

超声成像的物理原理

何彩云

医学技术系

学习目标

掌握：超声波的定义

$$C=f \times \lambda$$

超声的产生（正、逆压电效应）

熟悉：人体组织与入射声束的相互作用

了解：超声诊断的安全性

注意事项

超声仪器主要部件

第一节 超声成像的物理基础

1. 超声波的定义 机械波 纵波 可于介质中传播

次声波 < 可听声波 < 超声波

原理：

利用特定频率的超声波

将人体内部组织结构的声学特性以图形、曲线、其他数据的形式表现出来

用于临床分析及诊断

临床诊断用频率：0.5~60MHz

常用：2~14MHz

2.超声波的特性

传导性：超声波可在气体、液体、固体等介质中传播

方向性：超声波可以朝一个方向传递很强的能量

超声波在传播过程中会产生**反射、折射、散射、绕射、干涉、共振、多普勒效应**等现象

超声波在液体介质中传播时，会在界面产生**冲击和空化现象**

3.超声的产生与接收

1) 压电效应

电能 \longleftrightarrow 声能

2) 超声的产生：逆压电效应（电能 \rightarrow 声能）

3) 超声的接收：正压电效应（声能 \rightarrow 电能）

4) 压电材料 能够产生压电效应的材料

- ◆无机材料：**压电陶瓷**
- ◆有机材料
- ◆混合材料

5) 换能器 (探头)

- ◆ 结构

面材 (匹配层/保护层) + **压电材料** + 背材
核心

◆ 种类

1. 体表检查用探头：

凸阵探头（腹部、妇产科检查）

线阵探头（外周血管、浅表小器官）

相控阵探头（心脏）

容积探头（三维、四维）

2. 手术用探头

3. 体腔检查用探头

4. 超声的传播

- 1) **声速** (c) : 超声在介质中的传播速度
与传播介质的密度及弹性系数有关, **与密度成正比**
不同人体组织器官的声速不同, **平均声速为1540米/秒**
其中空气最小 (350米/秒) , 骨骼最大 (3850米/秒)
- 2) **超声频率** (f) : 声源在单位时间内振动的次数
由探头中压电材料决定, 在2.5 ~ 10兆赫兹范围
- 3) **超声波长** (λ) : 波的传播方向上相邻两个波峰的距离
超声波长与声速和频率满足关系式: $c = \lambda \times f$

