



中山大學  
SUN YAT-SEN UNIVERSITY



中山大學 附属第五医院  
THE FIFTH AFFILIATED HOSPITAL SUN YAT-SEN UNIVERSITY

# 小动物光声超声多模成像系统

董杰

2022年12月12日

## 一、仪器基本组成

## 二、超声成像模块

## 三、光声成像模块

## 一、仪器基本组成

## 二、超声成像模块

## 三、光声成像模块

## FUJIFILM 产品

Vevo 3100



超声 成像

Vevo F2



超声 成像  
低频到高频探头  
(1-71MHz)

Vevo LAZR-X



光声-超声 成像

Vevo 3100LT



超声 成像  
聚焦心血管

# 基本组成



中山大學  
SUN YAT-SEN UNIVERSITY



中山大學 附属第五医院  
THE FIFTH AFFILIATED HOSPITAL SUN YAT-SEN UNIVERSITY



成像室

成像显示模块

图像、探头型号和频率、图像灰度对比度信息等

成像室



操作面板

图像采集、探头选择、成像模块的选择、成像深度和增益值等

超声模块

超声信号发射与接收



光声模块

激光信号发射与超声信号接收

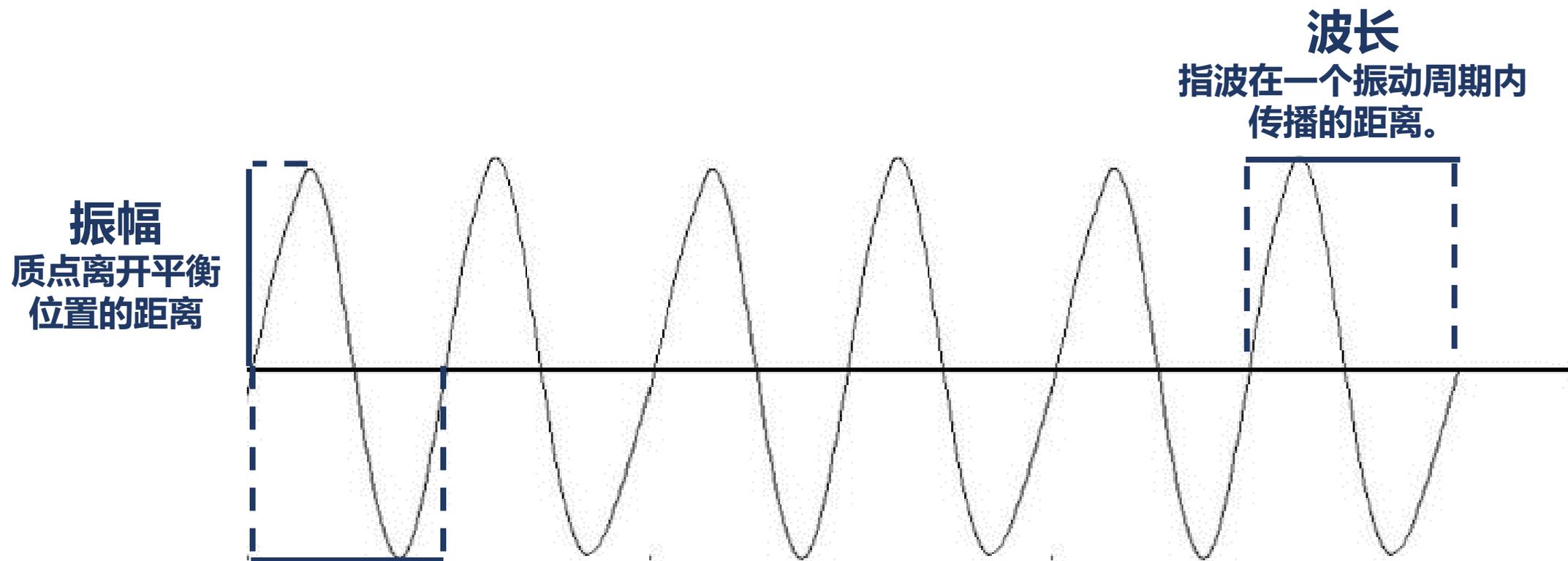


## 一、仪器基本组成

## 二、超声成像模块

## 三、光声成像模块

**声波：是一种机械波，由声源振动产生。必须依靠介质传播。**



**振幅**  
质点离开平衡位置的距离

**周期**  
质点由“平衡位置-波峰-波谷-平衡位置”所需时间

**波长**  
指波在一个振动周期内传播的距离。

**频率：质点在单位时间内振动的次数**

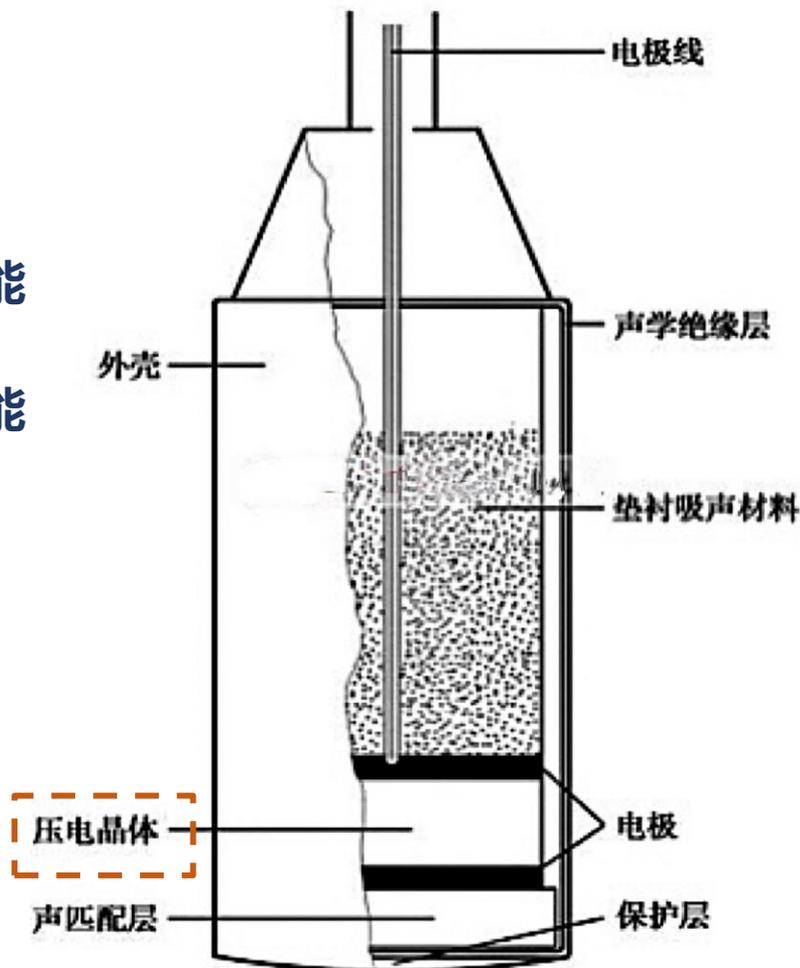
- 次声波：<20 Hz
- 人耳：20-20000 Hz
- 超声波：>20000 Hz 束射性（方向性强、能量集中）、波长短

## 超声探头构造

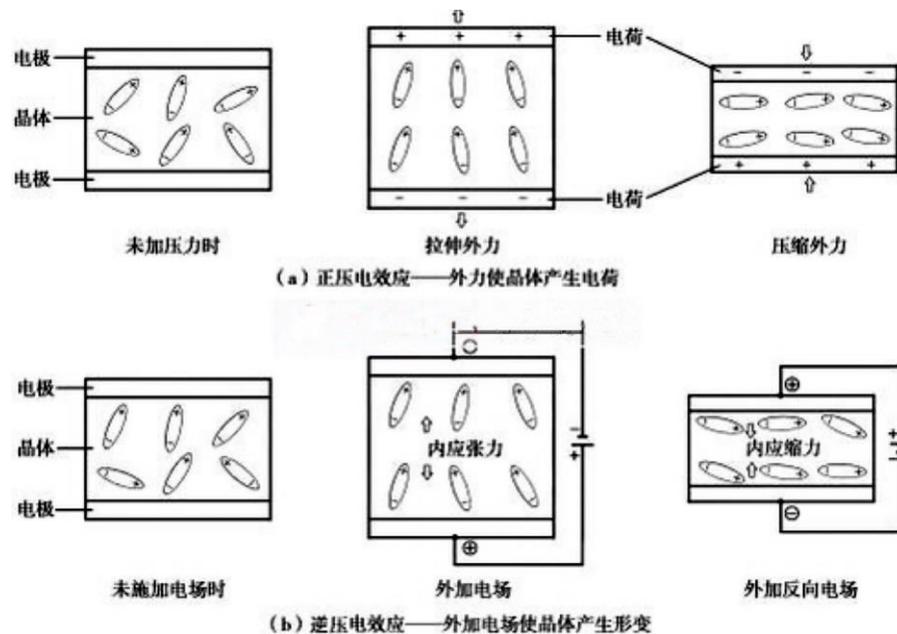
发射超声波：电能-机械能-超声能

接收超声波：超声能-机械能-电能

压电效应：晶体处于弹性介质中所具有的一种声-电可逆特性



## 压电效应



## “声进声出”

### Advantages of Ultrasound Imaging

- high-resolution maintained at depth
- real-time, non invasive, *in vivo*



- ✓ In vivo
- ✓ Non-invasive
- ✓ Real-time

FILIFILM | VISUAL SONICS

### 优点:

- 无损伤
- 实时动态成像
- 活体成像

### 缺点:

- 清晰度、分辨率等弱于CT
- 肺、骨骼、肠道成像效果差

反射类型	组织器官	二维超声图像表现
无反射型	血液等液体物质	液性暗区
少反射型	心肌、肝脏、脾脏等实质脏器	低亮度，低回声区
多反射型	心瓣膜、肝包膜等	高亮度，高回声区
全反射型	肺气，胃肠气等	极高亮度、高回声区，后有半影

