

图 10-14 心室功能曲线

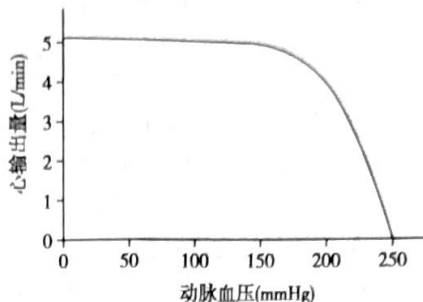


图 10-15 动脉血压与心输出量的关系

若前负荷过大,如静脉血快速、大量地流回心脏时,心肌初长度超过一定限度,心肌收缩力反而减弱。因此,在静脉输血或补液时,应严格控制输血、补液的速度和量,以防止发生急性心力衰竭。

2. 后负荷 心室开始收缩时遇到的负荷,称为后负荷。对左心室来说,其后负荷就是主动脉血压。在动脉压小于 160mmHg 时,动脉压升高并不影响心输出量。也就是说,在正常血压范围内(80~120mmHg),心输出量基本不随动脉血压的变化而变化。

3. 心肌收缩能力 心肌不依赖于其前、后负荷而改变其力学活动(包括收缩的强度和速度)的内在特性称为**心肌收缩能力(myocardial contractility)**。在相同的前负荷条件下,心肌收缩能力越强,搏出量越多。这种通过心肌内在特性的改变而引起心肌收缩能力的改变,称为等长自身调节。心肌收缩能力受兴奋-收缩耦联过程中各个环节的影响,其中横桥活化的数目和 ATP 酶的活性是影响心肌收缩能力的主要因素。在一定初长度的条件下,活化的横桥数目越多,心肌收缩能力越强。神经、体液、药物等因素都可影响心肌收缩力,从而影响搏出量。

4. 心率 在一定范围内(40~180 次/分钟)心率与心输出量呈正变关系。心室充盈主要是在快速充盈期。所以,心率加快时,虽然心舒期变短,但心输出量可随心率的加快而增加。当心率过快(超过 180 次/分钟),心舒期过短,可由于心室充盈量显著减少,导致心输出量下降。当心率过慢时(低于 40 次/分钟)心室充盈期虽然延长,但由于心室充盈量达到最适前负荷后,充盈量不再随心舒期延长而增加,因此,心输出量亦明显减少。

(六) 心音

在心动周期中,心肌收缩、瓣膜开闭,血液流速改变和血流冲击等因素引起的机械振动所产生的声音,用听诊器放在胸壁特定部位即可听到,称为**心音(heart sound)**。若用换能器将机械振动转换成电信号,记录下来的图形就是心音图(图 10-13)。一般在一个心动周期中可听到两个心音,分别称为第一、第二心音。在某些健康儿童和青年可以听到第三心音,40 岁以上的人也可能出现第四心音。心脏异常活动可以产生杂音或异常心音。因此,听取心音或记录心音图,对于某些心脏疾病,有重要的临床诊断意义。

第二节 血管生理

一、各类血管的功能特点

根据血管形态结构和生理功能的不同,将血管分为:①弹性贮器血管:指主动脉和肺动脉主干及其发出的大分支;②分配血管:指弹性贮器血管与小动脉、微动脉之间的血管;③阻力血管:指小动脉和微动脉,其血管口径的改变可明显改变血流阻力;④交换血管:即真毛细血管,是血液与组织之间进行物质交换的场所;⑤容量血管:指静脉系统,安静时循环血量的



60% ~ 70% 贮存于静脉内, 静脉有贮存血液的作用。

二、血流量、血流阻力和血压

血流动力学 (hemodynamics) 是研究血液在心血管内流动的一系列力学规律, 研究的基本问题是血流量、血流阻力和血压以及它们之间的相互关系。血流动力学既符合流体力学的一般规律, 又有其自身特殊性。

(一) 血流量和血流速度

单位时间内流过血管某一横截面积的血量称血流量, 又称容积速度。以 ml/min 或 L/min 为单位。根据血流动力学理论, 血流量 (Q) 与血管两端的压力差 (ΔP) 成正比, 与血流阻力 (R) 成反比, 可以用 $Q = \Delta P / R$ 来表示。在封闭的心血管管道系统中各个截面的血流量都应当相等, 即等于心输出量。

血流速度指单位时间血流运行的速度, 即血液中的一个质点在血管内移动的距离。一般情况下, 血流速度 (V) 与血流量 (Q) 成正比, 而与血管的总横截面积 (A) 成反比。

$$V = Q / A$$

主动脉总横截面积最小, 血流速度最快。毛细血管数量多, 总的横截面积最大, 血流速度在毛细血管最慢。

(二) 血流阻力

血液在血管内流动时所遇到的阻力称为血流阻力。血流阻力来自血液流动时血液内部各种成分之间的摩擦和血液与管壁之间的摩擦。血流阻力 (R) 与半径 (r)、血液黏滞度 (η) 和血管长度 (L) 有关, 可用下式表示: $R = 8\eta L / \pi r^4$ 。

这一公式表明, 血流阻力与血管的长度和黏滞度成正比, 与血管半径的四次方成反比, π 为常数。生理条件下, 血管长度和血液黏滞度的变化很小。影响血流阻力最重要的因素就是血管的半径。只要血管口径发生微小的变化, 就可以引起血流阻力显著的变化。

