

2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	河北大学
实 验 教 学 项 目 名 称	急性左心衰竭引起肺水肿发生的病理 生理机制及其大体和病理切片 3D 模型 构建虚拟仿真实验教学项目
所 属 课 程 名 称	基础医学
所 属 专 业 代 码	100101K
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	牛嗣云
有 效 链 接 网 址	http://hbu.rofall.net/virexp/xsj

教育部高等教育司制

二〇一九年七月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 不宜大范围公开或部分群体不宜观看的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

1.实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况					
姓 名	牛嗣云	性别	女	出生年月	1967.9
学 历	研究生	学位	博士	电话	0312-5079008
专业技术职务	教授	行政职务	基础医学实验教学中心主任	手机	15631131188
院 系	医学院基础医学教育部			电子邮箱	nsy1688@163.com
地 址	河北省保定五四东路 180 号			邮 编	071000
<p>教学研究情况：主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过 5 项）；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文（含题目、刊物名称、时间，不超过 10 项）；获得的教学表彰/奖励（不超过 5 项）。</p> <p>1.翻转课堂教学在《组织学与胚胎学》教学中的应用研究。河北大学，2018.9-2019.5 2.思政教育融于专业课教学。河北大学，2018.3-2019.12. 3. 翻转课堂教学在《生理学》教学中的应用研究。河北大学，2018.9-2019.5</p>					
<p>学术研究情况：近五年来承担的学术研究课题（含课题名称、来源、年限、本人所起作用，不超过 5 项）；在国内外公开发行刊物上发表的学术论文（含题目、刊物名称、署名次序与时间，不超过 5 项）；获得的学术研究表彰/奖励（含奖项名称、授予单位、署名次序、时间，不超过 5 项）</p> <p>学术研究课题</p> <p>1.国家自然科学基金面上项目,8167140821, 基于表观遗传学理论研究补肾中药对精亏虚雄性大鼠生殖衰老调控的 DNA 甲基化机制, 2017/01-2020/12, 61 万元, 主持。</p> <p>2.国家自然科学基金面上项目, 81373787, 基于信号转导通路网络节点研究何首干预睾丸组织退行性病变的分子机制, 2014/01-2014/12, 16 万元, 已结题, 主持。</p> <p>3.河北省自然科学基金面上项目, H2013201139, 何首乌饮对衰老大鼠生精细胞差异表达基因的调节作用, 2013/01-2015/12, 5 万元, 已结题, 主持。</p>					

4.中国博士后基金,2012M510763,何首乌饮对生精细胞凋亡信号分子的调节机制,2012/03-2013/12,5万元,已结题,主持。

学术论文

1. Jingbo Chen, Yujuan Wang, Chenhong Hui, Yao Xi, Feng Qi, Haokun Liu, Zhenshan Wang* and Siyun Niu*, Mechanisms of Heshouwuyin in regulating apoptosis of test cells in aging rats through mitochondrial pathway[J], BMC Complementary & Alternative Medicine, 2016, 16(1):337.

2. Siyun Niu, Jingbo Chen, Fei Duan, Qingliang Song, Mingyue Qin, Zhenshan Wang, Jingze Liu*, Possible mechanism underlying the effect of Heshouwuyin, a tonifying kidney herb, on sperm quality in aging rats[J], BMC Complement Altern Med, 2014, 14:(250)

3. Siyun Niu*, Suru Kou, Xiaochun Zhou, Liang Ding, Heshouwu decoction, a Chinese tonifying kidney, ameliorates hypothalamic-pituitary-testicular axis secretion in aging rats[J], NEURAL REGENERATION RESEARCH, 2012, 7(21): 1611-1617.

4.陈靖博,王玉娟,郭胜男,牛嗣云*,段斐,何首乌饮减轻 β -淀粉样蛋白诱导的海马神经元损伤的作用机制[J],解剖学报,2015,41(6):175-181.

5. 王小青,陈靖博,齐峰,王一帆,寇素茹,牛嗣云*,何首乌饮对衰老大鼠精子质量的影响[J],解剖学报,2015,38(2):137-140.

1-2 实验教学项目教学服务团队情况

1-2-1 团队主要成员(含负责人,5人以内)

序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	牛嗣云	河北大学医学院	教授	实验中心主任	课程更新拓展及	负责人
2	王红杰	河北大学医学院	教授	副院长	教学项目更新与拓展	在线教学
3	吴素焕	河北大学医学院	讲师	无	急性肺水肿模型建立	在线教学
4	李利平	河北大学医学院	副教授	病理生理学教研室主	急性肺水肿模型建立	在线教学

				任		
5	李娜	河北大学医学院	副教授	生理学教研室副主任	强心利尿扩血管药物	在线教学
1-2-2 团队其他成员						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	肖锋	河北大学医学院	实验师	实验室主任	网站建设与安全维护	技术支持
2	李红玲	河北大学医学院	实验师	无	病理切片标本制备	在线教学
3	马金铎	河北大学医学院	学生	无	网络维护	技术支持
4	姜丽萍	河北大学医学院	研究生	无	病理切片标本制备	技术支持
项目团队总人数：9（人）高校人员数量：9（人）企业人员数量：0（人）						

注：1.教学服务团队成员所在单位需如实填写，可与负责人不在同一单位。

2.教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员，请在备注中说明。

2.实验教学项目描述

2-1 名称

急性左心衰引起肺水肿发生的病理生理机制及其大体和病理切片 3D 模型构建虚拟仿真实验教学项目

2-2 实验目的

以“虚实结合”为原则，以“虚拟-仿真-实训”为主线，通过线上虚拟交互与线下模拟实训相结合，学生自主学习和教师示教相结合，突破时间和空间限制，加强学生对于“理论”和“实践”的双重学习体验，应用机能虚拟实验教学网络平台，达到以下目的：

1. 通过临床案例引入，培养学生的临床思维；通过虚拟演示和人机交互巩固理论知识：急性肺水肿发生的病因、机制；急性肺水肿所致酸碱平衡失调发生的机制；血气分析检测技术及组织病理切片制备技术。

2. 通过虚拟结合的方式培养学生的动手能力：包括颈部手术、冠状动脉左室支结扎术及急性肺水肿模型制备的方法；呼吸、血压和心电图的监测；血气分析。

3. 通过学习组织病理切片的制备及 3D 数字模型的构建,极大的改变了传统平面观察与立体结构脱节现象,培养学生观察能力和空间思维能力。

4. 通过开放实验体系培养学生的综合分析问题、解决问题能力,科研创新思维:包括构建不同类型急性肺水肿的动物模型和治疗方案;自主设计不同组织病理大体标本和切片 3D 模型的构建,促进可视化医学的发展。

2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时: 20 学时

(2) 该实验项目所占课时: 3~5 学时

2-4 实验原理 (简要阐述实验原理,并说明核心要素的仿真度)

急性肺水肿是临床常见的急危重症之一。急性肺水肿病理生理改变是肺组织液体量过度增多甚至渗入肺泡,造成肺换气障碍,引起呼吸衰竭,导致酸碱平衡失调。急性左心衰竭引起急性肺水肿尤为常见,其主要病因有急性心肌梗死、高血压、冠心病、急性心律失常等。

实验原理

本项目实验原理:通过“**结扎冠状动脉左室支**”,造成左心室肌急性梗死,使心肌收缩力明显降低,左心室泵血功能障碍,同时过量输液,引起肺静脉压力增大,使肺毛细血管流体静压升高,肺组织液体量过度增多甚至渗入肺泡,引发急性左心衰诱导急性肺水肿,即“**心源性肺水肿**”。通过心电图、血压和呼吸的监测,呼吸音和心音听诊,观察气管粉红色泡沫液溢出,测定肺系数,明确急性肺水肿模型建立成功。“**急性肺水肿**”时,由于肺间质、肺泡水肿,引起肺顺应性下降,通气/血流比值失调,“ $P_{A}O_2-P_{a}O_2$ ”差值增大,肺泡弥散量降低,使动脉氧分压降低,引起机体缺氧,导致“**急性呼吸衰竭**”。由于缺氧使组织细胞无氧酵解增加,乳酸堆积,血液 PH 值降低,出现“**代谢性酸中毒**”。“**急性呼吸衰竭**”时机体短时间内不能很快代偿,若不及时抢救,会危及患者生命。临床上治疗疾病时首先要去除原发病,因此,针对“心源性肺水肿”采用“**强心利尿扩血管**”的治疗原

则。

急性肺水肿时肺组织病理改变：肺体积增大，边缘钝圆颜色变浅，可见片状淤血。光学显微镜下，最早表现为液体局限在肺泡外血管和传导气道周围的疏松结缔组织中，支气管、血管周围腔隙和叶间隔增宽，淋巴管扩张；液体进一步滞留时，进入肺泡壁期。液体蓄积在厚的肺泡毛细血管膜一侧，肺泡壁进行性增厚；进一步发展，可见充满液体的肺泡壁丧失了环形结构，出现褶皱，肺泡腔内液体的蛋白均与肺间质内相同，提示表面活性物质破坏，气血-屏障被破坏。通过石蜡切片术，取肺组织进行连续切片，HE 染色进行观察，根据取图的顺序将二维切片的图像进行拼接，最终获得所有切片的二维图像，经专业软件分割 3D 重建。

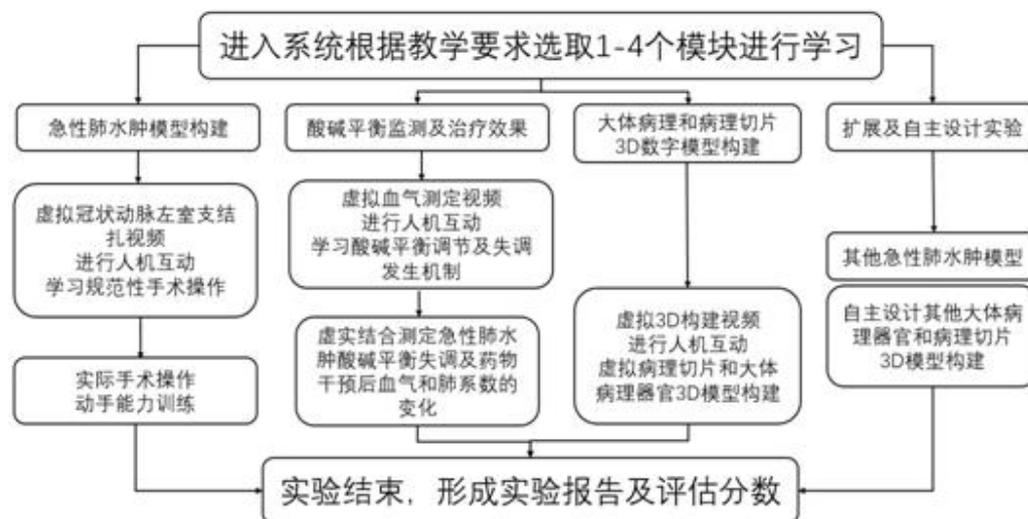
本虚拟仿真实验项目，以患者急性左心衰竭引起肺水肿临床症状为切入点，通过虚拟仿真实验使学生掌握：