## 特例：

- 1.骨骼：属于固体，内部不均匀且具有各向异性，声阻抗率和声衰减都比周围软组织高，超声波很难穿透骨骼，因此，很少用超声技术检查骨骼
- 2.肺、胃肠：存有气体，声阻抗率小，超声波难以在含有气体的组织中传播，通常不用超声检查肺、胃肠器官

Transducer	Description	3100	LAZR-X*
MX250	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rat cardiology and abdominal (&lt;400 g)</li> <li>Large tumor imaging (up to 23 mm in diameter)</li> <li>All contrast applications</li> </ul>	✓	✓
MX550D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mouse vascular</li> <li>Mouse/rat embryology</li> <li>Mouse abdominal</li> <li>Reproductive</li> <li>Small tumor imaging (up to 14 mm in diameter)</li> <li>Small rat vascular</li> <li>Some abdominal (kidney)</li> </ul>	✓	✓
MX700	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mouse embryology</li> <li>Epidermal imaging</li> <li>Superficial tissue</li> <li>Subcutaneous tumors (&lt;9 mm)</li> <li>Mouse vascular</li> <li>Ophthalmology</li> </ul>	✓	

**频率：1.8 ~ 2.6W Hz**

**适用于大鼠成像**

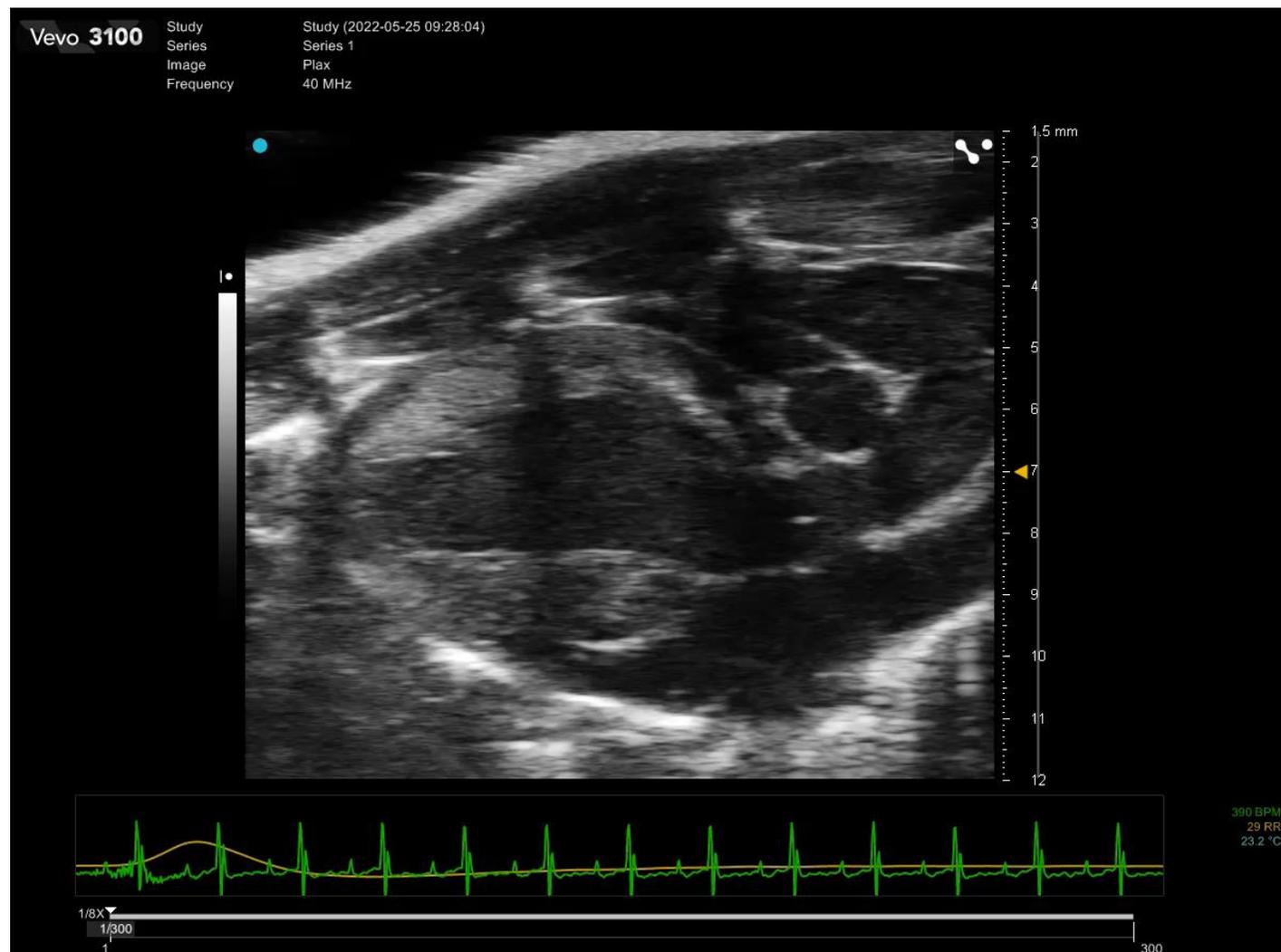
**频率：3 ~ 4W Hz**

**适用于小鼠成像**

**频率：6 ~ 7W Hz**

**适用于斑马鱼成像**

## B-Mode: 俗称B超, 成像用于获取感兴趣区域的二维结构成像。



### 评价心脏左心室收缩功能

可获得指标:

舒张末期和收缩末期心室面积 (Area,d; Area,s)

舒张期和收缩期容积 (Volume,d; Volume,s)

射血分数 (Ejection Fraction)

