



6 LAB



D10 LAB Pro



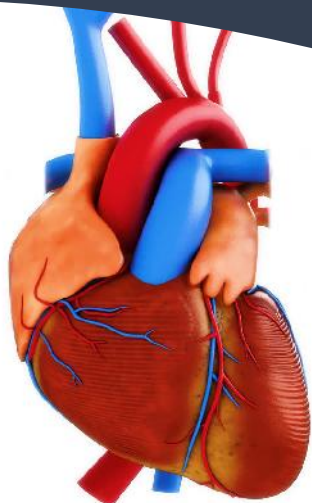
D650 LAB



ULTIMUS 9 LAB

VINNO 小动物超声成像 使用手册

-心脏篇-





目 录

摘要	2
心脏的基本结构和相关英文缩写	4
1.左心功能评价：收缩功能	5
1.1 胸骨旁长轴切面	5
1.2 胸骨旁长轴切面 M 型超声	7
1.3 胸骨旁短轴切面	9
1.4 胸骨旁短轴切面 M 型超声	11
2.左心功能评价：舒张功能	13
2.1 心尖四腔切面	13
2.2 心尖四腔切面彩色多普勒	15
2.3 心尖四腔切面二尖瓣血流	16
2.4 心尖四腔切面二尖瓣环组织多普勒	16
3.右心功能评价	18
3.1 胸骨旁右心长轴切面	18
3.2 胸骨旁右心长轴切面 M 型超声	20
3.3 心尖四腔切面三尖瓣血流	21
3.4 心尖四腔切面三尖瓣 M 型图像	21



摘要 (心脏篇)

VINNO 小动物超声成像手册心脏篇主要指引操作者掌握心脏常用超声切面扫查方法，了解心脏超声常用的测量和计算方法，拿到更为准确、重复性更高的数据。

心脏常用的超声切面包括：

- 胸骨旁长轴切面
- 胸骨旁短轴切面
- 心尖四腔切面等

探头的选择：

1、气体麻醉（异氟烷）

使用异氟烷作为麻醉手段具有诱导和复苏均较快，不会影响动物的生理指标，是目前国际惯用的麻醉方式，成果易得到国际承认等优点。几乎适用于所有实验，尤其需长时监测的实验。研究表明，异氟烷麻醉能维持动物的心率、血氧分压、血液 pH 等生理功能处于稳定状态，适合情况复杂且持续时间较长的动物实验，包括连续监测动物参数变化。

2、大小鼠专用超声探头

针对动物种类设计的探头大小以及探头频率：

- 小鼠：X10-23L 型号探头
- 大鼠：X6-16L 型号探头

3、保温心电图模块

通过保温心电图模块实时监测实验动物心率，同时保持实验动物体温恒定，配合异氟烷气麻可以便于对采集的数据进行准确控制和精确分析。

动物准备：

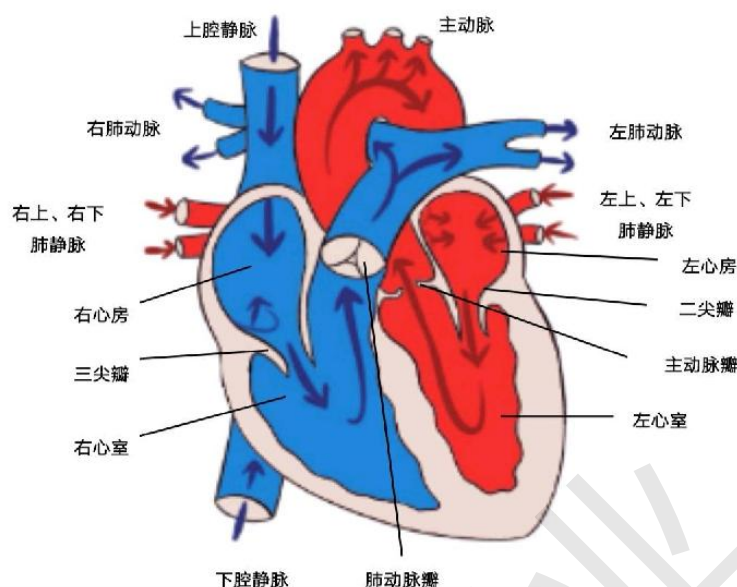
1) 大小鼠的生理状态，包括心率、体温、呼吸频率等会很大程度的影响心脏功能，而生理状态受到大多数麻醉剂的影响。在超声图像采集中，需要保持动物体温、监测心率和观察呼吸频率。



- 2) 有条件的实验室可配备专用的加热动物床或保温心电板将动物体温维持在生理范围内(35.5°C-37.5°C)。
- 3) 在心电板铜片上涂抹少量导电胶或耦合剂, 将动物脚掌固定于其上, 这样可以获得动物的心电图信息。
- 4) 小动物超声图像采集中动物需要被麻醉, 以避免图像采集过程中的动物移动, 影响成像效果。最常用的麻醉剂是异氟烷, 动物先在诱导盒中进行诱导麻醉, 使动物进入快速麻醉状态。随后进行维持麻醉, 浓度范围为(1%-2%)。在实验过程中需要根据心电图显示的实时心率调节麻醉浓度。一般建议整个超声过程中麻醉时间尽量控制在十分钟之内, 实验效果更好。
- 5) 动物需要用脱毛膏脱去成像目标区的毛发(可先用电动剃刀去掉大部分毛发, 再使用脱毛膏脱毛), 然后用水清洗, 减少脱毛膏对探头的腐蚀, 再采集图像。动物血流动力学效应会随着麻醉时间的延长而变化, 因此建议提前一天脱毛, 可以减少麻醉对实验动物的影响。
- 6) 必须注意在诱导麻醉后, 需要保证使用相近的心率进行超声图像采集。小鼠心脏功能评估期间心率需要维持在 400 bpm-650 bpm 之间, 心率高于 650 bpm 会导致自主神经激活, 心率低于 400 bpm, 会抑制左心室的收缩和舒张功能。大鼠心率应当控制在 350 bpm, 小鼠舒张功能测量心率至少维持在 300bpm 及以上, 大鼠舒张功能测量心率至少维持在 250 bpm 及以上。不同实验动物之间的心率应当控制在 ± 20 bpm。
- 7) 在图像采集中, 注意避免探头压迫动物胸腔, 以免对心功能产生不良影响。



心脏的基本结构和相关英文缩写



- Ao Aorta: 主动脉
- AV: 主动脉瓣
- B mode Brightnessmode: B 型超声
- CDFI (CF): 彩色多普勒血流显像
- CI: 心脏指数
- CO: 心输出量
- DTI doppler tissueimaging: 多普勒组织显像
- ED End-diastole: 舒张末期的
- EDV End-diastolicvolume: 舒张末期容积
- EF: 射血分数
- EDA: 舒张期面积
- ESA: 收缩期面积
- ESD End-systolicdimension: 收缩末直径
- ESV End-systolicvolume: 收缩末容量
- FAC: 面积变化率
- FS fractionalshortening: 缩短分数
- HPRF High pulse repetition frequency: 高脉冲重复频率
- HR: 心率
- IVCT: 等容收缩期
- IVRT: 等容舒张期
- IS: 间隔
- IVS: 室间隔
- LA Leftatrium: 左心房
- LAE Left atrialenlargemen: 左心房扩大
- LV Leftventricle: 左心室
- LVED Left ventricular end diastolic: 左心室舒张末期内径
- LVDd Left ventricularend diastolic dimension: 左心室舒张末期内径
- LVDs left ventricularend-systolic dimension: 左心室收缩末期内径
- LVPW left ventricularposteriorwall: 左心室后壁
- LVOT: 左室流出道
- LVIT: 左室流入道
- LWd: 左室舒张期容积
- LWs: 左室收缩期容积
- M-mode: M-型超声
- MV: 二尖瓣
- PM: 乳头肌
- PW: 脉冲频谱多普勒
- PWT: 舒张期后壁厚度
- RA Rightatrium: 右心房
- RAE Right atrial enlargement: 右心房增大
- RV Rightventricle: 右室
- RVAW: 右心室前壁
- RVI Rightventricular inflow: 右室流入道
- RVOT Right ventricularoutflow tract: 右心室流出道
- SV: 每搏输出量
- SI: 搏出指数
- Simpson's: 辛普森法
- EF(SI-s): 辛普森单平面法
- EF(SI-B): 辛普森双平面法
- 4CAAd: 舒张期四腔心左室面积
- 4CAs: 收缩期四腔心左室面积
- 2CAAd: 舒张期二腔心左室面积
- 2CAs: 收缩期二腔心左室面积
- SV Stroke volume: 每搏输出量
- TGC Time gaincompensation: 时间增益补偿
- TV Tricuspidvalve: 三尖瓣
- Vmax Maximumvelocity: 最大速度
- VTI Velocity time integral: 速度时间积分