- (1) 急性肺水肿动物模型的制备
- (2) 急性肺水肿的临床表现
- (3) 急性肺水肿的诱因及发病机制
- (4) 急性肺水肿引起酸碱平衡失调的机制
- (5) 体外心电图、呼吸和血压记录方法
- (6) 血气分析的原理及方法
- (7) 急性左心衰竭引起肺水肿治疗原则及药物的选择
- (8) 肺水肿大体标本和病理切片的制备方法及切片 3D 模型构建
- (9) 不同急性肺水肿模型构建及治疗
- (10) 不同组织器官组织病理切片制备

核心要素的仿真度 达到 90%以上

主要功能模块与实验内容：

**急性左心衰竭引起肺水肿发生的病理生理机制
及其大体和病理切片 3D 模型构建虚拟仿真实验教学项目**



模块一：急性左心衰引起肺水肿模型建立:采用冠状动脉左室支结扎方法造成急性心肌梗死，诱发急性左心衰竭引起急性肺水肿

主要实验内容和知识点：

(1) 实验前的准备

- 实验防护，实验人员在更衣室完成手术衣、帽子、口罩、手套的穿戴；
- 实验设备、器械、药品的准备，实验人员选取要用到的实验设备、器械和药品，打开电脑，打开 BL-420 生物信号采集系统并链接压力换能器、张力换能器、心电导联线；

(2) 麻醉固定

- 家兔捉拿、称重、麻醉、五点固定、颈胸部备皮；
- 知识点

题目：家兔用 20 % 氨基甲酸乙酯（乌拉坦）麻醉的剂量（ ）

选项：A 5ml/kg B 4ml/kg C 3.5ml/kg D 2.5ml/kg

题目：家兔用 20 % 氨基甲酸乙酯麻醉好的判断指标包括（ ）

选项：A 呼吸 B 角膜反射 C 皮肤夹捏反应 D 肌张力

(3) 颈部手术

- 知识点

题目：气管插管横切口描述最正确的是（）

- 选项：A 切口小于气管周径的 1/2 B 切口大于气管周径的 1/2
C 切口小于气管周径的 2/3 D 切口大于气管周径的 2/3

题目：动脉插管前需要静脉注射抗凝剂的剂量是（）

- 选项：A 10% 的肝素 1ml/kg B 10% 的肝素 1.5ml/kg
C 10% 的肝素 0.5ml/kg D 10% 的肝素 2.5ml/kg

- 颈部正中切口（从甲状软骨到胸锁关节之间做 4cm），分离出气管作气管插管；分离左侧颈总动脉和右侧颈外静脉备用。
- 行颈外静脉插管，连接输液器，打开阀门 5 滴/min 保持通畅。
- 用 5ml 注射器抽取肝素，通过三通管将肝素充满压力换能器和动脉插管，用动脉夹住动脉近心端，远心端结扎，行动脉插管。通过 BL-420 生物信号采集系统，链接压力换能器，记录正常血压。
- 链接张力、和心电导联，通过 BL-420 生物信号采集系统，监测正常呼吸和心电图，并且用听诊器听正常呼吸音和心率。

● 知识点

题目：正常肺泡呼吸音特点（）

- 选项：A 声音似上齿咬下唇吸气时发出的“fu”声 B 吸气相>呼气相（3:1）
C 吸气音响比呼气强，音调高 D 吸气音响比呼气弱，音调低

（4）急性肺水肿模型建立

- 胸部手术：沿胸锁关节向下做正中切口（4~5cm），分离左侧胸壁肌肉，找出左侧 2、3、4 肋骨，然后用组织剪紧贴胸骨左缘剪断肋软骨，开胸器撑开肋骨，用皮摄提起心包并剪开，暴露心脏，注意勿伤及左侧胸膜，以免造成肺不张。

● 知识点

题目：急性左心衰的病因正确的是（）

- 选项：A 高血压 B 冠心病 C 心律失常 D 急性心肌梗死

题目：急性左心衰竭引起肺水肿病理生理机制包括（）

- 选项：A 肺泡弥散功能异常 B 肺通气/血流比值异常
C “ $P_{A}O_2 - P_{a}O_2$ ”差值增大 D 肺顺应性下降

- 肺系数 正常组=4.65 模型组=16.9
- 模型组家兔肺系数明显增大，表明出现了明显肺水肿。

模块二：酸碱平衡监测及治疗效果观察

(1) 血气分析

- 取血：在结扎冠状动脉左室支前，先用普通 5ml 注射器从压力换能器三通管处取出 0.5ml 动脉血去除压力换能器及导管中的肝素，在用血气分析检测专用注射器，抽取 2ml 动脉血，迅速用专用盖盖紧注射器头部，避免与空气接触（用于血气分析）。然后用肝素充满压力换能器及导管。
- 冠状动脉左室支结扎后 30 分钟出现明显肺水肿后，取动脉血（方法同上），用于血气分析。

(2) 急性左心衰竭引起肺水肿的治疗

临床治疗原则“强心利尿扩血管”

● 知识点

题目：属于强心的药物是（ ）

选项：A 西地兰 B 心得安 C 氨茶碱 D 呋塞米

题目：属于利尿的药物是（ ）

选项：A 西地兰 B 心得安 C 硝普钠 D 呋塞米

题目：属于扩血管的药物是（ ）

选项：A 西地兰 B 心得安 C 硝普钠 D 呋塞米

- 减慢输液速度，治疗组和未治疗组均调节成 5 滴/min 维持输液
- 依据急性左心衰竭引起肺水肿“强心利尿扩血管”的治疗原则，进行治疗
- 耳缘静脉缓慢注射西地兰 25~50 μ g/kg，间隔 15 分钟可以再次给药
- 耳缘静脉注射呋塞米，0.4ml/kg，2 分钟内注射完
- 硝普钠：将 50 mg 溶于 5ml 5% 葡萄糖注射液中，再稀释于 250ml 5% 葡萄糖注射液，在避光输液瓶中缓慢静脉滴注。开始每分钟按体重 1.15 μ g/Kg。根据治疗反应以每分钟 1.15 μ g/Kg 递增，逐渐调整剂量
- 观察家兔血压、心电图和呼吸的变化
- 当出现呼吸困难明显好转，双肺湿啰音和哮鸣音明显减轻，口唇发绀明显改善，心室扑动消失，说明治疗明显有效。再次抽取动脉血（方法同上）。

- 进行血气检测。比较治疗前后血气及未治疗组血气变化

(3) 取肺，观察肺的变化，计算肺系数

- 取肺：耳缘注射过量的麻醉剂，处死动物，在气管分叉上方 0.5 cm 处结扎气管，在结扎线上方离断，小心提起心肺，先结扎并离断下腔静脉，然后再结扎上腔静脉和主动脉并离断，从纵隔中取出心肺，结扎并且除心脏，剩下完整的肺组织。
- 用滤纸肺表面液体，观察肺脏大体的改变（体积、颜色、弹性）
- 点击托盘天平，称重，计算肺系数=肺重（g）/体重（Kg），比较治疗与未治疗家兔肺系数的变化。

治疗组 体重 2.4kg，肺重 18.2g； 未治疗组 体重 2.5kg，肺重 41.2g
肺系数 治疗组=7.6 未治疗组=16.48

模块三：肺组织大体标本的观察和病理切片的制备及 3D 数字模型构建

取正常、肺水肿组和肺水肿治疗组的肺组织观察其大体标本的特点 病理切片的制备

(1) 肺组织取材，固定

- 在不同家兔肺组织相同的位置取大小相近的组织块（ $0.5\text{cm}^3 \sim 1.0\text{cm}^3$ ）
- 立即投入固定液内，使其蛋白成分迅速凝固，尽可能保持其生前形态结构

(2) 脱水，透明

- 脱水：一般固定液都是水溶性的，必须先脱去组织的水分，为浸蜡创造条件，梯度酒精脱水 70%酒精→80%酒精→90%酒精→95%酒精→无水酒精I→无水酒精II
- 透明：因石蜡不溶于酒精而溶于二甲苯，因此组织块脱水后用二甲苯透明，将组织块浸入二甲苯I，二甲苯II，透明时间根据组织块大小和组织特点而定

(2) 浸蜡，包埋

- 浸蜡：将透明好的组织块置入在温箱（ $58^\circ\text{C}\sim 60^\circ\text{C}$ ）内熔化的石蜡内，放置适当的时间，使石蜡浸入组织块内替换二甲苯

- 包埋：用包埋机包埋组织块

(3) 切片，染色，封片

- 知识点

题目：属于碱性染料的是（ ）

选项：A 苏木精 B 洋红 C 甲基蓝 D 伊红

题目：HE 染色用的是哪两种染料（ ）

选项：A 苏木精 B 洋红 C 甲基蓝 D 伊红

- 切片：连续切片，切片一般选张 4~10 μm 厚度。
- 脱蜡：浸入二甲苯I，二甲苯II，各 2 分钟
- 酒精下行至水：无水酒精I→无水酒精II→95%酒精→90%酒精→80%酒精→70%酒精→蒸馏水
- 染色：每张切片均进行苏木精-伊红（即 HE 染色）
- 酒精上行脱水：70%酒精→80%酒精→90%酒精→95%酒精→无水酒精I→无水酒精II，各 2 分钟
- 透明：浸入二甲苯I，二甲苯II，各 2 分钟
- 封片：用树胶封片。
- 肺水肿病理切片数据获取及 3D 模型构建，点击病理切片，HE 染色的切片，根据取图的顺序将二维切片的图像进行拼接，最终获得所有切片的二维图像，经专业软件分割重建。

模块四：拓展和自主设计空间—本部分为拓展开放性实验部分

(1) 拓展实验一：大量输液引起急性肺水肿模型

【造模机制】通过快速大量输液引起血容量增加，血液稀释而使血管内胶体渗透压下降，流体静压升高，液体大量冲刷的切应力作用和因肺循环血量急剧增加、血管被动扩张也使血管内皮细胞间隙增大，导致血管壁通透性增大。

【造模方法】选用成年家兔，经耳缘静脉注入戊巴比妥钠进行麻醉（30 mg/kg），仰卧位固定于兔台，颈胸部备皮，颈部正中切口，分离左侧颈总动脉、右侧颈外静脉、分离并行气管插管。颈静脉插管，链接输液器，打开阀门 5 滴/min 保持通畅。10%肝素生理盐水（1ml/Kg）外耳缘静脉注射，颈总动脉插管，链接压力换能器和张力换能器，监测

血压和呼吸。听诊器听诊正常呼吸音。以 120~180 滴/min，输入全血量（100ml/Kg）的生理盐水，建立急性肺水肿模型。听诊器监听呼吸音的变化、观察气管插管是否有粉红色泡沫样痰溢出。

（2）拓展实验二：大量输液+肾上腺素建立急性肺水肿模型

【造模机制】通过快速大量输液引起血容量增加，血液稀释而使血管内胶体渗透压下降，流体静压升高，液体大量冲刷的切应力作用和因肺循环血量急剧增加、血管被动扩张也使血管内皮细胞间隙增大，导致血管壁通透性增大，中毒剂量的肾上腺素可增强心肌收缩力，体循环外周血管强烈收缩，改变血流的重新分配，使血液由体循环迅速转移到肺循环，从而使肺的血容量快速增加。