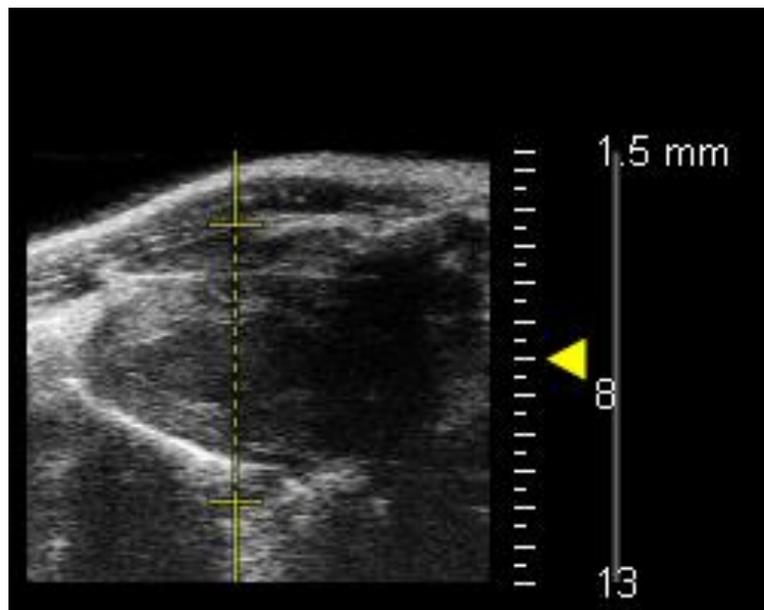
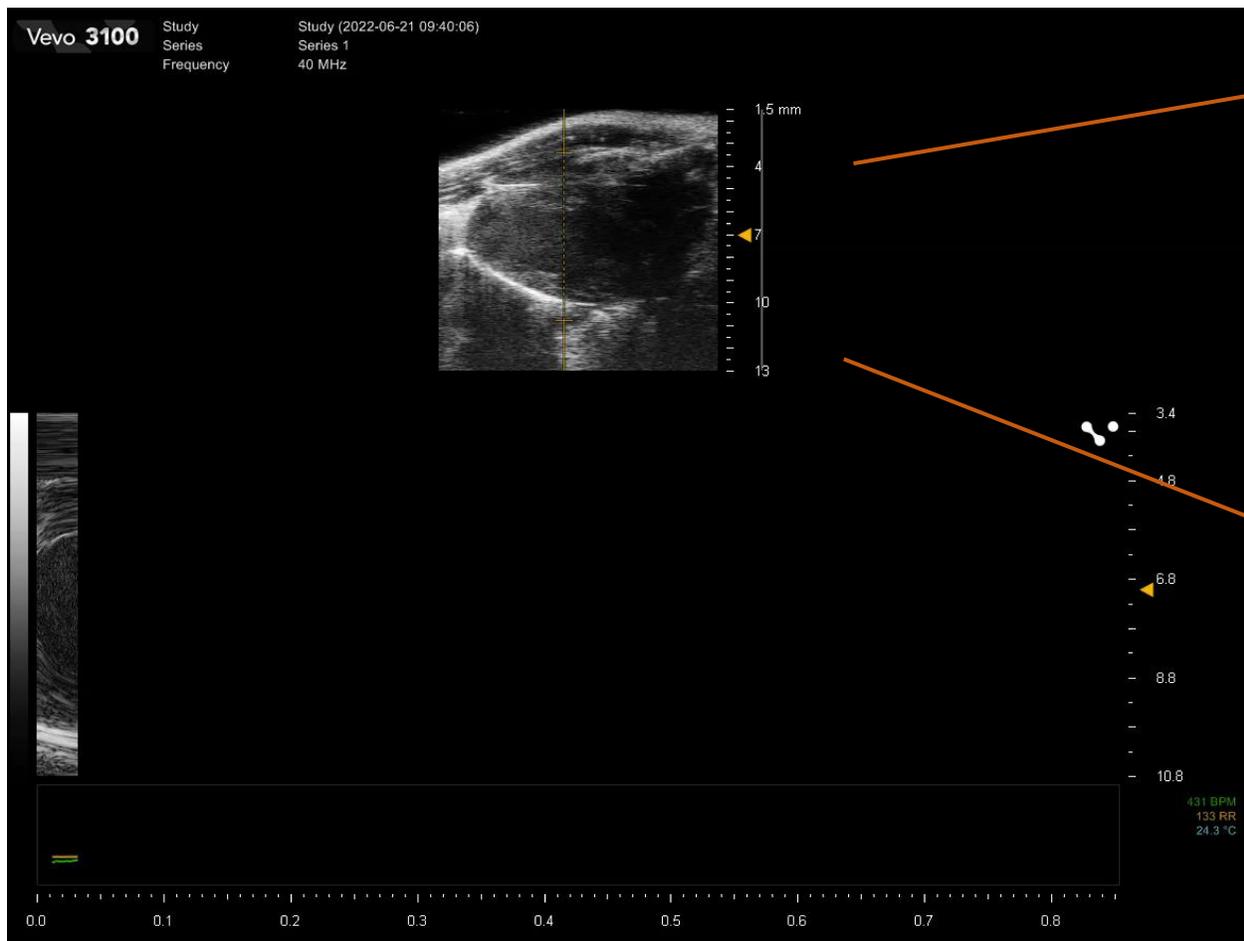
缩短分数 (Fractional Shortening)

心输出量 (Cardiac Output)

每搏输出量 (Stroke Volume)

小鼠心脏左心室长轴  
B-Mode图像

**M-Mode**: 或称运动模式, 利用B Mode影像, 针对某一扫描线进行该区域随时间变化的量化分析。可应用于心脏或血管管壁运动分析研究。



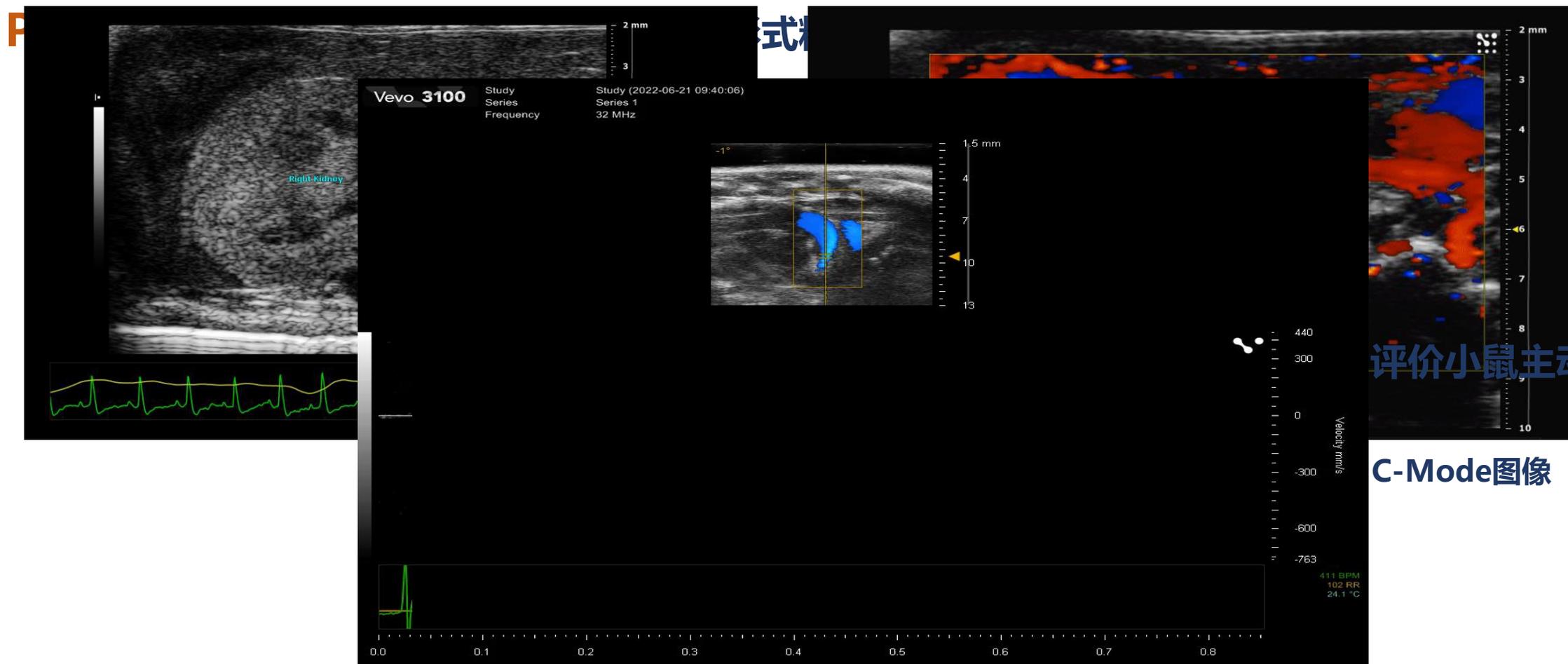
评价心脏左心室收缩功能

(可获得指标同小鼠心脏左心室长轴B-Mode图像)

