



# 家兔正常呼吸运动调节& 气胸对呼吸循环和酸碱的影响

田映红 徐小元

实验管理中心



# 一、理论基础

## (一) 家兔正常呼吸运动的调节

### 1、呼吸中枢

脊髓初级中枢：联络，整合呼吸反射

延髓基本中枢：呼吸节律基本中枢

脑桥：呼吸调整中枢（抑制吸气），长吸中枢（兴奋吸气）

高位中枢：大脑、边缘系统、下丘脑

### 2、呼吸的反射性调节

- 神经反射：肺牵张反射（H-B' s）、呼吸肌的自体感受性反射
- 化学感受性反射
  - 外周化学感受器：颈动脉体、主动脉体--- $\text{PaO}_2 \downarrow$ （主）， $\text{PaCO}_2 \uparrow$ ， $[\text{H}^+] \uparrow$
  - 中枢化学感受器：延髓腹外侧---  $[\text{H}^+] \uparrow$
- 防御性呼吸反射



# (一) 家兔正常呼吸运动的调节

## 机械感受对呼吸的调节

### 1. 肺牵张反射

- 1) 肺扩张反射
- 2) 肺萎陷反射

感受器：气管和支气管  
传入N和传出N：**迷走N**  
中枢：延髓呼吸中枢  
效应器：呼吸肌

### 2. 呼吸肌本体感受性反射

### 3. 防御性呼吸反射

## 实验设计

- 1. 吸入CO<sub>2</sub>
- 2. 吸入N<sub>2</sub>
- 3. 乳酸
- 4. 无效腔↑

- 5. 刺激迷走N
- 6. 切断一侧迷走N
- 7. 切断另一侧迷走N
- 8. 刺激迷走N中枢端

## 化学因素对呼吸的调节

PaCO<sub>2</sub>  
PaO<sub>2</sub>  
H<sup>+</sup>

主动脉体  
颈动脉体

延髓  
呼吸中枢

延髓中枢  
化学感受器

膈肌  
肋间外肌  
呼吸运动变化



## (二) 胸膜腔负压和气胸

### 1. 胸膜腔负压的概念

1) 肺内压：肺泡内的压力。

2) 胸内压：胸膜腔内的压力

胸内压=肺内压—肺弹性回缩力

正常成人值：

呼气末 -3 ~ -5 mmHg

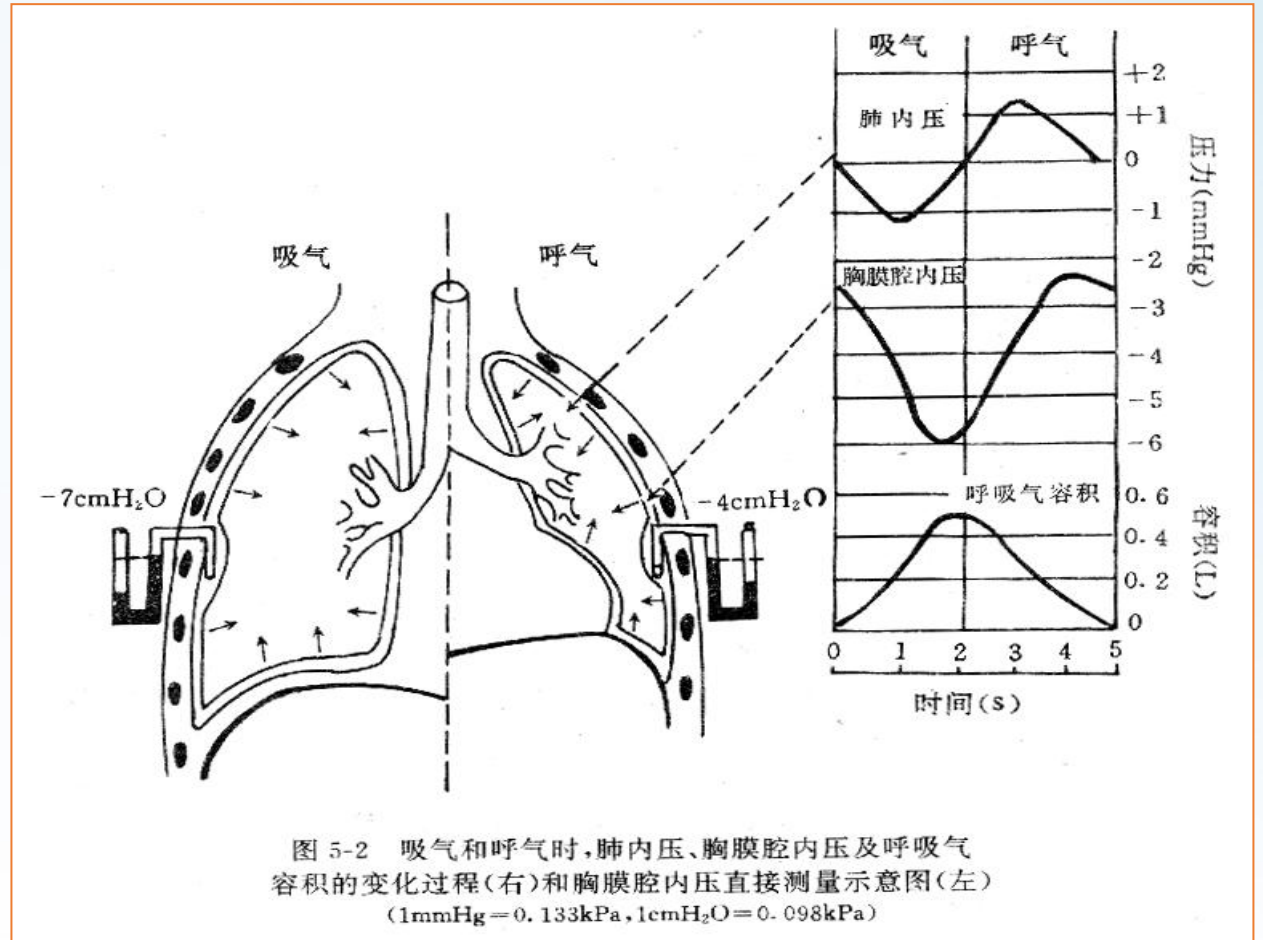