【造模方法】选用成年家兔，经耳缘静脉注入戊巴比妥钠进行麻醉（30 mg/kg），仰卧位固定在兔台，颈胸部备皮，颈部正中切口，分离左侧颈总动脉、右侧颈外静脉、分离并行气管插管。颈静脉插管，链接输液器，打开阀门 5 滴/min 保持通畅。10%肝素生理盐水（1ml/Kg）耳缘静脉注射，行颈总动脉插管链接压力换能器和张力换能器，监测血压和呼吸。听诊器听诊正常呼吸音。以 120~180 滴/min，输入全血量（100ml/Kg）的生理盐水。输液完成后，静脉注入 1% 的肾上腺素（0.5ml/Kg），取动脉血 2ml（血气分析），听诊器监听呼吸音的变化、观察气管插管是否有粉红色泡沫样痰溢出。

（3）自主设计实验

学生通过查阅文献，自行设计常见疾病的动物模型和病理 3D 模型，网上提交自主设计实验报告。

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

MicroCT，BL-420 生物生物信号采集系统，石蜡切片机，展片机，烤箱，包埋机。开源软件 Fiji。张力换能器，压力换能器，心电导联。血气分析仪，听诊器，托盘天平，婴儿称。

2-6 实验材料（或预设参数等）

实验动物：家兔

手术器械：常规手术器械，开胸器，蚊式镊，皮镊，持针器，输液装置，吸管，载玻片，血气检测专用采血管，5ml、10ml、20ml 注射器，滤纸，输液器。

实验药品：20% 氨基甲酸乙酯，生理盐水，10%肝素（1250U/ml），西地兰，呋塞米，硝普钠，苏木精，伊红，酒精，二甲苯，石蜡，封片树脂

2-7 实验教学方法（举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果）

1. 使用目的

肺部气体交换是生理学教学的难点和重点，急性左心衰是急性肺水肿常见的诱因，是临床常见的急危重症之一，也是病理生理学的教学重点和难点。急性左心衰致急性肺水肿模型采用家兔冠状动脉左室支结扎，手术方法复杂，成功率低，学生实验很难进行。

组织病理切片制备耗时长，制作复杂，学生很难真实体验，在实验课使用过程中，经常损坏，不懂珍惜，通过虚拟仿真实验过程，让学生懂得珍惜别人的劳动成果，要有感恩的心，尊重实验室老师。

传统医学实验教学由于时间和动物等问题不能将医学机能实验和医学形态学实验有机的结合起来。本课题采用虚拟实验场景，动画显示冠状动脉左室支的解剖位置，病理标本和病理组织切片的观察，使学生不仅掌握了急性肺水肿动物模型的制备、急性肺水肿发生的病理生理机制，而且也观察了组织形态结构的病理改变，充分理解结构和功能的密切相关性。本虚拟仿真实验在关键的知识点设定考核题，实现人机交互，辅助学生理解知识点，理论联系实际，为今后的临床服务和科研工作奠定基础。

2. 实施过程

本虚拟仿真项目包括相对独立并有机结合的四个模块，根据实验目的，学生可以选择其中一个或者几个模块进行学习。如学生可以选择“急性左心衰竭引起肺水肿模型建立”模块，虚拟和实践结合，掌握实验操作；学生可以选择“急性左心衰竭引起肺水肿模型建立”和“酸碱平衡监测及治疗效果”，在掌握实验操作的基础上，可以通过血气分析仪检测血气变化，并依据“强心利尿和扩血管”的治疗原则，选用相应的临床常用药物，通过血气分析和肺系数变化，评价治疗效果。对于有兴趣的学生，可以继续学习或只学习“肺水肿组织大体观察和病理切片制备和切片 3D 数字模型构建”，从微观观察组织病理结构变化。相对独立模块给教学带来了很大的灵活性，让学生在学习过程中能够自由选择。另外，本实验预设“拓展和自主设计空间”模块，允许学生在线设计新的急性肺水肿模型和与之相对应的药物治疗，也可以自主设计常见疾病的动物病理模型，培养学生科研创新思维。

3. 实施效果

在自由学习的过程中，调动学生学习的积极性，提高学生自主学习的能力，学生从

大体观察和微观形态结构的变化及分析其发生发展的病理生理机制，系统学习了从疾病的发生发展以及组织结构的病理改变到临床治疗，培养了学生的临床思维。开发的设计实验给学生一个广阔的空间进行创作，激发学生的求知欲望，促进学生主动拓展知识，并与临床实践相结合。

2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

（1）实验方法描述：

本实验分为急性肺水肿造模、酸碱平衡监测及治疗效果、肺水肿组织病理切片制备与切片 3D 数字模型构建和拓展和自主设计等四大模块。

急性肺水肿建模实验：主要内容为结扎健康家兔冠状动脉左室支，建立急性左心衰竭引起肺水肿，实验过程中选用两只健康家兔，一只行左室支结扎，另一只不结扎，模型建立成功后，取肺并计算肺系数。

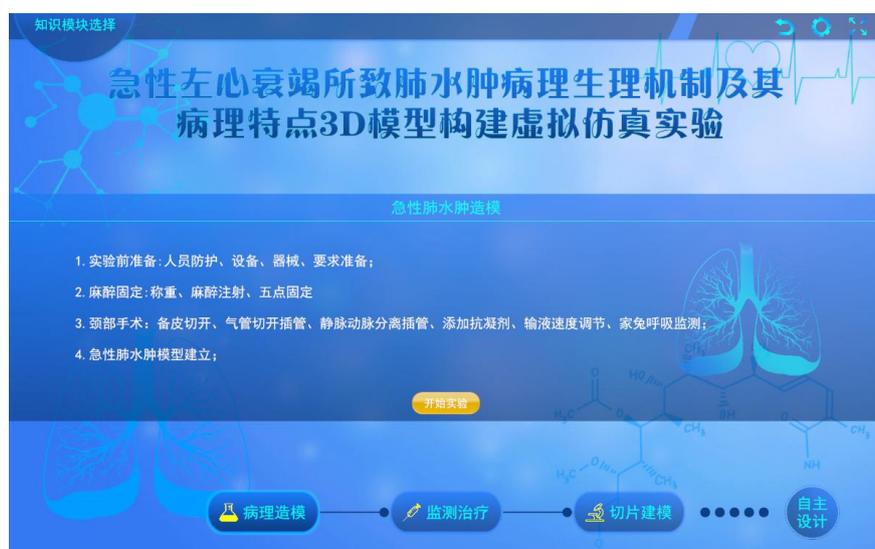
酸碱平衡监测及治疗效果：在不同的时间点取血进行血气分析，对比治疗组和不治疗组家兔血气分析结果。

肺水肿组织病理切片制备及切片 3D 数字模型构建：主要内容为从家兔的肺取一部分肺组织，经过固定、脱水、浸蜡、包埋、切片、染色等步骤制作成肺组织玻片，随后在显微镜下成像并构建肺组织切片的三维立体模型。

拓展和自主设计实验：主要内容为学生可以通过不同的肺水肿诱因建立动物模型，同时可以查阅文献自行设计常见疾病的动物病理模型。

（2）学生交互性操作步骤说明：

打开实验软件后，选择要进行的实验，然后点击“开始实验”按钮，进入虚拟实验操作。



从整体上讲，本软件的操作界面主要包括 4 部分：

(1) 顶部标题栏，包括当前实验标题，步骤信息提示、数据面板按钮、返回主页按钮、设置按钮和全屏按钮等；

(2) 左侧实验进度表面板，其中列出了当前实验的主要操作步骤和流程，并使用箭头对当前操作步骤进行指示。



(3) 实验信息面板，包含选择题信息、设置材料信息和家兔信息，便于及时查询。

(4) 中间三维虚拟场景展示区域，进行虚拟实验操作和交互的主要区域，其中包含了虚拟的实验环境、仪器设备、材料耗材以及虚拟人物等。

模块一：建立急性肺水肿动物模型

(1) 实验前准备

- 人员准备与防护阶段，主要让学生了解本实验前所执行的必要的准备工作和相关的防护措施。包括穿戴手术衣、帽子、口罩、手套等；



- 设备、器械和药品的准备，让学生了解实验中用到的设备、器械以及药品。
- 将两台手术所需的压力换能器、张力换能器、心电导连线连接到系统上，并打开监测软件。



(2) 麻醉固定及备皮

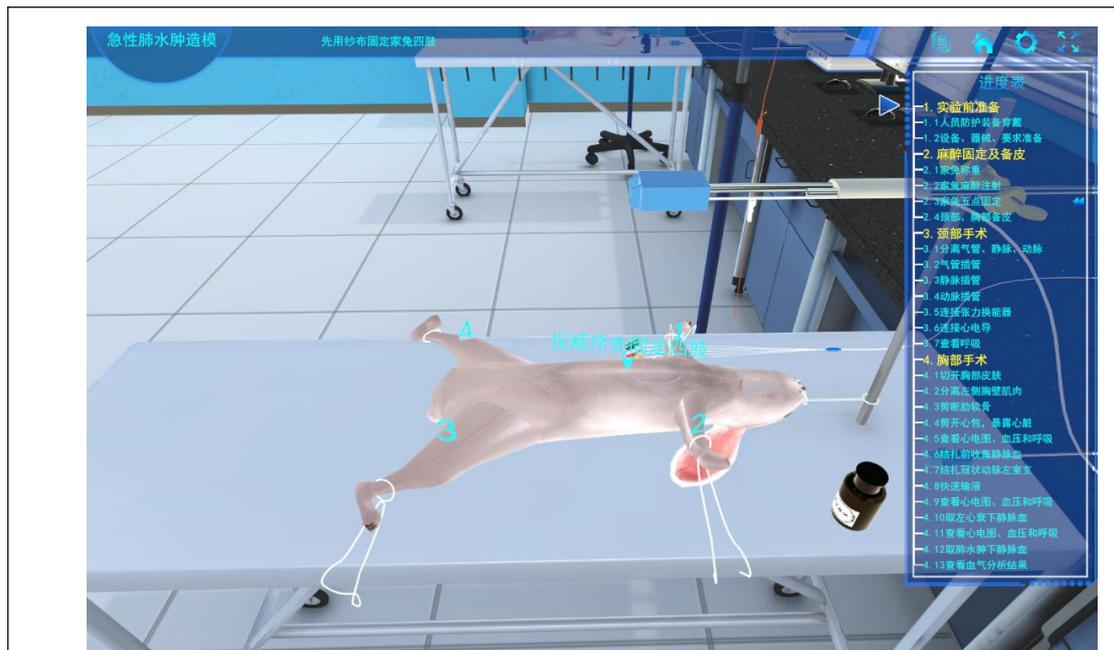
- 一手抓住家兔背部皮肤，一手托住家兔臀部，将两只家兔分别放在婴儿秤上进行称重，并记录数据；