小鼠心脏左心室长轴  
M-Mode图像

**C-Mode:** 彩色多普勒模式，俗称彩超，进行具有方向性的血流信号探测，粗略估量血流的方向和速度。

**P-Mode:** 能量多普勒模式，与C模式类似，主要对血流信号进行探测，但不显示血流的方向。

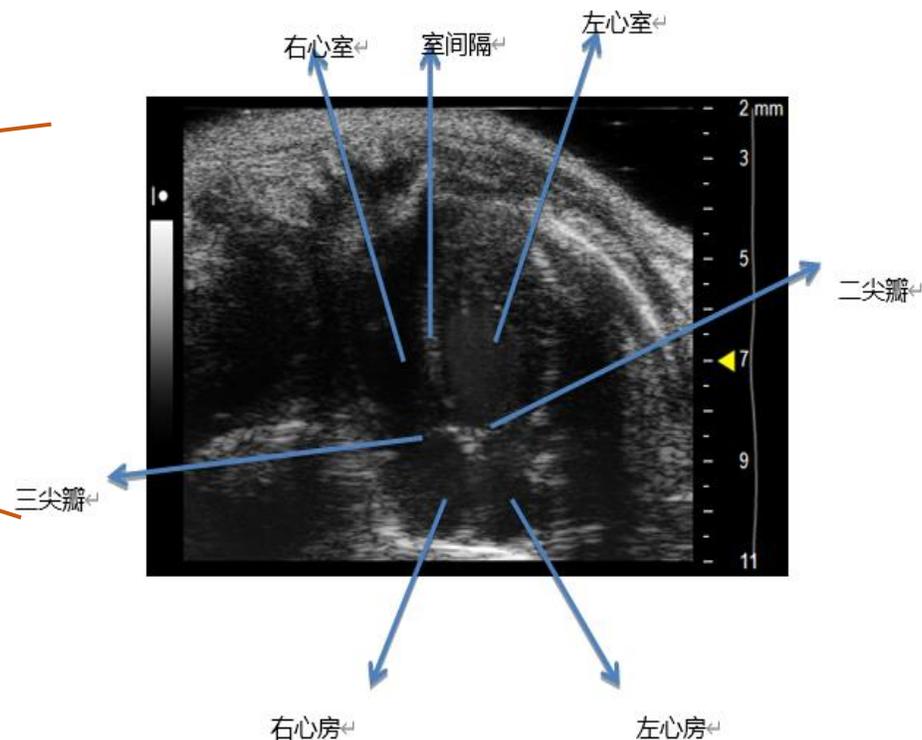
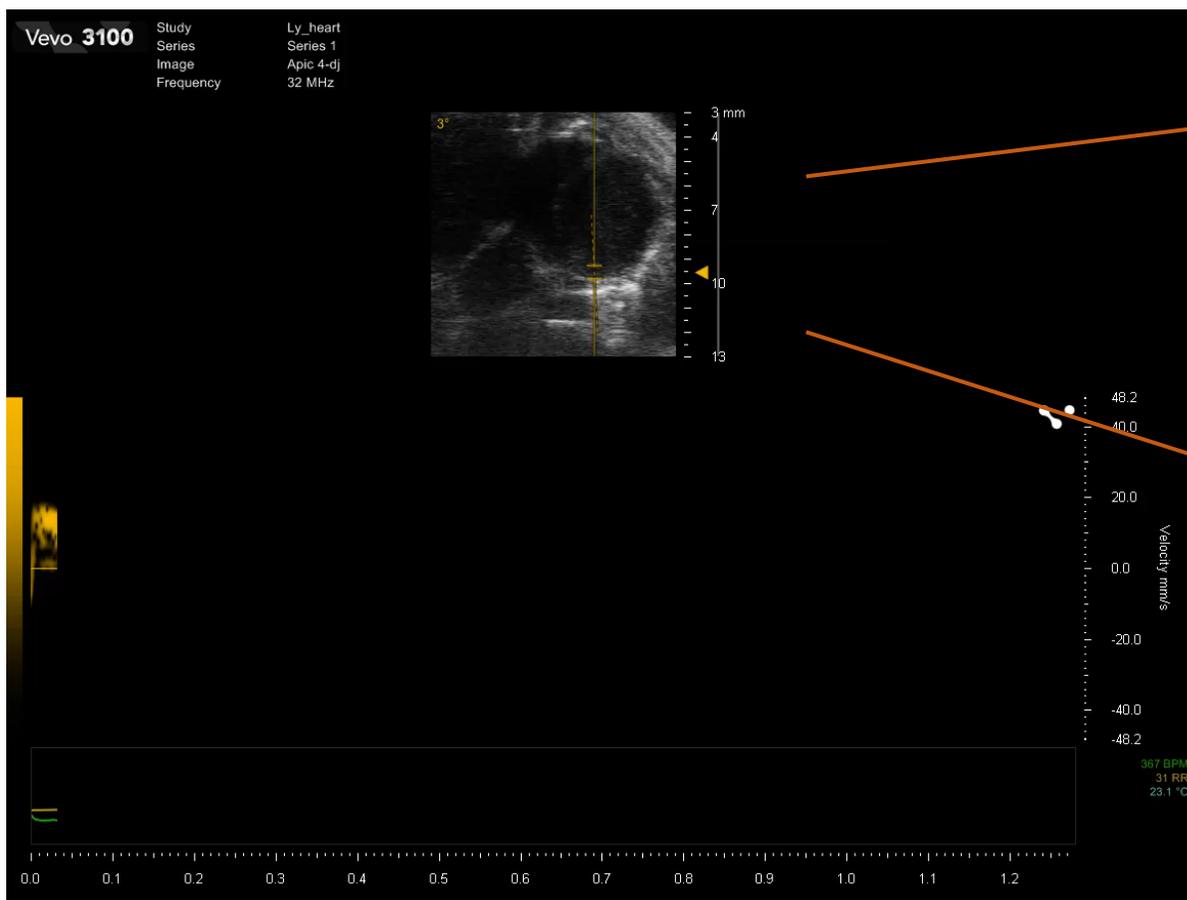


