

多普勒超声基本理论

Basics of Doppler Ultrasound

郭永康

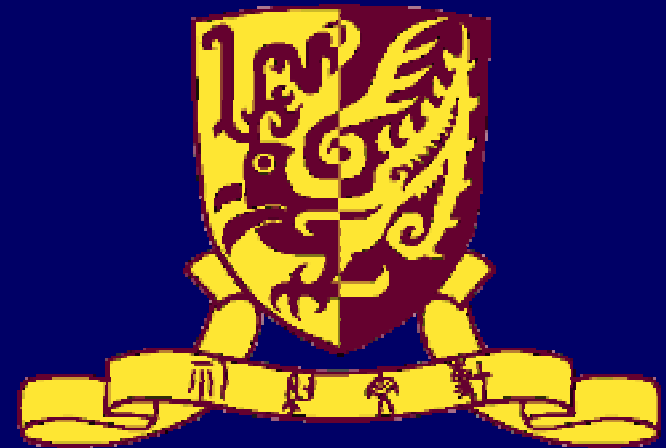
香港中文大学

麻醉与深切治疗系

威尔斯亲王医院

香港

2007





多普勒频移

Doppler Shift

- 当超声波从一个运动的物体表面反射时（例如红细胞），反射波的波长和频率都会发生改变。
- 如果红细胞是朝探头运动，频率就会增加。
- 如果红细胞是背离探头运动，频率就会减少。



多普勒方程式

Doppler Shift

➤ $\Delta f = 2 f_0 v \cos \theta / c$:

- Δf 为多普勒频移
» (是反射波的频率相对于入射波频率的变化)
- f_0 是入射波频率
- θ 是运动方向与入射声束之间夹角
- c 是声速



角度的重要性

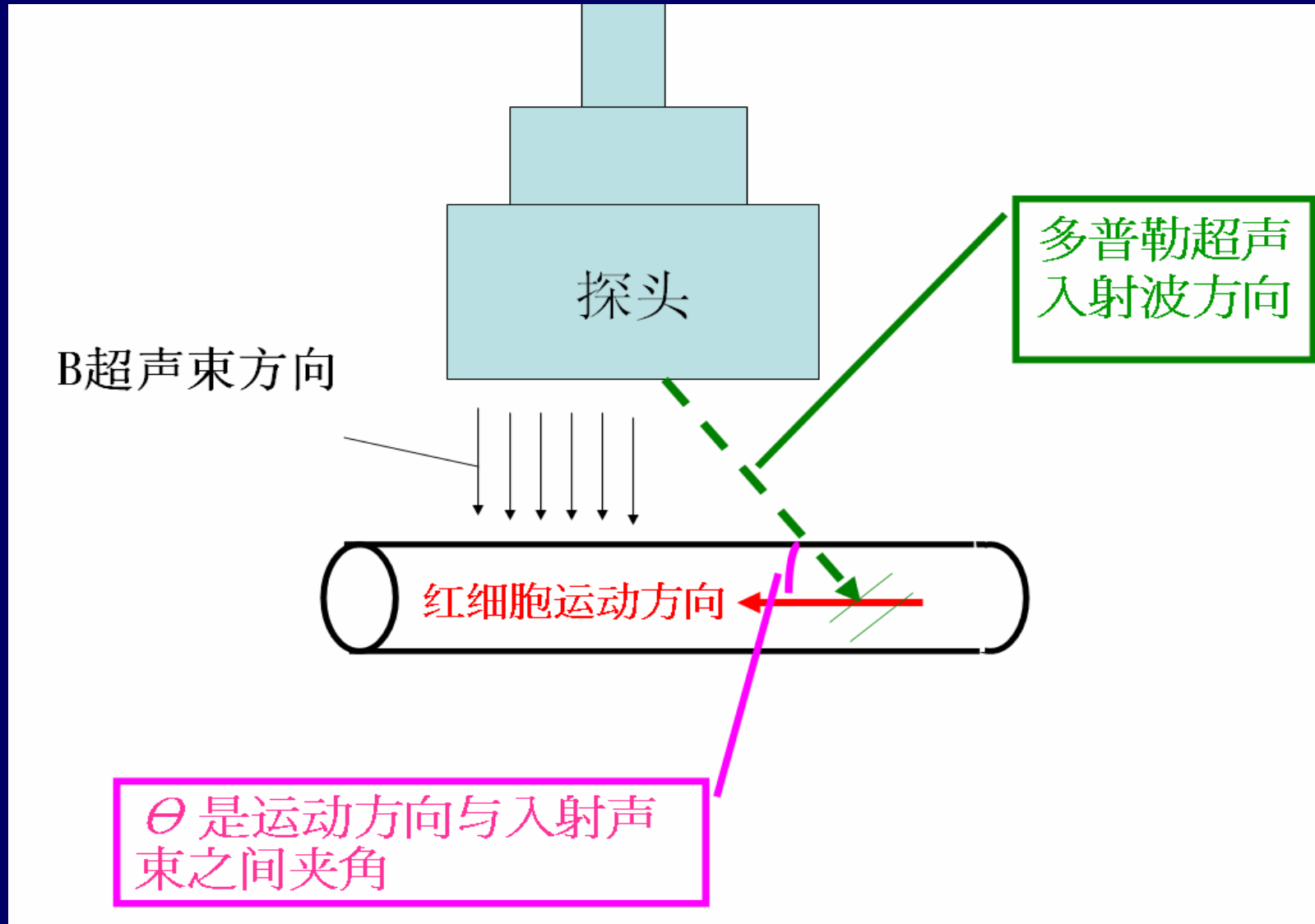
Importance of θ

- 当 θ 等于0度 ($\cos 0 = 1$) 时, 频移(Δf)值最大
 - 当 θ 等于90度 ($\cos 0 = 0$)时, 频移(Δf)值最小
- ✓ 相反: 获得最佳血管B型超声影像角度就是声束和血管成 90 度的角度。



比较：多普勒频移 vs. B 超

Doppler shift vs. B mode Imaging



如果 $\theta = 90$ 度, $\cos \theta = 0$, 就沒有頻移。



彩色多普勒显像

Colour Doppler Imaging

- 在兴趣区 (region of interest, ROI) 获得多普勒频移信息
- 多普勒频移以彩色信息重叠显示于B超灰阶影像之上
- 正频移赋予一种颜色，负频移为另外一种颜色
- 频移大小通过色彩亮度的变化加以表现
- 红色 不表示动脉

蓝色 不表示静脉



彩色多普勒显像技术

Technique of Colour Doppler Imaging

- 1. 优化 B超（灰阶）显像
- 2. 按下彩色多普勒模式按钮
- 3. 把叠加窗口定位兴趣目标区
- 4. 调整窗口转向控制（多普勒波方向）
- 5. 必要时调整窗口大小
- 6. 选择适当的速率彩色范围
- 7. 按更新(update)使得彩色信号叠加于B超影像上
- 8. 仔细分析鉴别血流模式和方向