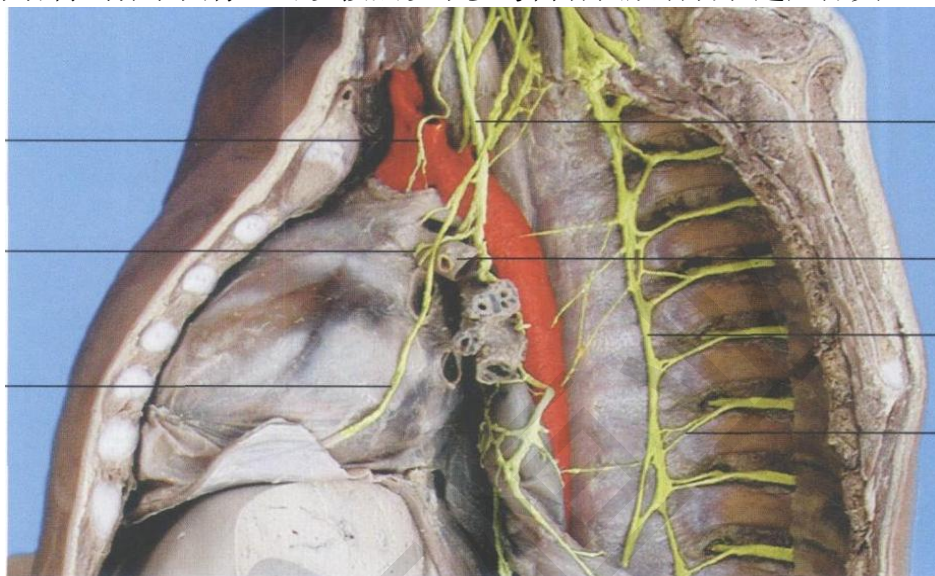


1.左心功能评价：收缩功能

1.1 胸骨旁长轴切面

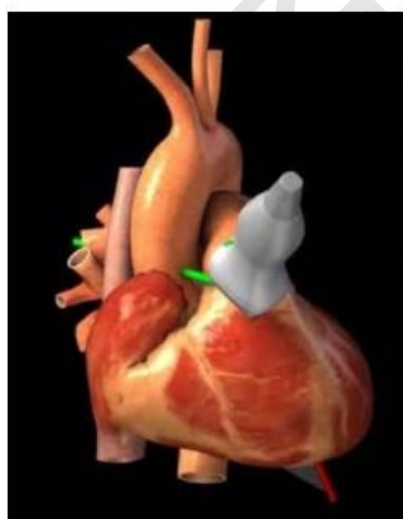
动物与探头的位置：

在啮齿动物中，心脏位于胸部左侧第3肋到第5肋之间，心尖通常向上偏移，靠近胸壁。为了方便操作者得到标准图像，可以按照以下参考内容摆放动物和超声探头。



使用手持探头：

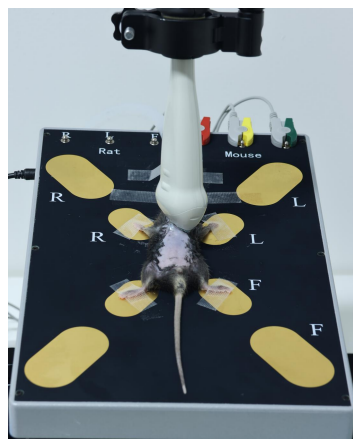
动物平躺于超声心电图板，探头放置于小鼠左侧胸骨旁，微微向右肩倾斜，Mark点指向鼠右肩11点钟方向。



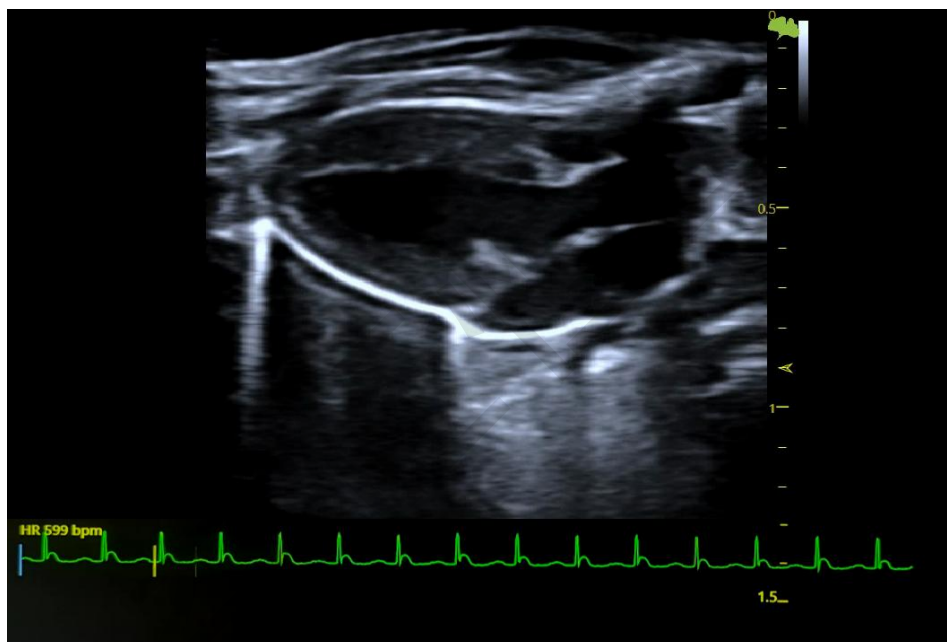


使用探头支架:

保持动物心电平台水平(避免可能造成血流动力学改变的平台倾斜)。将探头放在胸骨上方。将探头向右旋转至小鼠的右肩。将探头向左倾斜以减少胸骨对超声波的阻挡,让胸骨下的组织显影更加清楚。