吸气末 -5 ~ -10 mmHg

### 2、胸膜腔负压的生理意义

1) 维持肺的扩张状态；

2) 使呼吸运动与肺通气相耦联；

3) 促进静脉和淋巴液的回流。

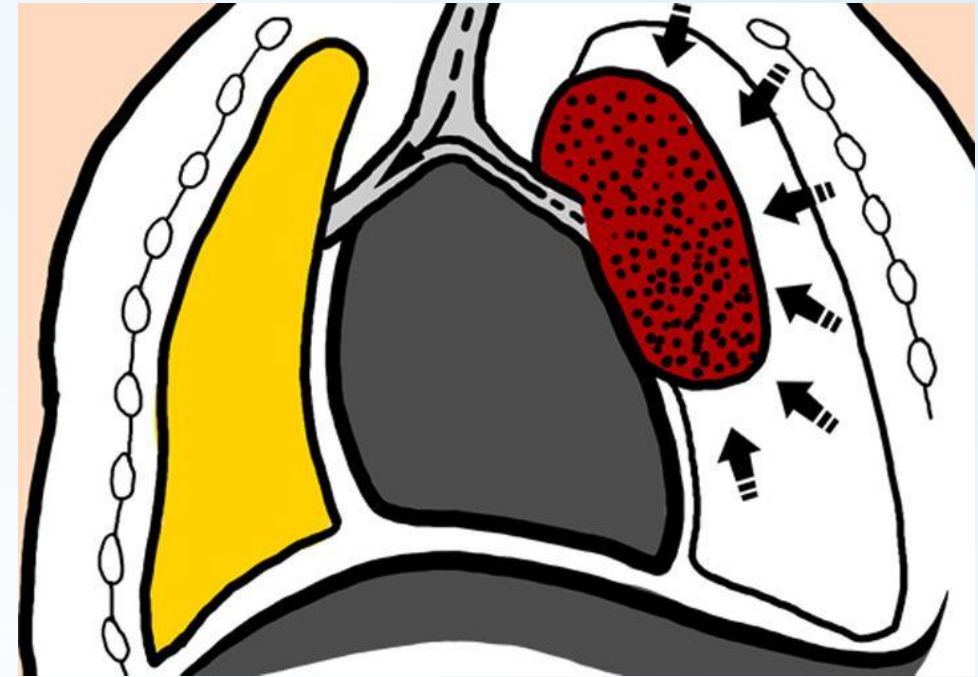
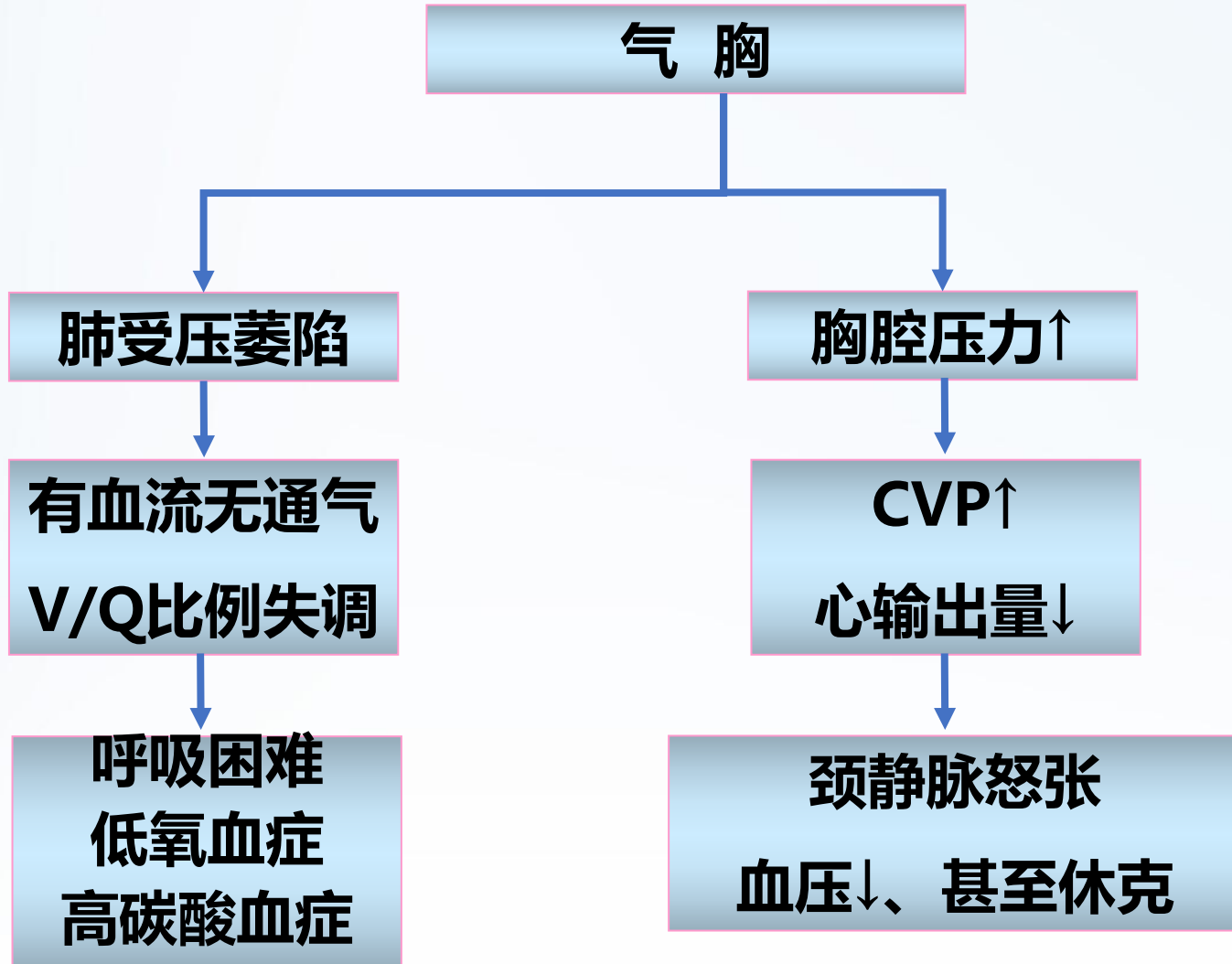




### 3. 气胸的概念及临床分类

概念：气体进入胸膜腔，造成积气状态。

分类：闭合性气胸、张力性气胸、开放性气胸。



观察指标：三种类型气胸时  
血压、心率、胸内负压、呼吸  
频率、幅度、动脉血气指标。



# 三种气胸的鉴别

	闭合性气胸	张力性气胸	开放性气胸
胸膜裂口	小	单向活瓣作用	大、持续开启
空气进出	不能自由进出胸膜	只进不出	自由进出胸膜腔
胸腔内压	接近或略高于正常	持续增高	接近0
抽气表现	抽气后压力下降	压力先下降后迅速升高	抽气后数分钟压力复升
治疗	肺压缩 < 20%: 观察 > 20%: 穿刺抽气	立即穿刺 自觉症状重 : 闭式引流	将开放性变为闭合性 自觉症状重 : 闭式引流