第一步：优化B超图像（灰阶）

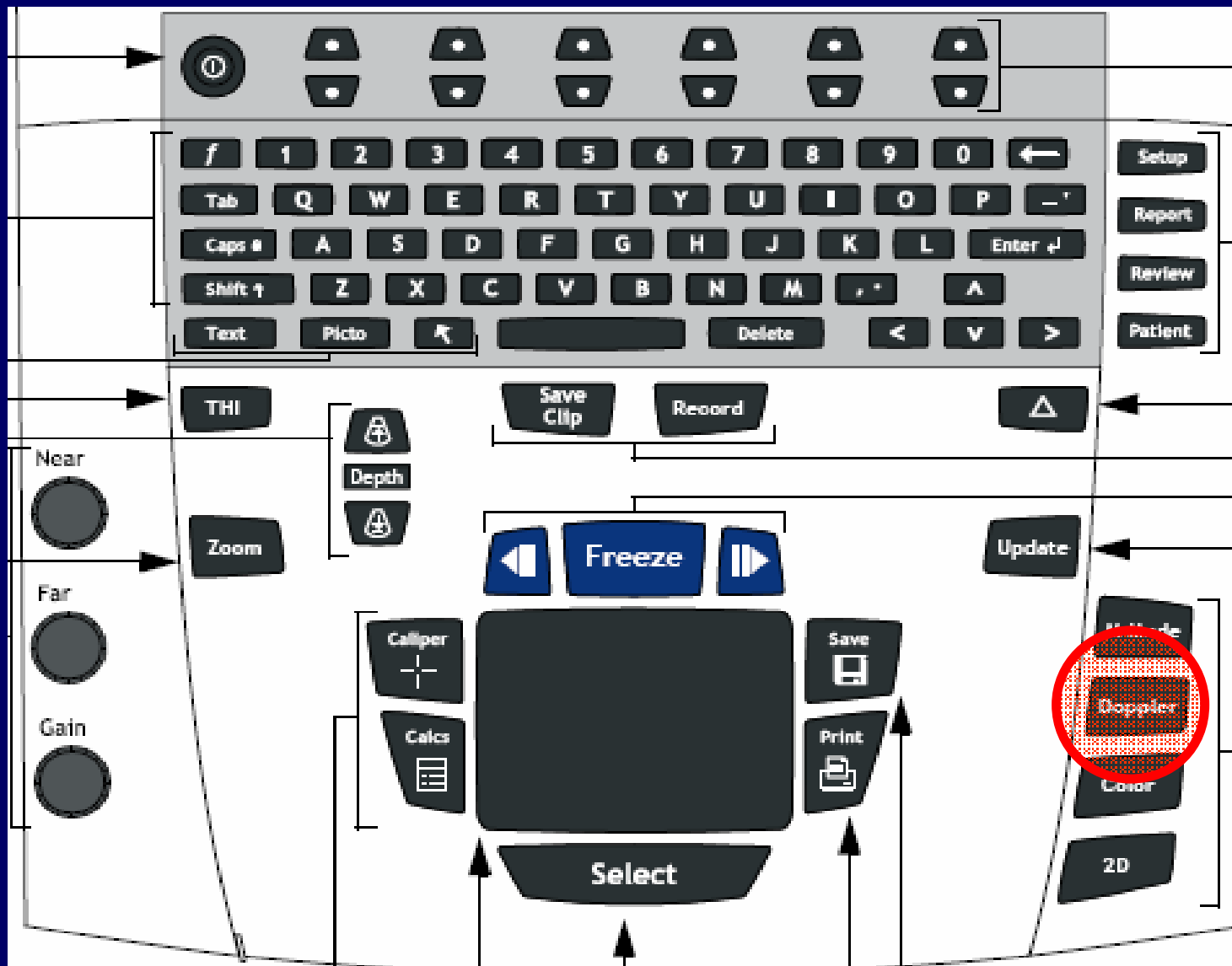
Optimize the B-mode (gray-scale) image

- 在启动彩色多普勒前必须首先对B超灰阶图像进行优化
- 遵从扫描常规步骤：选择合适探头，最佳预设，合适频率，深度和增益等



第二步：激活彩色多普勒按键

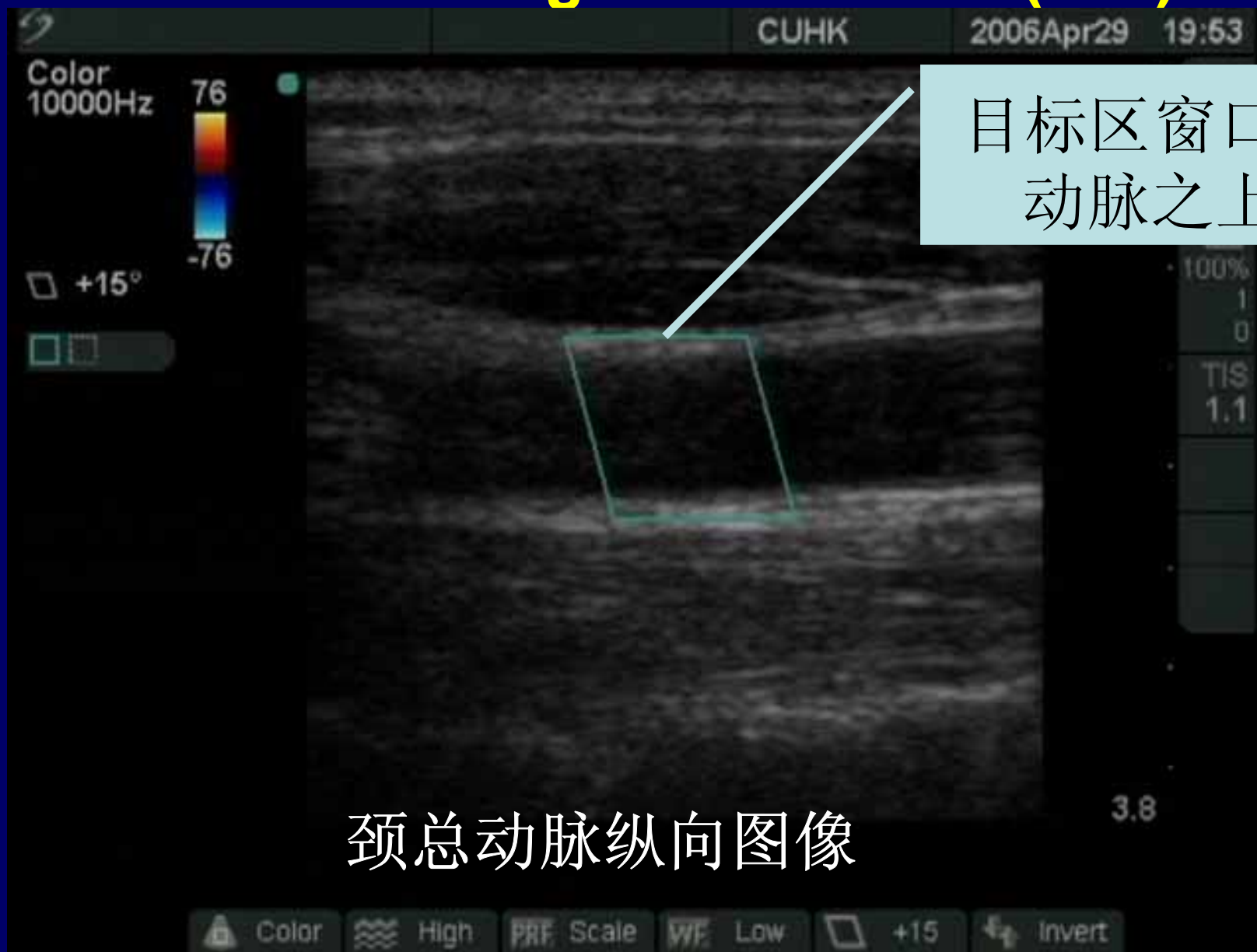
Activate the Color Mode Knob





第三步：选择目标区

Select the Region of Interest (ROI)