评价小鼠主动脉弓血流

C-Mode图像

小鼠主动脉弓 脉冲多普勒图像

**T-Mode:** 组织多普勒模式，用于心肌组织，从而获得关于心肌组织运动速度、方向、时间等方面的信息。



评估心肌健康程度

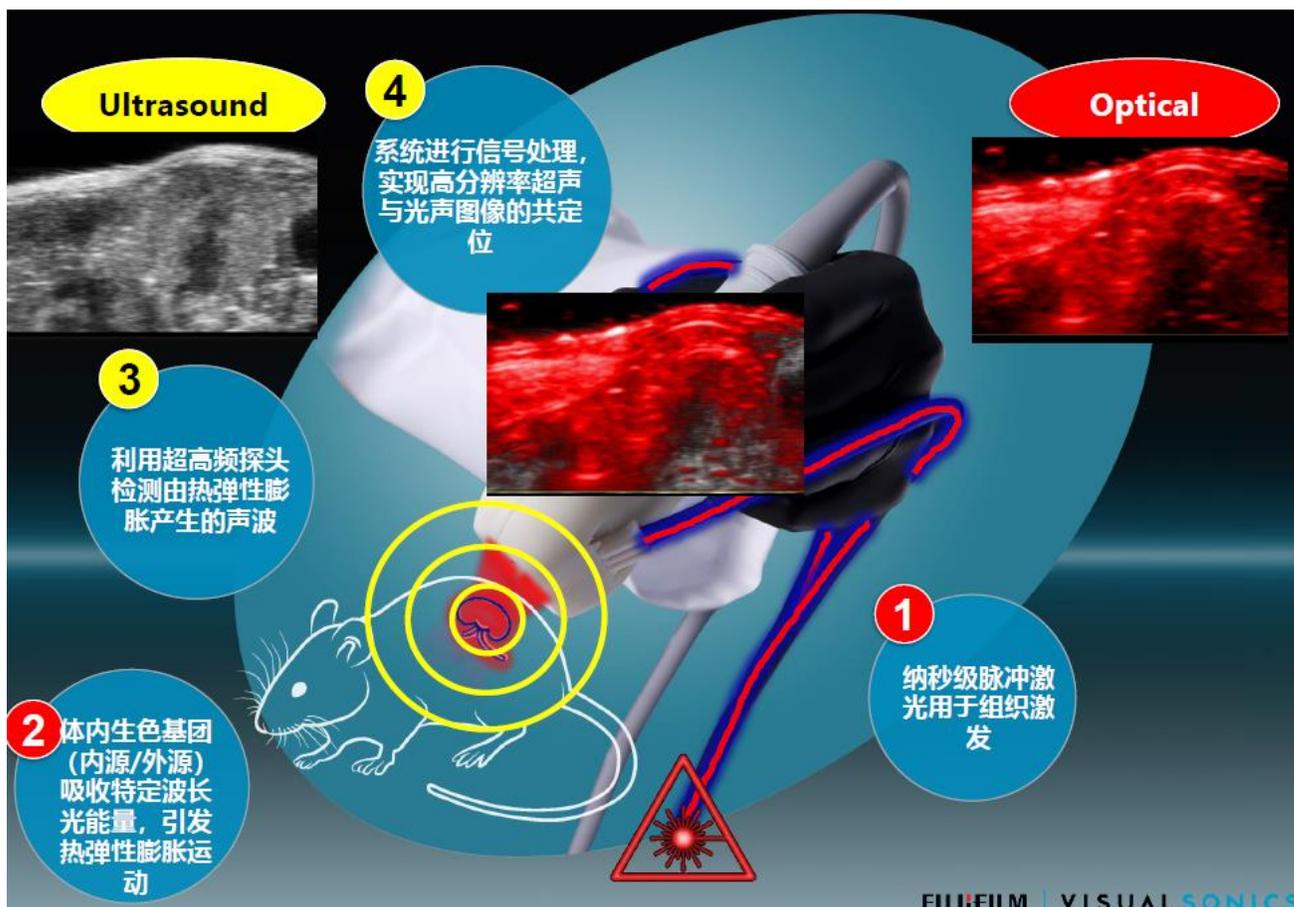
小鼠四腔心切面二尖瓣T-Mode图像

## 一、仪器基本组成

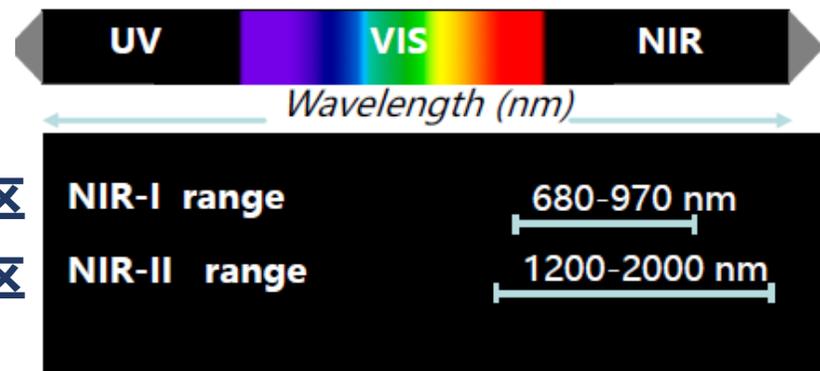
## 二、超声成像模块

## 三、光声成像模块

## “光进声出”



## 成像范围:



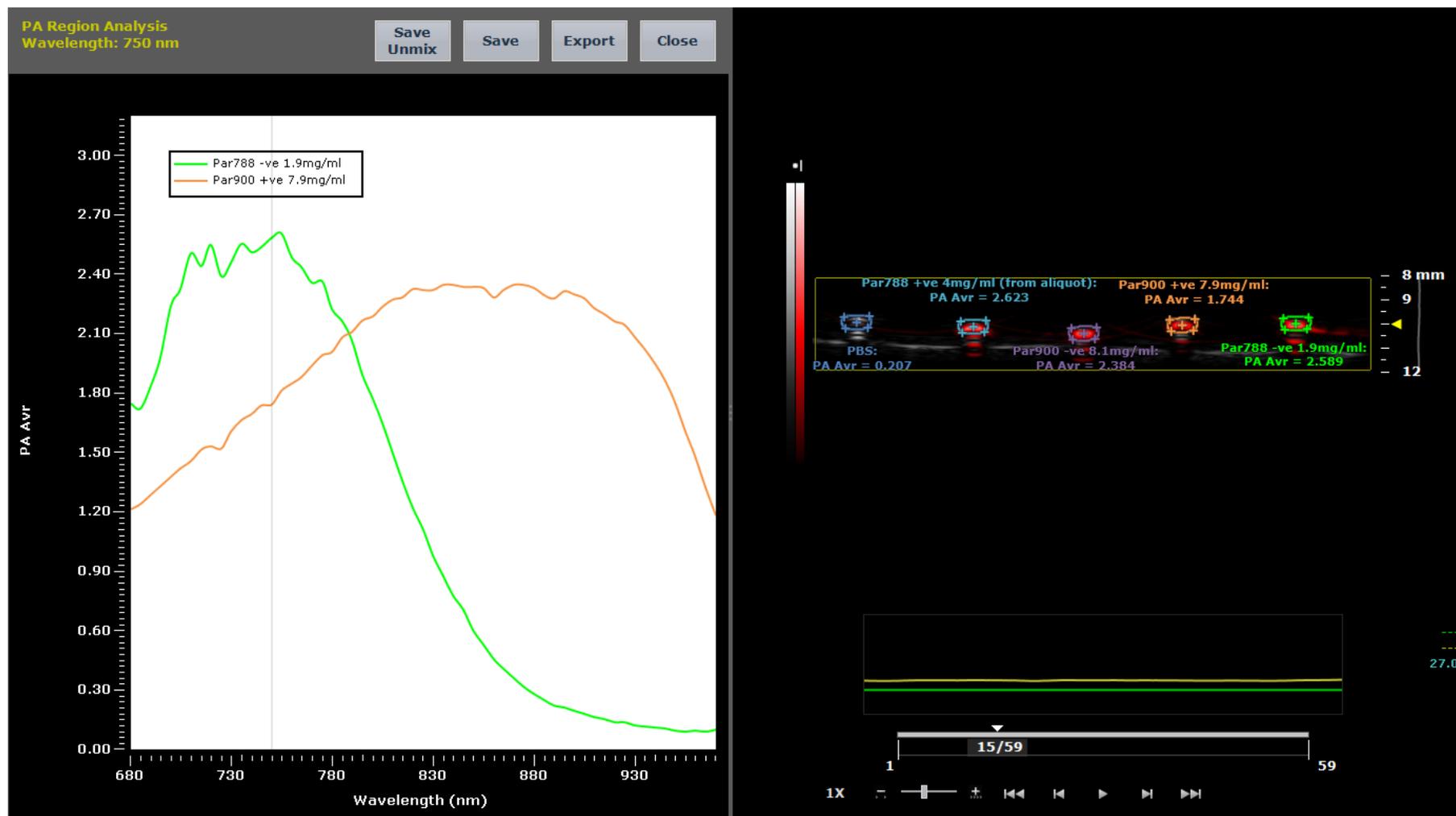
近红外一区

近红外二区

## 光声造影剂:

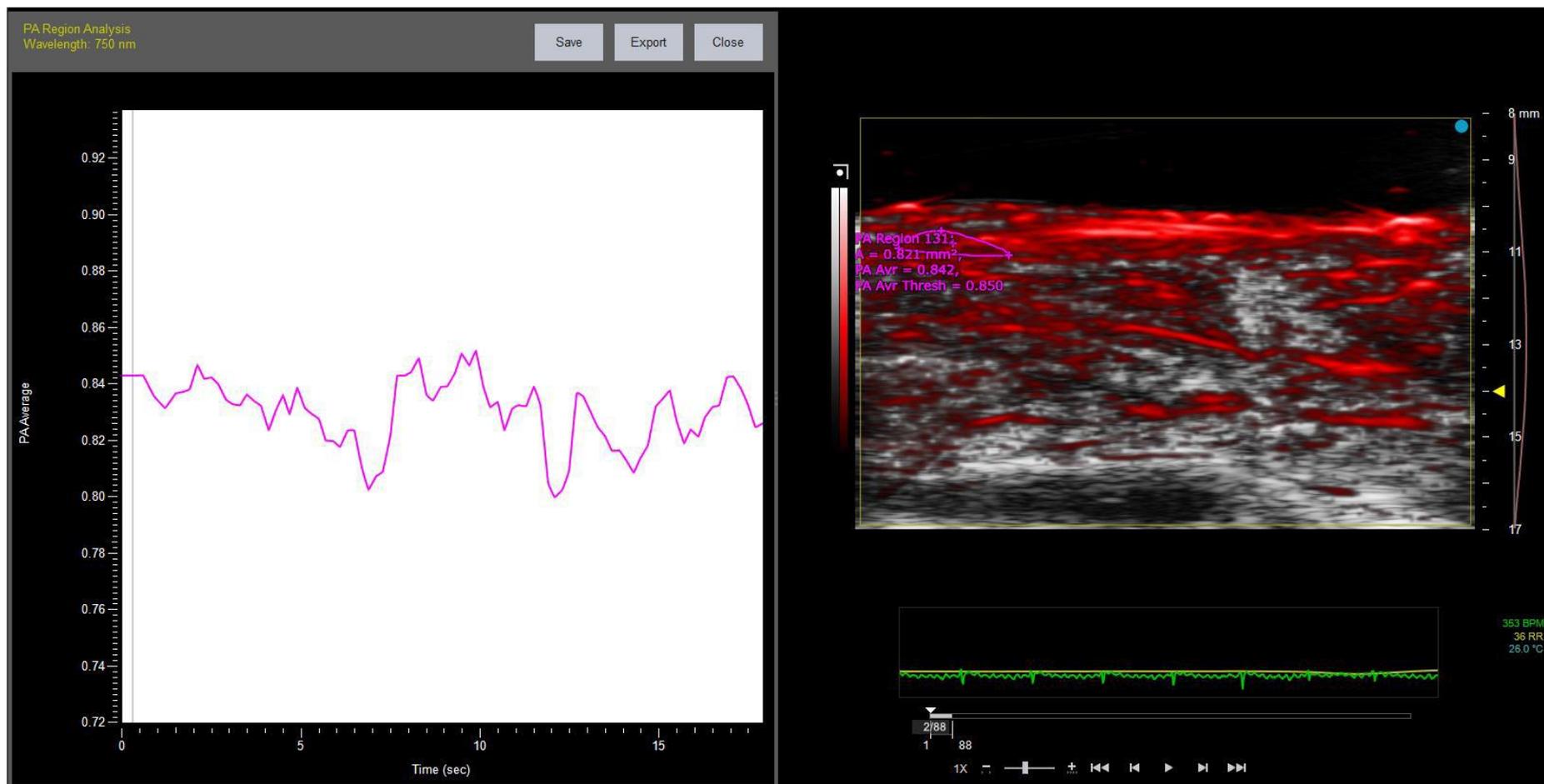
- 内源: 血红蛋白、黑色素、胶原、脂类;
- 外源: 纳米材料、荧光分子、染料;