# 血气分析参考数据

**pH**：表示体液氢离子浓度的指标或酸碱度7.35~7.45

**PaO<sub>2</sub>**：动脉血氧分压80~100mmHg。 <80，低氧血症

**PaCO<sub>2</sub>**：动脉血二氧化碳分压35~45 mmHg。 >45，高碳酸血症

**BB**：缓冲碱（是血液中一切具有缓冲作用的负离子的总和）。 45~55mmol/L

**BE**：剩余碱（是在38°C、PaCO<sub>2</sub>40mmHg、SaO<sub>2</sub>100%条件下，将血液标本滴定至 pH7.40时所消耗酸或碱的量）±2.3mmol/L

**SB**：标准碳酸氢盐（是在38°C、PaCO<sub>2</sub>40mmHg、SaO<sub>2</sub>100%条件下，所测得的 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量）。 22~27mmol/L



## 二、实验目的

- 1 . 观察刺激家兔颈迷走神经，改变血液中化学因素（ $\text{PaCO}_2$ 、 $\text{PaO}_2$ 、 $[\text{H}^+]$ ）及增加无效腔对家兔循环和呼吸频率、节律、通气量的影响，并分析作用机制；**
- 2 . 观察家兔发生各类气胸时，呼吸、循环功能发生的变化和特征，并分析作用机制；**
- 3 . 学会气管插管、胸膜腔插管、血气分析等实验操作技术和家兔各类实验性气胸模型的复制方法。**





# 三、材料与amp;方法

## (一) 实验动物

家兔，雌雄不拘，1.5~2.0 kg。

## (二) 药品和器材

- 1 . 药品：20%乌拉坦、0.2%肝素生理盐水、3%乳酸、5%糖盐水、生理盐水。
- 2 . 器材：血气分析仪，压力、张力换能器，PcLab生物信号采集系统，家兔实验一般手术器械



## 三、材料与amp;方法

### (三) 技术路线

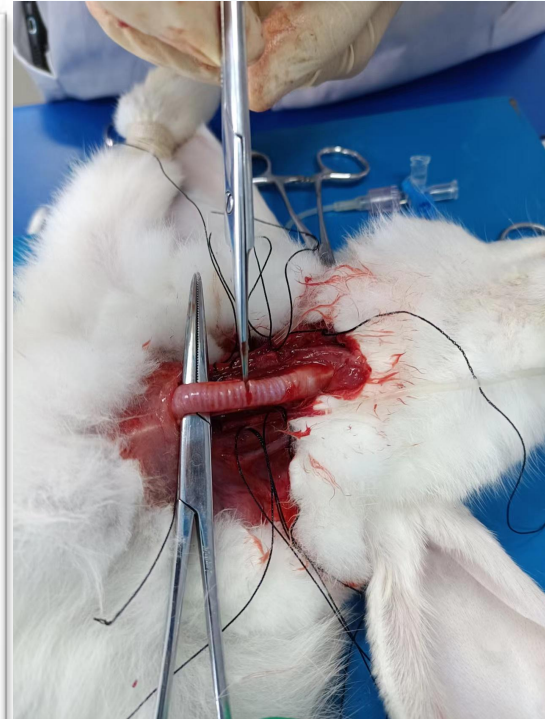
#### 1、手术操作：由熟练的同学操作

- 1) 捉拿、称重、麻醉、固定、颈部备皮；
- 2) 右颈静脉插管（不连接换能器），注射15ml/Kg糖盐水
- 3) 分离左侧颈迷走神经（刺激）
- 4) 左颈动脉插管（动脉血压监测+血气采血）；
- 5) 气管插管（模拟缺氧、 $\text{PaCO}_2 \uparrow$ 模型）
- 6) 剑突下皮肤和肌肉穿单线，与张力换能器相连，描记呼吸曲线



# 气管插管技术

- (1) 游离气管3-4cm，穿单股线
- (2) 在甲状软骨下2cm处的软骨环之间作倒“T”型切口
- (3) 插入气管套管，结扎、固定





# 气管插管技术

**注意：**

- (1) 为了避免剪开气管导致流血太多堵塞气管，应将剪口的近心端抬高，让血流向口腔；**
- (2) 剪开气管后若出血太多，要先用纱布吸走血液，以免血液堵塞气管；**
- (3) 插管时气管套管的斜面朝上，插好后转动套管使斜面朝下；**
- (4) 结扎时要用力。结扎好套管后，手术线要绕套管的Y形分支一侧再结扎，避免套管滑出。**
- (5) 实验中如呼吸异常，要吸走插管中的血液。**



# 呼吸张力测定

- (1) 剑突下2cm处备皮，用连有手术线的缝合针勾取部分皮肤和肌肉，用手术线打结。
- (2) 手术线（单股线）另一端连接至张力换能器，张力换能器连接通道4。