目标区窗口在动脉之上

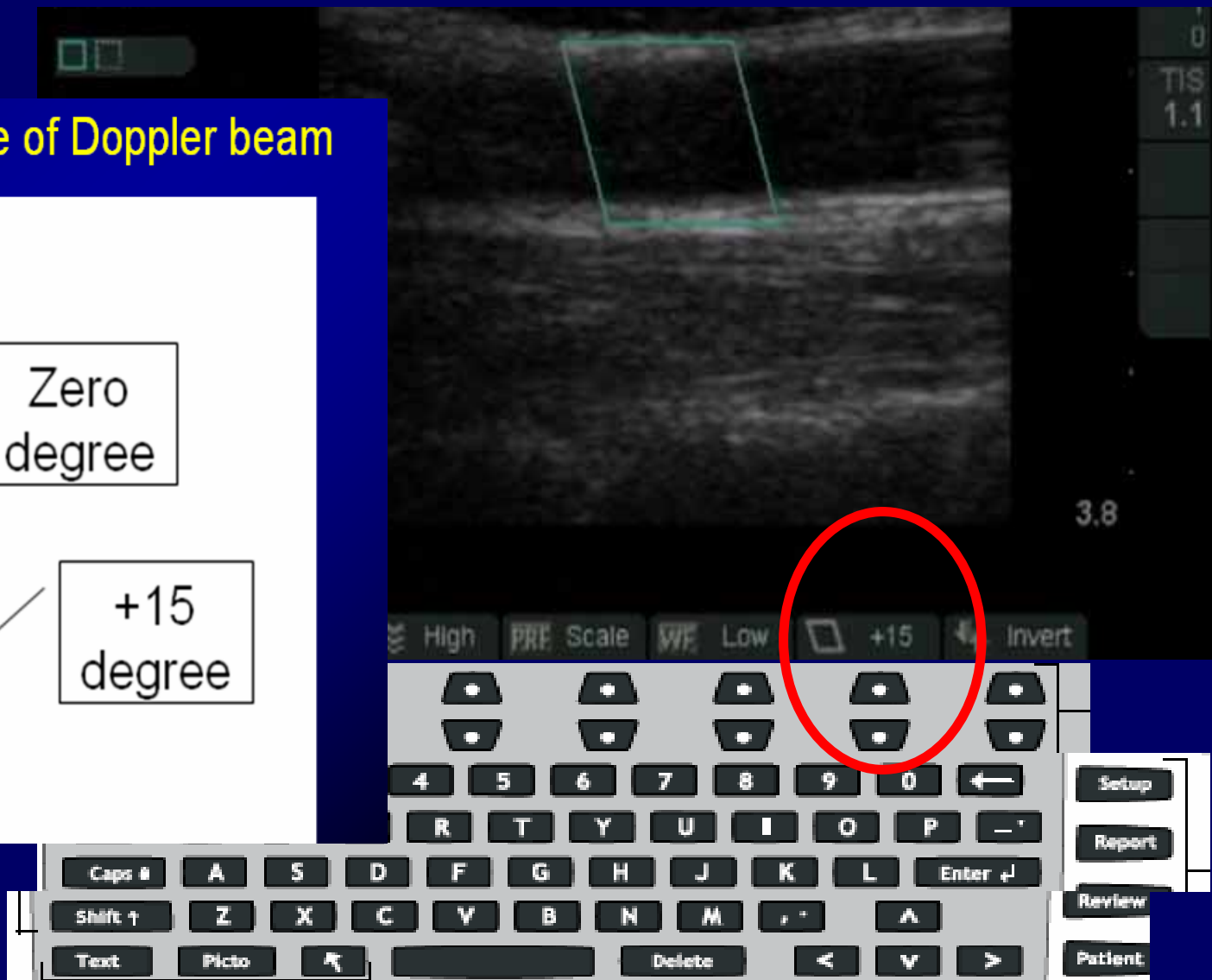
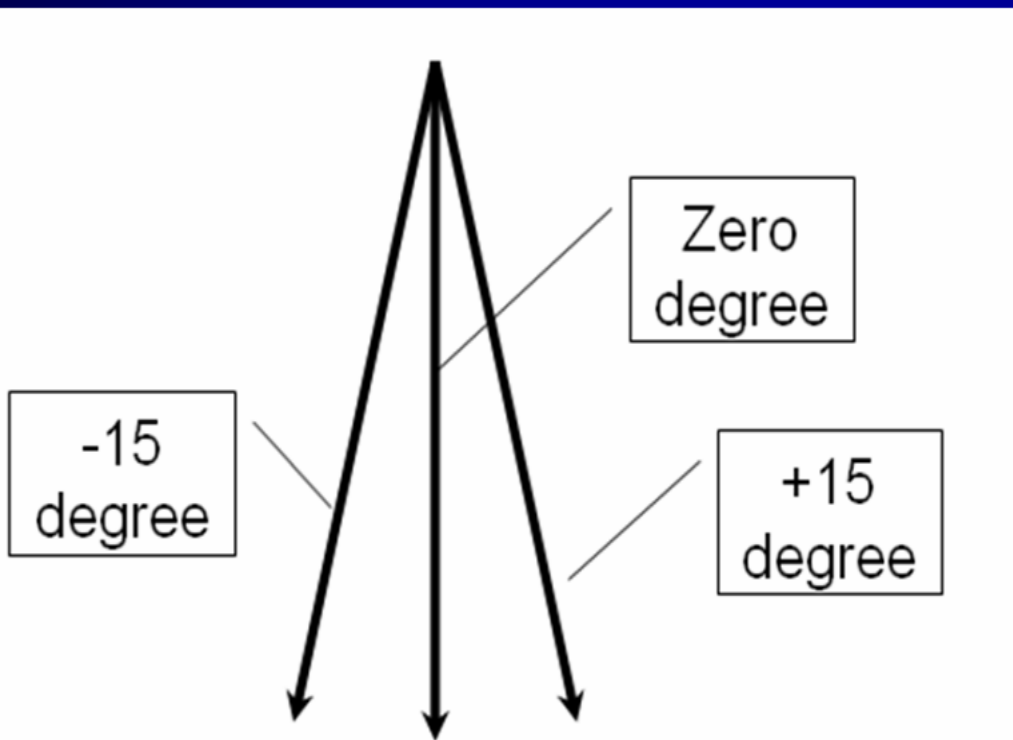
颈总动脉纵向图像



第四步：调整多普勒波方向

Adjust the steering of the box (Direction of the Doppler beam)

Box steering adjusts the angle of Doppler beam

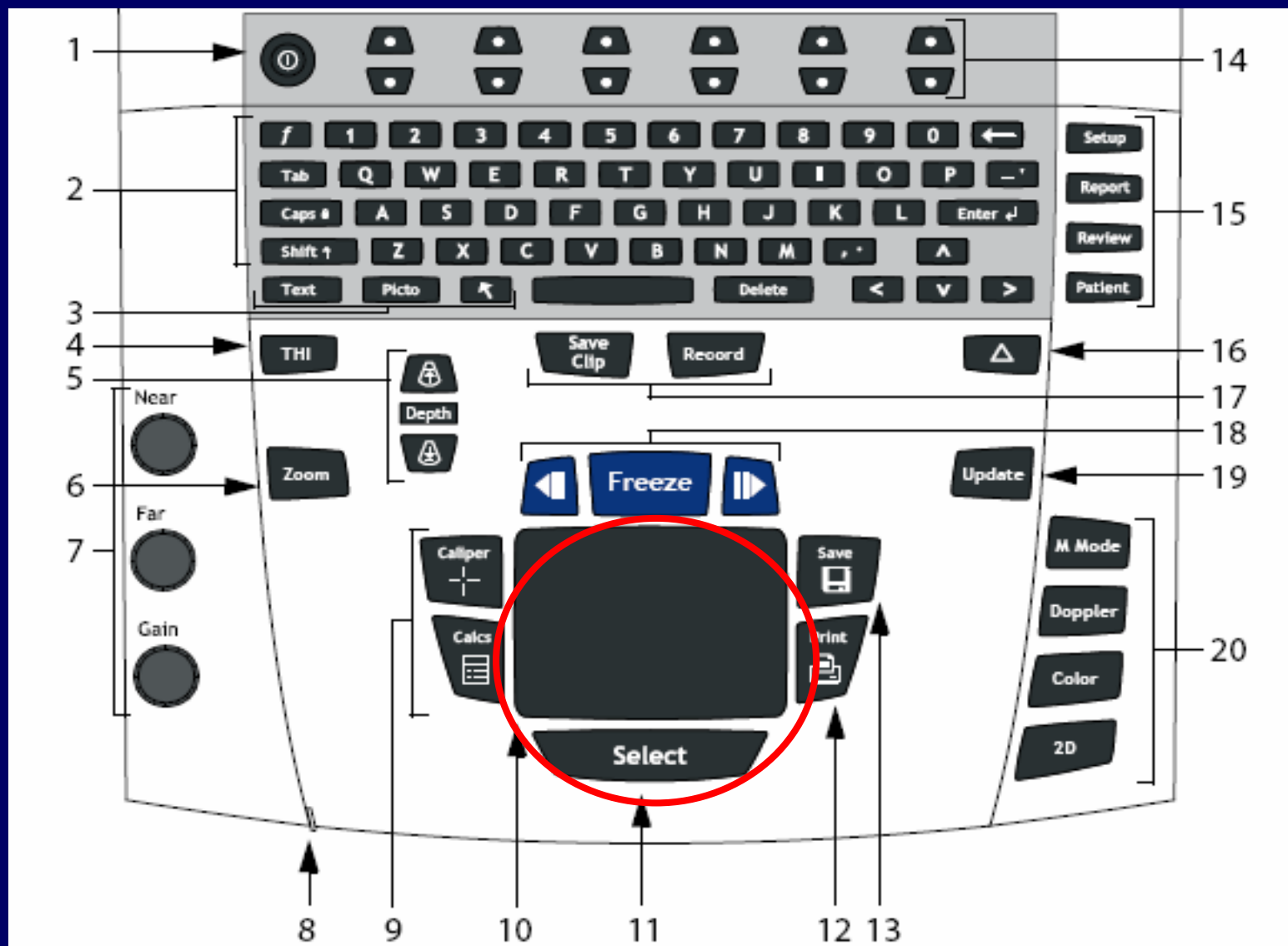




第五步: 必要时调整窗口大小

Adjust the Size of the ROI box

(使用按键和鼠标键盘)





