

超声波频率功率和血栓消溶率的关系

严碧歌¹, 王 荣², 齐新元¹

(1. 陕西师范大学 物理学与信息技术学院, 陕西 西安 710062; 2. 西安交通大学 第一医院, 陕西 西安 710061)

摘要:基于超声波原理, 观察研究了超声波频率、功率、血栓凝龄与血栓消溶率之间的关系。实验采用3种不同频率的超声波(1 MHz, 27 kHz, 20 kHz)在不同的超声功率下作用于凝龄不同的血栓。结果表明: 血栓发生消溶, 且功率一定时, 低频超声作用于血栓, 消溶率越高; 高频超声作用于血栓时, 消溶率却较低; 当频率一定时, 血栓消溶率随着超声功率增加而增大; 同时发现随着血栓凝龄的增加, 血栓消溶率依次降低。因此, 可以肯定, 超声波具有溶栓效应, 这为利用超声治疗血栓类疾病提供了重要的依据。

关键词:超声波; 频率; 功率; 血栓凝龄; 消溶率

中图分类号: O426.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-274X(2003)01-0016-03

血栓形成是指活体的血管内血液成分发生析出、凝集或凝固形成的固体质块的过程, 在这个生理过程中所形成的固体质块就叫血栓(thrombus)。在正常情况下, 血液中的凝血系统和纤溶系统处于动态平衡过程中, 两者相互制约。在病理条件下, 体内的活性纤溶酶量不足以分解形成的纤溶蛋白(血栓), 就需要采取相应的措施以保证血液循环的正常畅通。当血栓形成后将对血液循环构成障碍, 血栓形成的部位不定、严重程度不同, 可以构成肢坏疽、心肌梗塞、瓣膜病等^[1]。对于血栓类疾病的治疗, 生命科学界进行了深入研究, 相继提出了药物溶栓、介入性治疗血栓等方法。近年来, 人们又在探索非药物、非创伤的第三条血管再通途径, 其中体外超声溶栓效应, 越来越受到人们的重视。超声溶栓是20世纪90年代发展起来的一项新技术, 当前超声血栓消溶是生物医学超声领域国际前沿重要研究课题。超声波溶栓技术不像药物溶栓那样只适用于某些病症, 同时也不会引起一些致命的出血并发症。对于超声溶栓的研究, 发现高能低频超声波能裂解体内外动脉粥样硬化斑块和血栓^[2], 还发现超声波作用于血栓, 血栓消溶率随着血栓凝龄增加而降低^[3]。本文旨在研究超声作用于离体血栓时, 频率、功率、血栓凝龄与血栓消溶率之间的关系。

1 材料与方法

1.1 样品制备

选取健康新鲜血样标本120份, 取其自然血凝状态, 分别采用样品棒、样品管等将血样制成不同凝龄的血栓, 按血栓凝龄时间为1, 5, 10, 50, 80 h分组, 每份0.2 g, 以备实验。

1.2 实验装置

实验中分别采用频率为1 MHz、27 kHz、20 kHz 3种超声波源。① 1 MHz-超声波发生器(陕西师范大学研制); ② 27 kHz-ACQ-600型超声波发生器(陕西翔达超声波技术有限责任公司); ③ 20 kHz-66025型超声波发生器(无锡); SS-5711型四通道宽带示波器(JAPAN); 奥林巴斯(OLYMPUS)显微镜一台(JAPAN), XSZ-显微镜一台(北京西城电光仪器厂); 样品盒若干。

1.3 方法

称取血栓样品若干份(每份质量0.2 g), 分别将其置于生理盐水中, 以生理盐水为声耦合介质, 实际声场不均匀度在7.3%以内。实验中假设声场是均匀的, 且超声波通过样品盒衰减忽略不计。用不同频率、功率的超声处理不同凝龄血栓, 进行比较超声血

收稿日期: 2002-03-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10074043); 陕西省教育厅专项科研基金资助项目(00JK113)

作者简介: 严碧歌(1953-), 女, 陕西乾县人, 陕西师范大学副教授, 从事医学超声应用研究。

栓消溶及各参数间的关系。

1) 当超声频率一定、血栓凝龄相同时, 超声作用时间 $t=10\text{ min}$, 试验次数 10 次, 取平均值。观察分析血栓消溶率随功率大小的变化。

2) 当超声频率、功率一定时, 将已制备好的实验样品, 按血栓凝龄为 1, 5, 10, 50, 80 h 分组。同理, 将血栓样品用超声处理, 作用时间 $t=10\text{ min}$, 试验次数 10 次, 观察分析血栓消溶率随凝龄的变化。