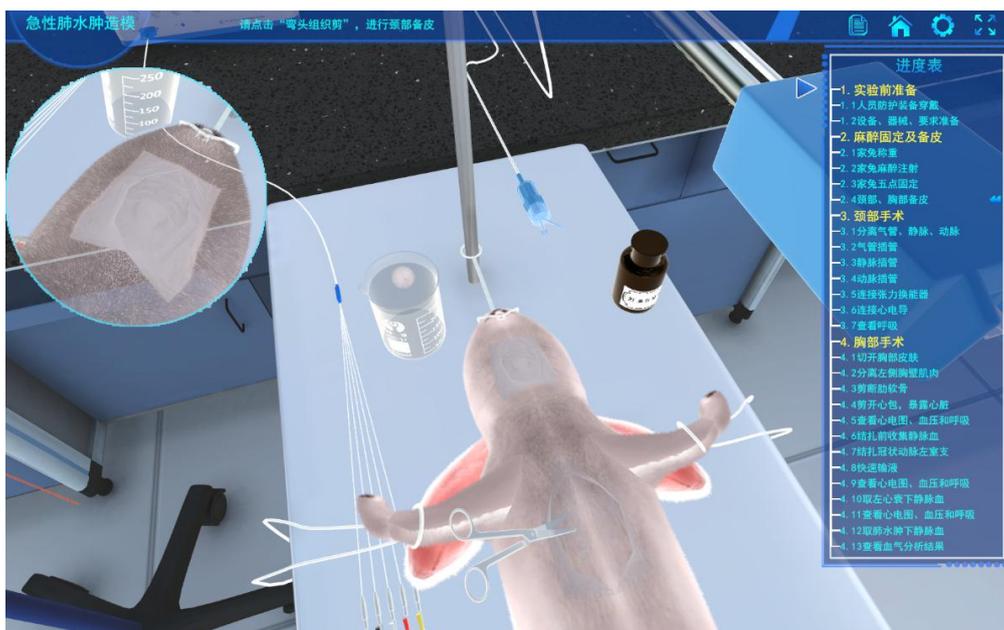
- 将家兔放入兔盒并用卡扣锁死，用注射器取一定剂量麻醉剂于家兔耳缘静脉进行注射，静脉穿刺时手指夹住近心端，推药时松开手指，注射完成后按压止血；



- 将家兔按照五点固定法固定在兔台上；

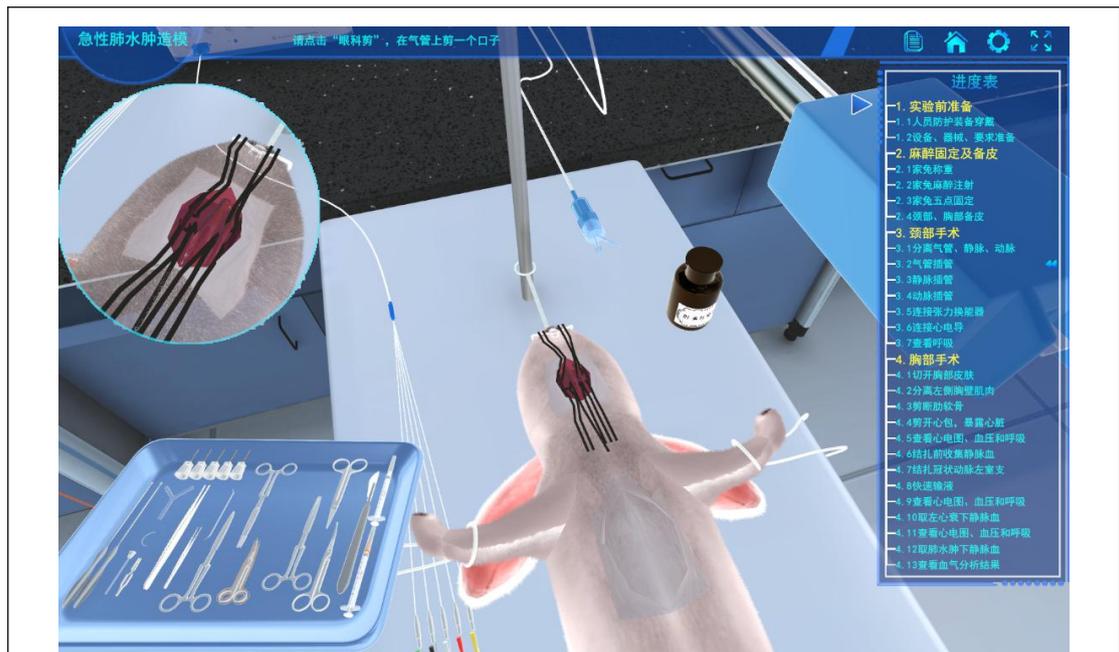


- 用弯头组织剪把颈部和胸部需要手术位置进行备皮；

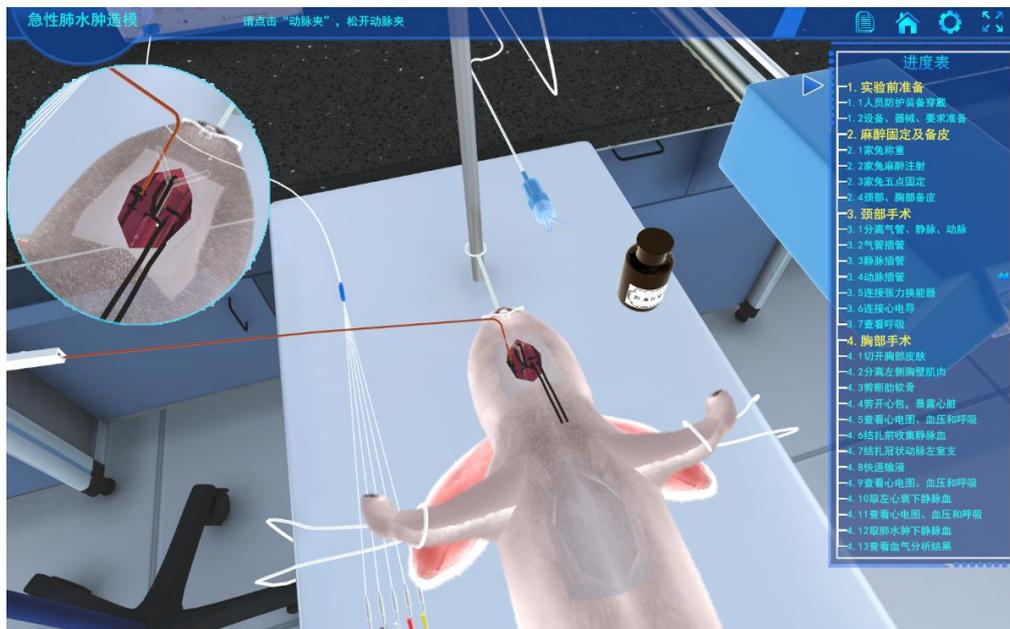


(3) 颈部手术

- 分离气管、动脉、静脉：用手术刀将颈部皮肤切开，用止血钳逐层分离皮下组织与颈部肌肉，暴露气管，行气管插管术；
- 用玻璃分针分离右侧颈外静脉及左侧颈总动脉，行颈外静脉及颈部动脉插管术；



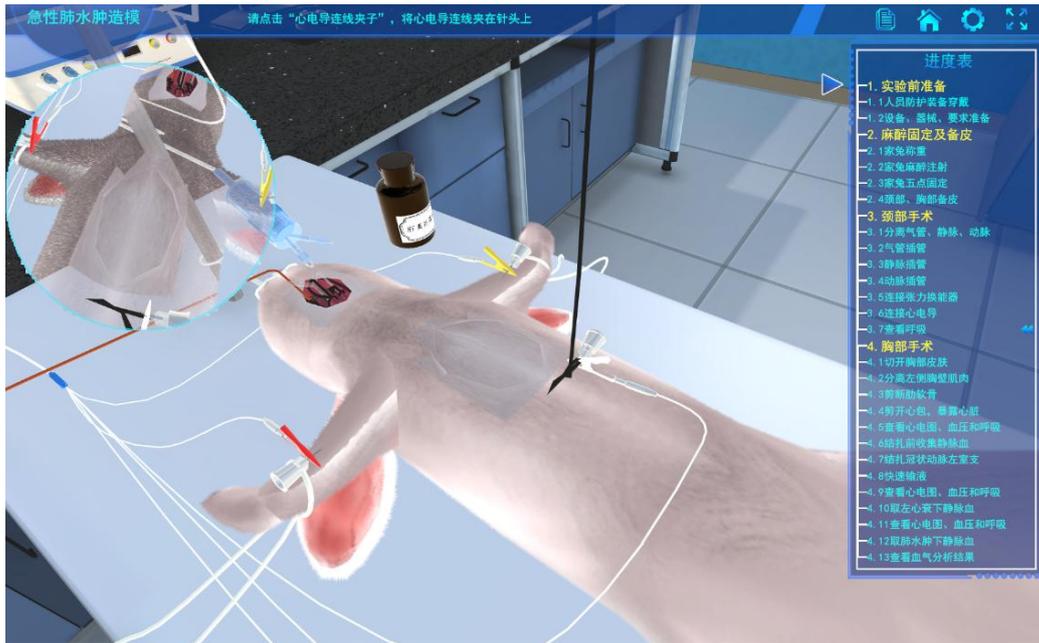
- 行静脉插管：用动脉夹夹闭静脉近心端，待血管充盈后，绑扎远心端，用眼科镊垫在静脉下，用眼科剪在静脉上剪一个口，将输液管插入静脉切口并绑扎固定，移除眼科镊；



- 准备抗凝剂：将动脉插管连接到压力换能器上，打开三通，用注射器吸取抗凝剂，对准三通向压力换能器和动脉插管中注入抗凝剂，待动脉插管有液体滴出，停止注射；
- 行颈总动脉插管：结扎颈总动脉远心端，待血管充盈后，用动脉夹夹住近

心端，将眼科镊垫在动脉下，用眼科剪在靠近远心端结扎线，与血管呈 45 度角剪一横切口，深度不超过血管周长一半，将动脉插管插入动脉并绑扎固定，移除眼科镊；

- 查看血压监测情况；
- 用持针器夹住小圆针穿透胸部皮肤，连接到张力换能器上，在家兔四肢和胸部皮肤扎上针头，并用心电导连线的夹子夹住；



- 使用听诊器听家兔的呼吸声和心音，查看心电图和血压；
- 颈部手术完成后用湿纱布盖住颈部伤口，保持颈部湿润。

(4) 胸部手术

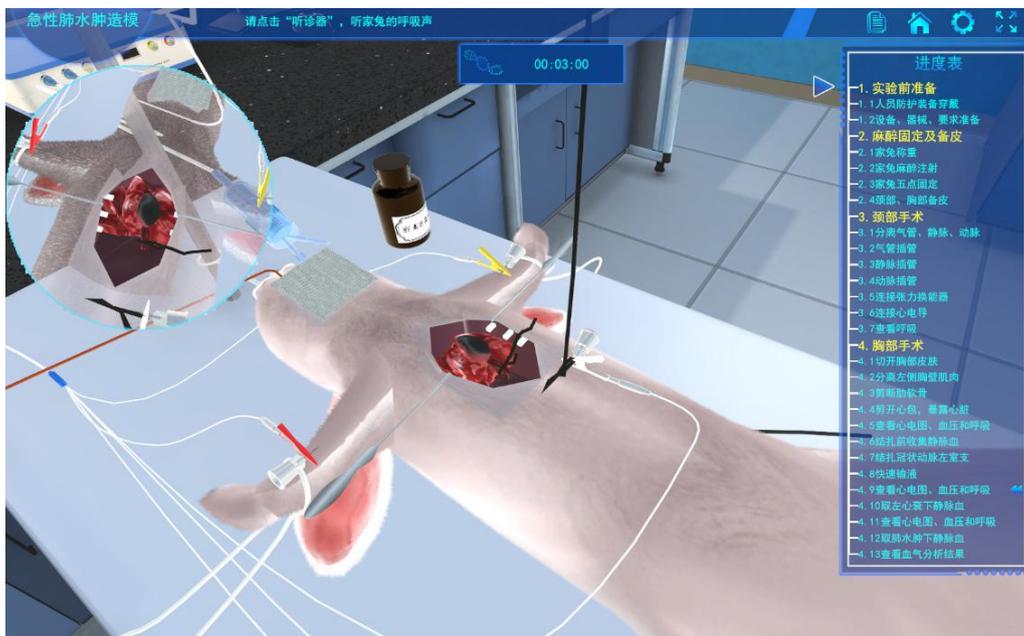
- 用手术刀在胸锁关节向下做正中切口，4~5cm，分离左侧胸壁肌肉，用组织剪沿胸骨左缘剪断 2、3、4 肋骨，使用拉钩撑开肋骨；