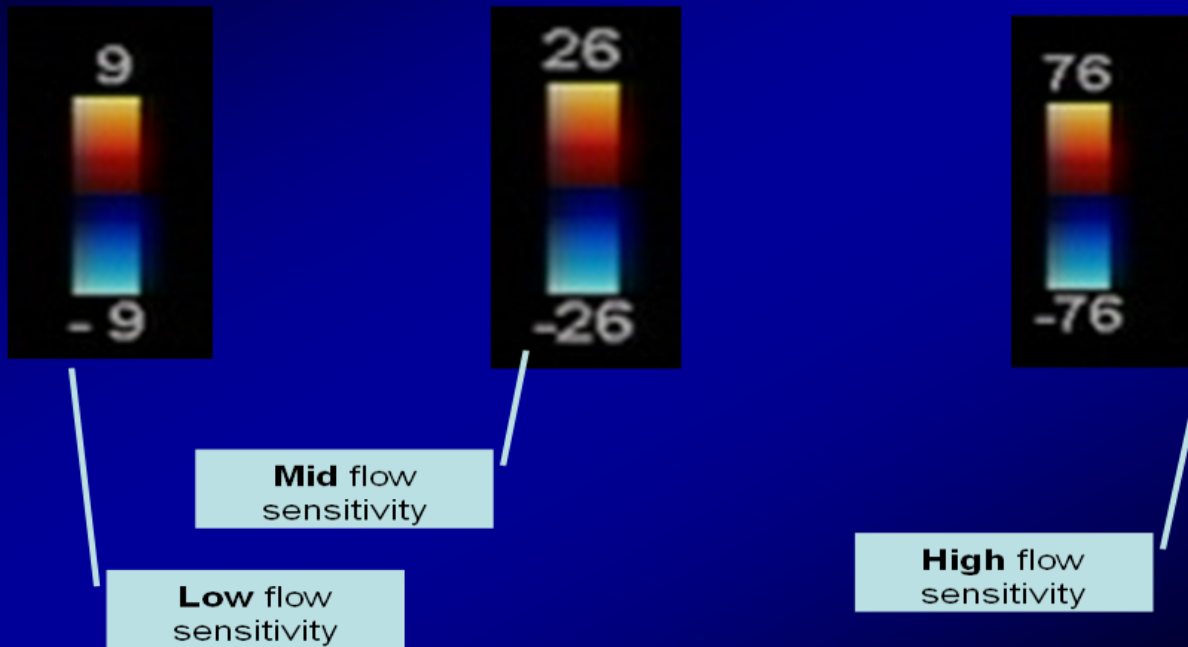
第六步：选择适当的速率彩色范围

Adjust the Colour velocity range





Examples of velocity colour scale



Flow Sensitivity



Select the desired flow sensitivity from the on-screen menu.

- Low optimizes the system for low flow states.
- Med optimizes the system for medium flow states.
- High optimizes the system for high flow states.

The current setting is displayed in the top left portion of the screen and in the on-screen menu.

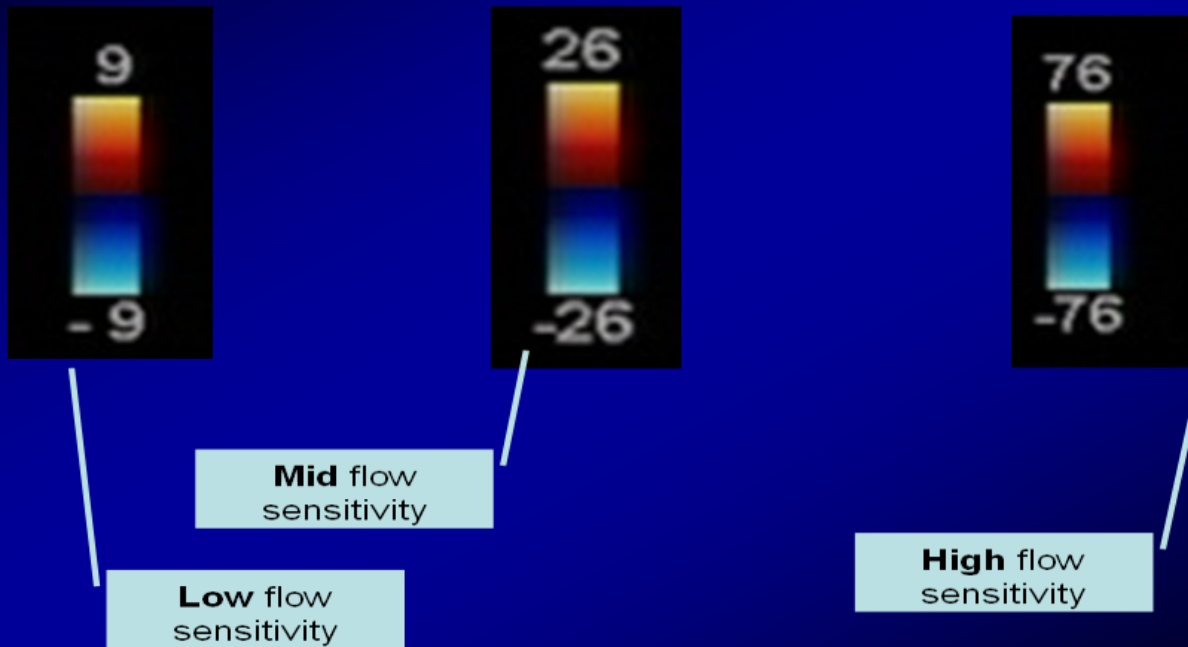
PRF Scale (Color only)



Select the desired pulse repetition frequency (PRF) setting from the on-screen menu.



Examples of velocity colour scale



Flow Sensitivity



Select the desired flow sensitivity from the on-screen menu.

- Low optimizes the system for low flow states.
- Med optimizes the system for medium flow states.
- High optimizes the system for high flow states.

The current setting is displayed in the top left portion of the screen and in the on-screen menu.

PRF Scale (Color only)