## 全光谱扫描 (Spectro) : 光声材料的光谱确定



材料光谱图 (左) + 材料全光谱扫描 (右)

## 单波长扫描 (Single) : 使用个单一波长进行光声成像

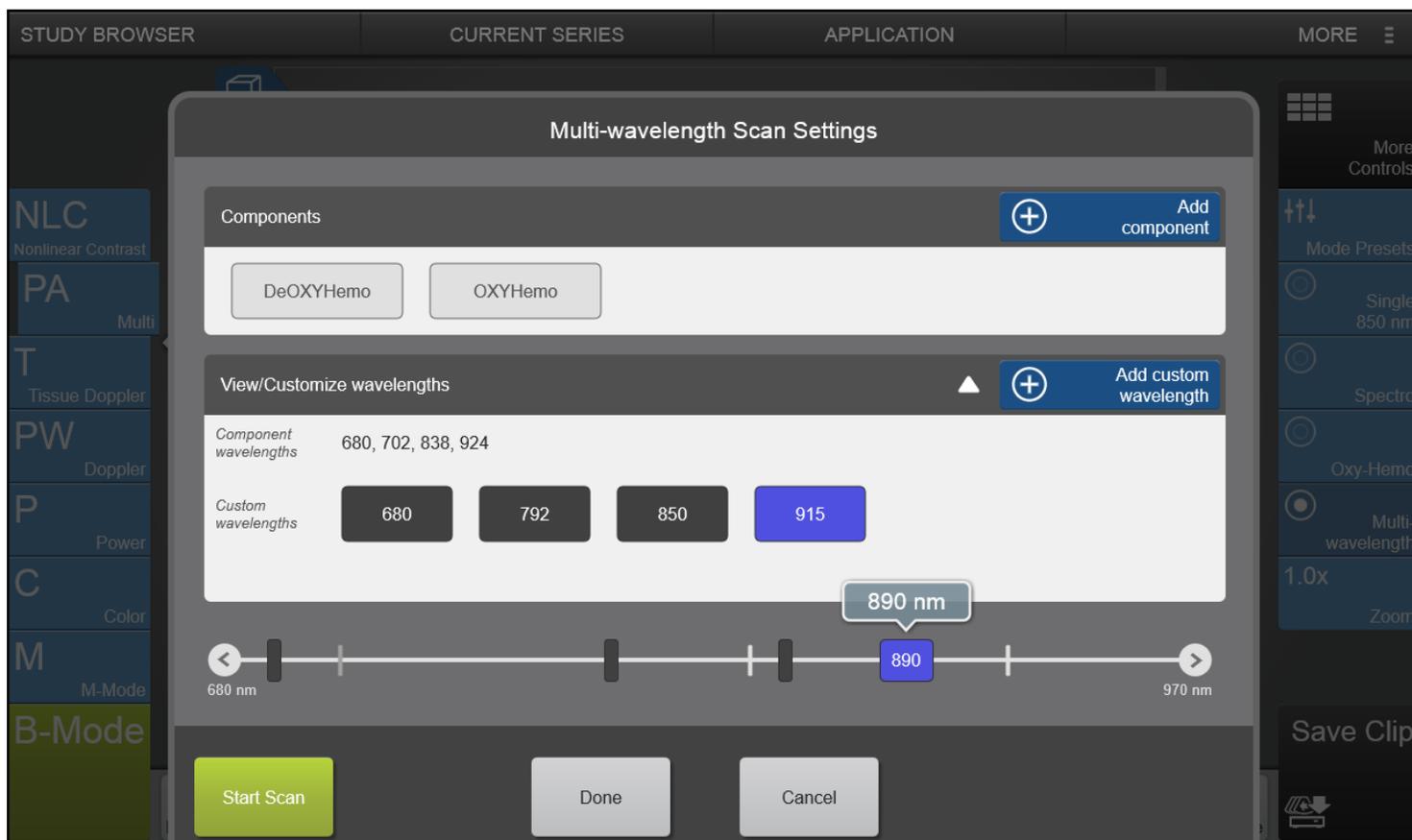


主要用于体内条件优化

TGC (时间增益补偿) : 通过调整TGC可以补偿路径长度不同引起的差异

右图圈中区域光声信号随时间变化图谱 (左) + 动物体内单波长扫描 (右)