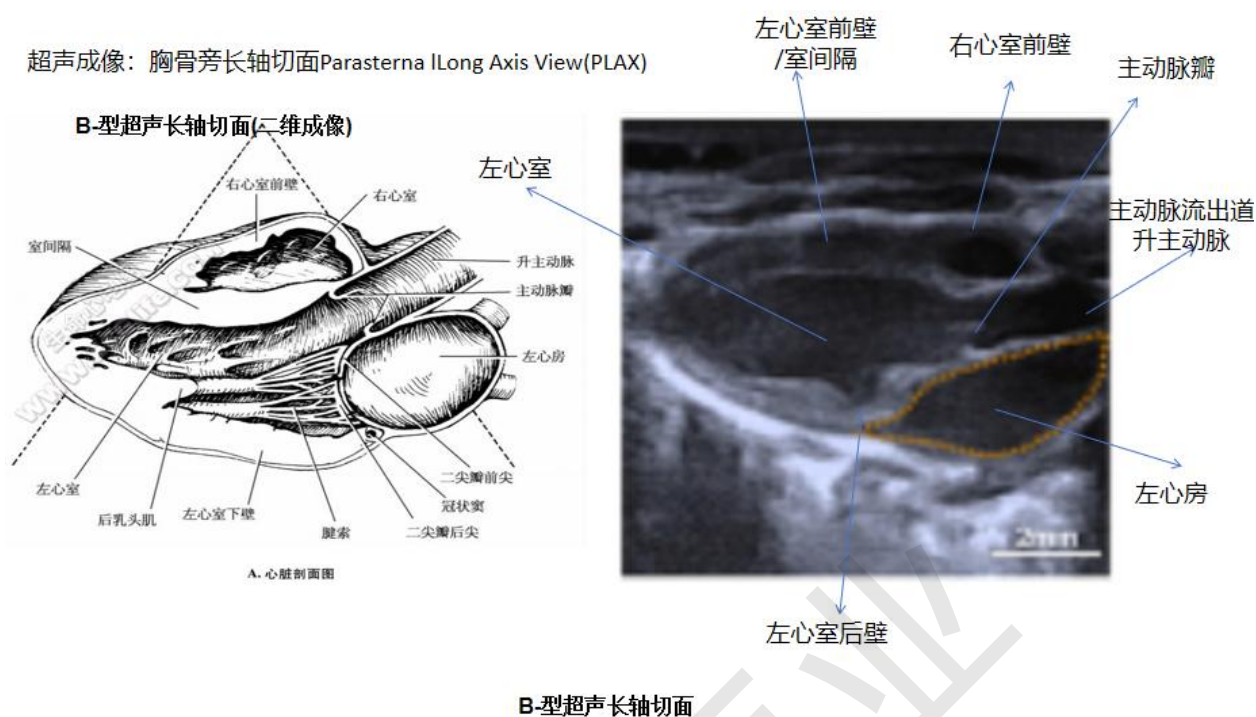
胸骨旁长轴切面二维标准图像:



在二维模式下通过调整动物探头,直至看到:

- 1、心尖为尖型(非圆形或向内闭合)
- 2、心尖与主动脉流出道平行,主动脉流出道通畅,无伪影或血管缺失
- 3、心肌壁清晰可见
- 4、心室腔呈现无回声腔室结构,腔室内无乳头肌回声
- 5、整体清晰可见左心室、左心房、左心室前壁/室间隔、左心室后壁、主动脉流出道、主动脉瓣、主动脉、肺动脉(右心流出道)、二尖瓣、乳头肌心底端等结构

注意:探头尽可能不要压迫动物心腔,以免对心脏有压迫导致图像变差,测量不准。小鼠心率控制在 450bpm 左右,大鼠心率控制在 350bpm 左右。



可得到的测量和计算数据

测量项:

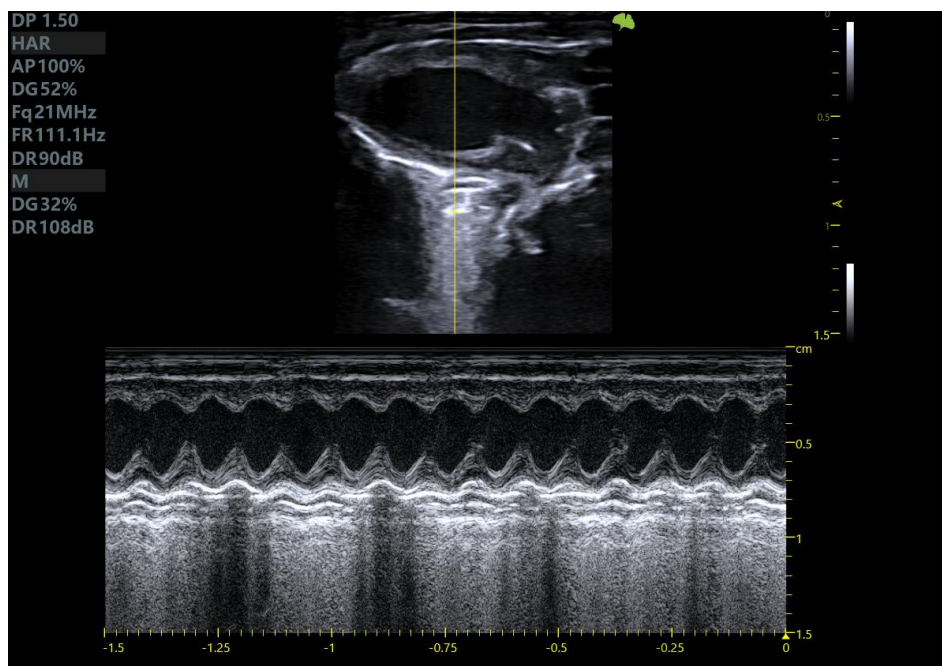
- 左心室流出道直径
- 舒张末期左心室面积
- 收缩末期左心室面积
- 左心房前后径
- 左心房面积

计算项 (Simpson):

- 舒张期和收缩期容积
- 每搏输出量
- 射血分数
- 缩短分数
- 心输出量
- FAC 左心室面积描记 (舒张末期和收缩末期) / 左心房面积描记

1.2 胸骨旁长轴切面 M 型超声

要获得可以保证测量准确的 M 型超声图像, 左心室必须是水平位 (心尖与主动脉流出道处于同一水平面), 如果心尖向上或向下倾斜得到的数据会比实际值大。得到标准长轴图像后将 M 型取样线放在最大腔室处 (乳头肌后缘, 要避开乳头肌根部), 否则得到的左心室内径等数据会比实际值小, 若未能避开乳头肌根部, 会导致得到的左心室后壁室壁厚度比实际值大。与后续短轴切面相比, 长轴切面可以获得更多的心脏解剖结构信息。



可得到的测量和计算数据

测量项:

- IVSd-舒张末期室间隔厚度
- LVIDd-舒张末期左心室内径
- LVPWd-舒张末期左心室后壁厚度
- IVSs-收缩末期室间隔厚度
- LVIDs-收缩末期左心室内径
- LVPWs-收缩末期左心室后壁厚度

计算项:

- LVEDV(M-Teich)-舒张期末期左心室容积
- LVESV(M-Teich)-收缩期末期左心室容积
- SV(M-Teich)-每搏输出量
- CO(M-Teich)-心输出量
- LVdMass(M)-舒张末期左心室质量
- EF(M-Teich)-射血分数
- %FS(M)-缩短分数
- %IVS(M)-室间隔缩短分数
- %LVPW(M)-后壁缩短分数
- CI-心脏指数

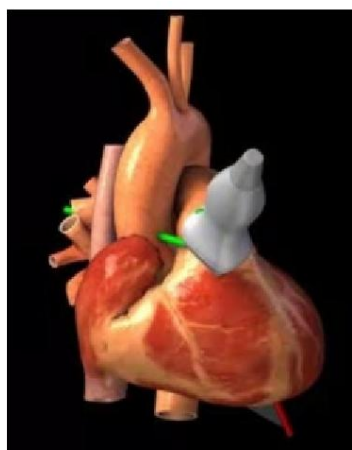


1.3 胸骨旁短轴切面

动物与探头的位置

使用手持探头:

动物平躺于超声心电板，探头放置在大小鼠左侧胸骨旁，Mark 点朝向 2 点钟方向，探头尾端线束稍向大小鼠左肩倾斜,沿体轴方向可前后调整探头位置。

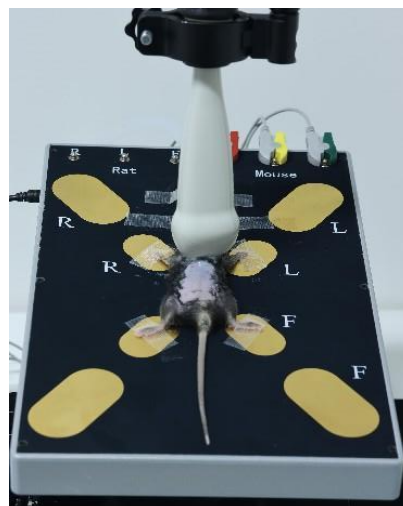


探头解剖位置扫查示意图



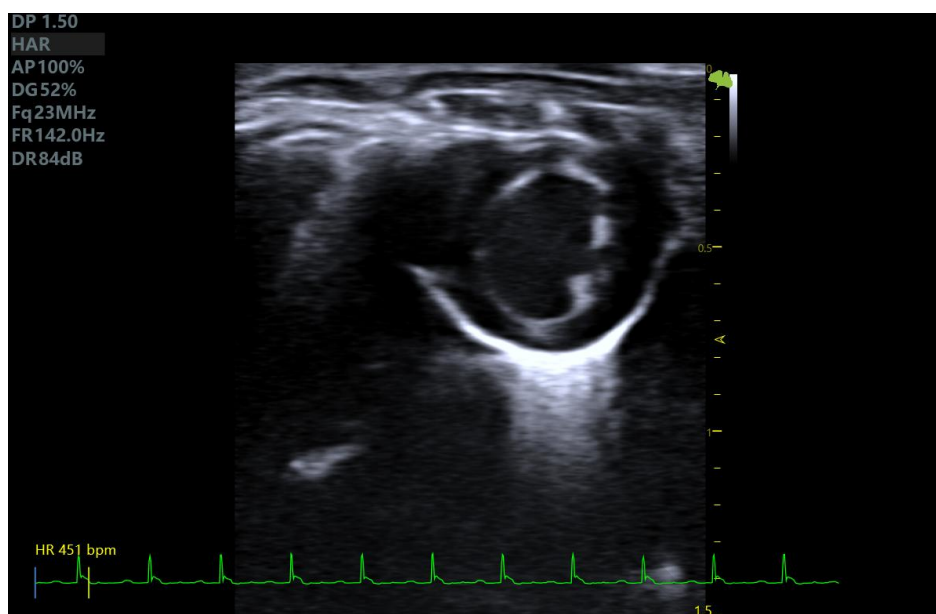
使用探头支架:

超声心电平台应保持与左心室胸骨旁长轴切面相同的位置(动物心电平台水平或动物头部抬高，心电平台向左倾斜)。从左心室胸骨旁长轴切面的探头位置开始，确保左心室位于屏幕中央。将探头顺时针旋转 90 度。心脏将以胸骨旁短轴切面显示，主要标志物为乳头肌清晰圆润(位于 2 点和 4 点位置)。为了得到最佳的测量切面，可以调整心电平台沿 Y 轴方向前后移动，好到能够清晰看见乳头肌的最大左心腔室处。根据动物个体解剖位置的差异，有时还需要调整 Mark 点方位。





胸骨旁短轴切面二维标准图像



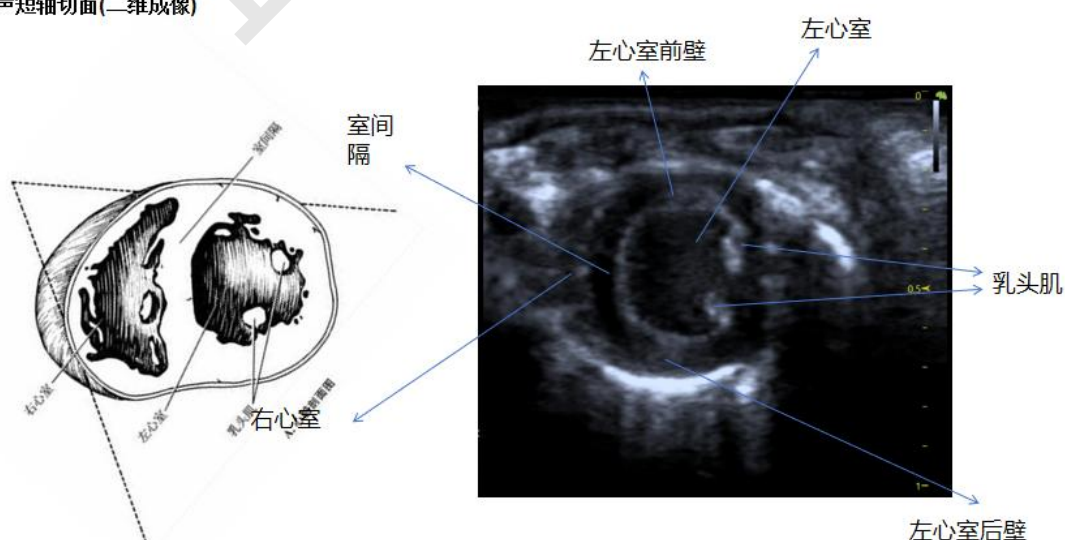
在长轴二维切面下通过顺时针旋转探头 90°，探头需调整至乳头肌基底段或中段水平，直至看到：

- 1、左心室呈圆形 / 椭圆形截面
- 2、左心室心腔右侧可见对称分布的两组乳头肌（分别位于两点和四点钟方向）
- 3、右心室呈新月形包绕于左心室右前方
- 4、心内膜与心包膜分界清晰，无明显声影遮挡
- 5、左心室前壁与左心室后壁运动方向垂直于声束

注意：避免过度倾斜，确保声束垂直于室间隔与左心室后壁，减少测量误差。短轴打图的核心在于标准化定位，可通过沿着心脏轴向前后扫查，选择最大腔室处，乳头表现浑圆为标准。

超声成像：胸骨旁短轴切面ParasternalShortAxisView(PSAX)

B-型超声短轴切面(二维成像)



B-型超声短轴切面

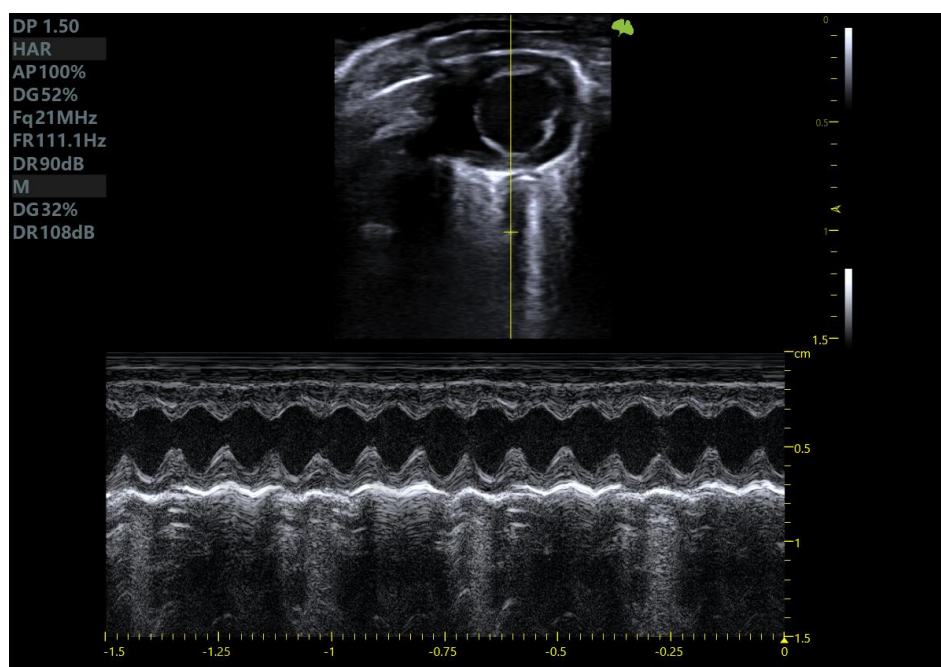


可得到的测量和计算数据

- LVAWd-舒张末期左心室前壁厚度
- LVAWs-收缩末期左心室前壁厚度
- LVEDA-舒张末期左心室面积
- LVESA-收缩末期左心室面积（可与上一项计算，FAC 面积变化分数）
- 短轴左右径
- 短轴前后径