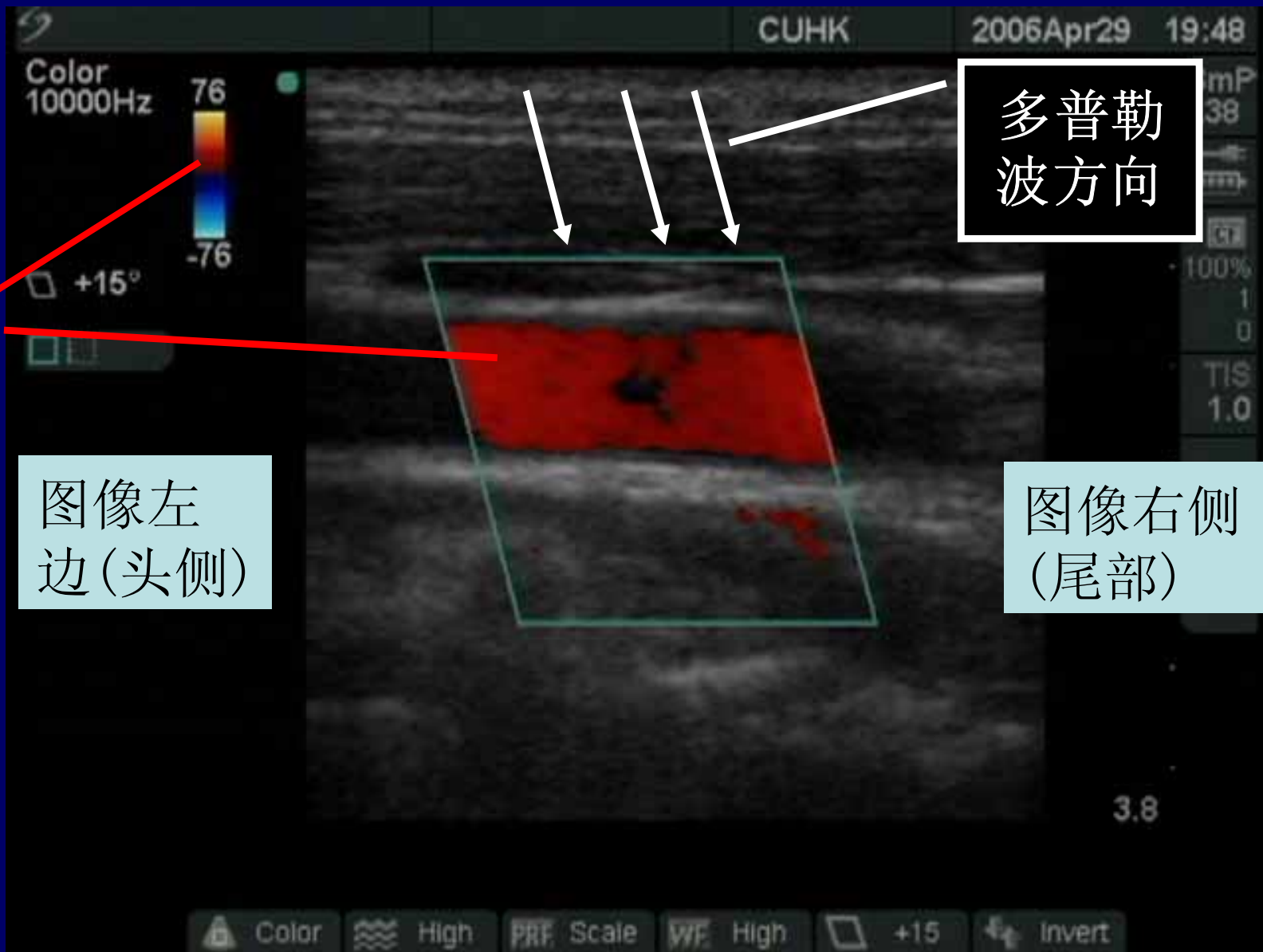


Select the desired pulse repetition frequency (PRF) setting from the on-screen menu.



1: 颈总动脉多普勒图像

Colour Doppler of the Common Carotid Artery



红色 → 正多普勒频移 → 血流从右往左

图像左边(头侧)

图像右侧(尾部)



2: 颈总动脉多普勒图像

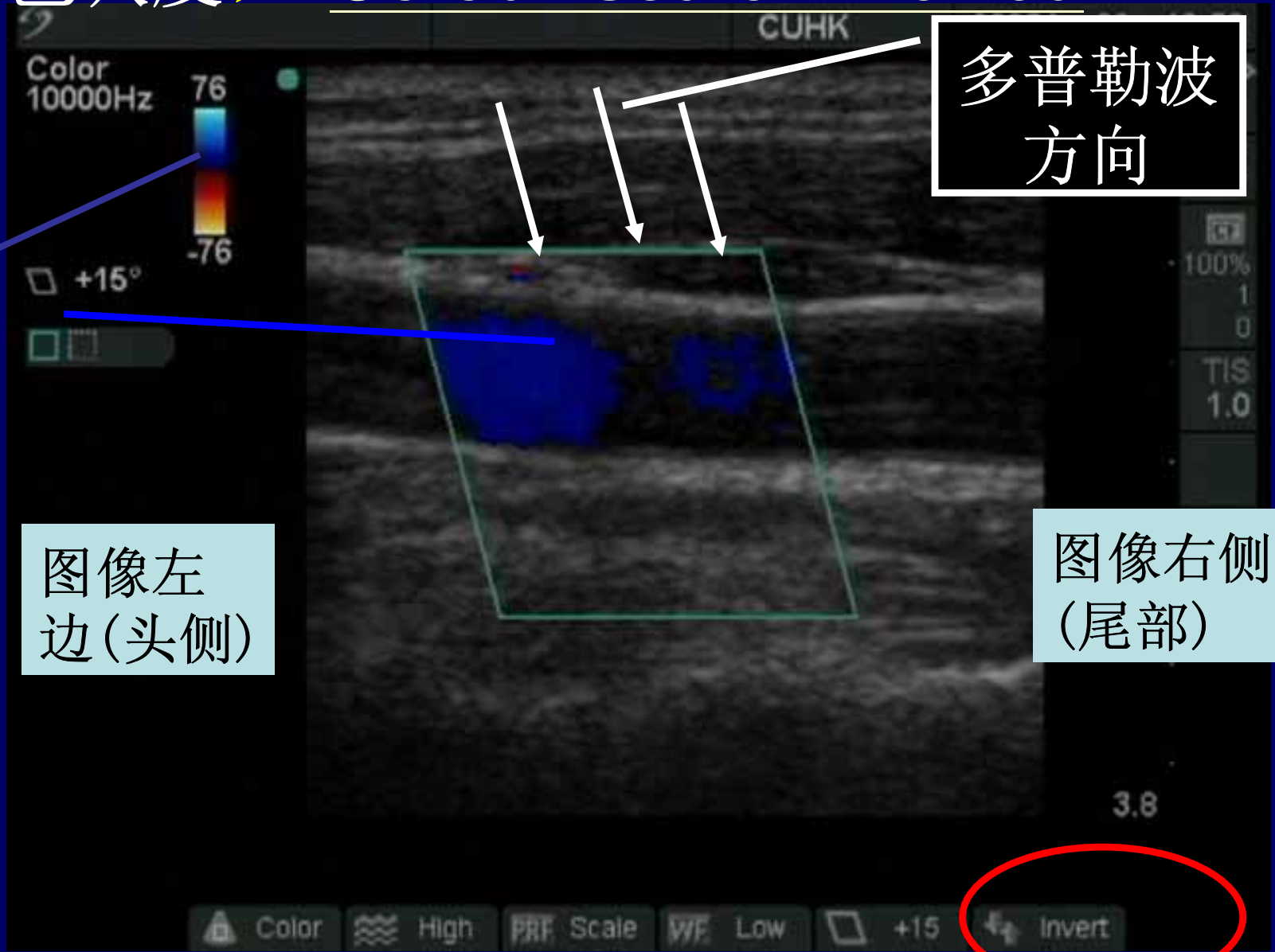
(颠倒颜色尺度) Colour scale inverted

蓝色:
正多普勒
频移
→ 血流
从右到
左

图像左
边(头侧)