注意：

不要扎破  
胸膜腔

选择计算 实时计算

项	值
通道4—肌肉收缩连续波分析	
<input type="checkbox"/> 收缩最大张力(g)：	0
<input type="checkbox"/> 舒张最小张力(g)：	0
<input type="checkbox"/> 张力增量(g)：	0
<input type="checkbox"/> 平均张力(g)：	0
<input checked="" type="checkbox"/> 平均收缩峰张力(g)：	0
<input checked="" type="checkbox"/> 平均收缩谷张力(g)：	0
<input checked="" type="checkbox"/> 频率(次/分钟)：	0

放大控制 刺激控制

当前通道：4

通道功能：  
张力

放大倍数：  
50倍

时间常数：  
直流

低通滤波：

控制面板  
自动计算面板





## 2.实验步骤- 呼吸运动调节

手术：麻醉（5ml/kg）→右侧颈静脉插管→游离左侧迷走神经→左颈动脉插管→气管插管→记录呼吸曲线

1. 术毕，稳定2min，观察记录处理前各项正常指标
2. 牵拉左侧迷走神经30s左右，记录各项指标
3. 稳定2min，增加吸入气中CO<sub>2</sub>浓度30s左右（连接CO<sub>2</sub>气袋），记录各项指标
4. 稳定2min，记录处理前各项指标，缺氧30s左右（连接N<sub>2</sub>气袋），记录各项指标
5. 稳定2min，记录处理前各项指标，增大无效腔30s左右（连接长橡皮管），记录各项指标
6. 稳定2min，记录处理前各项指标，静脉插管注射3%乳酸1ml/Kg，及0.5ml肝素

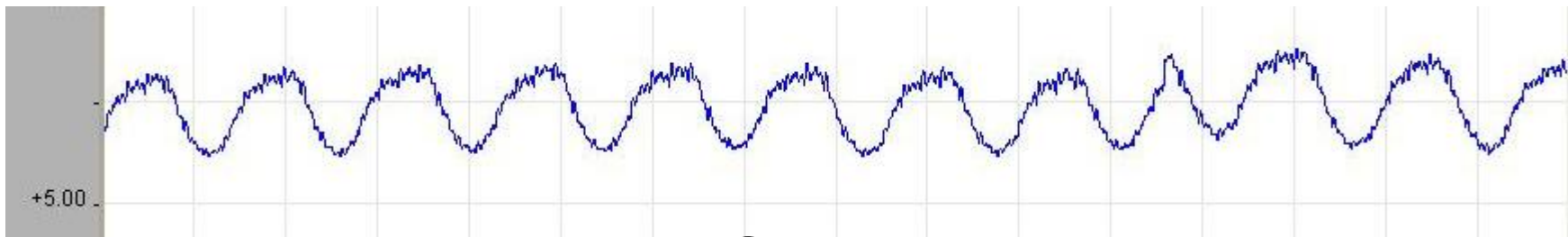
### 观察指标

通道1：

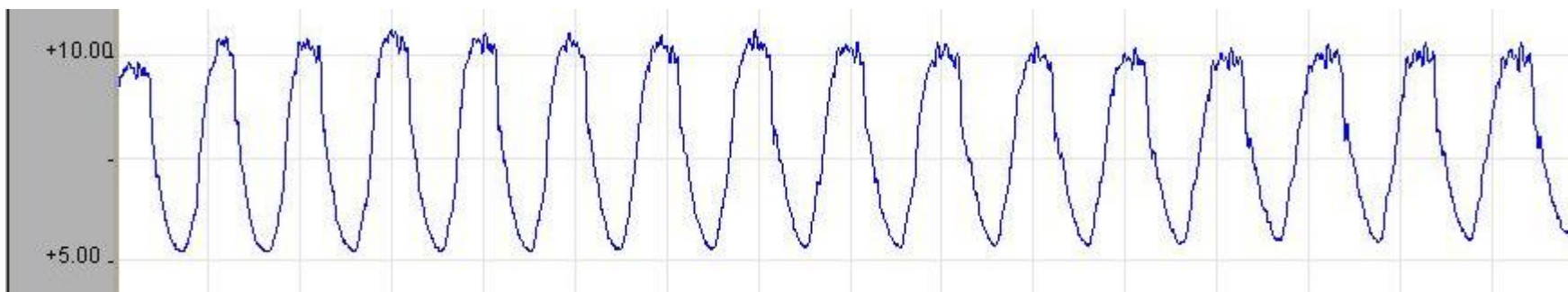
心率、平均动脉压、收缩压、舒张压、脉压

通道4：

呼吸频率、幅度



**NORMAL**



**CO<sub>2</sub>**



**RETURN**



# 表1 正常呼吸运动调节

操作项目与步骤		MAP (mmHg)	脉压差 ( mmHg )	HR ( 次/分 )	呼吸频率 ( 次/分 )	呼吸深度 ( g )
牵拉左侧迷走神经	前					
	后					
吸入CO <sub>2</sub>	前					
	后					
吸入N <sub>2</sub>	前					
	后					
增大无效腔	前					
	后					
3%乳酸	前					
	后					





