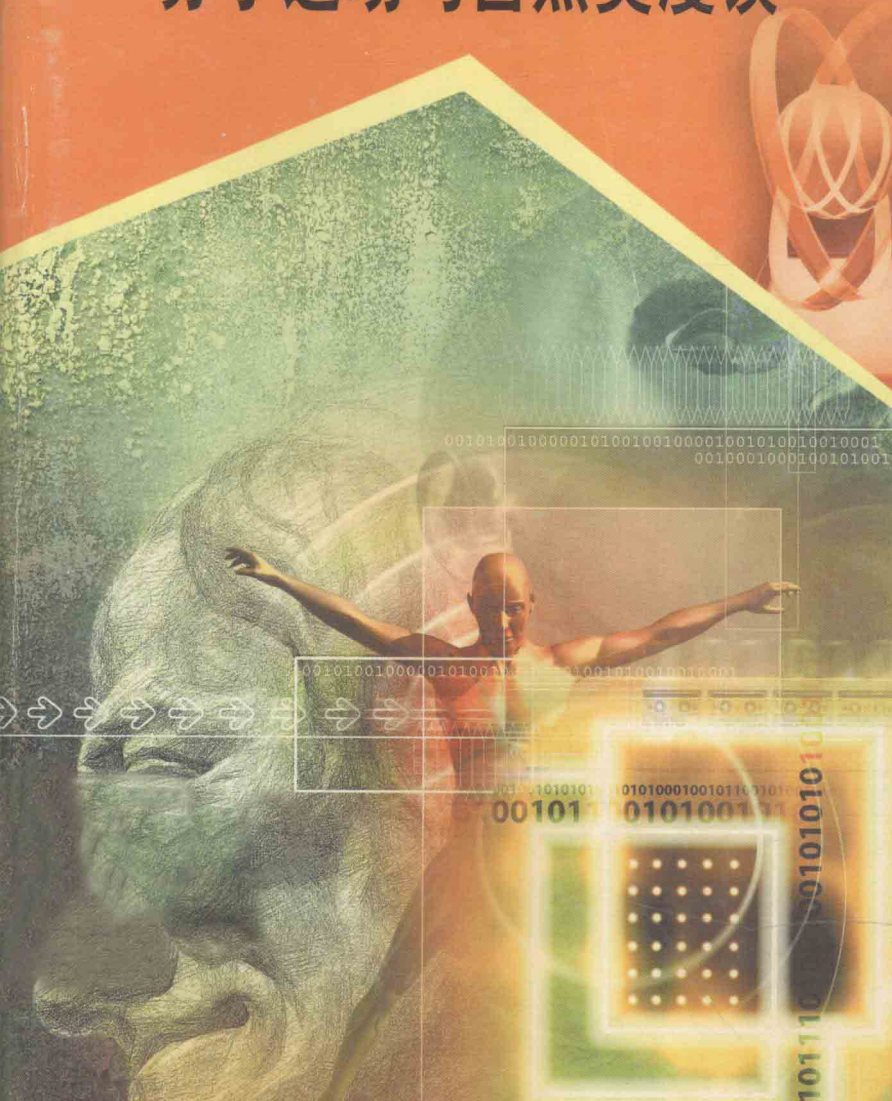


KE XUE WEN CONG

科学文丛

分子运动与自然美漫谈



科学文丛

分子运动与自然美漫谈

(47)

广州出版社出版

图书在版编目 (CIP) 数据

科学文丛. 何静华 主编. 广州出版社. 2003.
形继祖

书号 ISBN7-83638-837-5

I. 科学... II. III. 文丛

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 082275 号

科学文丛

主 编: 何静华
形继祖

广州出版社

广东省新宜市人民印刷厂

开本: 787×1092 1/32 印张: 482.725

版次: 2003 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1-5000 套

书号 ISBN 7-83638-873-5

定价: (全套 104 本) 968.80 元

目 录

一、液体的性质	(1)
1. 表面活性物质的作用	(1)
2. 水是怎样保持在土壤团粒中的?	(3)
3. 表面活性物质对肺泡胀大的平衡作用	(5)
4. 水的压强变化和鱼体内的鳔	(8)
5. 血管硬化、高血压病和液体压强原理	(10)
二、固体的性质	(12)
1. 钢筋水泥的骨	(12)
2. 骨的力结构与受力	(14)
3. 骨的抗扭转能力	(17)
4. 人是怎样分辨出上下来的?	(18)
三、气体的性质	(22)
1. 宇宙飞船内的气压是气体重力产生的吗?	(22)
2. 道尔顿分压定律和肺部气体的交换	(27)
3. 深潜水对潜水员的危险	(29)