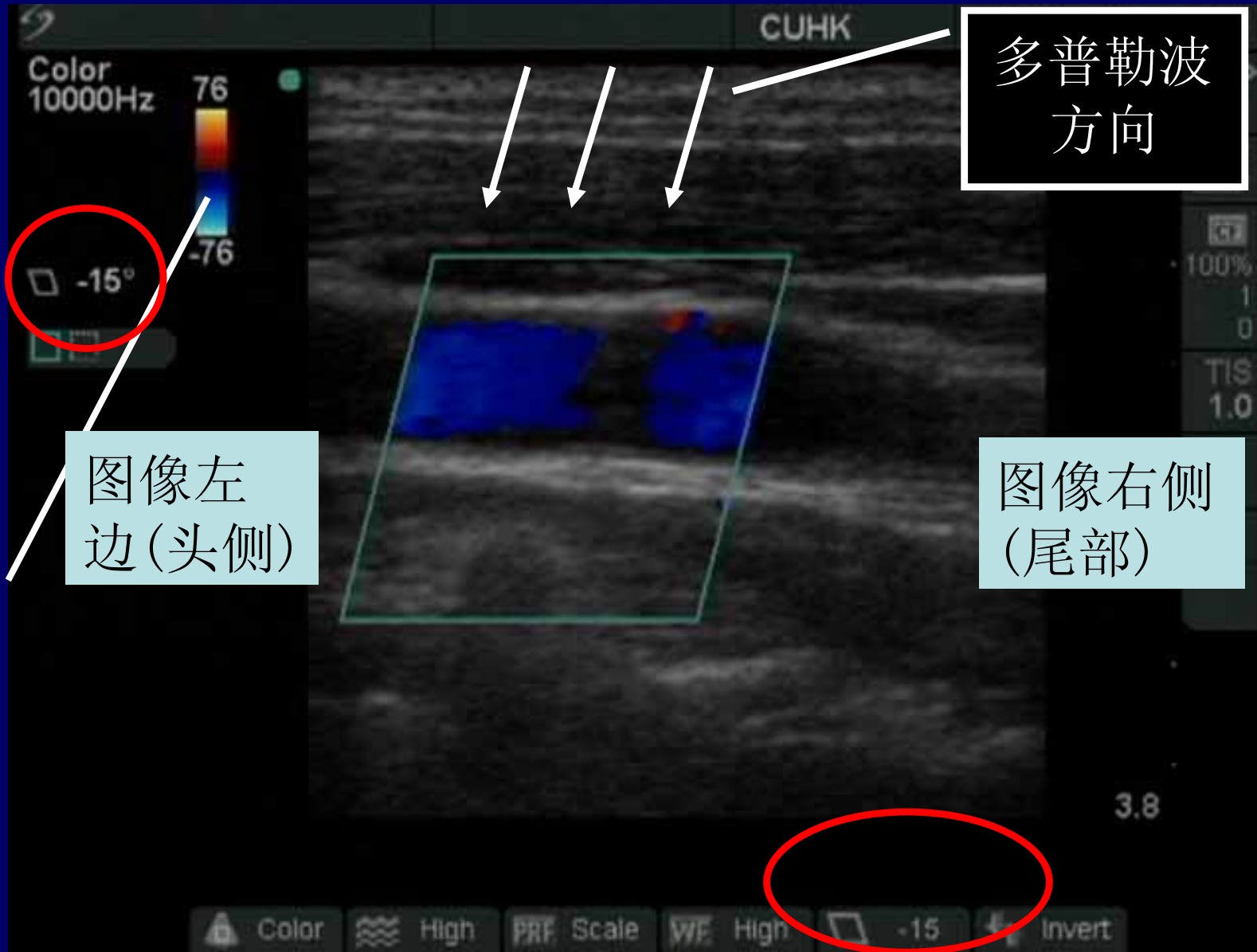
多普勒波
方向

图像右侧
(尾部)





3: 不同多普勒波方向 (与图1、2比较) Different ROI box steering



多普勒波方向

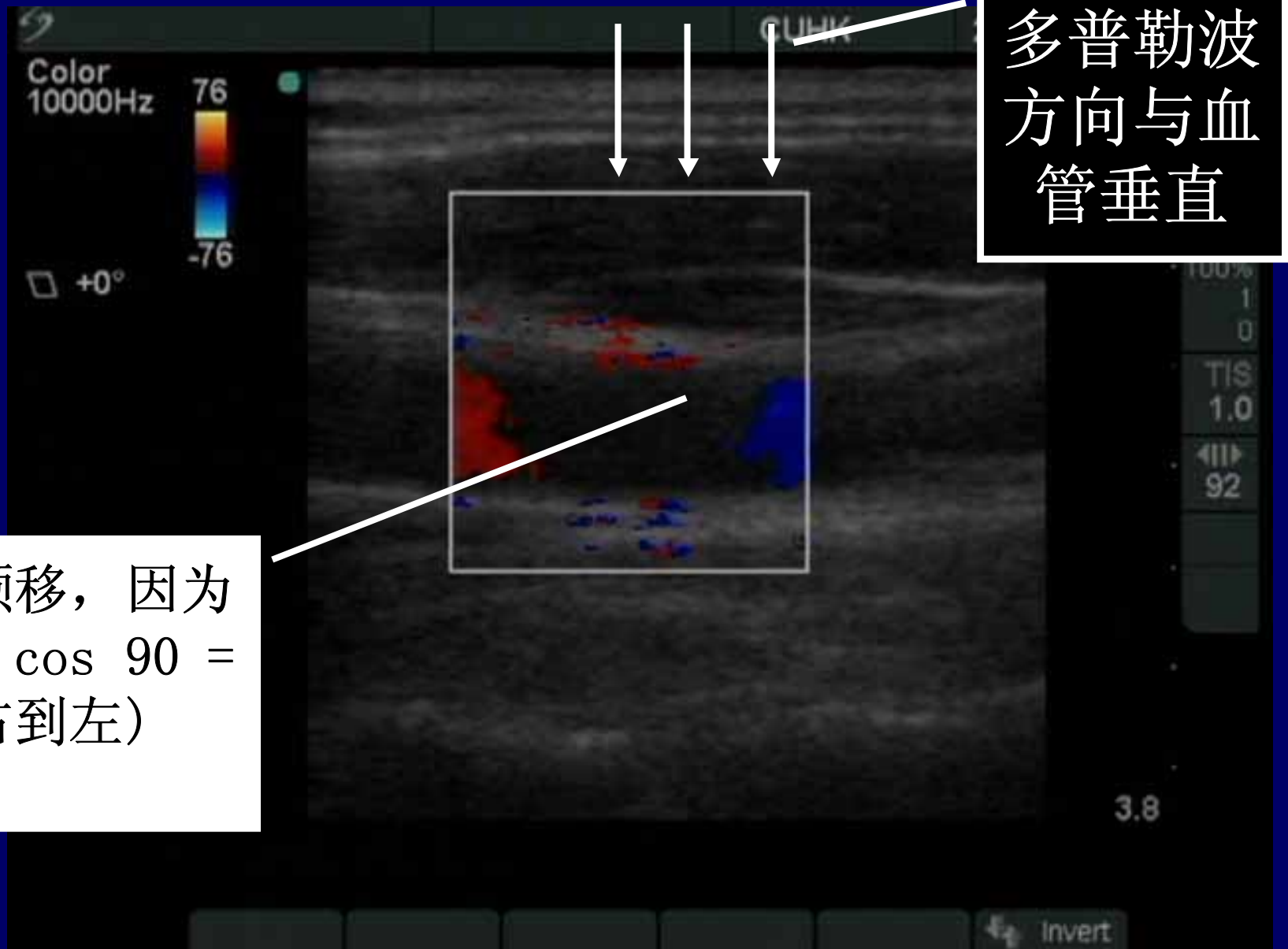
图像左边(头侧)

图像右侧(尾部)

蓝色 → 负频移 → 血流从右往左



4: 多普勒波方向与血管垂直 (zero degree box steering)



黑色：无频移，因为 $\theta = 90^\circ$ ， $\cos 90 = 0$ （血流从右到左）



彩色多普勒超声中的混迭现象 (Aliasing in Pulsed Doppler)

- 彩色多普勒血流显像
- 凡超过彩色标显示最高流速者，
- 表现为异常方向色彩，
- 即由红变蓝或由蓝变红的相反颜色，
- 称为彩色混迭。

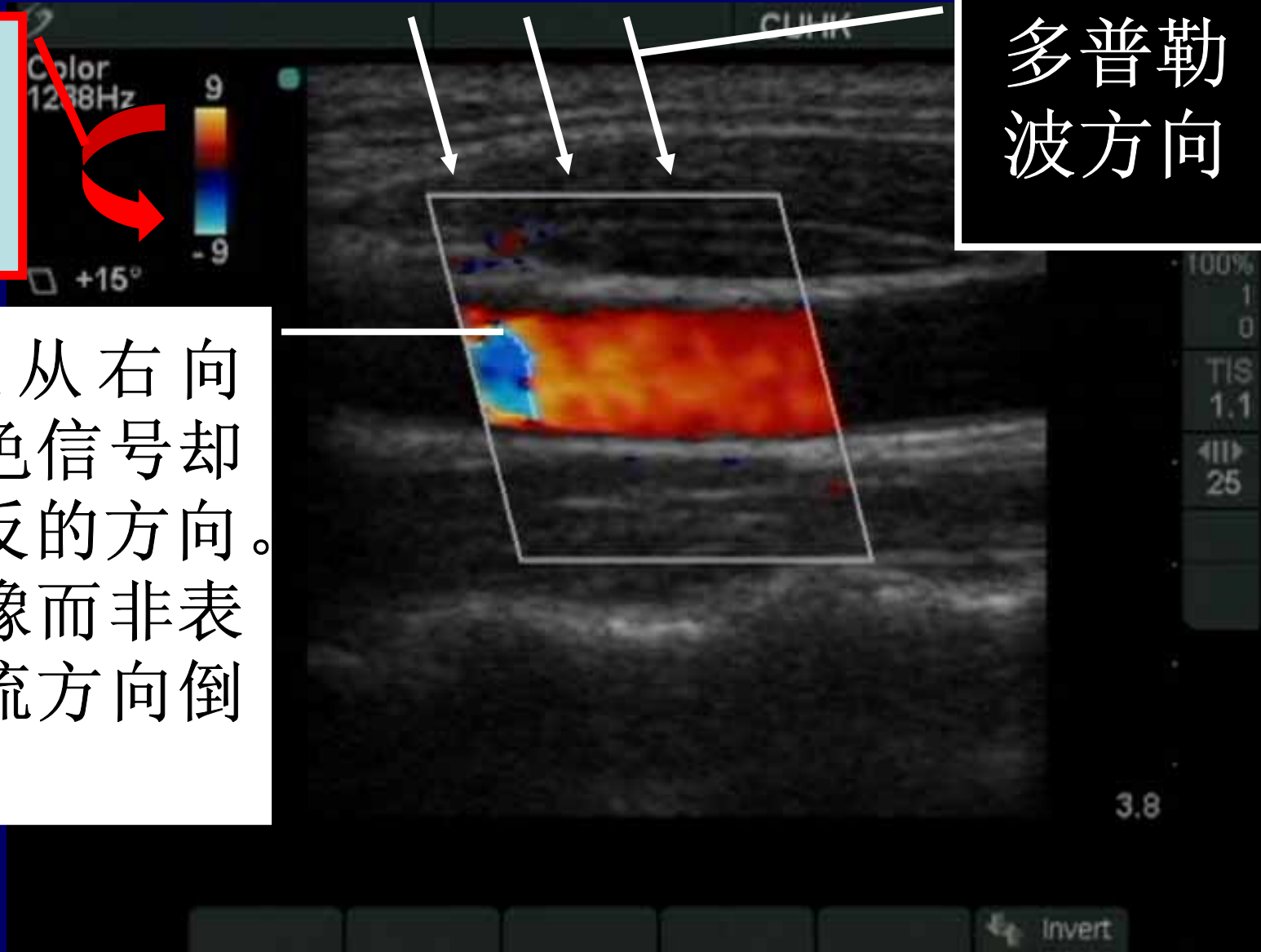
5: 彩色混迭伪像 (不匹配的速度彩色区间过窄)

