

多普勒血流显像

何彩云

医学技术系

学习目标

掌握：多普勒效应的概念

熟悉：彩色多普勒血流显像（CDFI）
PW/CW优缺点

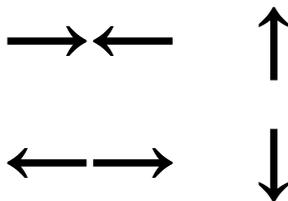
了解：组织多普勒显像
能量多普勒显像

一、多普勒效应

定义：

**当声源与接收器作相对运动时，
接收器接收的声波频率与声源发出的频率不一致，**

这一现象称为多普勒效应。



▶ 多普勒公式：

$$f_d = f_r - f_0 = \pm \frac{2v \cos \theta}{c} \times f_0$$

入射频率 f_0 ，反射频率 f_r ，频移 f_d ，超声速度 c ，目标运动速度 v

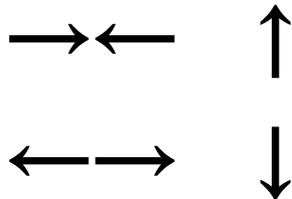
▶ 多普勒频移 f_d 与血流速度 V 之间的关系， 血流速度：

$$v = \pm \frac{f_d \times c}{2f_0 \cos \theta}$$

多普勒频移 f_d : 接收频率与发射频率差异

血流 (红细胞) \rightarrow 探头运动 $\text{——} f \uparrow$

血流 (红细胞) \leftarrow 探头运动 $\text{——} f \downarrow$



多普勒角度 θ 的意义

θ :

目标运动方向与探头发射超声方向之夹角

θ 从 $0\sim 90^\circ$, $\cos\theta$ 发生变化

① $\theta = 0^\circ$ 时， $\cos\theta$ 最大，声束 \parallel 血流，测得声速最可靠、但在实践中很少达到

② $\theta = 90^\circ$ 时， $\cos\theta = 0$ ，声束 \perp 血流，探测不到多普勒血流信号

③ 在实际工作中，要求 $\theta = 30 \sim 60^\circ$

④ 临床工作中，努力使 $\theta < 60^\circ$
此谓频谱多普勒的**角度校正**

多普勒超声临床应用范围

心瓣膜病变、先天性心脏病

阻塞的动脉（动脉闭塞）

动脉缩窄（狭窄）

血栓（深静脉血栓）

静脉曲张（静脉功能不全）

动静脉畸形

心室壁的运动

人体产生多普勒效应条件

相对运动

反射源及散射源————

血流中红细胞是很好的散射体
利用红细胞在血管内的运动

多普勒超声声音的来由

人体血流速度几十厘米~几米 / 秒

发射超声频率一般3MHz~5MHz

公式→ f_d :

几百~几千Hz→可听声频率范围

输入到仪器→输出多普勒血流声

低频多普勒信号的去除

心壁、腱索、瓣膜及血管壁，产生低频多普勒信号，干扰所检测的血流信号

在仪器中设置一个低频滤波器滤除

常用频谱多普勒超声显像方式

脉冲 (PW)

连续 (CW)

彩色编码多普勒 (CDFI)

多普勒超声类型

1.狭义：指彩色多普勒血流显像(CDFI)

2.广义上包括有：

(1)彩色多普勒血流显像(CDFI)

(2)频谱多普勒：脉冲型多普勒(pw)
连续型多普勒(cw)

(3)彩色多普勒组织成像(CDTI)

(4)彩色多普勒能量图(CDE)

(5)经颅彩色多普勒血流显像(TCD)

其基本原理均是依赖于多普勒效应

脉冲多普勒 (PW)