## 多波长扫描 (Multi wavelength) : 使用多个波长进行光声成像

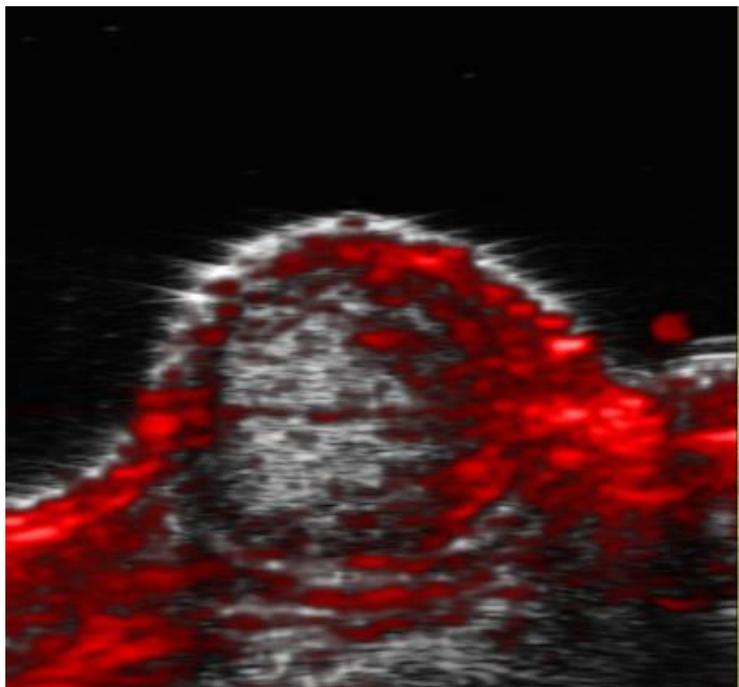


仪器多波长扫描操作界面

## 多波长扫描 (Multi wavelength) : 使用多个波长进行光声成像

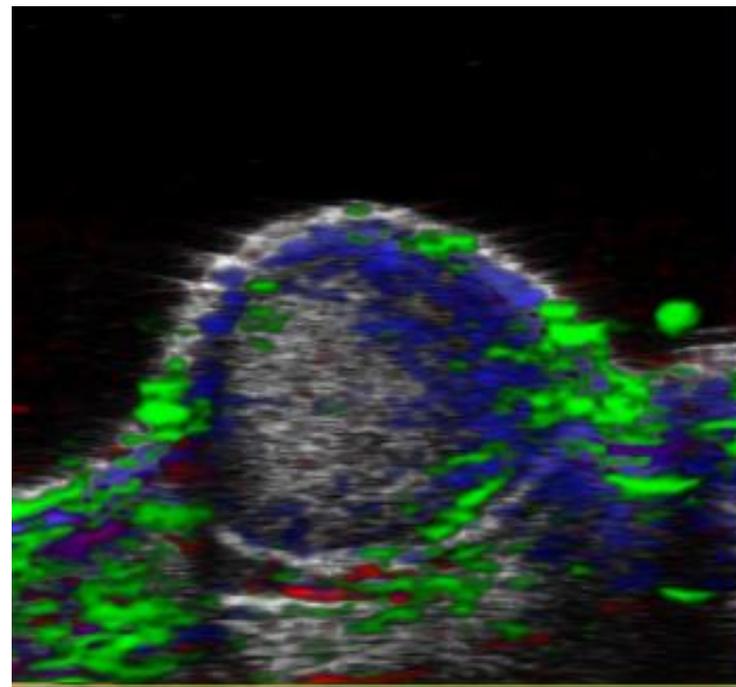
光谱拆分 (Unmixing) : 不同组分光声信号的识别

拆分前

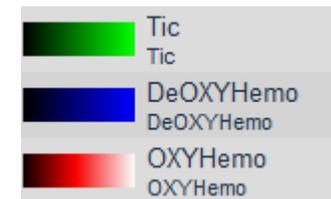


肿瘤多波长扫描图像

拆分后

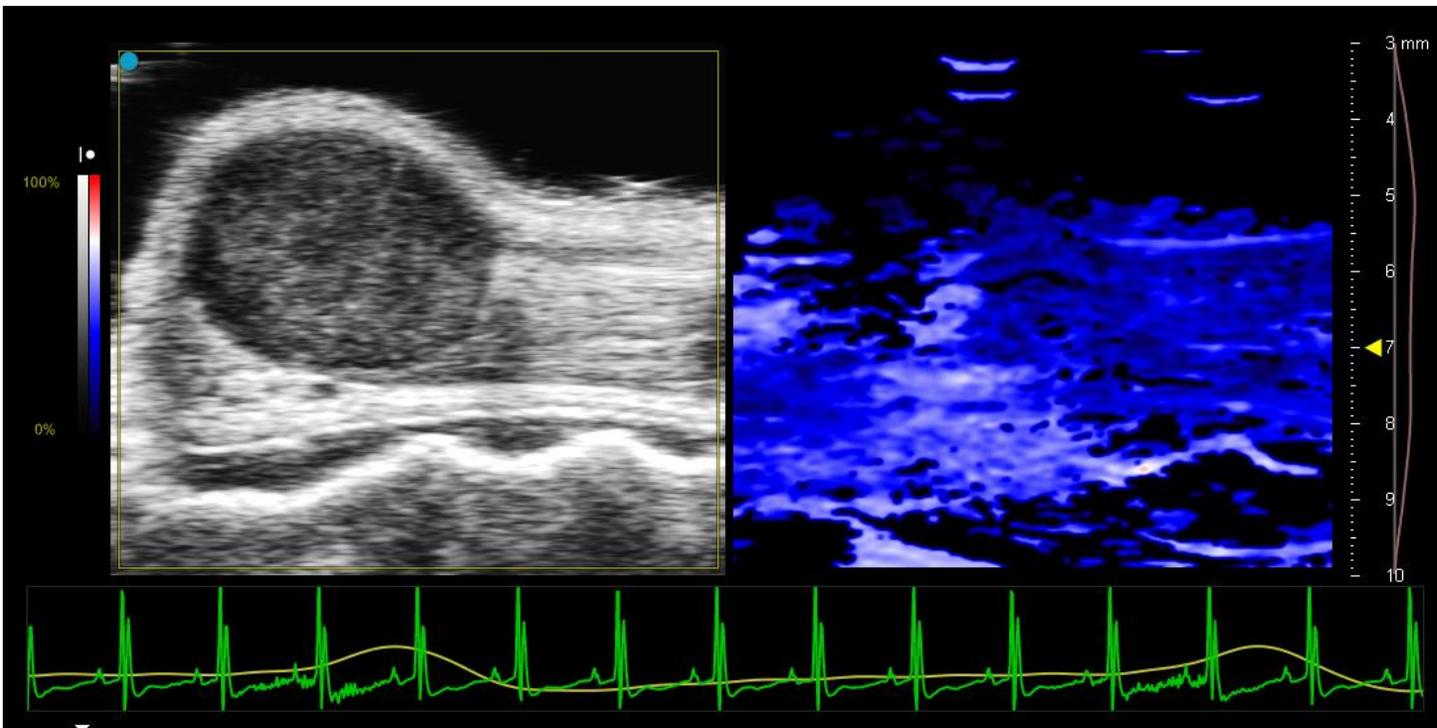


肿瘤多波长扫描图像

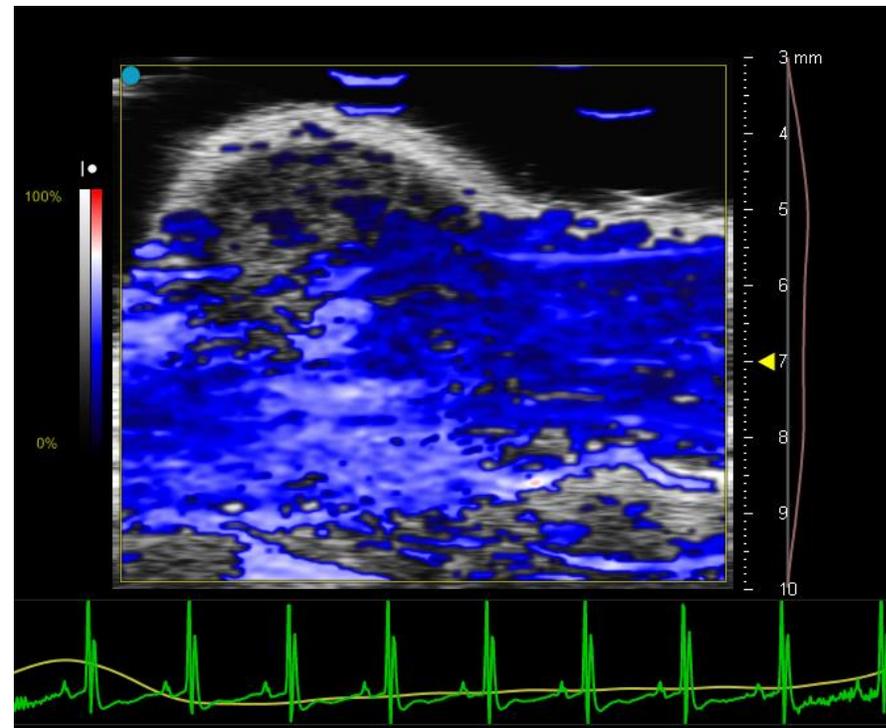


含量血红蛋白  
乏氧血红蛋白  
目标材料

**血氧模式 (Oxy-Hemo) : 测定脏器或肿瘤部位血红蛋白或血氧饱和度信息**

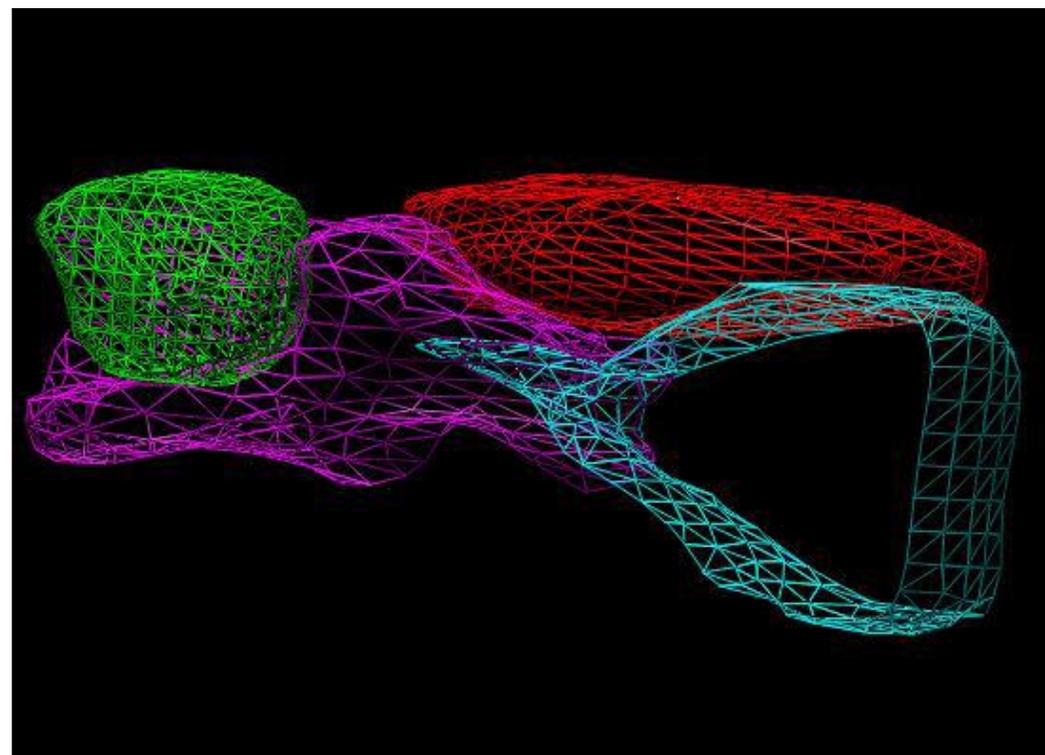
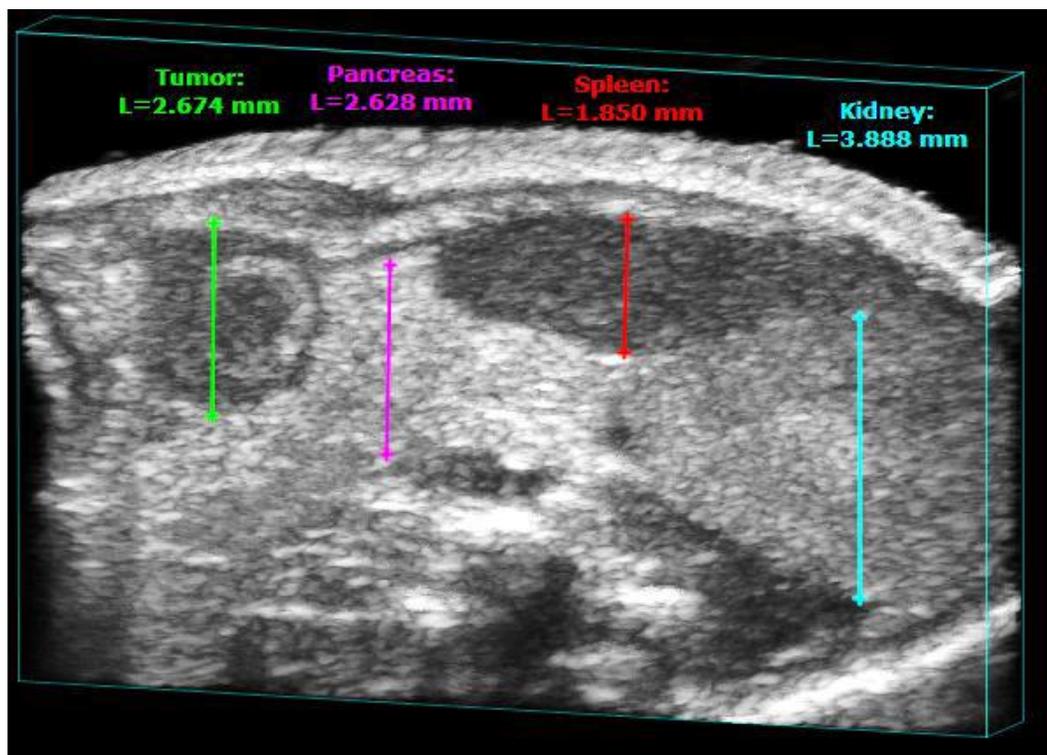