四、热传播	(31)
1. 人体通过什么途径散热?	(31)
2. 热胀冷缩的手和脚	(35)
3. 存放在电冰箱里的食物在冬季比夏季更容易腐败	(37)
4. 冬凉夏暖的铁扶手	(39)
5. 房间的墙壁四角在冬季易生霉菌	(41)
五、物态变化	(44)
1. 空气湿度和动植物的生存环境	(44)
2. 物理教师找到了屋顶坍塌的原因	(47)
3. 雨丝有长短	(48)
4. 冷水融化冻鱼冻肉比热水融化得快	(51)
5. 低压下血液也会沸腾	(53)
6. 运输热量的汽	(54)
7. 为什么在有雾的天气里衣服和被褥都是潮湿的?	(56)
8. 水是怎样影响植物生存环境温度的?	(58)
六、能量、物质转化与生存环境	(62)
1. 山的向阳坡和背阴坡	(62)
2. 结冰是怎样损害植物的茎和叶细胞的?	(65)
3. 水在低温下的反常膨胀保护了水中生物	(67)
4. 水对阳光中的可见光、红外光的不同吸收与水生动、 植物的关系	(69)

5. 植物能够改善人类的生存环境	(71)
6. 地球周围的大气对生命的保护	(75)
七、怎样解决自然现象中的问题	(79)
1. 有条理的思考和提高效率	(79)
2. 避免自己出现思考方式的错误	(94)
3. 增强自己解决问题的能力	(101)

一、液体的性质

1. 表面活性物质的作用

清晨,我们刷牙的时候,不慎把牙膏泡沫滴在脸盆里,我们会看到,牙膏泡沫迅速地向四周扩展。这种现象常令我们感到十分惊奇。泡沫怎么会像活的一样,自动地向脸盆四周水面上奔跑呢?

我们要深入地研究这个问题,这个现象背后可能隐藏着重要的科学秘密。这个科学秘密好像就在水面上。把水倒入水杯里,在水将要注满的时候,我们小心地一点一滴地倒入,我们会看到水满了,高出杯口并不溢出,就像在水面有一层薄膜在包裹着水。类似的现象我们还会看到很多,清晨,草叶上的露珠、荷叶上的水珠,扁圆的,并在滚动着,好像它们表面也有一层薄薄的膜在包裹着水。这层膜是怎么形成的?

我们都知道,物质分子之间存在着相互作用力,分子之间距离很近的时候,表现为彼此的推斥力;分子之间距离较远的时候,表现为彼此的吸引力;分子之间距离适当的时候,既无斥力,又无引力,这个距离称为平衡距离。在液体内部,每个分子

都同周围的分子相互作用着,呈现一种对称平衡状态。分子之间的距离,既不太近,又不太远,恰好保持在平衡位置附近。但是在液体表面层就不同了,表面层外没有阻挡物质,层中每个分子又都在运动着,力图挣脱液内分子对它的引力作用而飞离液面。这样就造成了液体表面层内分子之间距离比较远。当分子之间距离比较远的时候,表现为分子引力作用。这就是厚度约为 10^{-9} 米薄薄一层表面膜内产生表面张力的微观原因。

在水中加入某种表面活性物质,会使水的表面张力作用减弱。例如,合成洗涤剂的主要成份是十二烷基苯磺酸钠,它的分子结构一端表现为亲水性,另一端表现为憎水性。当它溶于水时,其亲水性一端接近水分子,憎水性一端则力图远离水分子。这样,在水的表面层它就以一种特殊的方式排布起来,其亲水性一端插入水的表面层,憎水性一端指向表面层外的空间,所有这样整齐排列的分子起到一种作用,它们使表面层内水分子的状态发生了改变,其状态类似液体内部分子引力对称情况,减小了表面层内水分子之间的距离,从而降低了表面张力。

在牙膏里有洁净剂,它就是一种表面活性物质,当牙膏泡沫落到水面上时,会降低水面的表面张力,在周围水面较强的表面张力拉引作用下,浮在水面上的泡沫就迅速地向四面扩展了。

