米汞柱，相当于70多厘米水柱。因为血液与水的比重近似，所以上述部位的血压均比体内相应部位的实际血柱高出许多。另外，动脉血管的血液与某种容器里的液体静态压力不同，总是处于波动的状态。很明显，这些现象用流体静压的理论是无法解释的。

动脉压的形成机制比较复杂，但心机收缩力、外周阻力和动脉壁的弹性是几个最基本的因素。也就是说，测定部位的动脉血压之所以比体内实际血柱即流体静压为高，主要是因为心脏每跳或每分钟向主动脉射出的血液由于外周阻力的存在不能及时排入静脉系统而储存在动脉管内使血管扩张，血液受到来自心肌收缩力和动脉壁弹性回缩力作用的结果。既然心脏的射血、血管的阻力和动脉的弹性是血压形成的基本条件，那么这些因素的任何变化都会对血压产生这样或那样的影响。下面所要讨论的就是这些因素对血压的具体影

响。

(一) 心输出量

心输出量是左心室每分钟向动脉排出血液的总量。正如图 1-4 所指出的那样,很多因素都对心输出量有影响,但对心输出量有直接影响的是心搏量和心率,两者由于各种原因引起的任何改变都会导致心输出量的变化并进一步对血压产生种种影响。当外周阻力不变时如果心输出量增加,动脉系统内的血量就会超过毛细血管排到静脉系统的血量,从而导致系统动脉内的血量增加。因为血液是一种非压缩性物质,多出的血量必然导致动脉的膨张引起平均动脉压的增高。同时由于动脉压的提高可导致小动脉及毛细血管血流的增加,使排入静脉系统的血量也相应增加,使其与增加的心输出量相等,最后使平均动脉压稳定在一个较高的水平上。同样,心输出量的降低会引起平均动脉压的下降,使系统动脉进出的血量在新的基础上达到平衡,使血压维持在较低的水平上。

心输出量对血压的影响主要表现在平均动脉压方面,而心搏量与心率的乘积等于心输出量,因此两者的任何变化也会和心输出量一样影响平均动脉压的高低。但心搏量和心率对收缩压、舒张压和脉压的影响却有一定差别。正常成人的心搏量约为50~70毫升,但波动性较大,在某些病理或生理条件可下降到10~20毫升,有时可增加到150毫升左右。心搏量对舒张压影响甚小,对收缩压影响较大,其它因素不变时,收缩压与心搏量成正比,心搏量越多收缩压越高,心搏量越少收缩压越低。由于舒张压基本不变,所以脉压的变化与收缩压一致。