Aliasing with inappropriately low range of velocity scale on the colour bar

速度彩色区间过窄

多普勒波方向

虽然血流是从右向左，当时彩色信号却“折向”相反的方向。这是一种伪像而非表示真正的血流方向倒转。





伪像和速度颜色标尺

Aliasing & Velocity Colour Scale

- 速度颜色标尺 (Velocity colour scale)
 - ✓ 通过颜色对速度范围进行赋值
- 如果测得的速度超出所选择的标尺，就会产生伪像
- 扩大标尺范围使得实际速度处于选择的范围以内就可以避免这一问题

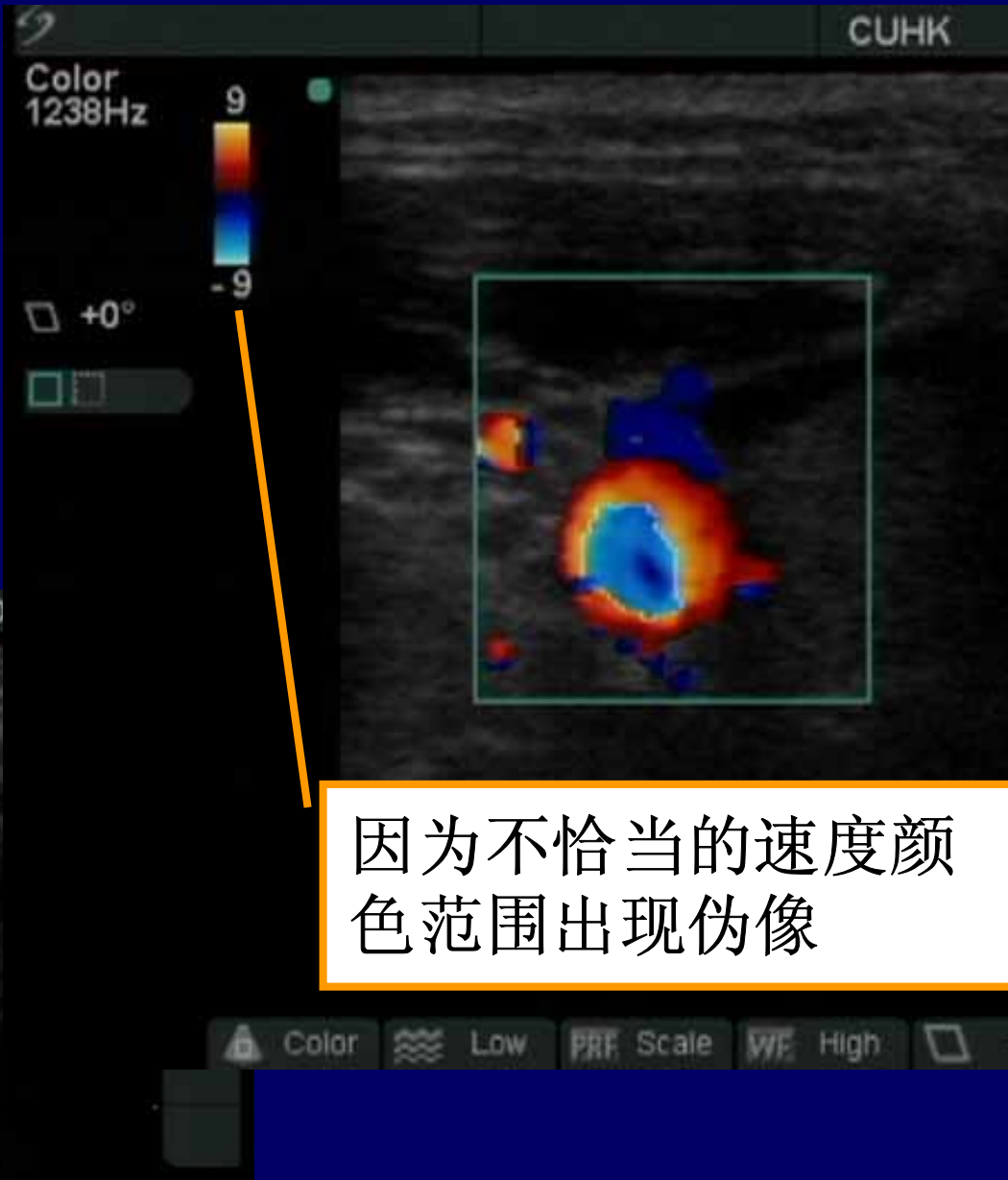
横切面颈总动脉图像



红色（正频移）因为探头角度面对心脏



因为不恰当的速度颜色范围出现伪像

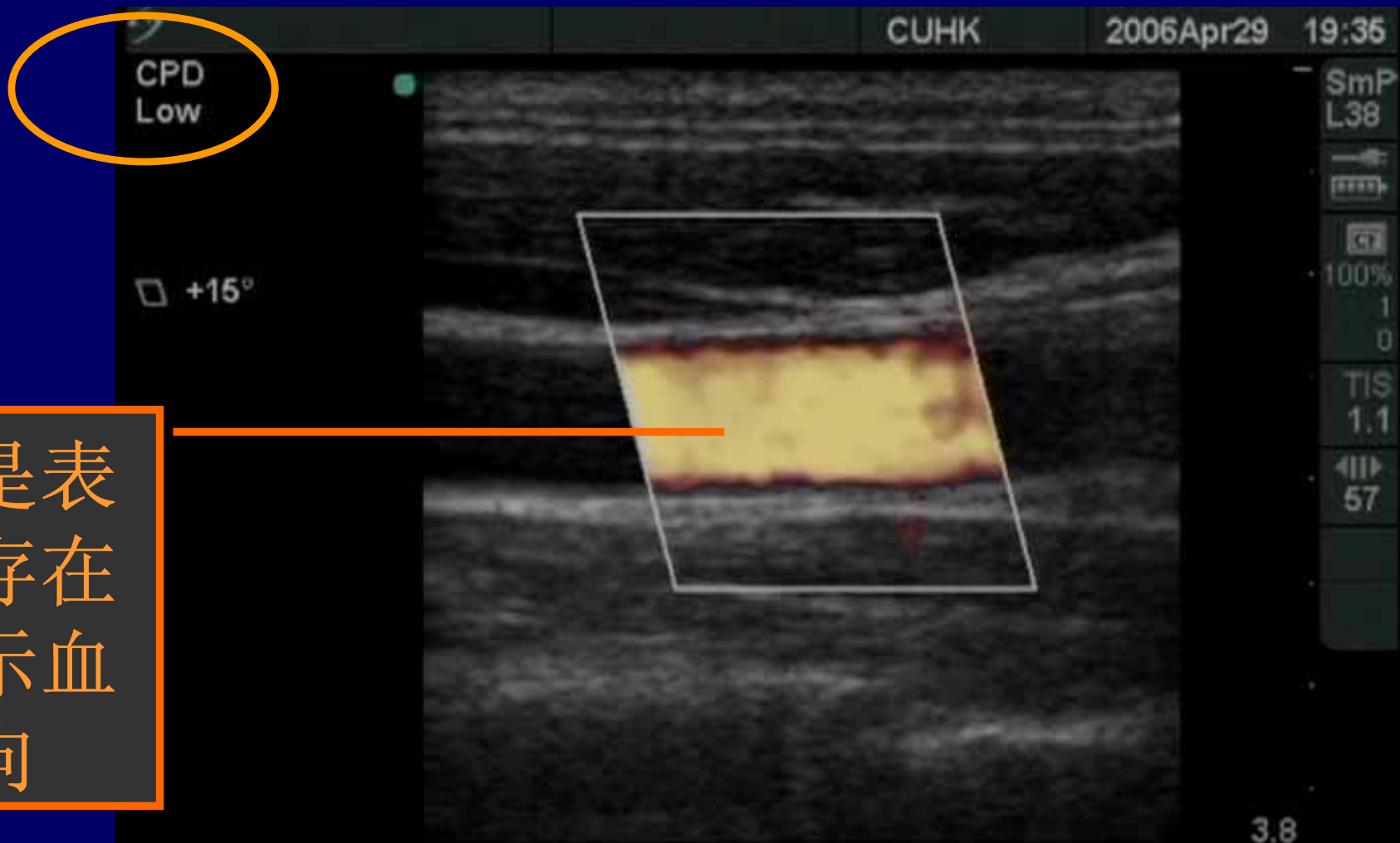


蓝色（负频移）探头角度背离心脏





9: 颈总动脉能量多普勒图像 Common Carotid Artery Using Power Doppler (CPD)



颜色只是表明血流存在而不提示血流方向

颈总动脉纵向图像



脉冲多普勒

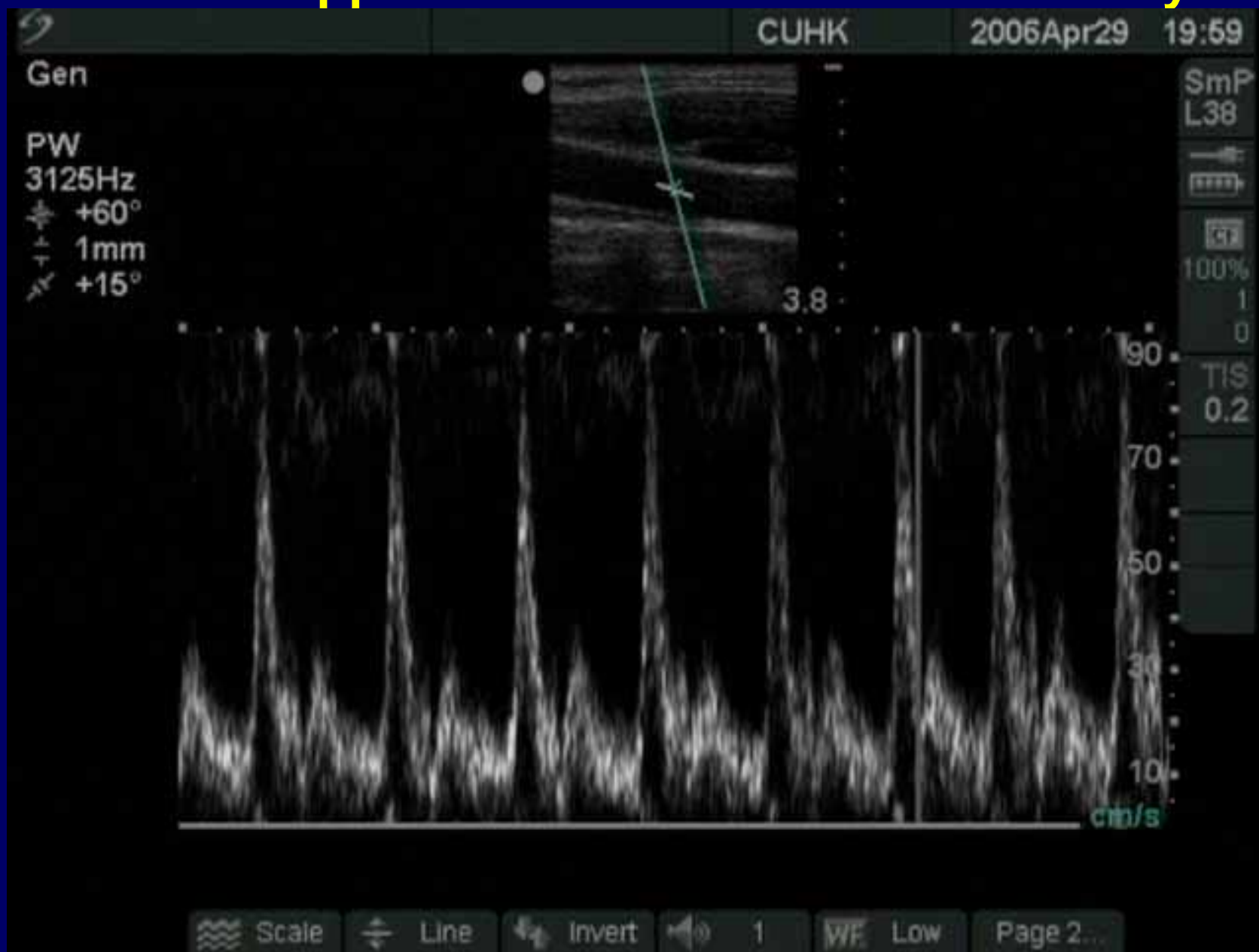