## 气袋的使用：

气管套管一侧连接气袋橡皮管，调节气袋阀门，  
控制通气量。



增大无效腔实验，  
套管一侧连接长橡  
皮管，另一侧始终  
用手指捏住橡皮管

## 2.实验步骤- 气胸对循环呼吸的影响



1. 右腋前线**4-7**肋间，胸膜腔插管穿刺胸膜腔，记录胸内压。术毕，稳定2min，观察**记录处理前各项指标**。
2. 闭合性气胸：缓慢注入30ml左右空气至胸膜腔，使**胸内压接近0**，维持10分钟，**记录各项指标**。
3. 张力性气胸：继续缓慢注入50ml左右空气，使**胸内压大于正压水平（2-5cmH<sub>2</sub>O）**，维持10分钟，**记录各项指标**。
4. 气胸的抢救：张力性气胸10min后，抽取胸膜腔内空气，使**胸内压为负压水平**，维持10分钟，**记录各项指标**。
5. 开放性气胸：拔除胸膜腔套管，**剪开右侧胸廓**，维持10分钟，**记录各项指标，并观察右侧纵膈**。

### 观察指标

通道1：

心率、平均动脉压、收缩压、舒张压、脉压

通道2：

胸膜腔内压

通道4：

呼吸频率、幅度

◆血气分析（老师指定）

测定点：

① 气胸实验前

② 张力性气胸10min时



## 表2 气胸对呼吸循环和酸碱的影响

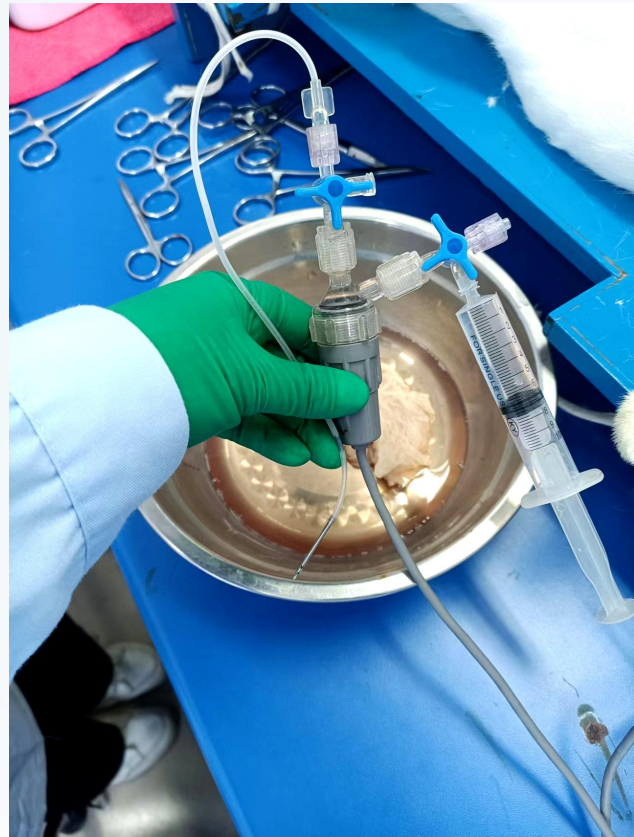
操作项目与步骤	MAP (mmHg)	脉压差 (mmHg)	HR (次/分)	呼吸频率 (次/分)	呼吸深度 (g)	胸内负压 (mmHg)	pH	pO <sub>2</sub> (mmHg)	pCO <sub>2</sub> (mmHg)
闭合性气胸前							第	一	次
闭合性气胸 10min后									
张力性气胸前									
张力性气胸 10min后							第	二	次
张力性气胸 抢救后									
开放性气胸前						.....			
开放性气胸 10min后						.....			