肿瘤血红蛋白检测图像  
Display Layout (side by side)



肿瘤血红蛋白检测图像  
Display Layout (Both)

**3D-Mode: 三维成像模块，通过步进马达进行自动而精细的二维断层结构扫描，重建出三维立体结构数据，随之进行相应的测量与分析。**



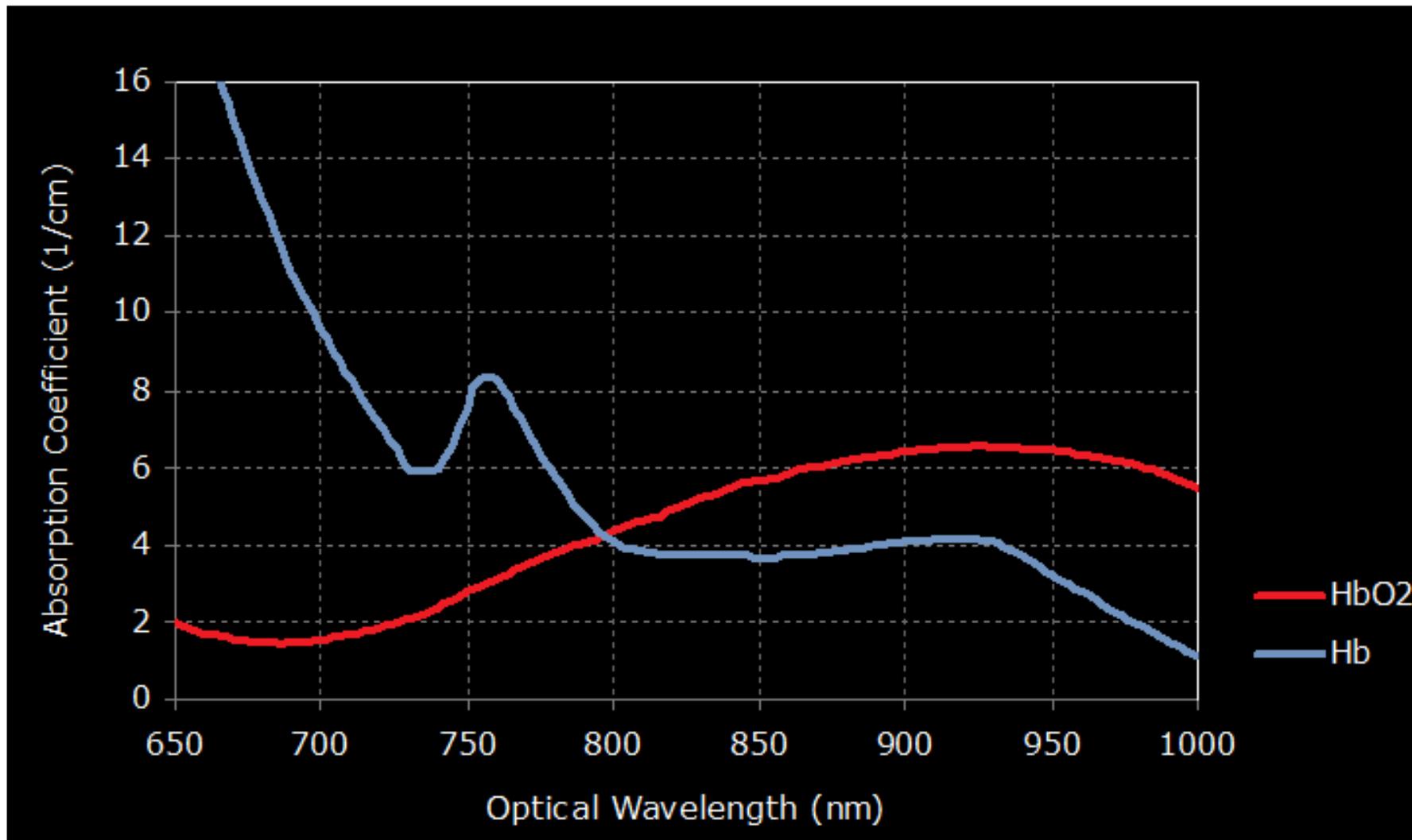
肿瘤  
胰腺  
脾脏  
肾脏

小鼠原位胰腺肿瘤模型3D成像



# Thank you!

## 光谱拆分 (Unmixing)



# 小鼠心脏功能

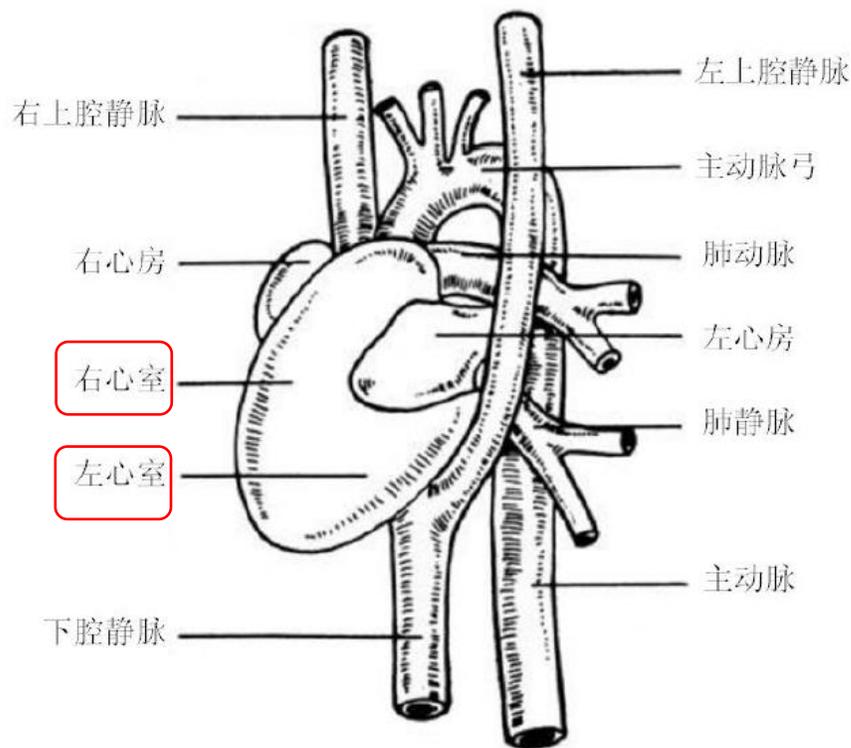


图 1.小鼠心脏解剖图

## 左心室

左室长轴(PSLA): B-Mode、M-Mode  
 左室短轴(SAX): B-Mode、M-Mode  
 四腔心切面(Apic4): PW-Mode、T-Mode

心率: 400-650

心率: 350-400

## 右心室

右心: M-Mode  
 肺动脉: B-Mode、PW-Mode

心率: 400-650

- 测量过程中, 保持不同个体麻醉深度和心率一致!
- 成像截面正确选择并在不同个体中保持一致。