表面活性物质在农业生产中有重要的应用。当农作物发生了病虫害的时候,要向农作物喷洒药液。如果药液不润湿作物的茎叶,喷洒的药液就会形成球状的液珠滚落在地面上,或者在叶片上聚成药滴,干后形成药斑。这样会严重影响杀虫效果,还会损害作物。怎样才能提高药液的杀虫效果呢?人们想

到了液体浸润固体的物理学原理,如果设法让喷洒到作物茎叶上的药液自动地润湿到整个叶片,干后形成一层薄薄的药膜包裹住叶片,就能让啃食叶子的害虫死亡,极大提高杀虫效果。由前所述,表面活性物质在水表面层自动取向排列,那么在水与固体相接触的附着层是怎么排列的呢?同样,表面活性物质分子亲水性的一端必指向液内,而其憎水性一端则指向固体,在附着层内所有表面活性物质分子都这样整齐地排列着。由于表面活性物质分子憎水性一端与作物叶面的亲和性很强,也就是说它们彼此之间有很强的附着力,在这种附着力的拉引下,以表面活性物质分子作中介,就把药液均匀地分布在整個叶片上。这时我们说药液润湿了叶片。在这里,表面活性物质又称为润湿剂。由于它的巧妙作用提高了杀虫效果,保护了作物,节省了大量人力和物力,因此在配置农药时都要加入润湿剂。

2. 水是怎样保持在土壤团粒中的?

土壤中的水分可分为重力水、毛细管水和吸湿水三种。在大雨过后或者灌溉之后,多余的水渗漏下去了,这种渗漏的水称为重力水。但是土壤团粒被润湿了,里面还富含着水分。团粒中包含着吸湿水和毛细管水两种。吸湿水是被固体颗粒表面吸附的水,由于吸附力很大,不能被植物根系吸收利用,故称为“不可利用水”。团粒中的毛细水是植物水分的主要来源。

土壤中的团粒是一个个贮水贮肥的小仓库,团粒之间的空隙流通着空气。有了空气和水,土壤的微生物便活跃起来,它们分解着团粒中的有机质,慢慢地释放着氮、磷、钾、硫等元素

的化合物,供植物根系吸收。

水分是怎样被保持在土壤团粒中的呢?我们来探索一下它的物理学原理。将一支内径很细的玻璃管插入到玻璃杯里,透过杯壁和管壁我们看到水在管内润湿了管内壁,向上形成了凹液面。在凹液面的拉引作用下,液柱逐渐上升,上升到一定高度时,拉引力和水柱重力相平衡,水柱就保持了一定高度。将玻璃管从杯内提出,我们看到,管内仍保持了一段水柱。这段水柱为什么能被保持在管内而不落下去呢?我们研究一下水柱表面的力学和热学结构,这是一支被放大的细颈玻璃管。我们可以看到,在水柱的上表面形成一个向上凹的球形液面;在水柱下表面形成一个向下凸的球形液面。上液面表面张力产生向上的拉引作用,下液面的表面张力产生向上兜住的托起作用,两者的共同作用支持住了液柱的重量。

还可以定量地计算出被支持住水柱的高度。设细管内半径为 r 。则上液面表面张力在竖直方向分量为 $2\pi r \alpha \cos\theta_1$,下液面表面张力在竖直方向分量为 $2\pi r \alpha \cos\theta$,两者的和和支持住了液柱重量。液柱重量为 $\pi r^2 h \rho g$,故有

$$2\pi r \alpha \cos\theta_1 + 2\pi r \alpha \cos\theta = \pi r^2 h \rho g,$$

化简之后,求液柱高度 h ,可得

$$h = \frac{2\alpha(\cos\theta_1 + \cos\theta)}{\rho g r}。$$

显然,当下表面恰好形成半球形液面时,其表面张力的竖直托力达到最大,此时 $\theta = 0^\circ$;对于洁净的玻璃管,水完全浸润,上表面亦为半球形液面, $\theta_1 = 0^\circ$ 。所以水柱的最大高度为