单个换能器按一定时间间隔发射、接收超声波

PW超声频率有两种：

- 1.探头工作频率：压电晶体发生超声波的频率
- 2.脉冲重复频率PRF：探头每秒钟内发射的脉冲个数，及取样频率

奈奎斯特常数：1/2脉冲重复频率

为了让取样信号代表原始波形，晶体发出的原始超声波频率 f 必须小于或等于二分之一取样频率（脉冲重复频率）：

$$f \leq PRF/2, \text{ 称为奈奎斯特极限频率}$$

探测目标速度过快，就会出现频率失真。

如：血流速度很高，高于奈奎斯特极限频率，则出现频谱倒错，亦称为频谱混叠、频率失真，此时PW不能检测高速血流。

混叠的处理

- (1)调整基线 base
- (2)提高速度刻度 scale
- (3)降低发射频率

临床应用

1.临床要求：

心血管疾病中，检测心血管内某一小区域的血流

2.操作要求：

(1)2DE+PW

(2)角度校正

脉冲多普 (PW) 的优点和缺点：

(1) **优点：** 定点检测血流

实时分辨率 (对心动周期中血流速度的分布能详细分析)

计算血流速度

(2) **缺点：** 易发生混叠、不能探测最大速度

角度依赖

连续多普勒 (CW)

(一)工作原理

双晶片探头、连续发射与接收信号

(二)显示

单方向频谱声像图

(三)优缺点

优点：速度检查没有局限性 (测高速)

缺点：记录全部差频信号但没有距离选通,用于单个运动目标检查

测速准确性受目标运动方向与声束夹角的影响

彩色多普勒显示方式（CDFI）

（一）工作原理

与PW原理相同，但多点采样，对每一点频移大小和方向进行彩色编码，将二维彩色信息叠加在二维灰阶图像相应区域

（二）显示

红色：→探头血流

蓝色：←探头血流

亮度代表血流平均速度，五彩代表湍流

(三) 特点

优点：直观，最适合显示分流及反流

缺点：

1. 受声束入射夹角和奈奎斯特极限频率的影响

(超过奈奎斯特极限频率值时，出现混叠现象；高速射流，由于混叠及湍流出现，出现多色镶嵌血流图像)

2. 帧频降低→二维图像质量下降

3. 采取自相关技术，得平均速度，定量分析不如PW/PW

(四) 成像操作

- 1.彩色框：取样框大，帧频低
- 2.彩色刻度：与PW同
- 3.角度的意义：与PW同
- 4.混叠：颜色翻转
- 5.脉冲重复频率的意义：通过提高彩色刻度达到，但取样深度受限
- 6.深度的意义：深度增大，血流测量最大值↓

(五) 观察与分析

1. 彩色血流信号叠加于二维黑白图像上
2. 正红负蓝
3. 血流速度与彩色辉度：亮→暗，高速→低速
4. 流速离散度显示：离散度小，颜色纯净
5. 五彩镶嵌血流图像的形成

(六) 技术方法

- 1.彩色图标调节 改变编码色彩及范围
- 2.超声频率选择 据检查部位选择超声频率
- 3.滤波器转换 根据目标运动速度选择滤波器
- 4.速度标尺 调节显示灰阶
- 5.增益调节 调节总增益及信号显示增益
- 6.取样框调节 移动、缩放检查区域 3—8mm
- 7.零位基线移动 改变色标零位
- 8.余辉调节 选择不同的余辉
- 9.TGC调节 改变深度增益

彩色多普勒技术使用要点

1. 探头选择
2. 增益调节
3. 速度标尺
4. 取样框调节
5. 零位基线移动

常态及病态 血流特征

(一)正常血流

1.层流

2.中间血流速度快，靠近血管壁稍慢

3.频谱特征：

形态：频谱窄，包络光滑，空窗

声音：柔和

方向显示：向探头红色，离探头蓝色

明暗：中间比周边亮

(二)异常血流

1.湍流：血流方向及速度紊乱

频谱特征：

形态：频谱宽，包络不光滑，充填窗

声音：粗糙刺耳

CDFI: 花色血流

2.涡流：红细胞的无规则的运动，涡流本质是湍流

频谱特征：双向血流频谱

CDFI：红蓝花色血流

知识拓展——

能量多普勒显示方式 (CDE)

优势：对血流更敏感，显示更佳

缺点：不能显示速度及方向

组织多普勒显像（CDI）

检测心室壁反射的低频频移信号，滤去血流高频频移信号

临床上主要用于心脏功能评价

最多用于冠心病、心肌梗塞辅助诊断