- 用皮镊提起心包膜，不要损伤左侧胸膜，然后用眼科剪剪开；
- 用听诊器听家兔正常状态下的呼吸声和心音，查看心电图和血压；
- 右侧为心衰组，结扎左室支，左侧为正常组，不结扎左室支；



- 用眼科镊提起左心耳，用持针器夹住小圆针绕过冠状动脉左室支进行结扎，结扎后加速输液（60~80 滴/min），使用听诊器听家兔呼吸声和心音的变化，5 分钟左右可于心尖处听到奔马律，心电图可见室性心律失常；



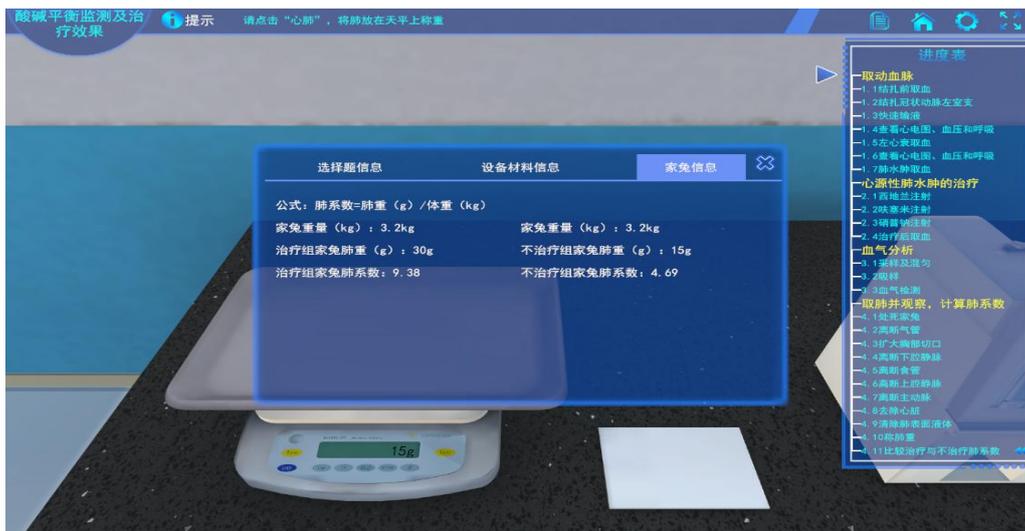
- 冠状动脉左室支结扎 20 分钟左右可见：呼吸频率进一步加快，右侧肺底可闻及明显湿啰音（水泡音），口唇发绀，频发室性心律失常；
- 冠状动脉左室支结扎 30 分钟后，出现心室扑动；严重呼吸困难，呼吸变浅变快，听诊双肺明显湿性啰音和哮鸣音，伴有粉红色泡沫样痰溢出气管，证明有肺水肿模型建立成功。

(5) 取心肺，并计算肺系数

- 于耳缘静脉注射过量的麻醉剂，处死家兔，用手术刀扩大胸部切口，依次结扎气管、上腔静脉、主动脉、下腔静脉、食管近心端和远心端，在用眼科剪分别剪断，取出心肺；
- 用吸水纸除去肺表面的液体，分别称量两只家兔的肺重并记录；



- 比较正常与肺水肿肺系数的变化;



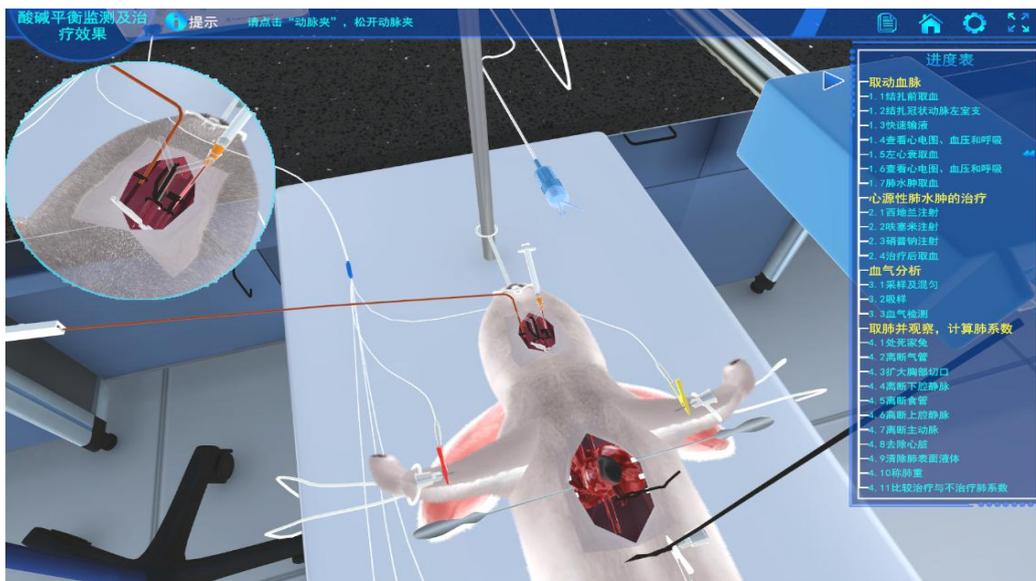
模块二：酸碱平衡监测及治疗效果

(1) 取血

- 右侧为治疗组，结扎左室支并治疗，左侧为对照组，结扎左室支不治疗；两组在结扎前、结扎后 30 分钟、治疗后症状明显改善取血，对照组在同一时间点取血；



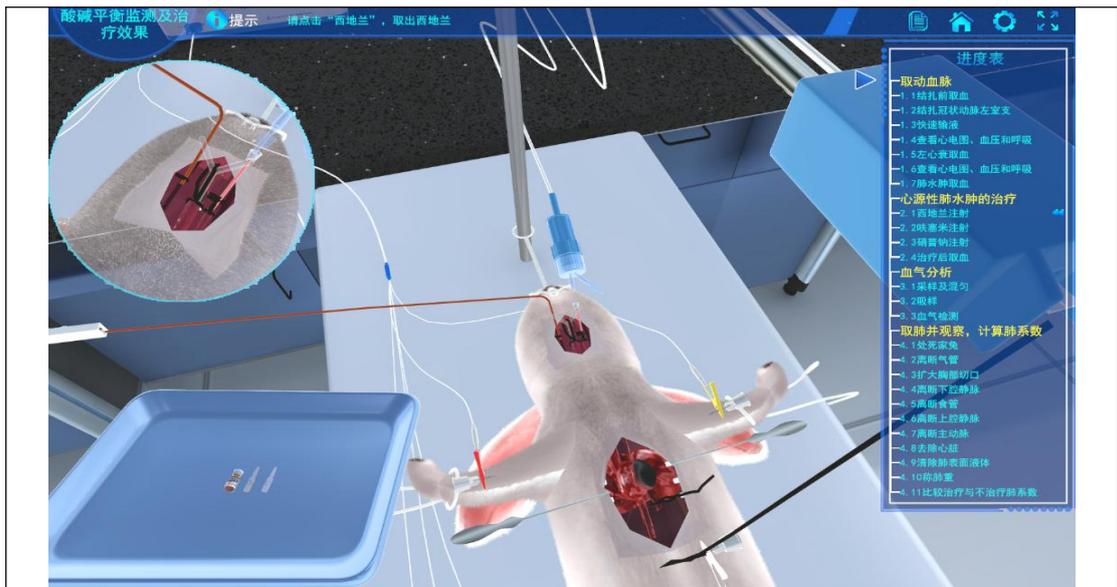
- 动脉取血：将三通打开，放血 0.5ml 后，将取血器对准三通开始取血，取血后，关闭三通，用注射器吸取抗凝剂，对应三通后，打开三通，将抗凝剂推入压力换能器；



- 冠状动脉左室支结扎 30 分钟后听到明显湿性啰音和哮鸣音后再次动脉取血；

(2) 急性左心衰竭引起肺水肿治疗

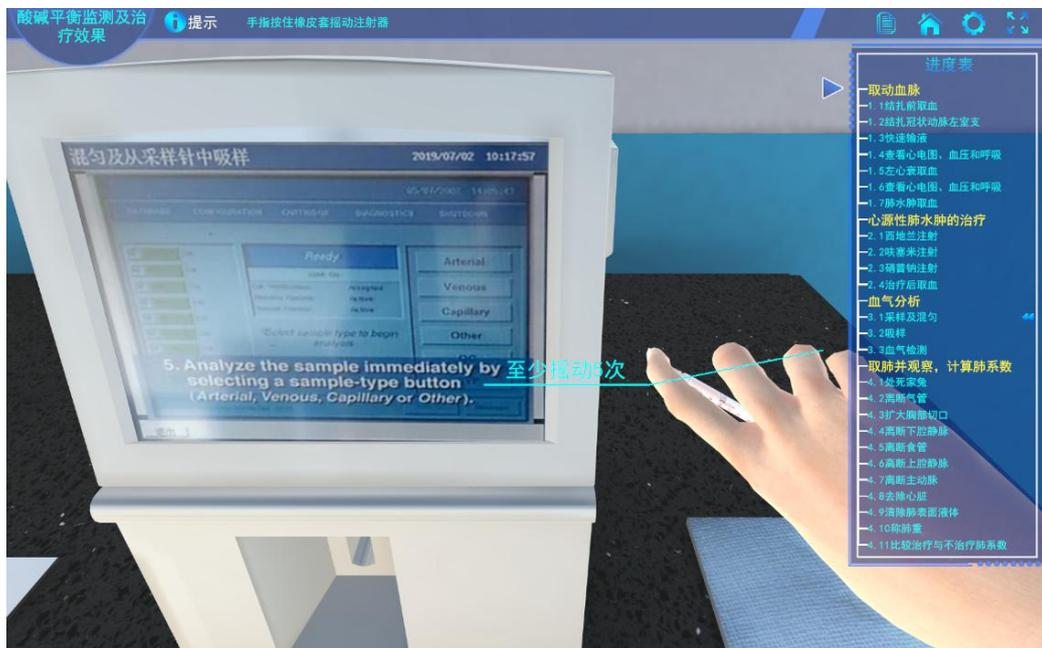
- 用注射器吸取西地兰于家兔耳缘静脉注射，吸取呋塞米于家兔耳缘静脉注射，吸取硝普钠避光从输液管注射；