4) 超声声束的空间分布：声场

声束 在一个有限的立体角内传播的超声

声轴 声束的中心线

近程区：近场 靠近探头区域，声束等宽

远程区：远场 远离探头区域，声束发散

5) 分辨力

超声能够发现最小障碍物的能力

1. 空间分辨力：能够辨别两个细小目标空间位置的能力

纵向/轴向分辨力

横向分辨力

侧向分辨力

2. 对比度分辨力：在灰阶或亮度上分辨不同目标的能力

第二节 人体组织对超声的作用

1. 声阻抗及界面

(1)声阻抗 (z) 介质的密度(ρ) \times 声速(c)
不同组织 Z 不一样

(2)界面 两种具有不同声阻抗的介质的接触面

大界面：界面尺寸大于超声波长，产生反射、折射

小界面：界面尺寸小于超声波长，产生反射、散射

人体软组织及脏器结构声阻抗的差异构成很多界面，折射、散射，才能收到各层组织回声信息，才能形成声像图

2. 反射、折射、散射、绕射、衰减

1) 反射：

入射声束与大界面的作用，一部分超声能量会返回到原来的介质中

声像图的主组成部分

- 反射的示意图

三个条件：

同一平面

位于法线两侧

入射角=反射角

2) 折射：

入射声束与大界面作用时，一部分进入的另一面的介质

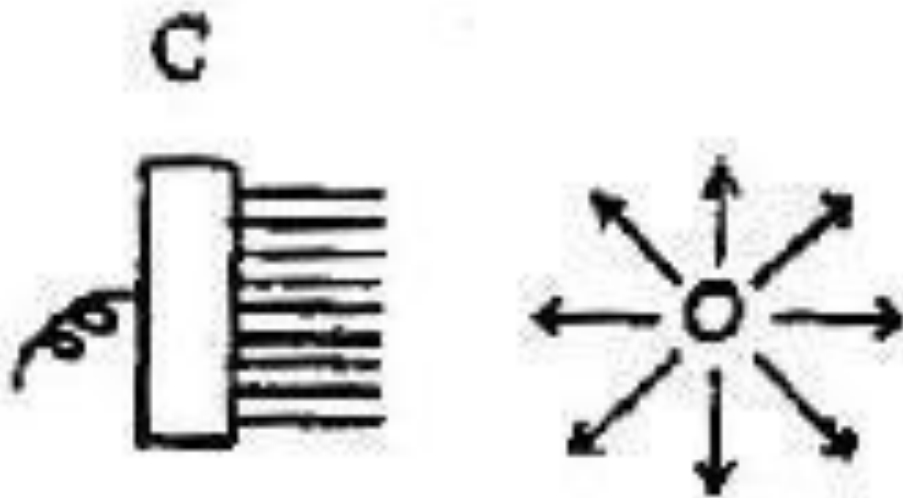
第二种介质的声速大于第一种时，折射角大于入射角；
如果折射角大于 90° 时，入射声能全部返回，称**全反射**。

折射声束可作为入射声束进入下一种介质，多次折射过程会产生**折射声影**效应→声像图误差

对声像图的影响：折射声影/侧后声影
胃肠及肺探测时多见

3) 散射 超声波在传播中遇到粗糙面或极小的障碍物时，将有一部分能量被散射

红细胞是散射体，其背向散射是多普勒超声诊断的基础



4) 绕射

界面/障碍物尺寸与入射超声波长大小相当时，声束可绕过界面/障碍物前进、基本不发生反射

绕射使入射声束发生方向偏转


5) 衰减

定义：超声在介质内的传播过程中，声波能量随传播距离的增大而逐渐减少的现象

- ◆ 主要原因：反射（大界面）
 散射（小界面）
 介质吸收
 声束扩散
- ◆ 不同组织，衰减程度不同。
 蛋白质衰减比水大，含水多的组织衰减小
- ◆ 相同组织，入射深度越大，衰减越大
- ◆ 相同组织，入射超声频率越高，衰减越大
- ◆ 仪器调节时，可以调节“深度增益补偿”

第三节 超声对人体组织的作用

1. 超声生物效应



- 热效应
- 机械效应
- 空化机制
- 化学作用

概念：

当一定剂量的超声波在生物体内传播时，通过超声与生物组织的相互作用，可以引起生物体的功能、结构或状态的变化，称之为

超声生物效应，会导致人体组织的损伤

低声强长辐照时间————热效应

高声强短辐照时间————空化效应

两者之间————机械效应

1) 热效应

超声传播时，部分能量被介质吸收→热量→介质
温度升高

用于：理疗、加温治癌

2) 机械效应

生物组织在声场作用下

→ 剧烈机械运动

→ 影响生物组织的结构、功能、生理活动

3) 空化机制

超声声能使生物组织中的气泡活性改变
→局部高压、高温、放电现象

用于：超声造影

4) 化学作用

增加化学反应速度，促进氧化、分解

2.超声诊断的安全性

非电离辐射 能量作用于人体

1) 超声强度的计算方式

空间平均时间平均声强；

空间峰值时间平均声强； 为多个国家和组织采用

空间平均时间峰值声强；

空间峰值时间峰值声强。

2) 安全声强（美国FDA，我国超声标准化委员会推荐）

空间峰值时间平均声强： < 100毫瓦/平方厘米

3.超声诊断的注意事项

- ①医学上具有明确理由时——√
- ②商业显示、获得实验图像——×（特别对孕妇）
- ③在获良好图像质量和取得必要信息前提下，尽可能减小超声诊断设备的输出强度
- ④超声探测应遵循的原则
 - 在明确诊断目的的情况下，应积极使用超声诊断技术
 - 必须坚持最小剂量原则
 - 拒绝一切与诊断无关的胎儿超声显像
 - 早孕胚胎不做或少做超声探测；对胎儿定期超声探测时控制在3~5分钟之内完成

⑤超声探测的注意事项

成人超声探测

每一固定切面持续检查时间

颅脑	< 2min
眼球	< 0.5min
卵巢、睾丸	< 1min

产科超声探测

早孕孕妇 —— 不作为常规
习惯性流产/先兆流产症状者 ——
胎儿 ——

新生儿超声探测

颅脑 < 1min
心脏 < 2min