Pulse Doppler

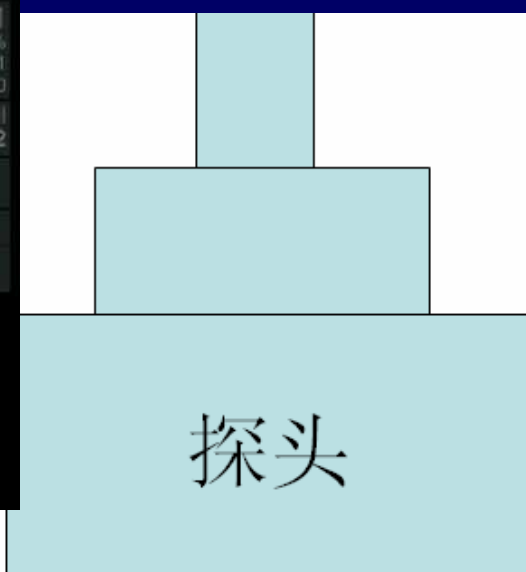
- 提供流速的定量数据
- 操作者可以调整取样容积的部位和范围以获得多普勒信息
- 如果角度合适就可以计算流速（多数为60度）
- 如果实际接受超声波角度与假设角度不同，在计算速度上会有错误。



颈总动脉脉冲多普勒

Pulse Doppler of the common carotid artery





多普勒超声
入射波方向

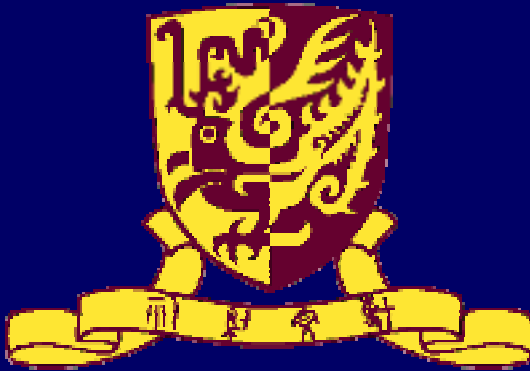


θ : 运动方向与入射声束
之间夹角

假定的血
流方向

多普勒超声基本理论

Basics of Doppler Ultrasound



Supported by



Department of Anesthesia and Intensive Care
The Chinese University of Hong Kong
Prince of Wales Hospital
Hong Kong

Web link: <http://www.usgraweb.hk>

Copyright: Department of Anesthesia and Intensive Care, CUHK