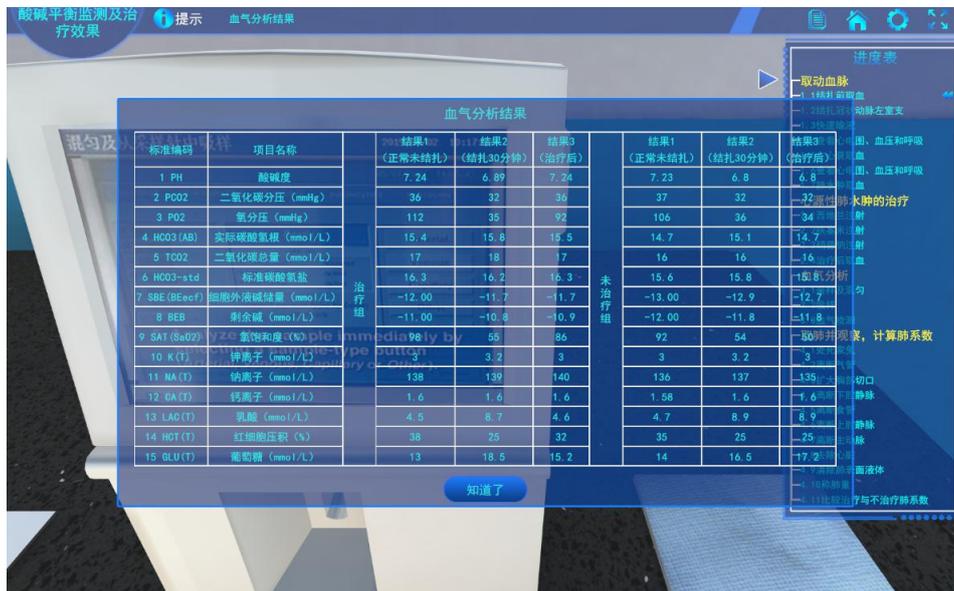
- 治疗后，观察家兔血压、心电图和呼吸的变化，
- 当出现呼吸困难明显好转，双肺湿啰音和哮鸣音明显减轻，口唇发绀明显改善，心室扑动消失，说明治疗明显有效，再次抽取动脉血（方法同上）；

(3) 血气分析

- 摇动注射器使血样均匀，将血块排出；

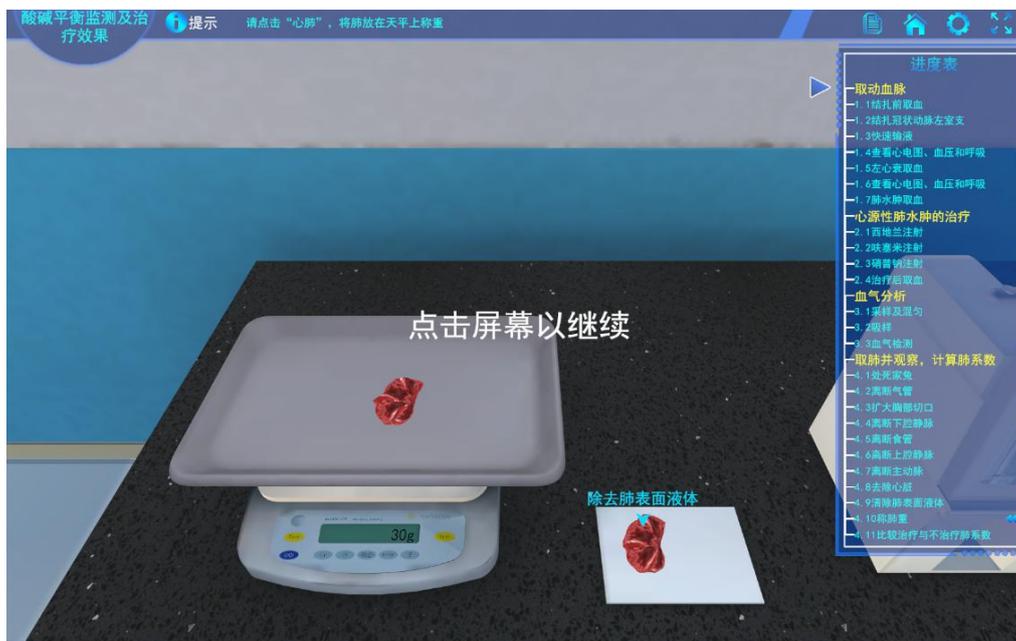


- 在软件中点击动脉血按钮，将注射器对接到采样器上，点击软件中的取样按钮开始取样；
- 分析并查看血气分析的结果；

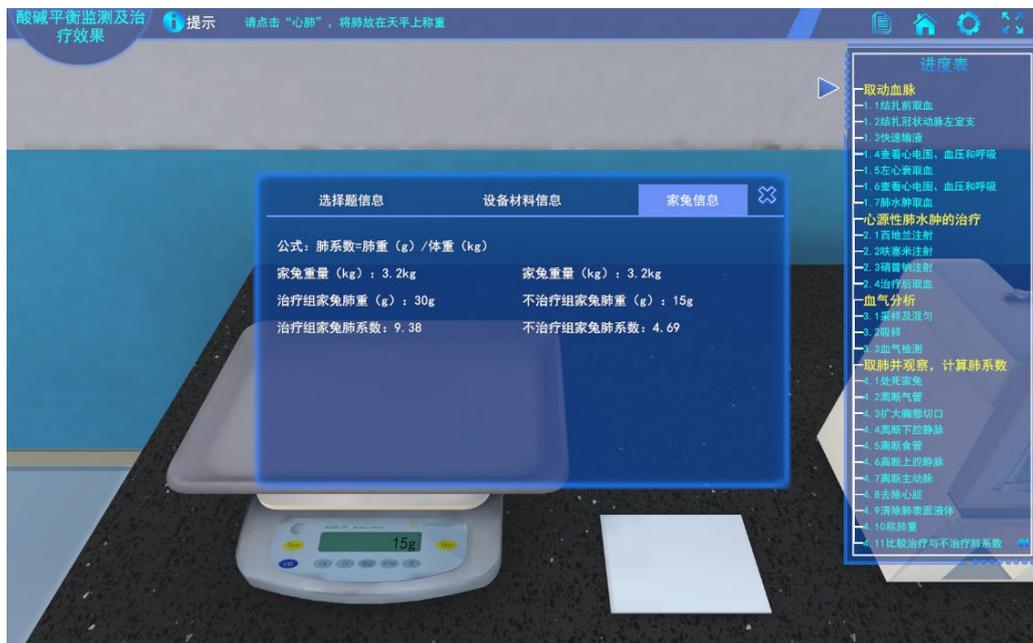


(4) 取心肺，并计算肺系数

- 耳缘静脉注射过量的麻醉剂，处死家兔，用手术刀扩大胸部切口，依次结扎气管、上腔静脉、主动脉、下腔静脉、食管近心端和远心端，在用眼科剪分别剪断，取出心肺；
- 用吸水纸除去肺表面的液体，分别称量两只家兔的肺重并记录；



- 比较治疗与不治疗肺系数的不同；



模块三：肺组织大体标本和病理切片 3D 数字模型构建

肺大体标本的观察：

取正常、肺水肿和肺水肿治疗后的家兔肺组织，观察大体形态的病理改变。
包括肺颜色、体积大小、肺叶边缘等。

肺组织病理切片的制备

(1) 取样、固定、修块

用手术刀在不同组的肺组织相同的位置上剪一块肺组织，用眼科镊夹住肺组织在装有生理盐水的培养皿中清洗三次后，放入 4% 多聚甲醛溶液中固定 4 小时后，取出并放在滤纸上，用手术刀修块，将修好后的组织块放入 4% 多聚甲醛溶液中继续，4% 多聚甲醛溶液固定时间不超过 24 小时。固定完成后，用眼科镊夹取肺组织放在 PBS 溶液中清洗三次，放入包埋框中。



(2) 脱水、浸蜡

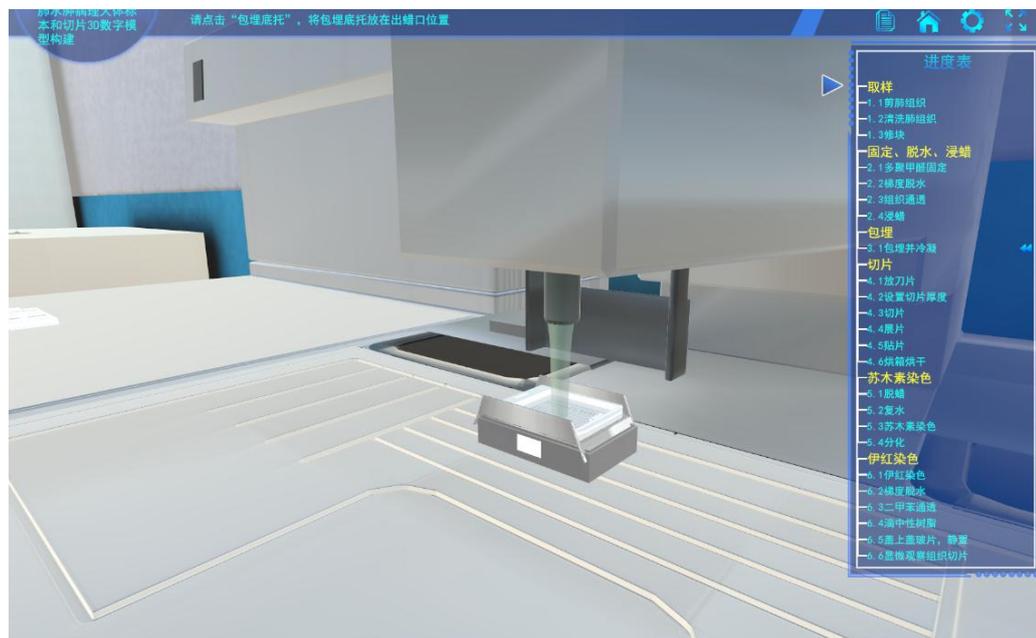


- 将包埋框放入 70%乙醇中过夜，然后依次放入 80%，90%，95%I，95%II，无水乙醇I，无水乙醇II中，每级 1h，脱去肺组织水分；
- 将包埋框放入二甲苯I中 20-30min，再将组织放入二甲苯II中 20-30min，使组织透明；
- 将包埋框逐级放入 58°C~60°C 温箱的石蜡液浸蜡，石蜡液I中 0.5h，石蜡液II中 1h，石蜡液III中 1.5h；