$$h_A = \frac{4\alpha}{\rho g r},$$

设 $r=0.1$ 毫米, $\alpha=0.0725$ 牛顿/米, $\rho=1000$ 千克/米³, $g=10$ 米/秒², 则代入上式计算可得到水柱高度为 0.29 米。可见, 由于液体表面张力的作用, 水柱完全可以被保持在细管间隙之中。再把竖直放置的玻璃细管缓缓地倾斜, 直至水平。这时我们会看到管底部的液面逐渐由凸变平, 乃至向管内凹进,。这是由于水平放置的管道支持住了液体的重量, 在细管上液面的表面张力拉引作用下, 液柱向管内移动造成的。当管两端液体表面形状完全一致时, 表面张力的拉引作用达到平衡, 液柱不再发生移动。可见, 在液体表面张力的作用下, 液柱又可以稳定地保持在水平放置的管隙之中, 不致流出。由以上分析可以知道, 无论细管怎样放置, 由于液体表面张力的作用, 液柱都可以稳定地存在于细管内。

可以想见到, 土壤团粒内部有许多微小的空隙和管道, 这些微小的空隙和管道相当于是很多竖直、水平和倾斜放置的细管的组合。水在土壤团粒表面的细孔中形成凹液面或凸液面, 在这些液面的表面张力作用下, 水分被保持在团粒内部。不会在重力作用下渗漏下去, 而能持续地被植物的根毛所吸收。

3. 表面活性物质对肺泡胀大的平衡作用

肺部总是要吸气、呼气进行气体交换的。在肺部吸气、呼气的过程中伴随着肺泡的胀大和回缩。肺泡的内表面有一层液体, 这层液体的表面层面积也随着肺泡的胀大和缩小在随时变化着。

由于液体表面存在着表面张力, 表面张力占肺泡的弹性回缩力很大一部分。当肺泡力图胀大充满气体的时候, 表面张力

会影响肺泡的胀大,从而不易吸足新鲜空气。严重影响人体的气体交换过程。

但是,肺泡的细胞会分泌出一种表面活性物质,这种表面活性物质叫做二软脂酰印磷脂。由于它的巧妙调节作用,使得肺能自如地胀缩,保证了气体交换顺利地进行。下面来探索这种表面活性物质调节肺泡内液体表面张力大小的物理学原理。

我们首先来研究一个球形液滴,它的球形表面存在着表面张力。这层球形表面紧紧地包裹着液体,对液体产生附加压强。它能产生多大附加压强呢?把球形液滴横切一下,切出一球冠形状表面层,在球冠四周的边界存在着向下拉紧球冠的表面张力 f ,其方向沿球面切线方向并垂直于边界线。 f 的大小为 $2\pi r\alpha$,其竖直向下的分量为 $2\pi r\alpha\cos\theta$ 。因 $\theta = \theta_1$,故 $\cos\theta = \cos\theta_1 = \frac{r}{R}$ 。所以 f 的竖直分量为 $2\pi r\alpha \frac{r}{R}$ 。该附加压力作用在半径为 r 的圆截面上,所产生的附加压强为

$$\Delta P = \frac{2\pi r^2 \alpha}{\pi r^2} = \frac{2\alpha}{R},$$

如果设球外的压强为 $P_{\text{外}}$,球内的压强为 $P_{\text{内}}$,则上式表明

$$P_{\text{内}} - P_{\text{外}} = \frac{2\alpha}{R}。$$

对于一个气泡而言,由于有两个液体表面层,故可以产生 2 倍的附加压强,所以泡内与泡外的压强差为 $P_{\text{内}} - P_{\text{外}} = \frac{4\alpha}{R}$ 。从上式能够看出,泡内外压强差值的大小与泡半径有关,气泡的球半径越小,则内外压强差值越大。下面我们研究一个有趣的物理实验,用细管沾取肥皂液分别吹出两个大小不同的肥皂泡,

两泡又相通,那么会出现什么样的现象呢? 设小泡为 1,大泡为 2。由上式, $P_{1内} - P_{外} = \frac{4\alpha}{R_1}$, $P_{2内} - P_{外} = \frac{4\alpha}{R_2}$ 。两式再相减,则有 $P_{1内} - P_{2内} = \frac{4\alpha}{R_1} - \frac{4\alpha}{R_2}$, 由于 $R_1 < R_2$, 故 $\frac{4\alpha}{R_1} - \frac{4\alpha}{R_2} > 0$, 从而 $P_{1内} > P_{2内}$, 即小泡内的气压大于大泡内的气压, 这样会出现小泡缩小大泡胀大的现象。