1.4 胸骨旁短轴切面 M 型超声

得到标准短轴图像后将 M 型取样线放在左心室中间位置乳头肌左侧，两个乳头肌保持在 2 点和 4 点位置。胸骨旁短轴切面是测量心脏收缩功能，获得 M 型超声图像，测量左心室内径最好的切面。在此切面获得的测量值比长轴切面获得的数值有更良好的一致性。



可得到的测量和计算数据

测量项:

- IVSd-舒张末期室间隔厚度
- LVIDd-舒张末期左心室内径
- LVPWd-舒张末期左心室后壁厚度
- IVSs-收缩末期室间隔厚度
- LVIDs-收缩末期左心室内径
- LVPWs-收缩末期左心室后壁厚度

计算项:

- LVEDV(M-Teich)-舒张期末期左心室容积
- LVESV(M-Teich)-收缩期末期左心室容积



- SV(M-Teich)-每搏输出量
- CO(M-Teich)-心输出量
- LVdMass(M)-舒张末期左心室质量
- EF(M-Teich)-射血分数
- %FS(M)-缩短分数
- %IVS(M)-室间隔缩短分数
- %LVPW(M)-后壁缩短分数
- CI-心脏指数

小鼠和大鼠的正常参考值:

参数	小鼠	大鼠
射血分数	55-85%	55-80%
缩短分数	30-50%	30-50%
左心室重量	65-90mg	600-1000mg
每搏输出量	40-70 μ l	100-135 μ l
心输出量	20-35ml/min	40-55ml/min

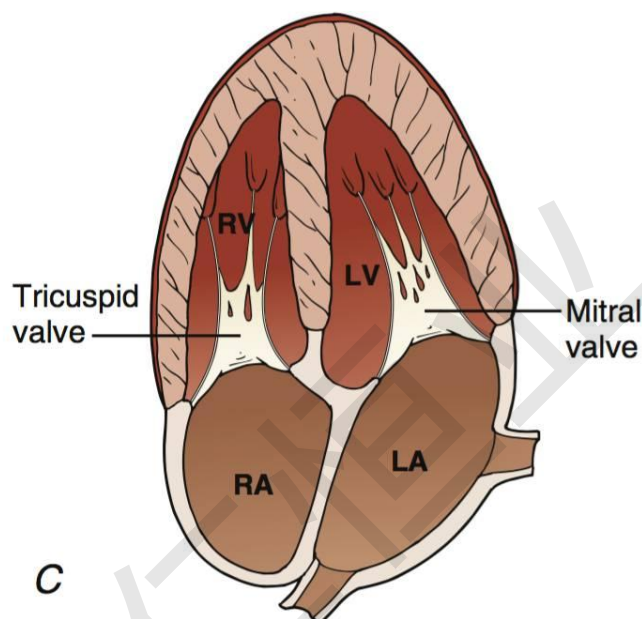
以上数值随动物品系、大小、性别和健康状况而改变，仅作参考



2.左心功能评价：舒张功能

2.1 心尖四腔切面

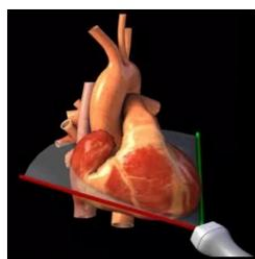
心尖四腔切面是心脏众切面中最具挑战性的切面，心尖四腔切面是从动物胸廓的左下侧获得，用于成像心脏的四个腔室，屏幕正上方为心尖，可以同时看到左右心室，而左右心房将出现在屏幕下方。这个切面可以为二尖瓣和三尖瓣的脉冲多普勒等内容提供准确的采样角度。



动物与探头的位置

使用手持探头：

获取短轴切面后，通过变形可获得心尖四腔切面，探头沿着体轴方向往心间移动，Mark点角度保持不变，朝向鼠左前肢，探头尾端向桌面下压，探头与小鼠腹部角度约 30 度。



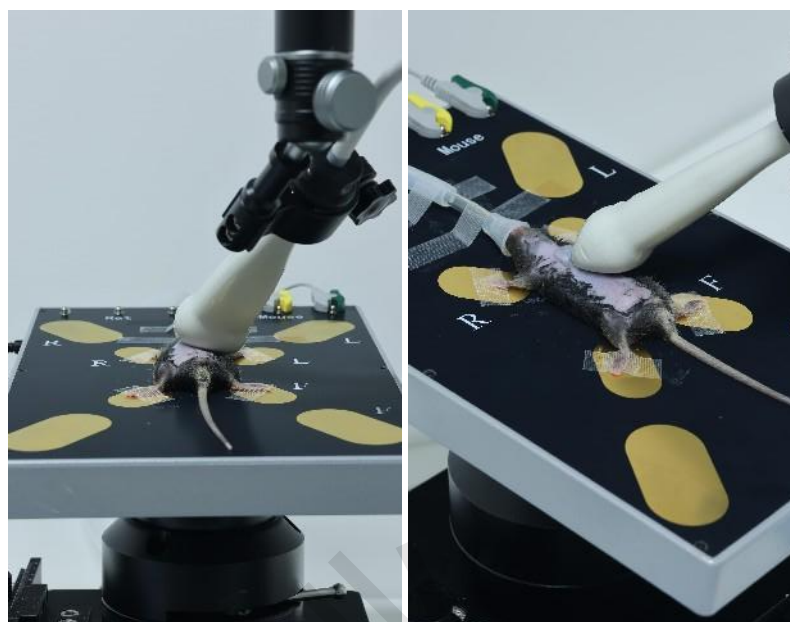
探头解剖位置扫描示意图





使用探头支架:

从短轴切面开始定位探头。将探头倾斜向后壁(大约 45 度), 同时保持与胸骨旁短轴切面相同的角度。从胸腔底部下方开始成像(偶尔会成像肝脏), 在心尖部位扫描, 朝向动物头部以成像四个腔室。图像顶部将显示心室, 底部显示心房。使用彩色多普勒模式, 微调方向旋钮, 确保从左心房到左心室的二尖瓣血流信号是连续的。



心尖四腔切面二维标准图像



在短轴二维切面下通过上述描述进行变形, 直至看到:

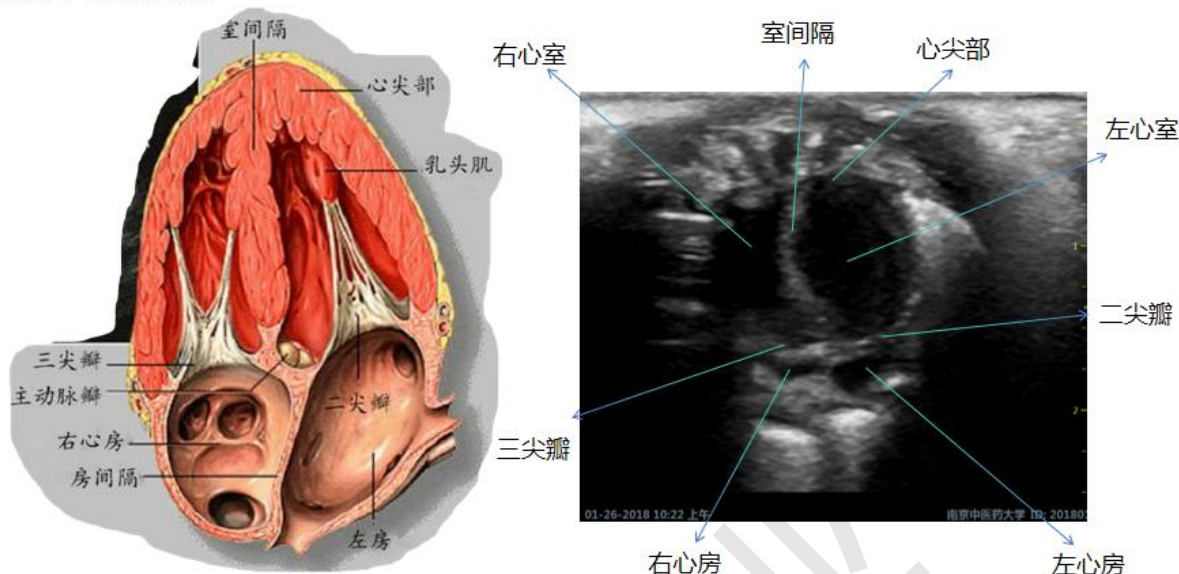
- 1、房间隔与室间隔显示完整, 无声束衰减导致的 "假性缺损"。
- 2、确保声束垂直于室间隔与房间隔, 避免角度依赖性测量误差。