(3) 包埋

将包埋框从石蜡液中取出，用眼科镊将肺组织放入包埋底托中，将样品框盖在包埋底托上，将包埋底托放在出蜡口进行包埋，包埋后冷却凝固 10 分钟，获得组织蜡块；



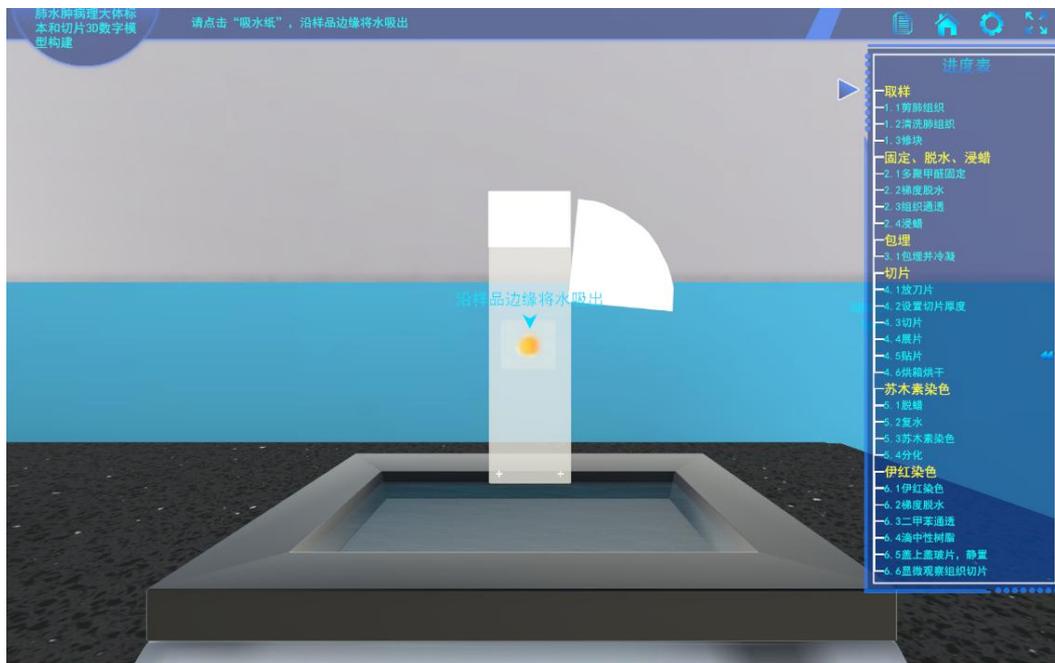
(4) 切片

- 将刀片放入刀槽，调整刀架位置，并锁定刀片；
- 旋动厚度设置旋钮，设定切片厚度在 4~10 μm 之间；
- 将组织蜡块固定在切片机对应位置；

- 摇动把手开始切取蜡片；
- 用眼科镊夹取切好的蜡片放在展片机水槽内进行展片；



- 切片正对载玻片中间，快速贴近提起，然后用滤纸沿切片边缘将水分吸干；

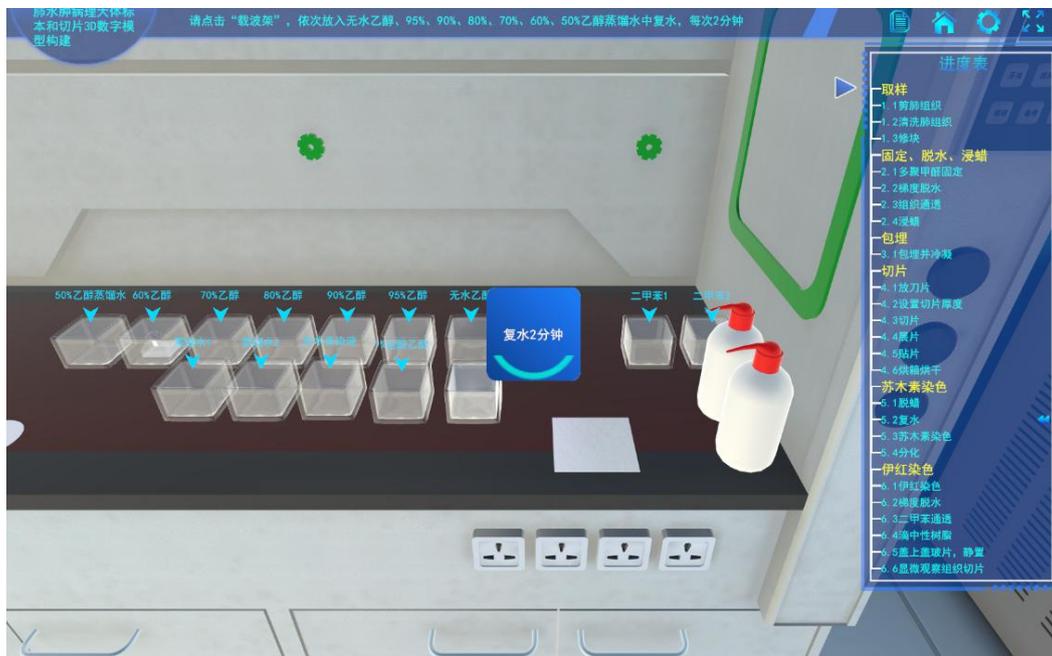


- 将载玻片放入专业染色架上用干燥箱烘干；



(5) 苏木素染色

- 将染色架放入二甲苯脱蜡两次，酒精下行至水，无水酒精I→无水酒精II→95%酒精→90%酒精→80%酒精→70%酒精，每级 2 分钟；
- 然后在用蒸馏水清洗两次去掉乙醇；



- 将肺组织放入苏木素染液染色 5~10 分钟，随后放入蒸馏水清洗三次，除去多余的染液，每次 1 分钟；

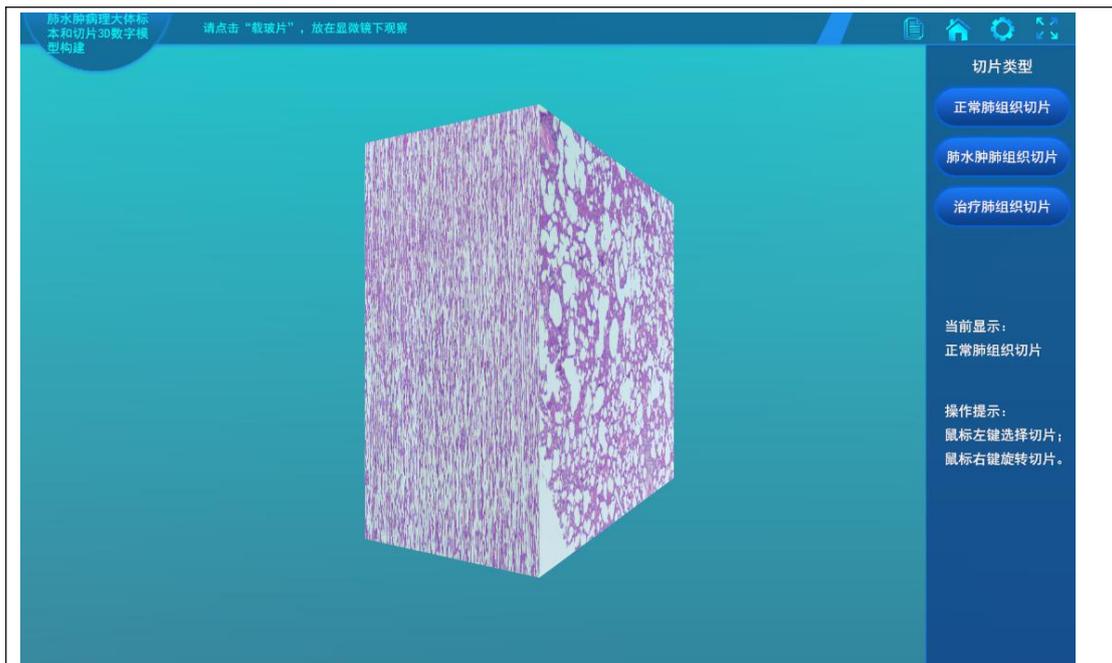
- 将肺组织放入 1% 盐酸乙醇溶液分化 10 秒，用蒸馏水洗掉多余的盐酸，时间 1 分钟；

(6) 伊红染色

- 将肺组织放入伊红染液染色 2 分钟，随后用蒸馏水洗掉多余的染液，时间 2 分钟；
- 将肺组织切片分别放入 70%酒精→80%酒精→90%酒精→95%酒精→无水酒精I→无水酒精II，脱水，每级 2 分钟；



- 将肺组织放入二甲苯中通透两次，每次 2 分钟，取出后放在滤纸上静置 2 分钟，待二甲苯挥发完全，将载玻片取出；
- 用滴管吸取中性树脂滴在载玻片上，并盖上盖玻片，随后放置 6 小时；
- 将载玻片放在显微镜下观察，并全景扫描切片图片，使用切片图片生成三维模型；



模块四：拓展和自主设计

该实验提供了两种肺水肿模型供学生学习，分别为大量输液引起急性肺水肿模型和大量输液+肾上腺素引起急性肺水肿模型，通过阐述肺水肿造模机制确定如何实现肺水肿模型的造模方法。

拓展和自主设计空间场景		提示
	大量输液引起急性肺水肿模型	大量输液+肾上腺素建立急性肺水肿模型
造模机制	<p>通过快速大量输液引起血容量增加，血液稀释而使血管内胶体渗透压下降，流体静压升高，液体大量冲刷的切应力作用和因肺循环血量急剧增加、血管被动扩张也使血管内皮细胞间隙增大，导致血管壁通透性增大。</p>	
造模方法	<p>选用成年家兔，经耳缘静脉戊巴比妥钠麻醉（30mg/kg），仰卧位固定在兔台，颈部备皮，颈部正中切口，分离左侧颈总动脉、右侧颈外静脉、分离并行气管插管。颈静脉插管，并链接输液器，打开阀门5滴/min保持通畅。10%肝素生理盐水（1ml/Kg）外耳缘静脉注射，行动脉插管链接压力换能器和张力换能器，监测血压和呼吸。听诊器听正常呼吸音。以120~180滴/min，输入全血量（100ml/Kg）的生理盐水，建立急性肺水肿模型。听诊呼吸音的变化、观察气管插管是否有粉红色泡沫样痰溢出。</p>	

2-9 实验结果与结论要求

- (1) 是否记录每步实验结果：是 否
- (2) 实验结果与结论要求：实验报告 心得体会 其他
- (3) 其他描述：

1.结合理论知识和实验原理，分析实验结果的发生机制，对比正常和急性肺水肿的肺大体结构的变化，血气变化；治疗与不治疗家兔肺大体结构的变化，血气变化。

2.拓展实验可自主设计急性肺水肿模型及相应的治疗原则，自主设计常见病的病理动物模型，形成设计报告，评价学生自主学习和创新思维。

2-10 考核要求

通过实验操作技能训练，理论知识掌握和创新能力三个方面考核反馈学生在实验中的学习情况。通过学生预习虚拟平台实验过程中的态度等考察学生的治学态度；通过虚拟实验操作考核考察学生实际操作情况；通过学生回答思考题考察学生是否熟练掌握实验原理；通过实验报告考察学生对基本知识、基本理论和基本技能的掌握；要求学生完成拓展实验，撰写实验设计方案，考察学生的科研创新能力。本项目采用多维度对学生进行评价。具体考核要求、评分细则和比例见下表。

虚拟仿真实验考核要求以及评分细则表

考核内容	考核指标	评分细则
实验操作（40%）	手术操作（15%）	考察学生动手能力
	虚拟操作（25%）	设置 10 个虚拟实验考核点，人机交互进行考核
理论知识的掌握（20%）	课前预习（5%）	虚拟实验观看时长
	知识点考核（15%）	在线解答思考题
创新能力（40%）	拓展实验（15%）	急性肺水肿模型及相应的治疗方法
	自主实验设计（25%）	实验方案具有创新性 科学性及可行性

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

专业：基础医学、临床医学、药学专业、法医专业、口腔专业、护理专业、预防专业、医学技术。

年级：大学本科三年级及以上。

(2) 基本知识和能力要求等

基本知识：具备解剖学、组织学、生理学、药理学、病理生理学、病理学等医学基础知识，对心脏和肺的生理功能及强心、利尿和扩血管药物的作用机理等知识点具有储备。

技能能力：通过前期生理、药理、病理和病理生理等相关学科实验课程的学习，初步掌握基本实验操作和仪器设备的使用等。

2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2019年4月

(2) 已服务过的本校学生人数：1000人

(3) 是否纳入到教学计划：是 否

(勾选“是”，请附所属课程教学大纲)