**注意：通道二记录胸内负压，1cmH<sub>2</sub>O=0.735mmHg**



# 测胸内负压的方法

## 1. 插管的准备：注意三通管阀门的调节



A. 换能器充肝素



B. 关闭三通管



C. 插管推空气



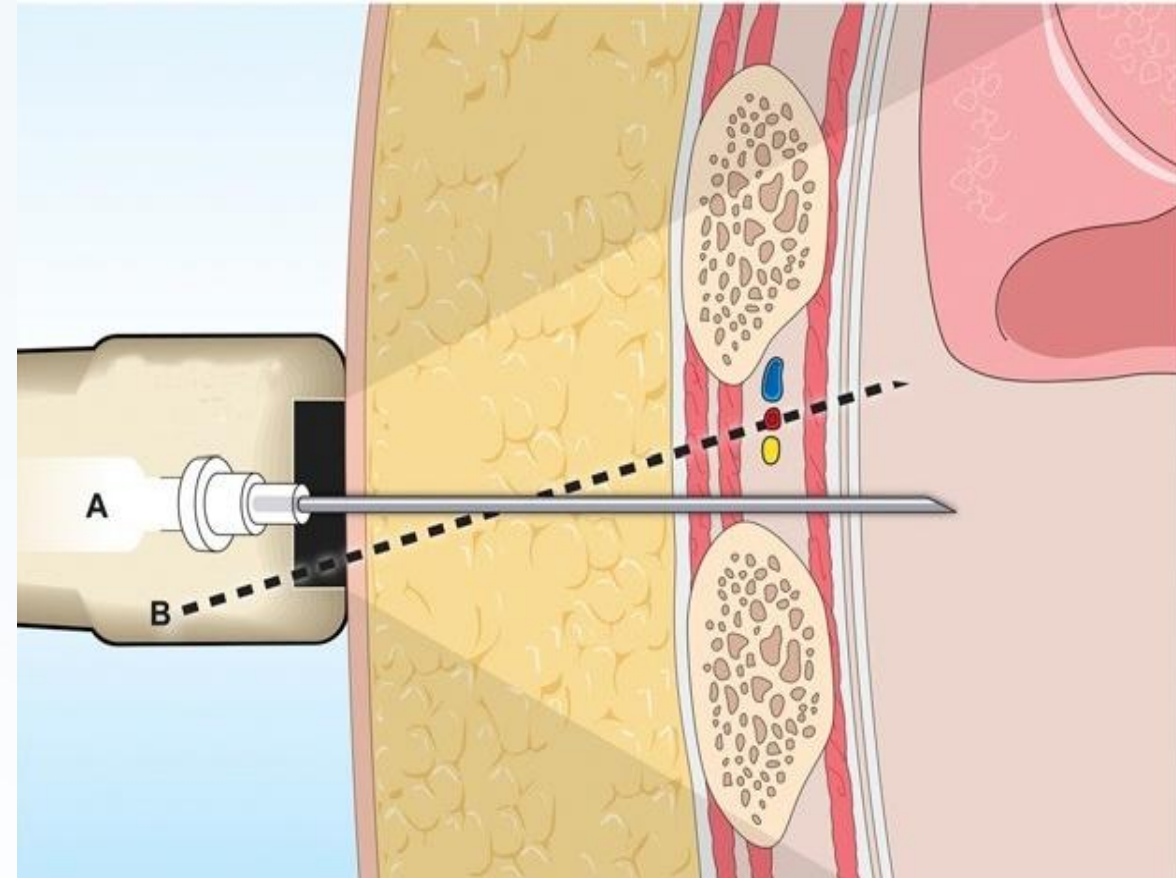
D. 关闭三通管



# 测胸内负压的方法

2. 手指摸到右侧第4-7肋间，  
在腋前线**纵向**剪开皮肤约1cm
3. 一只手顶住左侧胸廓，另一手  
大拇指和食指距离针头1cm左右  
固定穿刺针，沿**肋骨上缘用力**  
**垂直**进针，测胸内负压

★**注意：穿刺后避免漏气；**  
**保持穿刺针与胸廓垂直**





# 测胸内负压的方法

4. 如果胸内负压曲线幅度太小，用1ml注射器抽0.5ml空气从三通管处用力推进去，再慢慢抽出来0.5ml空气。
5. 每次注射空气后要调零。

项	值
通道2—静脉压	
<input checked="" type="checkbox"/> 最大静脉压 (...	0
<input checked="" type="checkbox"/> 最小静脉压 (...	0
<input checked="" type="checkbox"/> 平均静脉压 (...	0