注意: 初学者建议结合解剖图谱进行切面对比, 或在有经验人员指导下操作。当四腔切面显示困难时, 可先获取标准短轴切面作为定位基础。



超声成像：心尖四腔切面 The Apical Four Chamber View (4APC)

B-型超声心尖四腔切面

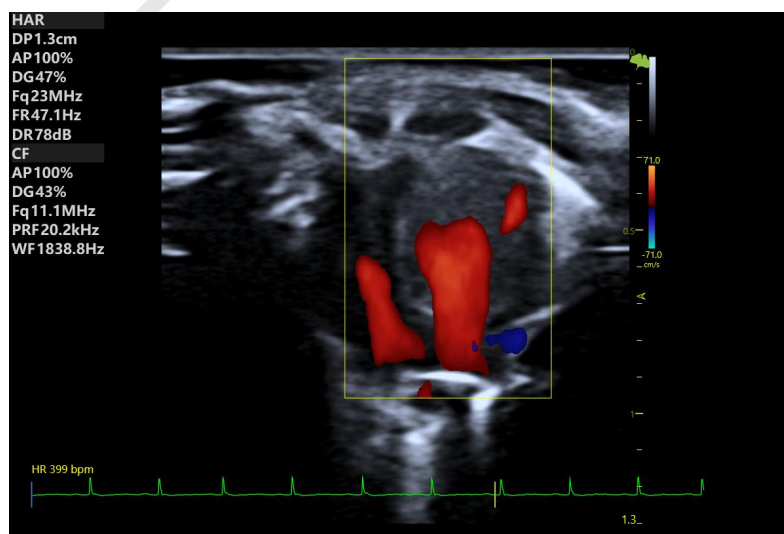


可得到的测量和计算数据：

- FAC 面积分数
- 左右心室面积
- 左右心房面积
- 左右心室的直径
- 左右心房的上下径和左右径（收缩期或舒张期）

2.2 心尖四腔切面彩色多普勒

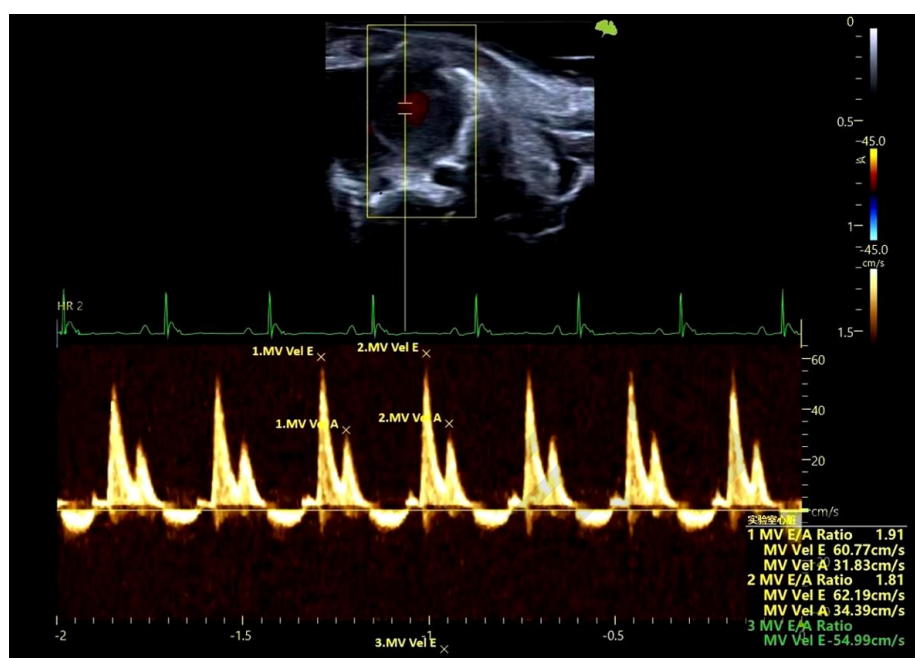
在进行心尖四腔切面超声扫查时，可以用彩色多普勒模式可辅助识别二尖瓣血流。在标准心尖四腔切面测量二尖瓣血流时，彩色多普勒信号应从左心房开始，并呈连续信号进入左心室。二尖瓣血流显示为红色(血液流向探头)，在左心室腔内具有红蓝混叠现象。





2.3 心尖四腔切面二尖瓣血流

利用彩色多普勒找到二尖瓣血流后，将脉冲多普勒模式下的取样容积放在二尖瓣上方（心室内），可以测量左心室舒张过程的血流动力学相关参数。在脉冲多普勒下，可见二尖瓣血流的特征双峰波谱，第一个峰为心室舒张的被动充盈（早期 E 波），第二个峰为心房收缩的主动充盈（心房 A 波）。在健康心脏中，E 波速度略大于 A 波。同时，可在脉冲多普勒数据中测量其他与舒张相关测参数。

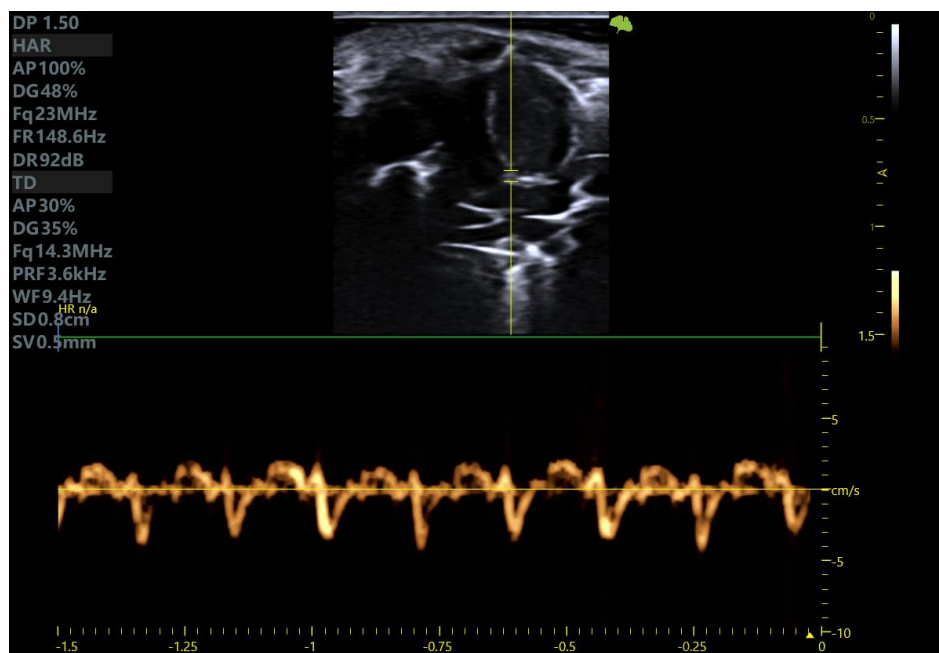


可获得的测量和计算值：

- HR-心率
- IVRT-二尖瓣等容舒张时间
- IVCT-二尖瓣等容收缩时间
- Peak E -左室舒张早期血流峰值
- Peak A-左室舒张晚期血流峰值（心房收缩期）
- VTI-二尖瓣血流速度时间积分
- LVET-主动脉 射血时间
- MVDT-二尖瓣减速时间
- MVAT-二尖瓣加速时间
- E/A

2.4 心尖四腔切面二尖瓣环组织多普勒

组织多普勒是用脉冲多普勒探测并显示左心室室壁的健康状态或用来评价二尖瓣环，二尖瓣环是帮助二尖瓣维持其功能的结构。组织多普勒测量组织运动速度而不是血流的速度。对二尖瓣进行组织多普勒时，取样容积应放在瓣膜的环部，位于室间隔壁一侧。在啮齿动物中，通常无法看到二尖瓣游离瓣。



可获得的测量和计算值:

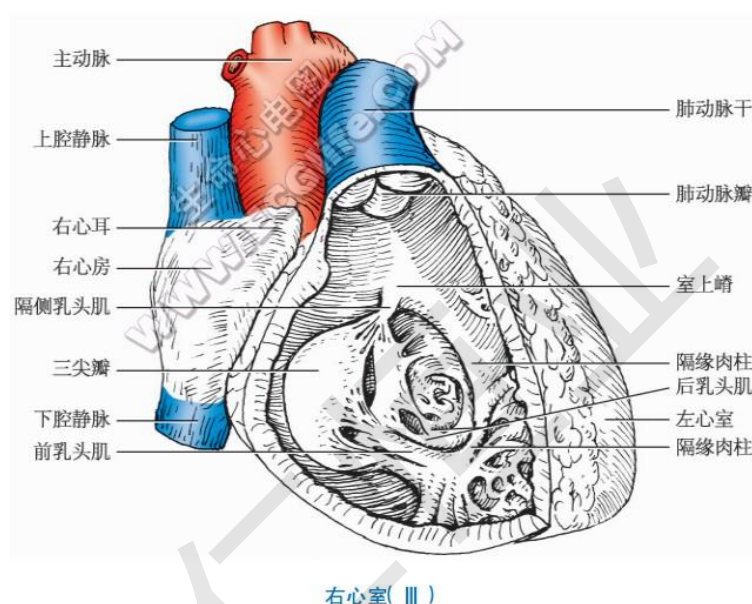
- HR-心率
- e'-二尖瓣环根部舒张早期峰值速度
- a'-二尖瓣环根部舒张晚期峰值速度
- Sa -二尖瓣环根部收缩期峰值速度
- E/e' (结合二尖瓣血流频谱图获得)



3.右心功能评价

3.1 胸骨旁右心长轴切面

胸骨旁右心长轴切面主要用于评价右心室,在过去右心室常常被认为仅是连接右心房和肺动脉的通道,因此对心脏功能的评估主要集中于左心室。但后来研究发现,常见疾病例如肺动脉高压、肺心病、二尖瓣狭窄、慢性阻塞性肺疾患等,均与右心功能有关,所以现在越来越多得科学家把研究重点转移到右心功能研究上。同时右心室为不规则新月形,因此无法利用类似左心室收缩功能测量的几何假设计算方式去评估右心室收缩功能,即无法在 M 模式中去计算右心室收缩功能。



动物与探头的位置

使用手持探头:

探头放置于小鼠右侧胸骨旁,垂直于胸骨,Mark 点指向鼠右肩 12 点钟方向,探头微向左倾斜 45 度。(角度仅供参考,不同个体之间略有偏差,有时适当旋转探头尾端帮助我们看到右心室。)



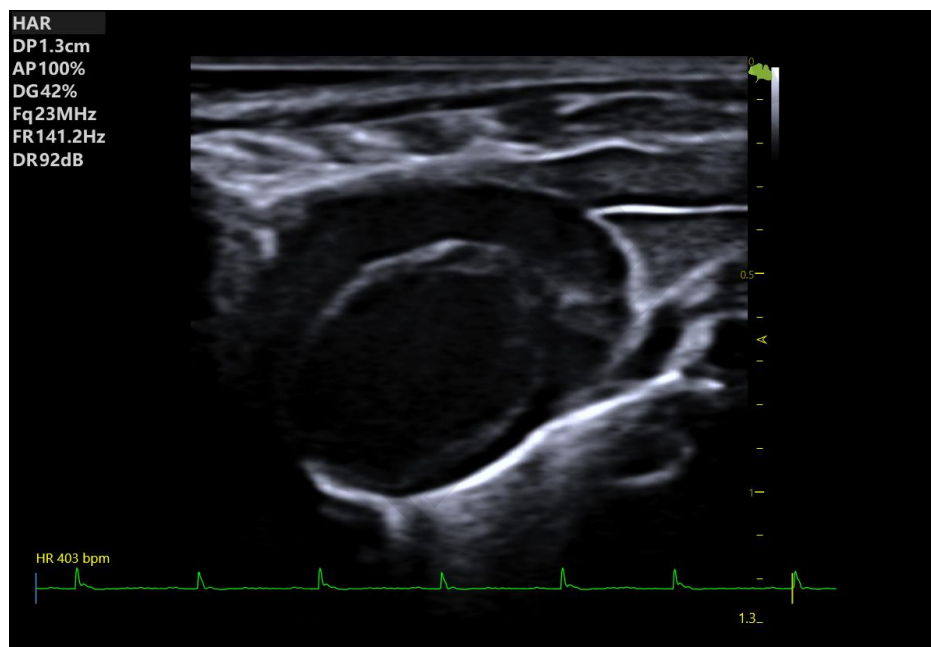
使用探头支架:



在胸骨旁长轴切面，将探头臂向动物右侧倾斜约 45 度。同时将动物心电平台稍微向动物左侧倾斜，使右心室进入成像视野。



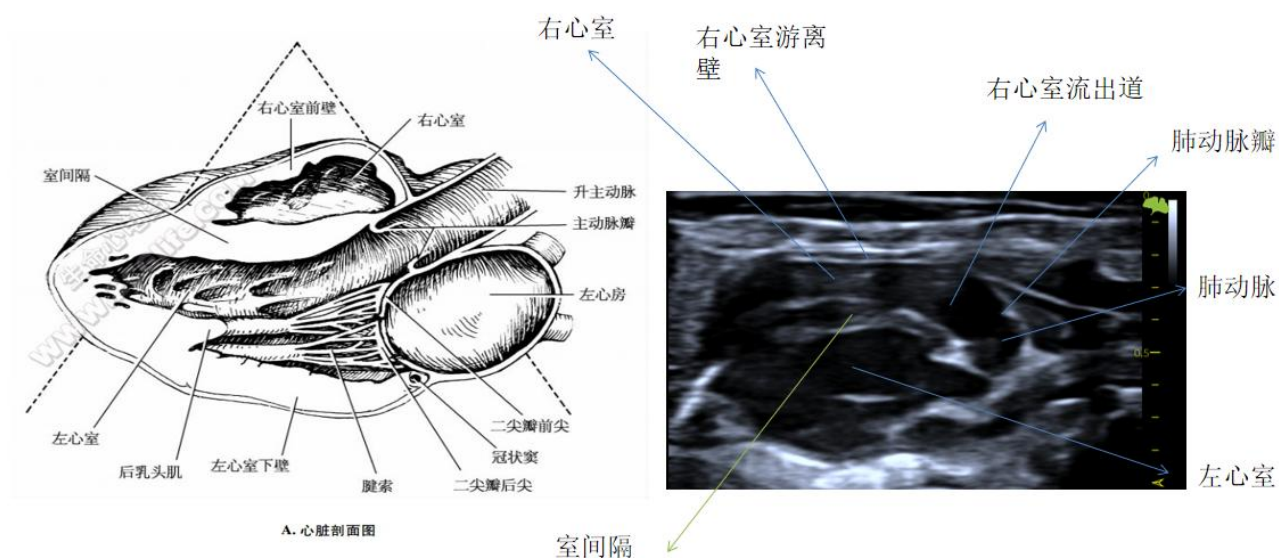
心尖四腔切面二维标准图像



探头从小鼠右胸往左肩打，轻微旋转探头并调整角度，直至看到：

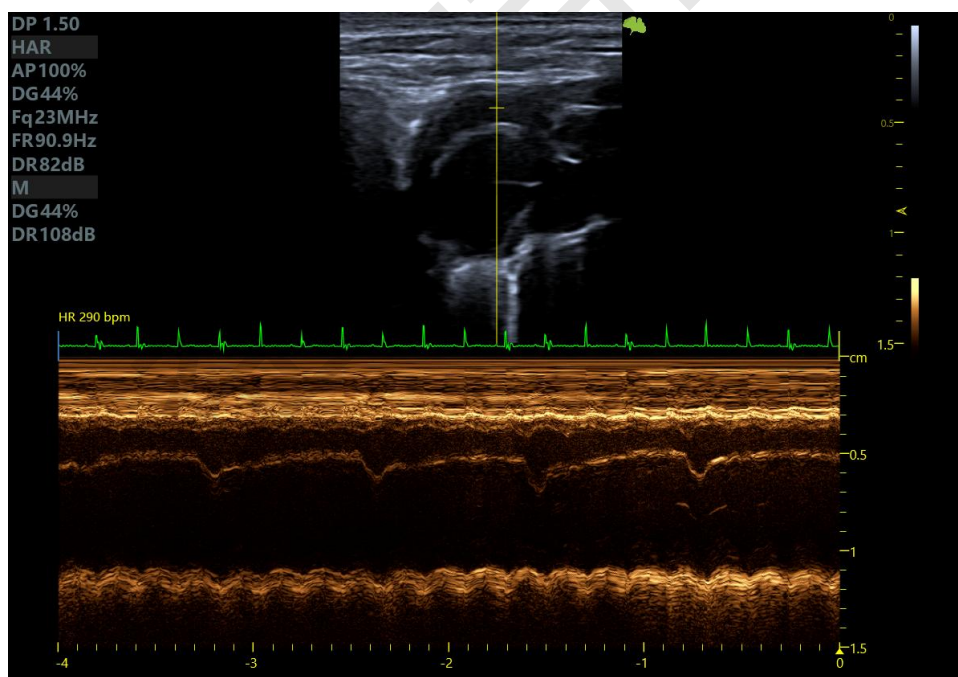
- 1、右心室流出道（RVOT）、肺动脉瓣（PV）和主肺动脉（MPA）清晰显示。
- 2、确保声束与 RVOT 长轴平行，避免因角度偏差导致腔室狭窄假象。
- 3、右心室腔室呈三角形或半月形，室壁较薄，室间隔与右心室游离壁运动协调。

注意：右心室结构复杂且易受呼吸影响，建议每只小鼠采集 3-5 个心动周期的图像，取平均值以减少误差。



3.2 胸骨旁右心长轴切面 M 型超声

得到标准胸骨旁右心长轴切面图像后，将 M 型取样线放在右心室心室壁平行探头处，进行 M 型测量，可得到右心室游离壁厚度（RVFW），右心室内径 RVID），以及右心室和室间隔收缩情况。



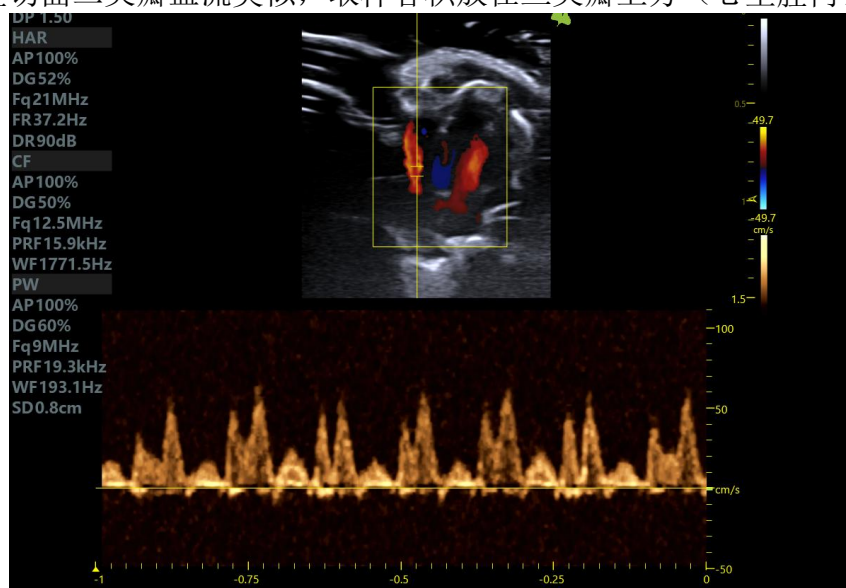
可得到的测量和计算数据：

- 舒张末期右心室游离壁（前壁）厚度
- 收缩末期右心室游离壁（前壁）厚度
- 舒张末期右心室内径
- 收缩末期右心室内径



3.3 心尖四腔切面三尖瓣血流

与心尖四腔切面二尖瓣血流类似，取样容积放在三尖瓣上方（心室腔内）。

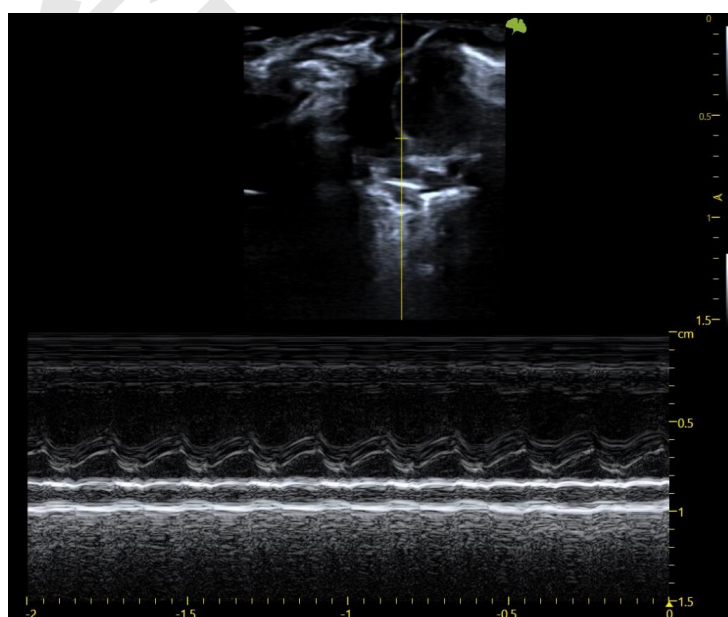


可获得的测量和计算值:

- 三尖瓣等容舒张和收缩时间 (IVRT, IVCT)
- 舒张早期血流充盈和心房收缩期血流 (Peak E, Peak A)
- 三尖瓣血流速度时间积分 (VTI)
- 肺动脉射血时间 (AET)
- 三尖瓣减速时间 (TV Decel)

3.4 心尖四腔切面三尖瓣 M 型图像

通过二维图像得到心尖四腔切面后，用 M 型，将取样线放置在三尖瓣环位置（左右均可）。



可获得的测量和计算值: 三尖瓣环收缩期位移 (TAPSE)

联系我们

网址: www.yeeranchina.com

北京益仁恒业科技有限公司

北京总部: 010-69549099/98/95/92

公司地址: 北京市通州区世界侨商中心 3 号楼电梯 12 层 1208 室

上海地区: 021-60130289

公司地址: 上海市徐汇区裕德路 128 号氩空间 2092 房间

广州地区: 020-34368247/34329291

公司地址: 广州天河区体育西路 57 号红盾大厦 15 楼 C15

合肥地区: 0551-62843560

公司地址: 安徽省合肥市包河区绿地中心 A 座 415

重庆地区: daisypeng@yeeranchina.net

公司地址: 重庆市南岸区南坪西路 2 号浪高凯悦大厦 B 座 12 楼 D1 室