(4) 是否面向社会提供服务：是 否

(5) 社会开放时间：2019年5月，已服务人数：1500人

表 3-1 配置要求

编号	浏览器名称	版本	备注
1.	360 极速	9.0	Windows7 以上
2.	Microsoft Edge	41.16299	Windows10
3.	Firefox (火狐)	59.02	Windows7 以上、Linux
4.	360 安全	9.1	Windows7 以上
5.	Chrome (谷歌)	62/65 解析速度较慢, 不推荐	Windows7、Linux
6.	Safari		Mac OS
7.	QQ 浏览器 (极速模式)	9.7	Windows7 以上

3-5 用户硬件配置要求 (如主频、内存、显存、存储容量等)

(1) 计算机硬件配置要求

用户配置要求如表 3-2 所示。

表 3-2 配置要求

计算机配置需求	其他计算终端配置需求
处理器: Intel i3 以上 内存: 4GB 以上 硬盘空间: 320G 以上 显卡: NVidia 系列独立显卡, 1G 显存以上 网络: 1000Mbps 以太网卡 显示器: 19 英寸以上, 分辨率 1366×768 以上, 推荐使用 1920×1080 网速: 2M 以上	无

(2) 其他计算终端硬件配置要求

无

3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

(1) 计算机特殊外置硬件要求

3D 虚拟仿真系统为动作捕捉或位置跟踪设备、数据手套和力反馈器、裸眼 3D 显示器等设备预留接口，可扩展添加。

(2) 其他计算终端特殊外置硬件要求

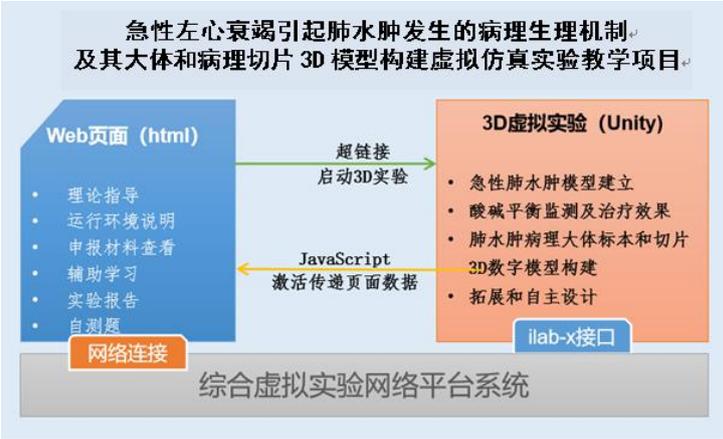
无

3-7 网络安全

(1) 项目系统是否完成国家信息安全等级保护 是 否

(勾选“是”，请填写) 级

4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标	内容
<p>系统架构图及简要说明</p>	<p>急性左心衰引起肺水肿发生的病理生理机制及其大体标本和病理切片 3D 模型构建虚拟仿真实验由 Web 页面和 3D 虚拟实验两部分组成，并利用超链接和内置 Javascript 函数进行调用和数据传递。</p>  <p>(1) Web 页面，是用户访问虚拟实验的入口，页面上提供了访问三维虚拟实验的超链接、理论学习页面系统、自测题、实验报告和申报资料等内容。</p> <p>(2) 3D 虚拟实验是整个系统的核心，利用三维虚拟场景和交互程序，为学生构建一个完整的虚拟实验学习环境，学生在此虚拟环境中可完成急性肺水肿模型建立、酸碱平衡监测及治疗效果、肺水肿肺组织大体标本和病理切片 3D 数字模型构建以及拓展和</p>

		自主设计等内容的学习。
实验教 学项目	开发技术	VR 3D 仿真 HTML5 其他_____
	开发工具	Unity3D 3D Studio Max Visual Studio PhotoShop 其他_____
	运行环境	服务器 CPU <u>8</u> 核、内存 <u>8</u> GB、磁盘 <u>40</u> GB、 显存 <u>2</u> GB、GPU 型号 <u>Nvidia GTX750 以上</u> 操作系统 Windows Server 数据库 Sqlite 其他_____
	项目品质（如： 单场景模型总 面数、贴图分 辨率、每帧渲 染次数、动作 反馈时间、显 示刷新率、分 辨率等）	单场景总面数（三角面）：1.7M 贴图分辨率 <ul style="list-style-type: none"> ● 精模型：1024×1024 ● 普通模型：512×512 或 256×256 ● 低模型：128×128 帧频、刷新率（由视角和计算机性能决定） <ul style="list-style-type: none"> ● 30FPS 以上 分辨率（由用户屏幕决定） <ul style="list-style-type: none"> ● 最低要求分辨率：1366×768 ● 推荐分辨率：1920×1080 动作反馈时间（由用户计算机性能决定） <ul style="list-style-type: none"> ● <500 毫秒 帧频、刷新率、动作反馈时间和使用者的计算机硬件性能有直接关系，计算机性能越高帧频、刷新率越高、动作反馈时间越短，此外这几个参数还与使用者在虚拟环境中观察角度有关，同时进入观察视野的虚拟 3D 对象越少，则效率越高反馈时间越短。分辨率与使用者屏幕分辨率直接相关。

5.实验教学项目特色

（体现虚拟仿真实验教学项目建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。）

（1）实验方案设计思路：

本项目紧密结合教育部对高校人才培养的要求，坚持“以本为本”的本科教学理念，以本科学生为主体，突出医学专业特色，通过创建和模拟实验教学场景，采用虚拟视频，人机交互和实际手术操作等多种形式，使学生掌握基本理论、基本知识，培养学生基本实践能力、创新能力和团队合作精神。具体设计思路如下：

以“临床与基础结合，形态与机能结合”多学科交叉融合设计理念，采用临床案例“急性左心衰竭引起肺水肿病人临床表现”导入，以“急性左心衰竭引起肺水肿发病机制、组织病理结构变化特点及药物治疗作用机制”为问题切入点，将疾病的发生发展病理生理机制与组织病理结构密切结合，使学生充分了解结构和功能的密切相关性，培养学生在临床服务工作中整体临床思维，通过拓展实验培养学生自主学习能力和终身学习能力，培养学生科研创新思维。实验流程如下：

①虚实结合，多方面训练学生的各种能力：通过实际手术操作训练学生的动手能力，以虚拟演示和人机交互拓展实验的深度和广度。

②宏观表现与微观结构变化相结合：以急性肺水肿的临床表现，结合大体病理标本病理变化和病理切片的3D模型构建，使学生深入理解结构和功能的密切相关性。

③开放实验体系训练学生的科研创新能力：一是在实验中设计了4个相对独立同时又是密切相关的实验模块，学生可根据教学目的灵活选取进行学习；二是通过急性左心衰竭引起肺水肿模型的建立及呼吸、心率和血压的监测，根据临床表现分析临床症状发生的病理生理机制，使学生了解临床症状的出现，与机体的相关疾病发生的病理生理机制密切相关；三是通过建立肺水肿组织病理切片微观三维数字模型，使组织病理变化以更直观的方式呈现出来，可大幅提高学生对结构和功能相关性的理解和认识，在切片制备过程中使学生了解组织病理切片制备耗时费力，流程繁琐，技术要求高，培养学生珍惜别人的劳动，感恩实验老师的辛勤付出，尊重实验老师；四是在第四个模块设计不同急性肺水肿模型及治疗药物，学生可模仿临床对不同类型的肺水肿病人进行治疗，可以提高综合考虑问题、分析问题和解决问题的能力。

④全程考核，实现评价共享：在课程的多个阶段设置人机互动考核点，并在实验结束后自动生成报告文件，辅助相关理论知识的掌握。

(2) 教学方法：

本实验坚持以学生为主体，以综合性和探索性实验为主，以案例导入启发式教学，以问题为导向，采用混合式的教学方法，训练了学生动手能力和临床思维；培养了学生综合分析问题、解决问题的能力；内容相对独立且有较好的开放性和拓展性，人机交互提高了学生的学习兴趣。

具体教学方法

①学生通过虚拟人机互动操作，掌握了冠状动脉左室支解剖位置，急性左心衰诱发的急性肺水肿模型建立的方法及其发生的病理生理机制，临床上的治疗原则。

②学生通过虚拟人机互动操作，检测并分析了急性肺水肿不同阶段血气的变化，进一步深入理解急性肺水肿引起的酸碱平衡失调病理生理机制。

③学生通过虚拟视频和人机互动操作，使学生了解了组织切片的制备和三维构建的技术，提高了学生对组织结构和功能的密切相关性。

(3) 评价体系：

①本课程采用综合实验评价体系，从理论知识的掌握，实际动手能力和创新思维的培养等方面进行综合考核，通过多个环节人机交互知识点的设定实现全过程考核，并通过单选多选题、简答题等多种形式对实验涉及的理论和操作的关键点进行测试，全面督促学生掌握实验内容及相关的理论知识。

②本课程拓展和自主设计部分采用自主设计以报告的形式在线提交，学生互评，教师把关修改并能够实施与学生互动，学生之间互动。

③本课程通过后台开发，实现高校校际间使用时评价互通，为高校之间使用学分认定奠定良好基础。

(4) 传统教学的延伸与拓展：

急性肺水肿是机能实验教学常规的实验教学项目，但是教学过程中常采用大量快速输液或者在此基础上加入中毒量的肾上腺素复制急性实验性肺水肿模型，因为冠状动脉结扎建立急性左心衰诱发急性肺水肿的方法，手术难度大，成功率低，在教学中较难开展。本实验采用冠状动脉左室支结扎建立急性左心衰诱发急性肺水肿是临床常见的危重

病症，更贴近临床，并且在此基础上测定了血气变化，使学生能够进一步深入理解急性肺水肿所致的酸碱平衡失调的发病机制。并通过 3D 数字模型构建比较正常和病理肺微观病理结构的变化，使学生深入认识结构与功能之间的密切关系。通过拓展和自主设计实验，培养学生自主学习和终身学习能力，培养学生科研创新思维。

6.实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学项目今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)

(1) 持续建设与更新:

今后加大经费投入，继续建设与完善。

(2) 面向高校的教学推广应用计划:

确保校外互联网网络链接地址直接指向实验项目。

(3) 面向社会的推广与持续服务计划:

确保实验项目被确认后 1 年内面向社会和高校免费开放并提供教学服务；1 年后至 3 年内免费开放内容不少于 50%，3 年后免费开放服务内容不少于 30%。

7.知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input checked="" type="radio"/> 已登记 <input checked="" type="checkbox"/> 未登记
完成软件著作权登记的，需填写以下内容	
软件名称	
是否与项目名称一致	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否
著作权人	
权利范围	
登记号	

8.诚信承诺

本人承诺：所申报的实验教学设计具有原创性，项目所属学校对本实验项目内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验项目的一切资源）享有著作权，保证所申报的项目或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

本人已认真填写、检查申报材料，保证内容真实、准确、有效。

实验教学项目负责人（签字）：

年 月 日

9.附件材料清单

1.政治审查意见（必须提供）

（本校党委须对项目团队成员情况进行审查，并对项目内容的政治导向进行把关，确保项目正确的政治方向、价值取向。须由学校党委盖章。无统一格式要求。）

2.校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为项目有关学术水平、项目质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由项目应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）

10 申报学校承诺意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优申报。

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“国家虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻《教育部高等教育司关于加强国家虚拟仿真实验教学项目持续服务和管理有关工作的通知》（教高司函〔2018〕56号）的要求，承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放，并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

（其他需要说明的意见。）

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日