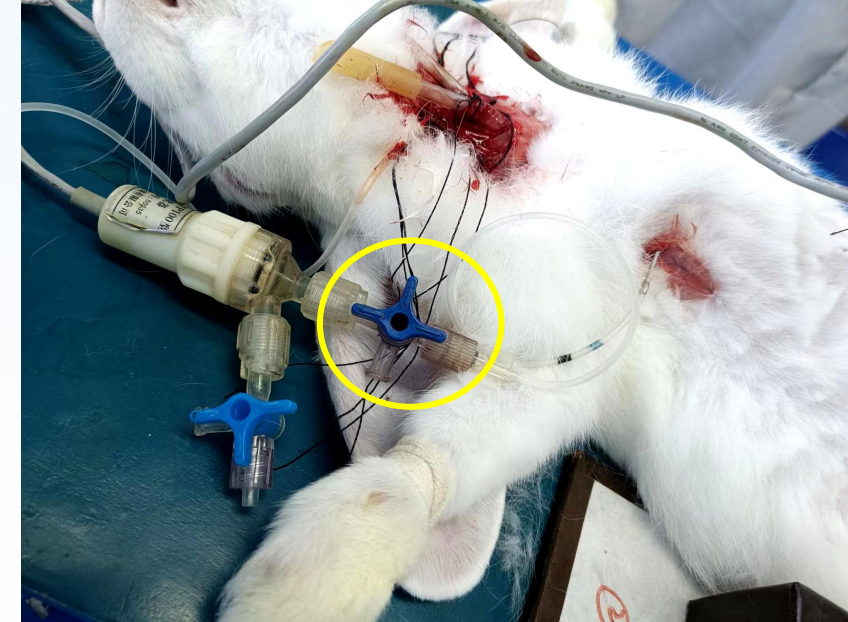
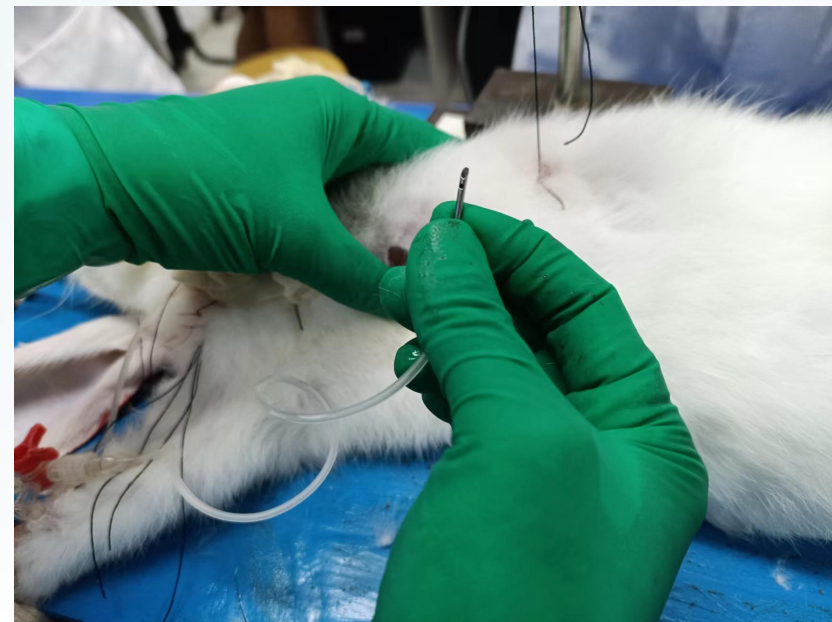
选择计算 实时计算

放大控制 刺激控制

当前通道: 2

通道功能: 静脉压

放大倍数: 50倍





# 血气分析

1. 由老师选择做得好的3-4个组做血气分析，写测试单。
2. 采血前，1ml注射器要肝素化。
3. 采血时，先用2.5ml注射器抽2ml血液，将带有肝素的血抽出来，再用肝素化的1ml注射器抽0.5ml血，迅速套上带橡皮塞的针头，轻轻搓动注射器，使血液与肝素混合。拿上测试单和血样去一室测血气。

**切记：**1ml注射器内的血液不能有**空气**。

4. 采血后，将2.5ml注射器内的血推回体内，最后注射0.5ml肝素。



## 四、注意事项

1. 游离迷走神经时不要牵拉神经。
2. 胸膜腔插管要注意密封，不能漏气。
3. 用于血气分析的血液要肝素化，不能混有空气。
4. 时刻留意动脉血压，动脉插管不能堵塞，一旦堵塞要及时疏通：  
2.5ml注射器吸**2ml**生理盐水，轻轻抽血再用力推血，重复3次，最后推0.5ml肝素，并调零。