这种物理现象不禁使我们想到人体肺部肺泡胀大过程, 微细的支气管盲端胀大构成肺泡。自然长成的肺泡有大有小, 彼此相通, 各个大小不同的肺泡内壁又都存在液体表面层。由上述对相通的两个大小不同的气泡物理过程分析可以知道, 必然在液体表面张力作用下出现小肺泡坍塌, 大肺泡胀大的现象。也就是在肺部气泡彼此间发生了不平衡胀大过程。这种现象一旦出现就会大大地减小肺部气体交换面积, 从而使人体缺氧, 影响正常生理活动。那么人体是怎样自然地解决这个问题呢? 前面谈到肺泡的细胞会分泌出一种表面活性物质。我们可以假定这种表面活性物质的数量与肺泡的大小成正比, 也就是大肺泡分泌的表面活性物质多而小肺泡分泌的表面活性物质少, 但是大肺泡的内表面大, 小肺泡的内表面小, 所以又可以假定无论肺泡大小, 表面活性物质分布的密度是相同的。由前面分析, 我们知道, 在肺泡内液体表面张力作用下, 会出现小泡坍塌, 大泡胀大。由于表面活性物质的存在, 一旦出现小泡坍塌, 就会使小泡内表面的表面活性物质密度增大, 从而会迅速地减弱小泡内的表面张力, 从而降低小泡内气体的压强; 而同时一旦出现大泡的胀大, 就会使大泡内表面的表面活性物质密度减小, 从而会增加大泡内的表面张力, 增大大泡内气体的

压强。这样两泡内气压达到平衡,制止了大泡进一步胀大和小泡进一步坍塌,保持了肺泡的平衡。

肺泡内的表面活性物质还有另外一个重要作用,这就是,当人肺部呼出气体的时候,肺泡坍塌,所有泡的内表面都减小了,相应地,表面张力所产生的附加压强 $\frac{2\alpha}{R}$ 都增大了,由于它的存在,阻碍了吸收气体进入肺泡。也就是说由于表面张力附加压强的增大增加了肺泡的弹性回缩力,使肺泡胀大受阻,人体正常气体交换不能进行。但是由于存在着肺泡分泌的表面活性物质,当肺泡坍塌时,表面活性物质的密度增大,降低了表面张力系数 α ,从而在肺泡半径 R 减小的情况下,同时降低附加压强,减小了吸气阻力,使气体能顺利地进入肺泡。

4. 水的压强变化和鱼体内的鳔

在生物课的学习中,我们都知道鱼肚子里有一个储存空气的鳔。当鱼游上或游下的时候,因为水内不同深度处压强不同,鳔会胀缩。我们还知道鱼是变温动物,它的体温与水温相同。在一定水域并且水深变化不大的条件下,可以认为水温是恒定不变的。这样,鱼鳔内的气体变化可以认为是等温度的。那么,鱼鳔内气的等温度变化对鱼体的上浮和下沉运动有什么影响呢?

为了探索这个有趣的问题,我们来做一个物理实验。放满一桶水,把一个小药瓶倒扣在水中,我们设法让小药瓶的瓶底差不多与水面平齐。用筷子把小药瓶轻轻地向下按一下,它就自动地沉下去,我们来研究一下小瓶沉下去的道理。

假设小瓶在水面漂浮时其内部储存气体高度为 0.1 米,当小瓶上底面沉下 1 米深时,问瓶内气柱高度变为多少?

在此题目中,可以认为桶内水温度保持处处一致并且恒定不变,又可以认为小瓶内气的温度与水温一致。这样,小瓶内气体的变化就属于等温度变化。小瓶处于液面位置时,它的气柱体积为 $0.1 S$, 设 S 为小瓶的横截面积。它内部气体的压强为大气压加上 0.1 米深水产生的压强。为计算简便起见,可设大气压为 10^5 帕, g 取 10 牛顿/千克,从而算得

$$P_{\text{气}} + \rho g h_1 = 101000 \text{ 帕。}$$

当小瓶沉入桶底后,它的气柱体积为 $x S$ 。它的压强为大气压加上 $(1+x)$ 米深水产生的压强。即 $P_{\text{气}} + \rho g h_2 = [100000 + 10000(1+x)]$ 帕。

根据气体等温度变化规律 $P_1 V_1 = P_2 V_2$ 可得 $10100 S = [100000 + 10000(1+x)] x S$, 整理之后可得 $x^2 + 11x - 1.01 = 0$ 解方程得到 $x = 0.09$ 米, 即当小瓶沉入桶底时, 瓶内空气柱的长度。与小瓶位于液面时相比较, 可知, 由于液体内部压强随着深度增加而加大, 瓶内气体被压缩了 0.01 米的长度。