3) 当超声功率一定时, 血栓凝龄(1 h) 相同, 作用于同质量(0.2 g) 血栓时, 分别取不同频率超声波源(1 MHz, 27 kHz, 20 kHz), 以相同的血栓作用时间 $t=10\text{ min}$, 进行相同的试验次数 10 次, 取平均值。观察分析血栓消溶率随频率的变化。

2 结果与讨论

当超声波作用于离体血栓后, 可以明显观察到血栓发生消溶现象, 而且质量变小; 同时发现血栓消溶率的高低与频率、功率、血栓凝龄有着密切的关系, 实验结果如图 1~3 所示。

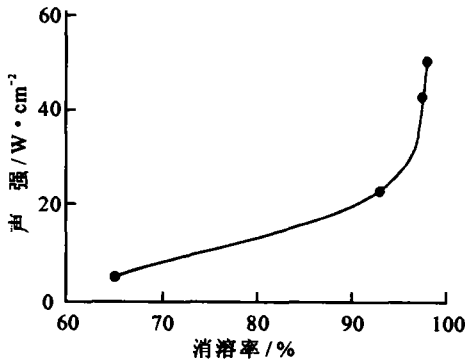


图 1 功率与消溶率的关系

Fig. 1 The relationship of power and rate of thrombolysis
血栓凝龄 h; 作用时间 $t=10\text{ min}$; $f=27\text{ kHz}$; 血栓质量 $m=0.2\text{ g}$; 实验次数 $n=10$ 取平均值

1) 由图 1 上看出: 当超声频率一定时, 血栓样品的质量相同、血栓凝龄相同、超声波作用时间相同的条件下, 超声波的功率越大, 血栓消溶率越高。由图 2 得知: 当超声频率、功率一定时, 超声在血栓凝龄时间为 1, 5, 10, 50, 80 h 均有血栓消溶作用, 且随血栓凝龄增加, 血栓消溶率依次降低。由图 3 看出, 在其他条件相同情况下, 当超声波频率越高, 血栓消溶的效果越差。

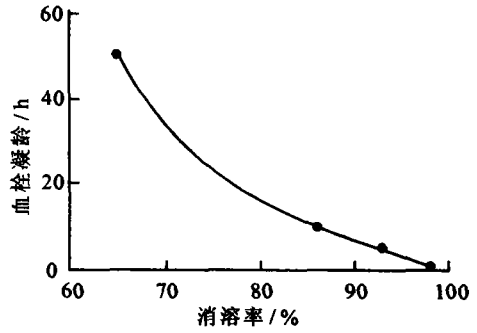


图 2 血栓凝龄与消溶率的关系

Fig. 2 The relationship of thrombus age and rate of thrombolysis

声强 $I=0.5\text{ W/cm}^2$; 作用时间 $t=10\text{ min}$; $f=27\text{ kHz}$; 血栓质量 $m=0.2\text{ g}$; 实验次数 $n=10$ 取平均值

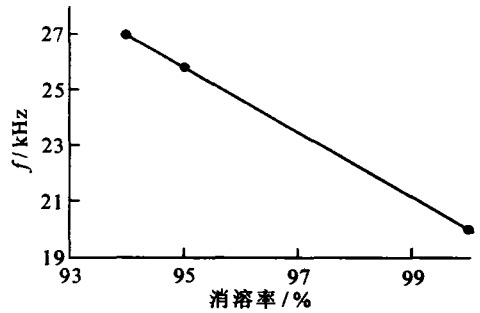


图 3 频率与消溶率的关系

Fig. 3 The relationship of frequency and rate of thrombolysis

声强 $I=0.5\text{ W/cm}^2$; 作用时间 $t=10\text{ min}$; 血栓凝龄 h; 血栓质量 $m=0.2\text{ g}$; 实验次数 $n=10$ 取平均值

2) 通过实验可以得出: 在一定条件下, 超声波频率愈低, 功率越大, 血栓作用凝龄愈小, 血栓消溶率越高。即在适当范围内, 低频高能的超声波作用于血栓凝龄愈小, 消溶率越高。超声血栓消溶主要是利用超声波的机械振动作用和空化效应来粉碎血栓, 疏通血管, 达到治疗的目的。超声波即是机械振动状态的传播形式, 机械机制主要表现为声场的声压和辐射力的作用。超声波在横向和纵向两方面相对血栓等产生强烈振动的作用。同时, 超声波在组织和细胞内可产生声空化现象, 这种空化现象可引发高达 1~3 个大气压的“内爆炸”效应, 足以使血栓在极短的时间内碎解成细小的颗粒^[4]。经过对超声溶栓后的碎片进行研究后, 发现碎片呈现透明的微小颗粒, 不致产生栓塞^[5]。

3) 本文研究通过频率为 1 MHz, 27 kHz, 20 kHz 的超声波血栓消溶, 实验结果显示: 超声波具有明显的血栓消溶作用。低频高能的超声波作用于凝

龄愈小血栓时,血栓消溶效果越好。血栓凝龄越小,血栓越新鲜,血栓内水分越多,血栓结构越松软,超声作用后血栓消溶率越高。同时在血栓形成 72 h 后,血栓内水分吸储,质地逐渐变硬伴有自身收缩。这些研究与文献[5]的实验研究结果相吻合,这对超声波溶栓技术的应用具有一定的积极作用。超声溶栓以其非药物,非介入性的优势日益受到人们的认同和重视,我们相信在不久的将来,超声溶栓会成为一种较为理想的治疗手段。

参考文献:

[1] 武汉医学院. 病理学, 病理生理分册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996.

[2] SIEGEL R J, DONMICHAEL T A, FISHBEIN R J, *et al.* In vivo ultrasound arterial recanalization of atherosclerotic total occlusions[J]. JACC, 1990, 15: 345-351.

[3] 于富民, 卫亚利. 体外超声波溶解血栓实验即血栓凝龄对溶栓效应影响的研究[J]. 中国超声医学杂志, 1998, 14(6): 4-6.

[4] ROSEMSCHHEIN U, RASSIN. Ultrasound thrombolysis[J]. Science and Medicine, 1998, 5: 36-43.

[5] SIEGEL R J. In vivo ultrasound recanalization of artery occlusions[J]. Circulation, 1998, 78: 270-278.

(编辑 曹大刚)

The relationship between the frequencies, power of the ultrasound, thrombus age and the rate of the thrombolysis

YAN Bi-ge¹, WANG Rong², QI Xin-Yuan¹

(1. College of Physics and Information Technology, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China; 2. First Hospital, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China)

Abstract: The study is based on the principle of the ultrasound to research the relationship between the frequency and powers of the ultrasound, thrombus age and the rate of the thrombolysis. Three different kinds of frequencies (1 MHz, 27 kHz, 20 kHz), power's ultrasound are used to affect the thrombus. The result shows that the rate of the thrombolysis has a negative correlation with the frequencies, thrombus age while a positive correlation with the power.

Key words: ultrasonic; frequency; power; thrombus age; the rate of thrombolysis

• 学术动态 •

我校“基因工程技术生产类人胶原蛋白中试”项目通过鉴定

近日, 我校化工系范代梯教授主持的陕西省科技攻关项目、陕西省教育厅产业化培育项目“基因工程技术生产类人胶原蛋白中试”成果鉴定验收会在我校成功举行。会议由陕西省科技厅组织, 省教育厅主持。会上以第四军医大学张英起教授等 7 位专家组成了鉴定委员会, 以及由相关科技主管部门的负责同志和专家组成了验收委员会, 委员们认真听取了课题组的工作报告、技术报告、分析测试报告、查新报告, 审查了相关资料并进行了现场考察, 课题组相关研制人员也对专家组的质询和提问作了详尽的解释和答复。

最后, 专家组经过认真审议, 一致认为课题组提供的技术资料齐全、规范、实验数据真实、准确, 符合鉴定要求。应用基因工程技术在大肠杆菌表达系统中生产重组水溶性类人胶原蛋白研究, 具有重大的创新性, 试验设计合理, 技术工艺先进, 达到了国际领先水平。该成果具有显著的经济、社会效益和广阔的市场前景。

(薛 鲍)