心率对血压的影响与心搏量不同,主要表现在舒张压方

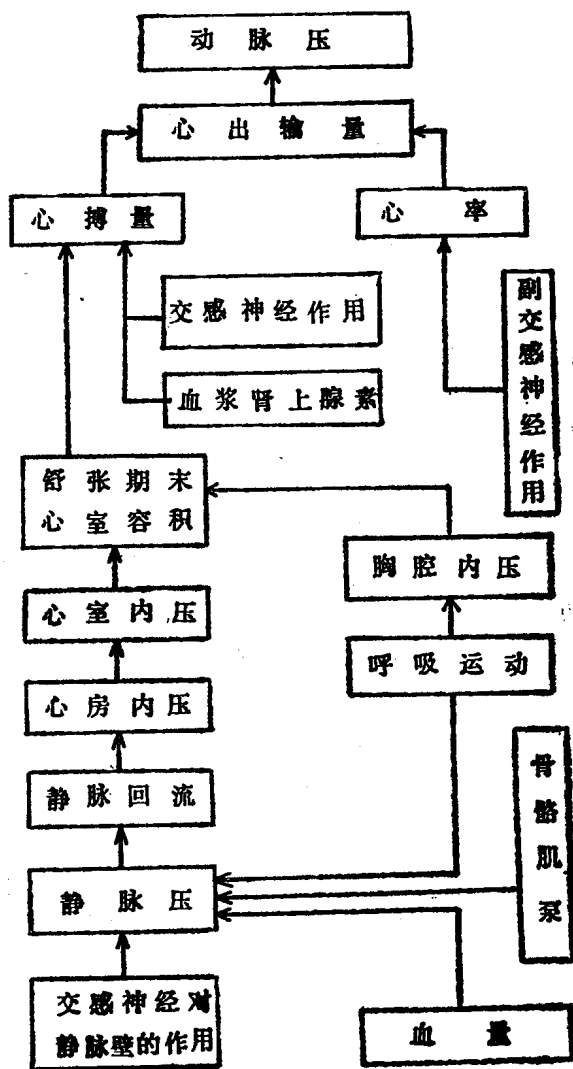


图 1-4 心输出量的影响因素

面。如果心搏量不变，心率的增加或减少会相应地引起收缩压和舒张压的增高或降低。但是心率较快时舒张压的变化幅度比收缩压更为明显。其主要原因是舒张期的缩短和延长影响了动脉血经毛细血管排入静脉系统的血量。心率快，舒张期短，排出血量减少，动脉内储存的血量增多，因此舒张压增加的更明显。同理，心率慢，舒张期长，经毛细血管向静脉排出的血量多，所以舒张压降低更显著。对脉压来讲，虽收缩压和舒张压的变化性质相同，但由于舒张压变的更显著，所以心率快时脉压低，心率慢时脉压高。

如上所述，心搏量和心率是血输出量的直接影响因素，除此之外尚有一些间接影响因素，其中包括循环血量、呼吸运动和肢体骨骼肌的运动等，但由于这些因素在正常情况下比较稳定或对血压影响不大，不再详加讨论。

(二) 外周阻力

外周阻力对血压的影响较大，影响外周阻力的因素较多（见图 1-5），但其中直接影响外周阻力的是小动脉的内径和血液的粘滞性。其中后者对血压的影响甚小，而且在正常情况下变化不大，所以本文不拟讨论，只就血管阻力对血压的影响作一简要阐述。

根据流体动力学定律，任何管道里流动的液体流速与压力梯度成正比，与管道阻力成反比，即流速 = $\frac{\text{压力梯度}}{\text{管道阻力}}$ ，也

就是说压力梯度等于流速和管道阻力的乘积，因此如果流速不变管道阻力的任何变化都会导致压力梯度的改变。虽体内的情况比较复杂，但它的基本原理仍适用于外周阻力对血压影响的理解。

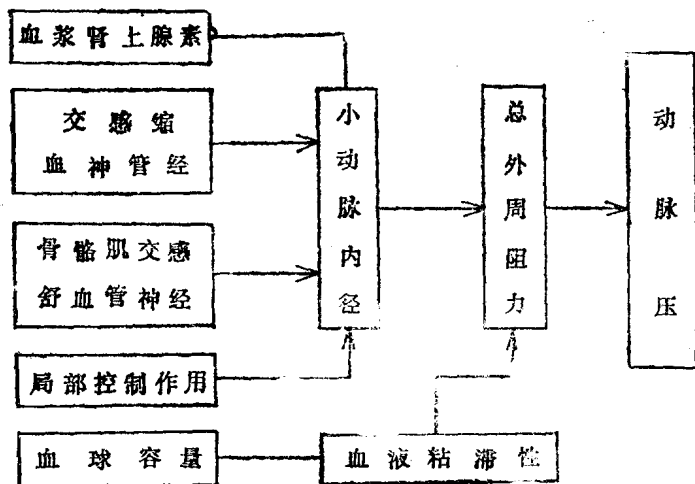


图 1-5 外周阻力的影响因素

许多实验资料证明，在系统动脉的血管中对外周阻力影响最大的是血管壁平滑肌较多的小动脉和微动脉，因此有阻力血管之称。在心输出量不变的条件下如果由于某种原因引起小动脉平滑肌的收缩，导致其内径的缩小阻力增加时，只有加强心肌收缩力才能使与小动脉收缩前相同数量的血流流过毛细血管。而心肌收缩力的加强必然导致收缩压尤其是舒张压的增高。舒张压之所以比收缩压增高更明显，是由于心肌收缩力加强所产生的能量在舒张期释放出来对血液施加更大压力的结果。由于舒张压的增加比收缩压明显，所以脉压有所降低。与上述情况相反，如果小动脉扩张，外周阻力下降就会出现相反的结果，引起血压（包括平均动脉压）的降低，由于舒张压降低最明显，因此脉压不是下降而是增高。