

超声波的生物物理学效应及其作用机理

袁 琼

超声波是指频率高于20kHz的机械波。超声波的应用,在世界上仍然是一个较新的研究领域。19世纪末,科学家逐渐知道了超声波的某些基本性质,直至本世纪初,法国物理学家朗之万(P. Langevin)才开始将超声波应用于实际。他于1917~1918年,用超声技术探测德国潜水艇,获得成功。1927年,德国的一些科学家开始致力于超声波的生物学作用研究,其后一年,即试验用超声波治疗慢性耳聋;1938年起,德国医生逐渐用超声波治疗坐骨神经痛、神经丛炎、肌肉痛等,取得效果;1942年,还试用超声波作脑部探查。1949年召开了第一次国际医学超声会议,超声波从此在医药学的各个领域都有应用,并取得飞速发展,产生了超声医学这一分支学科。

一、机械作用

超声波在介质中传播时,介质质点振动振幅虽小,但频率很高,加速度可达重力加速度的几十万倍甚至百万倍,每平方米强度可达几瓦,在介质中可造成巨大的压强变化,超声波的这种力学效应叫机械作用。这是超声波在介质中传播,介质质点交替压缩与伸张形成交变声压,从而获得巨大加速度(如在频率为800 kHz~1000 kHz、声强为0.5~2 W/cm²的超声波作用下,水分子得到的加速度可以超过重力加速度5~10万倍),介质中的分子因此产生剧烈运动,相互摩擦,引起组织细胞容积和内容物移动、变化及细胞原浆环流,从而对组织内物质和微小细胞结构产生一种“微细按摩作用”,这种作用可引起细胞功能的改变,引起生物体的许多反应。

机械作用是超声波的一种基本的、原发的作用,其治疗作用基础是通过超声波对人体所产生的生物学效应达到治疗目的。超声波的机械作用可以改善血液和淋巴循环,增强细胞膜的弥散过程,从而改善新陈代谢,提高组织再生能力,所以可治疗某些局部血液循环障碍性疾病,如对治疗营养不良性溃疡效果良好。小剂量的超声波能使神经兴奋性降低、神经传导速度减慢,因而对周围神经疾病,如神经炎、神经痛,具有明显的镇痛作用。大剂量超声波作用于末梢神经可引起血管麻痹、组织细胞缺氧,继而坏死。超声波的机械作用能使坚硬的结缔组织延长、

变软,还可击碎人体内各种结石。

二、热作用

超声波作用于介质,使介质分子产生剧烈振动,通过分子间的相互作用,引起介质温度升高。当超声波在机体组织内传播时,超声能量在机体或其他媒质中产生热作用主要是组织吸收声能的结果。人体各组织吸收声能的功能不同、产热量不等,在整个组织中,超声波产热是不均匀的,骨组织和结缔组织升温显著,脂肪和血液升温最少,如在强度为5 W/cm²的超声波作用1.5分钟后,温度上升幅度在肌肉为1.1℃、在骨质则为5.9℃。超声波在两种不同组织交界面产热较多,特别是在骨膜上可产生局部高热,这对关节、韧带等运动创伤的治疗有很大意义。超声波的热效应(不均匀加热),与高频及其他物理因子所具有的弥漫性热作用(均匀加热)是不同的。

超声波的热作用,可使组织温度升高、血液循环加快、代谢旺盛、增强细胞吞噬作用,以提高机体防御能力和促进炎症吸收,还能降低肌肉和结缔组织张力,有效地解除肌肉痉挛,使肌肉放松,达到减轻肌肉及软组织疼痛的目的。常用的对疾病(如关节炎、关节扭伤、腰肌痛等)消炎镇痛、疗效较好的透热疗法是应用超声波的热作用,使人体局部温度升高,引起血管扩张、血流加速和组织的新陈代谢加强,达到治疗目的。超声波产生的热有79%~82%由血液循环带走,18%~21%由邻近组织的热传导散布,因此当超声波作用于缺少血液循环的组织时,应十分注意避免温度过热,以免发生损伤,如眼的解剖结构特点——球体形态、层次多、液体为主要成份和血液循环慢等,容易因热积聚导致损伤;生殖器官对超声波较敏感,故超声波的热作用会引起生殖腺组织损伤。治疗剂量超声波虽不足以引起生殖器官形态学改变,但动物实验可致流产,故对孕妇下腹部禁用。睾丸组织对超声波很敏感,高强度作用可致实质性损害和不育。

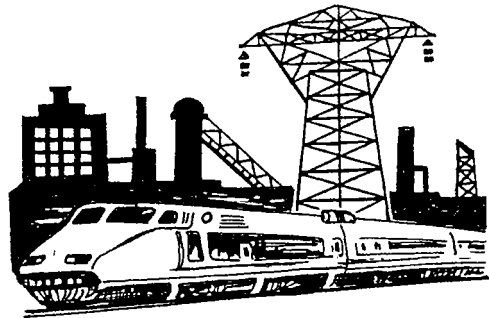
三、理化作用

超声波的理化作用是机械作用和热作用继发的若干物理化学变化,又称继发效应。理化作用比较复杂,其作用是多方面的,如引起氢离子浓度的改变

铁路提速与弯道向心力

吴雁平 刘朝英

2004年4月,全国铁路实现了自1994年以来的第五次大面积提速,时速160千米及其以上的线路达到7700千米。今年还将实施第六次大面积提速,部分提速干线列车时速可以提高到200千米,相当于F1赛车多数情况下的平均速度。



对此我们都有切身体会。当乘坐的汽车左转弯时,此时如紧靠车厢右壁,可感觉到身体在使劲挤压车厢壁,是车厢壁给人的反作用力与座位给人的静摩擦力合起来提供向心力。如未靠车壁,只能由座位给人的静摩擦力提供向心力。

速度,就是效益,就是竞争力,是交通运输现代化最重要的表现。发展高速铁路是当今世界各国铁路交通发展的潮流与主导趋势。但是制约铁路提速的众多因素中,最重要的一条竟是“弯道”。据郑州铁路局报道:为了列车的安全和平稳,需对7000多千米铁路线上的弯道一一进行调整,将小半径曲线线路全部改造成大半径曲线或直线线路,同时调高曲线外轨。在去年第五次大提速之前,仅郑州铁路局管理的路段内就改造弯道1000多处。仅此一项就可看出,铁路的大面积提速,对中国而言是一个浩大工程。弯道,成为制约速度提升的瓶颈。

当车速较大时,若静摩擦力不足以提供所需的向心力时,人就会滑离座位。

训练有素的运动员也会利用力学的规律为自己赢得胜利。这是我们在田径场上经常见到的一幕:当进入弯道时,只见运动员以髋部带动身体向内倾斜,摆臂幅度右大于左,两脚的着力部位左脚用前脚掌的外侧,右脚用前脚掌的内侧,跑得越快则向内倾斜越大。这样做目的只有一个,利用身体倾斜来获得地面产生的横向摩擦力所提供的向心力,从而能以较快的速度跑过弯道。

由力学知识,当物体作曲线运动时。向心(或法向)加速度 a_n 的大小与速度的平方成正比,而与曲线的曲率半径 ρ 成反比,即 $a_n = v^2/\rho$ 。根据牛顿运动定律,力是改变运动状态的原因,即力是产生加速度的原因。所以做曲线运动的物体都受到指向曲率中心的向心力作用,即 $F_{向} = ma_n = m v^2/\rho$ 。

当今世界上最具挑战性、最刺激的运动项目,莫过于F1赛车比赛了。一辆辆赛车在曲折的赛道上风驰电掣般你追我赶,真令观众心惊肉跳。

我们还是来看看新近建成的上海国际赛车场赛道的有关档案吧:在5000多米的单圈长度上,竟布置了左、右拐14个弯道,弯道曲线最大半径120米,最小半径只有8.8米,而赛车的平均速度为205千

(如炎症组织中伴有酸中毒现象时,超声波可使pH值向碱性方面变化,从而使症状减轻,有利于炎症的修复)、对酶活性的影响(如超声波作用能使关节内还原酶和水解酶活性增加,目前认为在超声治疗作用中水解酶活性的变化是起重要作用的)。治疗剂量超声波可增强生物膜弥散过程,促进物质交换,继而加速代谢、改善组织营养,对病变组织有促进其恢复的作用。超声波可提高半透膜的渗透作用,有利营养物质进入细胞内,同样可使药物更易进入病体内,增强药物的杀菌效能。

度升高、细胞功能受到刺激、血液循环增进、组织软化、化学反应加速、新陈代谢增加。超声波还能使复杂的蛋白质解聚为普通的有机分子,能影响到许多酶的活性,使蛋白分子和各种酶的功能受到影响,pH值发生变化,生物活性物质含量发生改变等。三种作用有机结合,并通过复杂的神经-体液途径产生治疗作用,其中神经系统的反应和调节在超声波的治疗机理中起主导作用,而超声作用过程中发生的体液方面的改变,又是作用的物质基础,二者有机结合,构成统一的反应过程。

总之,超声波的机械作用、热作用和理化作用,使局部组织细胞受到微细按摩、局部组织分层处温

(贵州省兴义市黔西南民族职业技术学院医药系 562400)