在体循环的血流阻力中, 小动脉和微动脉是形成血流阻力的主要部位, 其舒缩活动对血流阻力的影响最大。

(三) 血压

血管内流动的血液对单位面积血管壁产生的侧压力 (压强) 称为血压 (blood pressure)。计量单位通常以毫米汞柱 (mmHg) 表示 ($1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$ 或 133 Pa)。大静脉的压力较低, 常以厘米水柱 (cmH_2O) 表示 ($1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$ 或 98 Pa)。主动脉压最高, 当血液流至右心房时降至最低, 已接近于零。

形成血压的前提条件是心血管系统内有血液充盈。血液的充盈程度可用循环系统平均充盈压 (mean circulation filling pressure) 来表示, 约等于 7 mmHg 。形成血压的另一基本因素是心室的收缩和射血。心室肌收缩所释放的能量可转换为两种形式, 一部分转换为动能用于推动血液向前流动; 另一部分转换为势能 (压强能), 使血管扩张, 表现为血液对血管壁的侧压力即血压。

三、动脉血压与动脉脉搏

动脉血压通常是指主动脉压。由于在大动脉中血压降落很小, 故在上臂肱动脉处所测得的血压数值, 大体上可以代表主动脉血压。

(一) 动脉血压正常值

心室收缩时, 动脉血压升高, 它所达到的最高值称为收缩压 (systolic pressure)。心室舒张时, 动脉血压下降所降到的最低值称为舒张压 (diastolic pressure)。收缩压与舒张压



之差称为**脉搏压**,简称**脉压**(pulse pressure)。在一个心动周期中动脉血压的平均值称为**平均动脉压**(mean arterial pressure)。由于心舒期较心缩期长,平均动脉压大约等于舒张压+1/3脉压。临床上动脉血压的习惯写法是:“收缩压/舒张压 mmHg”。

我国健康成年人在安静状态下的收缩压为 100 ~ 120mmHg,舒张压为 60 ~ 80mmHg,脉压为 30 ~ 40mmHg,平均动脉压 100mmHg。成年人在安静时,舒张压持续超过 90mmHg,或 40 岁以下的人收缩压持续超过 140mmHg,视为血压高于正常水平。

血压是推动血液循环和保证各组织器官血流量的必要条件。健康成年人在安静状态下动脉血压值比较稳定,但个体差异较大,受年龄、性别、体重、代谢、情绪、内外环境变化等诸多因素的影响。

(二) 动脉血压的形成

1. 动脉血压形成的前提条件是心血管系统中有足够的血液充盈。
2. 心室收缩是形成血压的原动力。
3. 外周阻力是形成血压的必要条件 如果没有外周阻力,心室收缩释放的能量将全部转变为动能,血液迅速流向外周,不能保持其对动脉管壁的侧压力,即不能产生动脉血压。
4. 大动脉弹性贮器作用可缓冲血压 左心室收缩时,血液受到外周阻力的作用,仅 1/3 流向外周,2/3 贮存在主动脉和大动脉内,动脉管壁因弹性而扩张,将心室收缩释放的一部分动能转化为势能贮存在弹性贮器血管中。心室舒张时,射血停止,大动脉借其弹性回缩将势能转为动能,推动血液继续流向外周,从而使心室的间断射血变为动脉内持续的血流,并使舒张期动脉血压仍能维持一定水平。

(三) 影响动脉血压的因素

凡影响动脉血压形成的因素,均可影响动脉血压。

1. 搏出量 搏出量增加时,心缩期射入动脉中的血量增多,收缩压明显升高;由于血流速度加快,在心舒末期存留在大动脉中的血量增加不多,故舒张压升高不明显;脉压增大。反之,搏出量减少时,收缩压明显降低,脉压减小。
2. 心率 心率加快,心舒期较心缩期缩短明显,心舒期流至外周的血液减少,舒张压升高明显,脉压减小。相反,心率减慢,舒张压降低明显,脉压增大。
3. 外周阻力 外周阻力增大可使心舒期流向外周的血液减少,存留于大动脉中的血量增多,舒张压增高。心缩期内由于动脉压升高,血流速度加快,动脉内增加的血量相对不多,因此,收缩压的升高不如舒张压升高明显。反之,当外周阻力降低时,舒张压降低的幅度比收缩压降低的幅度大。
4. 主动脉和大动脉的弹性贮器作用 大动脉对动脉血压的缓冲作用,使动脉血压的波动幅度明显减小。老年人由于动脉管壁硬化,对血液的缓冲作用减弱,脉压加大。
5. 循环血量与血管容量的比例 循环血量和血管容量相适应是维持血管系统充盈压的基本条件。如果血管容量不变,循环血量减少,或循环血量不变,血管容量增大,均会导致循环系统平均充盈压下降,使动脉血压降低。

以上所述都是在其他因素不变的前提下,分析某一因素改变对动脉血压的影响。实际上,在某种生理或病理情况下,上述各种影响动脉血压的因素可同时存在,动脉血压的高低往往是多种因素相互作用的综合表现。

(四) 动脉脉搏

每个心动周期中,动脉血压发生周期性波动,引起血管发生搏动,称为**动脉脉搏**(arterial pulse),简称**脉搏**,用手指可在身体的浅表部位摸到。桡动脉是临床上最常用的检测部位。脉搏的频率与节律反应心率和心律,并在一定程度上反映心血管的功能状态。