当瓶内气体体积被压缩了的时候, 它所排开水的体积就减小了, 从而小瓶所受到的浮力也就减小了, 而小瓶的重力大小是不变的, 所以重力会大于浮力, 小瓶会沉到水底。

当鱼在水中悬浮的时候, 其所受到的浮力恰好等于重力; 若鱼向上游动, 则随着位置的升高, 所受液体压强减小, 鱼的体积膨胀, 浮力增大, 并大于重力, 从而鱼体在浮力协助下加速上升; 若鱼向下游动, 则随着位置的降低, 所受液体压增大, 鱼的体积缩小, 浮力减小, 并小于重力, 鱼会在重力协助下, 加速向下运动。

5. 血管硬化、高血压病和液体压强原理

人体摄入动物脂肪过多、吸烟会造成血管硬化。当血管硬化失去弹性时会出现高血压病症,由此还能造成心室扩大和心力衰竭等一系列疾病。为什么血管硬化和高血压病总是紧密地联系在一起呢?

血液,是在人体内循环流动着的液体。血压,就是人体内这种特殊液体的压强。要想弄清高血压病的直接物理原因,就要先探索液体内部压强产生的微观机制。

我们都知道,固体具有传递力的性质,也就是说,它可以把作用于它一端的力,大小方向不变地传递到另一端。而液体却不是这样,它具有传递压强的性质,作用于密闭液体上的压强能够大小不变地被液体向各个方向传递。作用于固体上端的力被固体大小方向不变地传递到下端,并不会改变方向被传递到侧面。加在密闭液体表面上的压强 $P = \frac{F}{S}$, 被液体大小不变地向各个方向传递;不仅对容器底面,而且对容器侧面都有相等的压强传递作用着。

为什么固体和液体有这样大的区别呢?这就必须研究固体和液体的微观结构上的区别。构成固体的微观粒子彼此间的结合力很强,每个粒子都被束缚在一定的平衡位置上,通常它们能围绕平衡位置振动,并不能随意移动。当固体上端承受压力时,在压力作用下,固体发生形变,使固体在受力方向的粒子之间距离变短,但与之相垂直方向固体间粒子距离没有改变。这样,就会在距离变短方向粒子彼此之间产生斥力,而在其他方向粒子之间距离没有改变,也不会产生斥力,因此固体只在压力方向由于粒子之间斥力作用传递力,而在其他方向不

会有力的传递。液体的微观结构和固体大不相同,液体分子之间的结合力比较弱,分子可以移动,并没被束缚在固定位置上。由于液体分子可移动,所以不仅在受力方向上分子之间距离变短,在其他任何方向上分子之间的距离都会变短。这样,就会在任何方向都发生分子之间的斥力作用。在不考虑液体自身重量的情况下,由于外界压力的压缩作用,液体各部分分子之间距离的减小是均匀的。因此,作用在密闭液面上的压强 $P = \frac{F}{S}$ 就会大小不变地被液体向各个方向传递。

有了上面液体微观模型的分析基础,我们就可以研究血管硬化和高血压病的问题了。当心室收缩时血液搏出进入主动脉,瞬时进入主动脉的血液量很多,主动脉必发生弹性扩张以容纳进入的血液量。当主动脉失去弹性时,不能产生足够的扩张量以容纳进入的血液,必使血液受到挤压,从而造成液体中液体分子之间的距离减小。由此,分子之间产生很大斥力,这就造成了血压升高。由于液体很难被压缩,例如,每增加一个大气压,水的体积仅减小原体积的两万分之一,所以,只要血管的弹性稍有减弱,就会使血压增加几十毫米汞高。有血管硬化病症的人,不仅主动脉失去弹性,其他中、小动脉也发生硬化并失去弹性,这样,进入主动脉的血液在运行中所受阻力增大。所以,不仅收缩压增高,舒张压也增高。在长期较高血压作用下,脑部微血管易发生破裂而出血,危及生命。并且,血压过高必增加心脏工作负担,心脏便如同一只高压泵,需加强收缩才能完成泵血任务。心脏长期沉重的负担必引起疾病,严重时可引起心室扩大,甚至导致心力衰竭: