

## 2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	上海体育学院
实 验 教 学 项 目 名 称	体育学院 SPF 实验动物中心 实训虚拟仿真
所 属 课 程 名 称	实验动物学
所 属 专 业 代 码	090401 (动物医学)
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	肖卫华
有 效 链 接 网 址	<a href="http://sus.rofall.net/virexp/spf">http://sus.rofall.net/virexp/spf</a>

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	肖卫华	性别	男	出生年月	1981.11
学历	研究生	学位	博士	电 话	021-65507367
专业技术职务	副教授 博导	行政职务		手 机	15821299145
院 系	运动科学学院			电子邮箱	xiaoweihua@sus.edu.cn
地 址	杨浦区恒仁路 188 号			邮 编	200438
<p><b>教学研究情况：</b>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><b>（一）主持的教学研究课题</b></p> <p>[1] 上海体育学院虚拟仿真项目：《体育院校 SP1 实验动物中心实训虚拟仿真》，2018，主持。</p> <p>[2] 上海体育学院教学改革项目：《运动营养学》教法改革与探索，2014-2016，主持。</p> <p>[3] 上海体育学院教学改革项目：适应科学化训练的运动生化课程改革与发展探讨，2014-2016，第 2。</p> <p>[4] 湖南省教育厅课题，11C1188，巨噬细胞参与骨骼肌损伤修复的作用机制研究，2011-2013，主持。</p> <p><b>（二）发表的教学研究论文（实验动物相关论文）</b></p> <p>[1] 刘晓光，陈佩杰，郑莉芳，周永战，赵淋淋，曾志刚，肖卫华（通讯作者）。离心跑台运动对小鼠骨骼肌炎症因子、肌再生因子及血管再生因子表达的影响。中国康复医学杂志，2017，32(11)：1220-1226.</p> <p>[2] 刘晓光，赵淋淋，曾志刚，郑莉芳，周永战，陈佩杰，肖卫华（通讯作者）。小鼠骨骼肌损伤修复过程中肌再生调节因子和血管再生因子的表达规律研究。中国康复医学杂志，2016，31(12)：1294-1300.</p> <p>[3] 肖卫华，陈佩杰。IGF-1 和 MGF 在过度训练抑制大鼠腹膜巨噬细胞吞噬功能中的作用研究。体育科学，2011，31(10)：67-71.</p> <p>[4] 肖卫华，陈佩杰，王茹，董静梅。过度训练及补充二联甲苯或谷氨酰胺对大鼠腹膜巨噬细胞活性氧和诱导型一氧化氮合酶的影响。体育科学，2011，31(2)：49-54.</p> <p>[5] 肖卫华，陈佩杰，朱琳。过度训练对大鼠骨骼肌炎症因子和氧化应激相关基因表达的影响。中国运动医学杂志，2012，31(3)：41-45.</p> <p><b>（三）获得的教学表彰/奖励</b></p> <p>[1] 肖卫华，上海体育学院，研究生读书报告会优秀指导老师，2017 年。</p> <p>[2] 肖卫华，上海体育学院，汇兰奖，2016 年。</p> <p>[3] 《运动营养学》，上海市精品课程，2017 年，主要参与者。</p> <p>[4] 《运动生物化学》，上海市本科重点建设课程，2013 年，主要参与者。</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）；在国内外公开发行人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）

### （一）主持的学术研究课题

- [1] 国家自然科学基金，31300975，骨骼肌损伤修复过程中肌再生调控因子和趋化因子的作用研究，2014.01-2016.12，结题，主持。（国家级）
- [2] 上海市自然科学基金，18ZR1437100，脂肪间充质干细胞移植对损伤骨骼肌再生的影响及机制研究，2018.06-2021.05，在研，主持。（省部级）
- [3] 教育部博士点基金，20133156120004，巨噬细胞源性细胞因子在骨骼肌挫伤修复中的作用及机制研究，2014.01-2016.12，结题，主持。（省部级）
- [4] 教育部重点实验室开放课题，yk2012007，尿激酶型纤溶酶原激活物局部干预对骨骼肌损伤修复的影响及机制研究，2012.10-2014.10，结题，主持。
- [5] 国家自然科学基金，31872801，雄激素受体在周期性机械牵拉调控成肌细胞增殖与分化中的作用和机制，2019.01-2022.12，在研，第2。

### （二）发表的学术论文（\*通讯作者）

**负责人以第一/通讯发表SCI/CSCD/CSSCI论文53篇(其中SCI论文12篇)。**

- [1] **Weihua Xiao\***, Peijie Chen\*, Xiaoguang Liu, Linlin Zhao. The Impaired Function of Macrophages Induced by Strenuous Exercise Could Not Be Ameliorated by BCAA Supplementation. *Nutrients*, 2015, 7(10): 8645-8656. (SCI, JCR 一区)
- [2] Xiaoguang Liu, Zhigang Zeng, Peijie Chen\*, **Weihua Xiao\***. Impaired Skeletal Muscle Regeneration Induced by Macrophage Depletion Could Be Partly Ameliorated by MGF Injection. *Front Physiol*, 2019, 10:601. (SCI, JCR 一区)
- [3] Xiaoguang Liu<sup>†</sup>, Lifang Zheng<sup>†</sup>, Yongzhan Zhou, Yingjie Chen, Peijie Chen\*, **Weihua Xiao\***. BMSC transplantation aggravates inflammation, oxidative stress, and fibrosis and impairs skeletal muscle regeneration. *Front Physiol*, 2019, 10:87. (SCI, JCR 一区)
- [4] **Weihua Xiao**, Peijie Chen\*, Jingmei Dong. Effects of overtraining on skeletal muscle growth and gene expression. *Int J Sports Med*, 2012, 33(10): 846-853. (SCI, JCR 一区)
- [5] **Weihua Xiao**, Peijie Chen, Ru Wang, Jingmei Dong. Overload training inhibits phagocytosis and ROS generation of peritoneal macrophages: role of IGF-1 and MGF. *Eur J Appl Physiol*, 2013, 113(1): 117-125. (SCI, JCR 一区)

### （三）获得的学术研究表彰/奖励

- [1] 《论骨骼肌在运动与健康中的重要地位》，中国体育科学学会科学技术奖三等奖，2018年，第1。
- [2] 《过度训练及补充谷氨酰胺对大鼠腹膜巨噬细胞功能的影响及机制研究》，上海市研究生优秀成果奖（上海市优秀博士毕业论文），2014年，独立完成。
- [3] 《过度运动引起吞噬细胞过氧化损伤机制与纳米抗氧化补剂的制备及干预研究》，中国体育科学学会科学技术奖二等奖，2014年，第4。
- [4] 《运动性淋巴细胞亚群失衡的发生机制研究》，中国体育科学学会科学技术奖二等奖，2012年，第4。

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	肖卫华	上海体育学院	副教授，博导		项目总体设计	
2	王 茹	上海体育学院	教授，博导		虚拟仿真教学	
3	刘铁民	复旦大学	教授，博导		虚拟仿真系统推广应用	
4	王晓慧	上海体育学院	教授，博导		虚拟仿真教学	
5	赵 勇	上海实验动物研究中心	高级工程师		SPF 实验动物中心技术指导	专家咨询
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	邹 军	上海体育学院	教授，博导		虚拟仿真教学	
2	娄淑杰	上海体育学院	教授，博导		虚拟仿真教学	
3	史仍飞	上海体育学院	副教授，硕导		虚拟仿真教学	
4	沈高飞	上海体育学院	工程师		虚拟仿真系统推广应用	
5	李 雪	上海体育学院	工程师		虚拟仿真系统平台管理	教学服务
6	叶长林	上海体育学院	实验员		SPF 实验动物中心管理	教学服务
7	田向阳	上海体育学院	实验员		实验教学管理	教学服务
8	范晓轩	北京润尼尔网络科技有限公司	技术员		虚拟仿真实验技术支持	技术支持
项目团队总人数： <u>13</u> （人）高校人员数量： <u>12</u> （人）企业人员数量： <u>1</u> （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

体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真

### 2-2 实验目的

SPF (Specific Pathogen Free, SPF) 动物, 即无特定病原体动物, 是指除清洁动物应排除的病原外, 不携带主要潜在感染或条件致病和对科学实验干扰大的病原的实验动物。为避免动物感染特定病原体, SPF 实验动物中心设置了特殊的屏障环境, 若未经系统的培训, 人不得进出屏障系统。上海市动管办曾要求所有进出实验动物中心人员需先取得上海市实验动物从业资格证才能进出 SPF 实验动物中心, 即便如此严苛, 因各种原因导致 SPF 动物感染仍时有发生, 导致实验中心所有动物被全员捕杀, 单次损失往往以数百万元计, 时间成本更是无法衡量, 严重影响了教学和科研正常开展。

我校建成了目前国内体育院校唯一的 SPF 实验动物中心, 运动科学学院有约一半的教师正从事实验动物相关的教学与科研工作, 并取得了累累硕果。SPF 实验动物中心为我校“双一流”和“地方高水平大学”的入选和后续建设提供了重要支撑。我校 SPF 实验动物中心建立了严格的管理制度, 即便如此, 2018 年该中心仍发生了一起动物感染事件, 最终所有动物均被捕杀, 直接经济损失约 300 万元。为此, 我校动物中心进行了全面升级改造, 停摆了近 8 个月, 严重影响了我校教学和科研的正常开展, 该事故“损失极为惨重, 教训极为深刻”。

究其原因, 因 SPF 实验动物中心屏障系统具有特殊性, 学生在完成严格的培训前, 禁止进入现场进行实验操作。学生进入中心前虽然会有系统的培训, 但相关操作流程极为繁琐, 仅“人进入屏障系统”就需近十个流程(图 44), 光靠教师的讲解学生很难理解, 造成了“学生难学”和“教师难教”的困难局面。因此, 虚拟仿真课程的建设任务极为紧迫。

本课程教学团队本着“虚实结合、相互补充”的原则, 采用“线上虚拟交互与线下实训相结合”的方式, 将虚拟仿真技术融入到实验动物学的实验教学中。本实验项目通过视听觉融合技术, 创造了实验动物中心 3D 虚拟场景, 再现了 SPF 实验动物中心实训过程, 强化了学生对实验动物学“理论”和“实践”的学习体验。

因此, 本虚拟仿真项目的目的是: ① 提高学生的理论与实践操作水平, 避免动物感染等灾难性事故的发生, 确保 SPF 实验动物中心的正常运行, 为教学和科研提供保障; ② 减少教学和科研实践中实验动物使用量, 提高动物福利水平; ③ 节省运营成本, 提升我校 SPF 实验动物中心管理水平, 将其建设为行业内的标杆。

### 2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时：32 课时

(2) 该实验项目所占课时：2 课时

### 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）

体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真项目通过虚拟现实、人机交互、数据库和网络通信技术，构建 SPF 实验动物中心实验环境，重现实验动物操作的各种场景，利用文字、图片、音频、视频和虚拟交互等方式帮助学生理解实验操作原理和流程。

本实验包含了人携带小鼠进入屏障系统、小鼠在屏障内运动训练、小鼠经传递窗运出屏障系统、人离开屏障系统、人进入屏障外解剖室麻醉处死小鼠并取材、人离开实验动物中心等**六个实验教学环节**（见图 1）。

在**学习模式**下，将上述六个知识点切分成四个模块（人进出屏障系统、实验动物进出屏障系统、实验动物运动训练、实验动物麻醉与安乐死），通过分步指引学生在仿真模拟系统上自主进行实验技能的学习与训练；在**考核模式**下实时在线评价学生训练的效果；虚拟仿真在线考核合格后，去我校 SPF 实验动物中心进行**实践操作**。



图 1 体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真—知识点

知识点数量：   6   (个)

### (1) 人携带小鼠进入屏障系统

**人进入屏障流程：**① 通道口换上实验动物中心拖鞋，进入动物实验中心值班室。② 填写进出登记表，向管理员报告需带入屏障系统的物品，管理员审核同意后，发放门禁卡。③ 刷门禁卡、脱鞋、进入屏障系统洗手间。④ 挤上洗手液洗手并烘干。⑤ 进入更衣间，佩戴好无菌衣、鞋套、手套、口罩等全部物品。⑥ 进入风淋间风淋。⑦ 进入动物饲养间（屏障内）。

**小鼠进入屏障流程：**① 学生出示动物等级证书，SPF等级证书+ AAALAC国际认证。② 管理员检查纸箱包装完整性和实验动物数量。③ 若包装完好数量正确，管理员进行登记并放行。④ 学生领取实验动物信息记录卡并填写，管理员在信息卡签字。⑤ 学生将运输鼠的包装盒带入缓冲间，紫外灯照射20分钟。⑥ 运输鼠的包装盒通过传递窗进入屏障系统。

### (2) 小鼠在屏障内运动训练

体育院校SPF实验动物中心有别于其他院校SPF实验动物中心最主要的是设置了运动训练功能区，通过实验动物运动训练来模拟人的训练，从而解决人取材限制问题。在该部分练习中，学生携带小鼠进入屏障内运动训练室，学生进行虚拟仿真练习，当选择不同训练方式（有氧运动、抗阻运动、模拟高原训练）时，考察其是否能选择正确的运动设施（小动物跑台、小动物游泳池、爬梯、转轮、低氧仓）。

### (3) 小鼠经传递窗运出屏障系统

小鼠训练完后，小鼠通过传递窗送出屏障系统是正确做法。通过设置屏障门、传递窗等选项，考察学生操作是否正确。

### (4) 人离开屏障系统

学生完成屏障内工作后，需用消毒水对屏障内所经过的区域进行拖地消毒，同时关闭屏障内所有房门。人从屏障大门出来时，相应物品需放置在不同的位置：口罩 → 放入屏障出口处垃圾桶；手套 → 放入屏障出口处垃圾桶；衣服 → 脱掉放入衣服回收筐；鞋套 → 脱掉放入鞋套回收筐；废垫料 → 倒入屏障出口处垃圾桶；脏笼盒 → 放到清洗池处指定位置放好。该部分考察学生是否能养成良好行为，从而保障实验室安全。

### (5) 人进入屏障外解剖室麻醉处死小鼠并取材

人进入屏障外解剖室，处死小鼠并进行肝脏取材，考察学生取材顺序是否正确。正确顺序如下：腹腔注射麻醉小鼠 → 颈椎脱位处死小鼠 → 解剖剪剪开小鼠腹部 → 取出肝脏并放入液氮罐 → 用塑料袋密封包裹小鼠的尸体 → 将其放入动物尸体冷冻柜（统一交由公司进行无害化处理）。

### (6) 人离开实验动物中心

所有实验完毕后，人离开实验动物中心正确的流程是：学生向管理员交回实验动物信息记录卡。在通道口位置，换鞋并离开动物实验中心。

### 2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

涉及的虚拟仪器设备有：SPF 实验动物房、小鼠跑台、小鼠游泳池、抗阻训练设施、小鼠转轮、低氧仓、冷冻柜等。

### 2-6 实验材料（或预设参数等）

涉及的虚拟实验材料有：生物安全防护材料（无菌衣、鞋套、手套、口罩、消毒水）、小鼠取材（小鼠、麻醉剂、解剖剪、液氮罐）等。

### 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) 采用的教学方法

本虚拟仿真实验教学借助于现代信息技术，开创了线上线下教学结合的新模式，是传统实验教学模式的突破。这极大地丰富了实验教学资源，弥补了“未经培训不得进 SPF 动物中心进行实操”的局限，该教学方法是《实验动物学》教学的重要组成部分。

#### (2) 使用该教法的目的

采用虚拟仿真技术进行情景模拟的教学方法，可以让学生在虚拟环境下，通过人机对话的方式，进行重复的练习，使学生掌握 SPF 实验动物中心操作的具体方法，为保障屏障系统生物安全提供基础保障。

#### (3) 实施过程



图 2 虚拟仿真实验教学

教师在虚拟仿真开放实验室讲解“体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真系统”操作流程与方法（图 2），并介绍本实验“两课时”的分布，即“学

习模式”为第一课时，“考核模式”为第二课时。

总体实施过程如下：学生登陆“体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真”教学平台，显示学习模式和考核模式，先在学习模式下进行虚拟仿真实验内容观看及虚拟实验操作，再在考核模式下进行考核评价，考核合格后进行实训。

具体实施步骤如下：

### I、第一课时

在“学习模式”下，通过分步指引，以人机交互的方式，学习四个板块的内容，即：“人进出屏障系统”、“实验动物进出屏障系统”、“实验动物运动训练”、“实验动物麻醉与安乐死”。

### II、第二课时

在“考核模式”下，基于学习模式中的四个板块，将其串联成一个完整的实验流程进行考核，即人携带小鼠进入屏障系统→小鼠在屏障内运动训练→小鼠经传递窗运出屏障系统→人离开屏障系统→人进入屏障外解剖室麻醉处死小鼠并取材→人离开实验动物中心等六个实验教学环节（图1所示）。

系统对上述考核流程的关键环节进行赋值，虚拟操作完成后，学生还需在线撰写实验报告。系统对学生虚拟操作的正确性和实验报告进行综合评价。

学生虚拟仿真在线考核合格后（考核成绩 $\geq 80$ 分），方可去实验动物中心进行实践操作，若低于80分，则需进行重新学习。

#### (4) 实施效果

依托团队的推广，本项目上线以来，已服务于上海体育学院、复旦大学、中国科学院昆明动物研究所等多所高校和科研院所的学生共2400余人次，反响热烈。

① 虚拟仿真实验教学的应用，拓宽了实验教学的内容。实验动物学课程内涵丰富，但因SPF实验动物中心屏障系统的特殊性，未经系统培训，严禁学生进入，严重限制了实验课程的开展，因此当前课程仍以理论传授为主，而虚拟仿真的应用可解决上述难题，有助于扩宽实验教学内容。

② 互动式教学方法增加了学生的学习兴趣，提高了学习的成效。实验动物相关操作复杂繁琐，面临“学生难学、教师难教”的尴尬局面，虚拟仿真实验教学多采用互动式教学方式，这极大地提高了学生学习的热情，成效显著。

③ 虚拟仿真实验教学可反复演练，有助于提升学生实践动手能力。虚拟仿真实验有别于传统的实验操作，其具有很好的可重复性，学生通过多次重复练习，可大大提高其实践操作水平。

④ 虚拟仿真实验教学有助于保障SPF实验动物中心安全运营，助力教学与科研。先进行虚拟仿真交互式实验教学，只有在学生考核合格后方可进行实践操作，这大大提升了SPF实验动物中心的安全性，有助于提高管理水平。



## 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）

### 一、实验方法：

打开浏览器，在地址栏输入实验项目网址：<http://sus.rofall.net/virexp/spf>，点击“开始实验”按钮即可开始实验。



图 3 虚拟仿真系统登录界面

学生登陆“体育院校SPF实验动物中心实训虚拟仿真”教学平台，显示“学习模式”和“考核模式”，点击图片进入相应的虚拟场景。

实验具体流程：①“学习模式”下进行知识和技能的学习。→ ②“考核模式”下实时在线评价学生训练的效果。→ ③虚拟仿真在线考核合格后，去我校 SPF 实验动物中心进行实践操作。①和②为在线虚拟仿真，③为实训，从而实现“虚实有机结合”。（如图 4 所示）

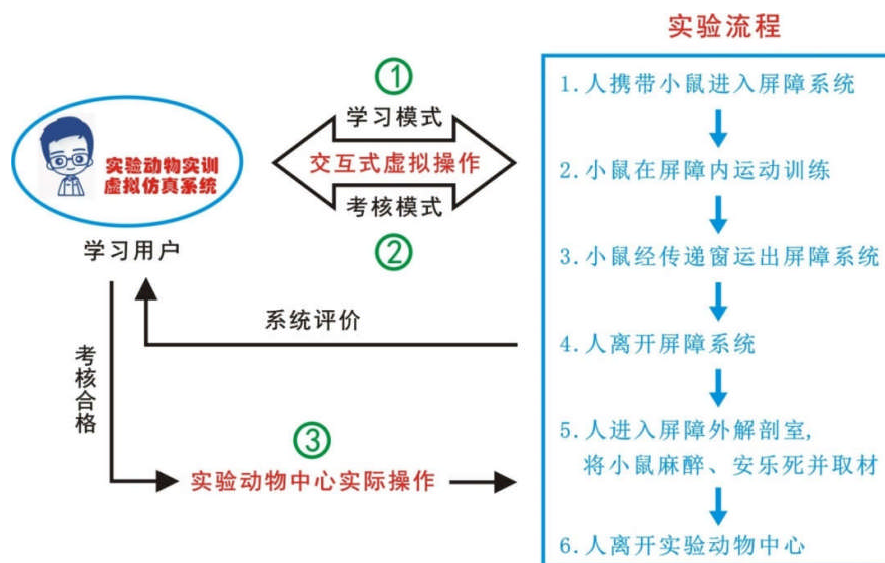


图 4 体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真-实验流程图

## 二、学生交互性操作步骤：

### 1、学习模式

为便于深入学习与理解，在学习模式下，我们将图 4 中 6 个流程切分成了四个版块，即：“人进出屏障系统”、“实验动物进出屏障系统”、“实验动物运动训练”、“实验动物麻醉与安乐死”。（如图 5 所示）

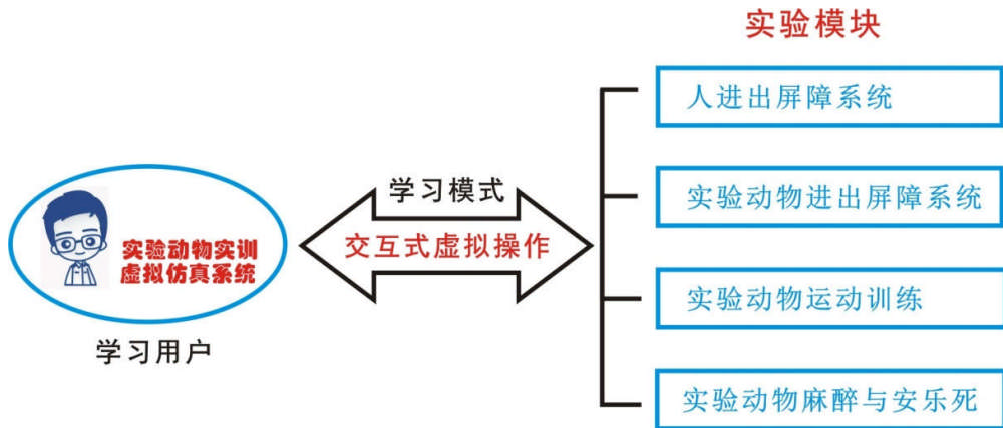


图5 体育院校SPF实验动物中心实训虚拟仿真-学习模式

## 学习模块一：人进出屏障系统

### 人进入屏障系统：

- (1) 点击学习模式，进入“人进出屏障系统”版块。
- (2) 提示点击，学生通道口换上实验动物中心拖鞋。



图 6 更换实验中心拖鞋

- (3) 再点击，进入动物实验中心值班室。管理员要求出示双证：学生证件、上海市实验动物从业资格证。学生点击出示双证，管理员验证并登记。不能提供的，管理员拒绝其进入。



图 7 向管理员出示双证

(4) 学生点击填写进出登记表，向管理员报告需带入屏障系统的物品，管理员审核同意后，发放门禁卡。管理员指向缓冲间消毒锅，学生点击将物品放入高温灭菌系统灭菌，再点击送入屏障内（不能高温灭菌物品需喷洒消毒液并经传递窗紫外灯照射 20 分钟以上方可带入屏障）（须登记）。

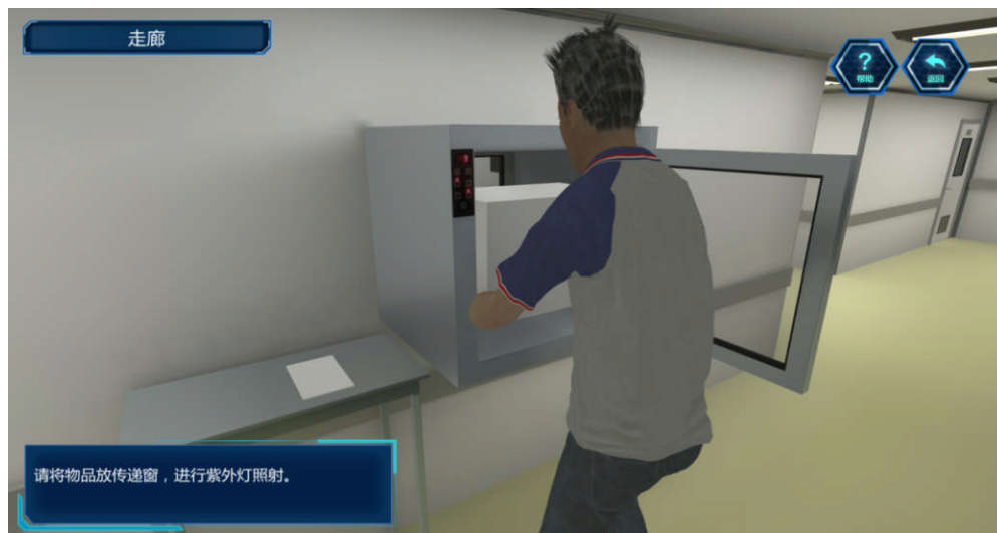


图 8 物品经传递窗紫外灯照射 20 分钟进行灭菌

(5) 提示点击，学生脱鞋、刷门禁卡、进入屏障系统洗手间。



图 9 进入屏障系统洗手间前先脱鞋



图 10 刷门禁卡并进入屏障系统洗手间

(6) 提示点击, 学生挤上洗手液洗手并烘干。



图 11 挤上洗手液洗手并烘干

(7) 提示点击, 学生进入更衣间, 展示: 无菌衣、鞋套、手套、口罩。学生点击选择并佩戴好全部物品后, 方可进入, 佩戴不全时不允许进入。



图 12 学生在更衣间佩戴个人防护物品

(8) 提示学生点击，进入风淋间风淋。



图 13 学生在风淋间风淋

(9) 提示学生点击，进入饲养间（文字提示：轻声轻语，保持房间封闭状态）。



## 人退出屏障系统：

(1) 学生完成屏障内工作后，提示学生**点击**，使用指定的消毒水对屏障内所经过的区域进行拖地。



图 14 学生使用指定的消毒水对屏障内所经过的区域进行拖地

(2) 提示学生**点击**，关好所有房间门，**点击**拿起脏笼盒和废垫料，从屏障系统出口处退出屏障。



图 15 关闭屏障内房门并将脏笼盒和废垫料带出屏障系统

(3) 提示学生**点击**，将口罩、手套放入屏障出口处垃圾桶；**点击**将衣服、鞋套脱掉分类放入回收框内；**点击**将废垫料倒入屏障出口处垃圾桶；**点击**将脏笼盒放到清洗池处指定位置。



图 16 学生在屏障外分类处理防护物品和废品

(4) 再次进入动物实验中心值班室签上结束时间，通道口位置**点击**换鞋并离开动物实验中心。



图 17 学生在通道口换鞋并离开实验动物中心



## 学习模块二：实验动物进出屏障系统

### 小鼠进入屏障系统：

(1) 点击学习模式，进入“实验动物进出屏障系统”模块。展示学生与管理员沟通场景。管理员提示学生点击，填写实验动物中心使用申请表。



图 18 学生填写实验动物中心使用申请表

(2) 学生拿着装动物的纸箱走向管理员办公室。管理员要求学生出示动物等级证书，展示可选项：A：一级 普通动物 (CV)；B：二级 清洁动物 (CL)；C：三级 无特殊病原体动物 (SPF) + AAALAC 国际认证；D：四级 无菌动物 (GF) 或栖生动物 (GN) + AAALAC 国际认证。

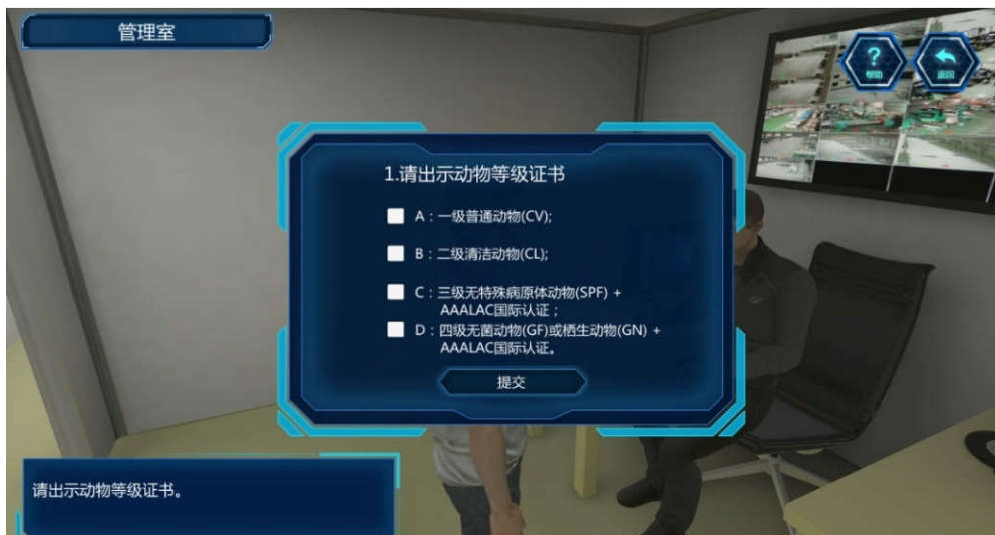


图 19 管理员要求学生出示动物等级证书

- (3) 当学生点击选择 A 或 B 时，管理员摇头并拒绝其进入。
- (4) 当点击选择 C 或 D 时，管理员点头，检查纸箱完整性和实验动物数量。
- ① 若发现纸箱有开箱痕迹，或数量不对，管理员拒绝其进入。
- ② 若包装完好，则进行登记并放行。学生领取实验动物信息记录卡并点击填写，管理员在信息卡签字。管理员提示学生点击，将运输鼠的包装盒带入缓冲间，紫外灯照射 20 分钟，再点击将运输鼠的包装盒通过传递窗进入屏障系统。

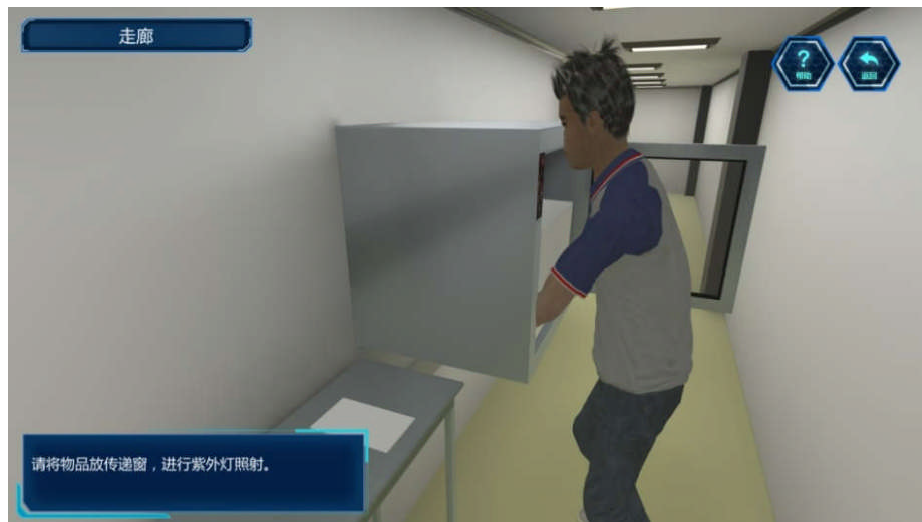


图 20 学生将小鼠的包装盒用紫外灯照射 20 分钟灭菌

### 小鼠退出屏障系统：

- (1) 小鼠屏障内干预实验结束后，提示学生将动物从传递窗递送到屏障系统外，并送至屏障系统外的解剖室内。



图 21 学生将动物从传递窗递送到屏障系统外

- (2) 学生试图将小鼠重新通过传递窗送入屏障系统，管理员拒绝。
- (3) 学生将活的实验动物带离实验动物中心，携带小鼠再次返回实验中心，管理员拒绝其再次进入。
- (4) 若所有实验结束，学生走向管理员办公室，管理员提示学生交回实验动物信息记录卡，实验结束。



图22 学生将实验动物信息记录卡交回管理员

## 学习模块三：实验动物运动训练

(1) 点击学习模式，进入“实验动物运动训练”模块。



图 23 模拟运动训练功能区场景

(2) 提示学生点击选择“运动训练”功能区，进入运动训练房间，展示如下五种训练装置 A：小动物跑台；B：小动物游泳池；C：爬梯；D：转轮；E：低氧仓。

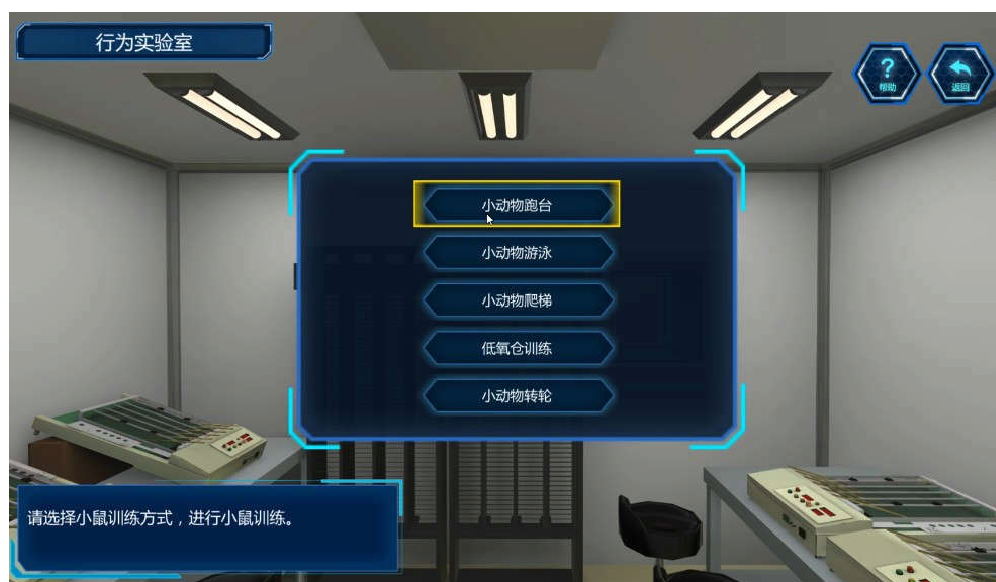


图 24 五种模拟运动训练装置

(3) 点击 A：显示小动物跑台，旁边 1 笼小鼠。

提示点击小鼠并放置于跑台，提示点击小鼠开始运动（文字显示：5m/min，40~50%VO<sub>2</sub>max，低强度运动），再点击，小鼠加速（文字显示：10~15m/min，

60~75%VO<sub>2</sub>max, 中强度运动), 再点击, 小鼠再加速 (文字显示: 20~25m/min, 85~90%VO<sub>2</sub>max, 高强度运动)。



图 25 小鼠模拟跑台训练

(4) 点击 B: 显示小动物游泳池, 旁边 1 笼小鼠。

提示点击小鼠并放置于游泳池, 提示点击小鼠开始游泳 (文字显示: 3% 体重负重, 低强度运动); 再点击, 小鼠身体稍下沉 (文字显示: 3.5~5% 体重负重, 乳酸阈强度运动); 再点击, 小鼠身体进一步下沉 (文字显示: 6% 体重负重, 高强度运动)。



图 26 小鼠模拟游泳训练

(5) 点击 C: 显示爬梯 (抗阻运动), 旁边 1 笼小鼠。

提示点击小鼠并放置于爬梯上, 提示点击小鼠开始爬 (文字显示: 50 % 体重负重), 再点击, 小鼠爬速变慢 (文字显示: 75% 体重负重), 再点击, 小鼠进一步变慢 (文字显示: 100 % 体重负重)。



图 27 小鼠模拟抗阻训练

(6) 点击 D: 显示小鼠在转轮上运动 (文字显示: 自发性运动, 低强度有氧运动)

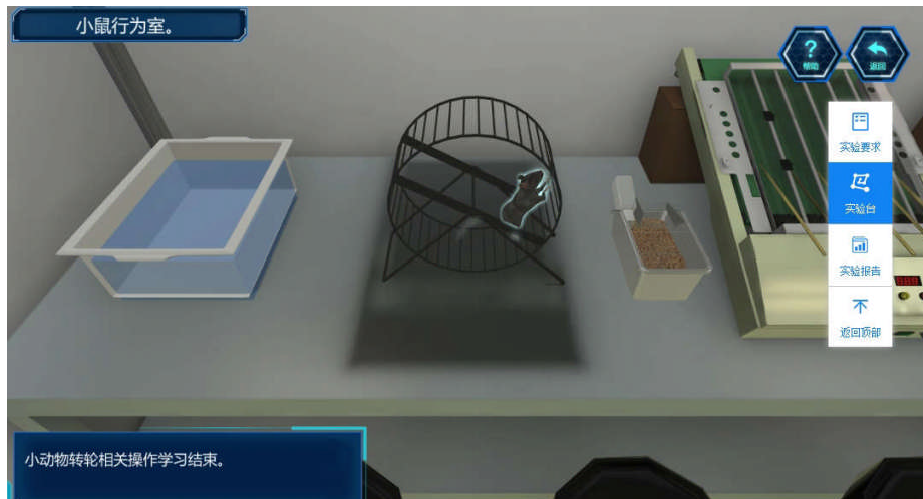


图 28 小鼠模拟转轮运动

(7) 点击 E: 显示低氧仓, 旁边 1 笼小鼠。

文字提示: 你想模拟何种高原训练? 展示两个按钮: 高住高训, 高住低训。

① 点击高住高训: 点击小鼠并放置于低氧帐篷内 (文字显示: 低氧下休息), 点击小鼠, 小鼠在帐篷内的跑步机上跑步 (文字显示: 低氧下训练)。文字展示: 低氧下休息和训练, 模拟高原上居住和训练, 即“高住高训”。

② 点击高住低训: 点击小鼠并放置于低氧帐篷内 (文字显示: 低氧下休息), 点击小鼠, 小鼠在帐篷外的跑步机上跑步 (文字显示: 常氧下训练)。文字展示: 低氧下休息并在常氧下训练, 模拟在高原上居住, 但在低海拔训练, 即“高住低训”。



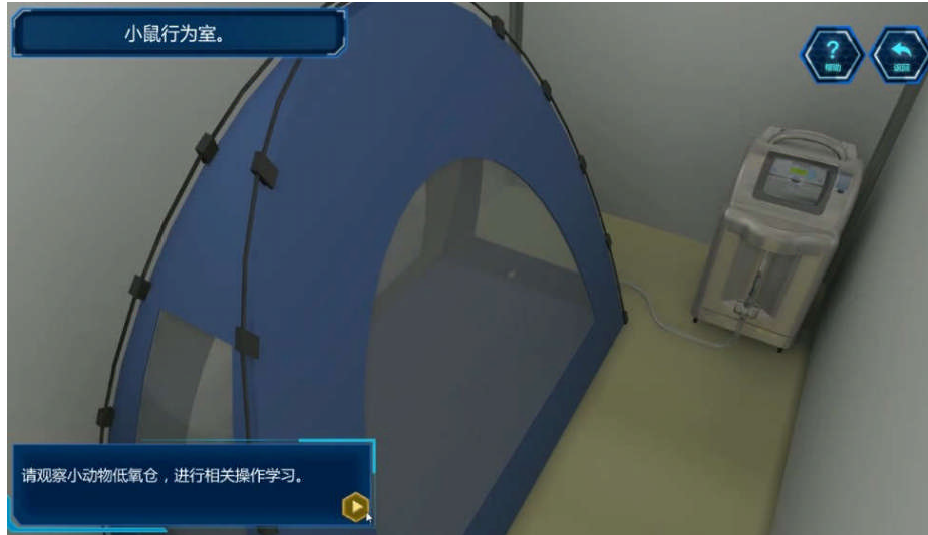


图 29 小鼠模拟低氧训练

(8) 该部分考核模式的设置：场景一学生携带小鼠进入屏障内运动训练室。左边显示 3 种训练方式 (A: 有氧运动; B: 抗阻运动; C: 模拟高原训练)，右边显示 5 种训练装置 (a: 小动物跑台; b: 小动物游泳池; c: 爬梯; d: 转轮; e: 低氧仓)，考核其配对是否正确。

① 选择有氧运动，当**点击** a、b、d 时，展示学习模式中对应的低强度运动场景，反馈其正确。**点击** c 和 e 时，反馈错误，不展示图像。

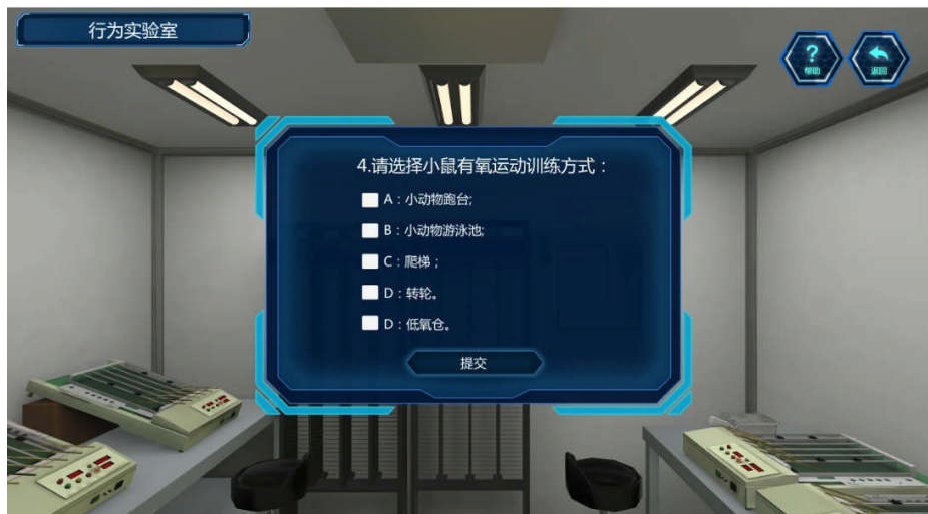


图 30 小鼠训练方式的选择与考核

② 选择抗阻运动，当**点击** c 时，展示学习模式中高强度爬梯运动场景，反馈正确。**点击**其他选项时，反馈错误，不展示图像。

③ 选择模拟高原训练，**点击** e 时，展示学习模式中小鼠在低氧下休息和训练场景（高住高训），反馈正确。**点击**其他选项时，反馈错误，不展示图像。

## 学习模块四：实验动物麻醉与安乐死

(1) 点击学习模式，进入“实验动物麻醉与安乐死”模块。展示动物中心解剖室场景，桌上有小鼠、麻醉剂、注射器、解剖剪、液氮罐。文字提示任务：麻醉小鼠并进行安乐死，最后取小鼠肝脏，妥善处置尸体。



图 31 解剖室虚拟场景

(2) 学生点击“实验动物麻醉”，出现“全身麻醉”和“局部麻醉”按钮。

① 提示学生点击“全身麻醉”。出现“吸入式麻醉”和“注射麻醉”按钮。

a: “吸入式麻醉”：点击展示麻醉剂种类：乙醚、异氟烷。点击某麻醉剂，文字展示吸入式麻醉优缺点（优点：适合多数动物，易调节麻醉深度和终止麻醉。缺点：乙醚易爆炸，异氟烷需专用麻醉机）。



图 32 虚拟吸入式麻醉机



b: “注射麻醉”: 点击展示麻醉剂种类, 依次点击该麻醉剂, 文字展示其优缺点。

巴比妥钠——最常用的动物麻醉剂, 起效快, 药效持久, 中型动物适合静脉给药, 小型动物适合腹腔给药。

苯巴比妥钠——药效持久, 应用方便, 实验前 0.5-1h 用药。

戊巴比妥钠——药效 2-4h, 应用广泛, 可常温存放 1-2 月不失药效。

硫喷妥钠——药效短, 仅维持 0.5-1h, 对水溶液不稳定, 需现用现配。

乌拉坦——药效温和, 安全度高, 多数动物适用, 更适合小动物。

846 合剂——使用方便, 麻醉效果好, 副作用小, 应用广泛。

氯胺酮——镇痛麻醉剂, 药效快, 持续时间短, 容易出现药物依赖。

② 提示学生点击“局部麻醉”: 显示适用对象, 大中型动物各种短时间内、局部实验。方法: 表面麻醉、局部浸润麻醉、区域阻滞麻醉、神经干(丛)阻滞麻醉。

(3) 学生点击“实验动物安乐死”: 文字显示“安乐死”定义: 实验动物短时间内无痛苦地死亡。

点击展示安乐死方法:

① 物理性安乐死: 颈椎脱臼法——大小鼠最常用方法; 电击法。提示学生点击, 展示上述安乐死具体方法。

② 化学性安乐死, 依次点击, 文字展示其适用对象。

过量麻醉处死法——适用于豚鼠、家兔;

过量麻醉+放血处死法——适用于各类动物;

二氧化碳吸入处死法——适用于家兔、小型犬;

异氟烷吸入处死法——配合专用麻醉机使用, 适用于各类动物。

(4) 提示学生点击, 展示严禁使用的处死方法: 空气栓塞法、放血、棒击头部法、窒息、氯仿/乙醚处死法、甲醛浸泡法、快速冷冻法、烧死、淹死。

(5) 学生点击“实验动物取材”: 提示学生按先后顺序点击进行取材, 并妥善处置尸体: 腹腔注射麻醉小鼠 → 颈椎脱位处死(安乐死)实验鼠 → 解剖剪开小鼠腹部 → 取出肝脏并放入液氮罐(肝脏转移至-80 度冰箱储存) → 用塑料袋密封包裹小鼠的尸体 → 放入动物尸体冷冻柜(由公司无害化处理)。



图 33 虚拟腹腔注射麻醉小鼠



图 34 虚拟颈椎脱位处死小鼠（安乐死）

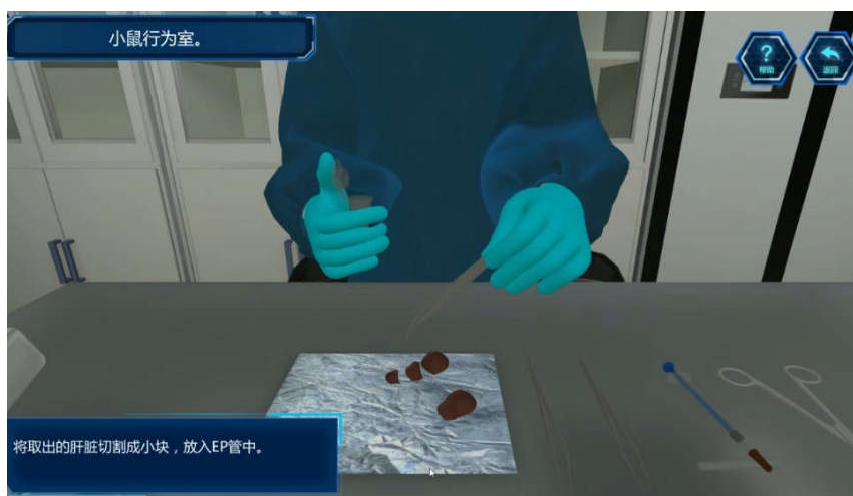


图 35 虚拟肝脏取材并进行分装

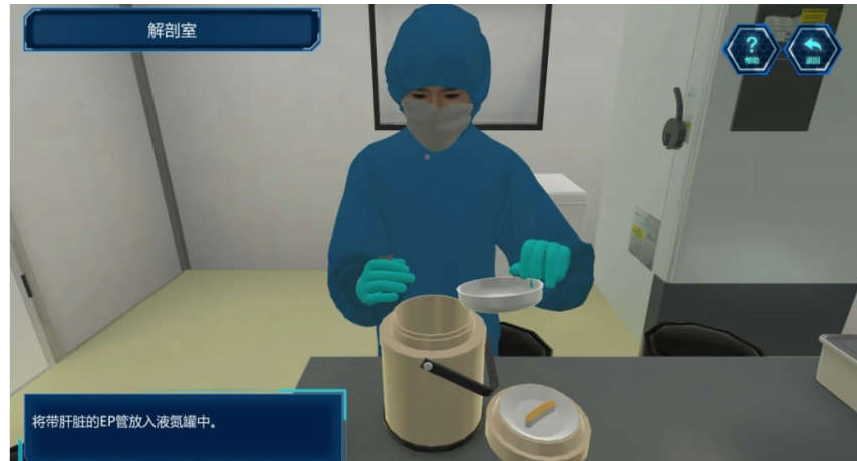


图 36 将肝脏置于虚拟液氮罐中

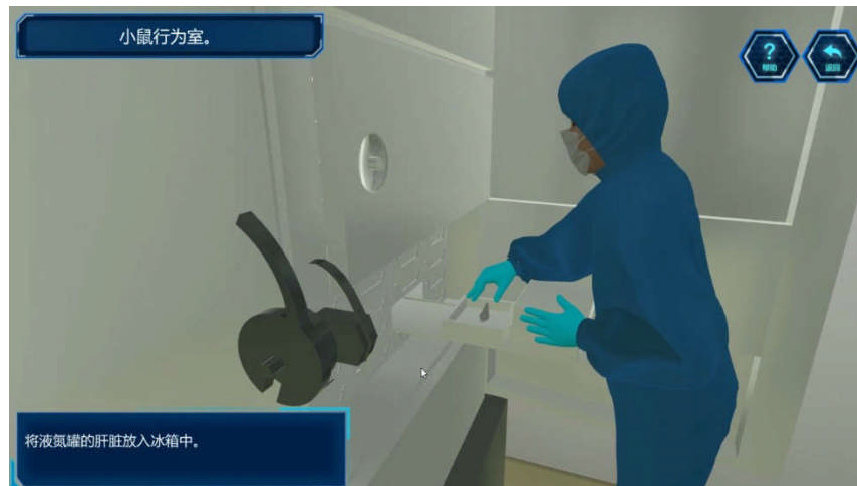


图 37 将液氮罐中的肝脏转移至虚拟-80 度冰箱储存



图 38 用塑料袋密封包裹小鼠的尸体并将其放入虚拟动物尸体冷冻柜

## 2、考核模式

将图5中四个学习模块串联成一个完整的考核场景（图4）：人携带小鼠进入屏障系统 → 小鼠在屏障内运动训练 → 小鼠经传递窗运出屏障系统 → 人离开屏障系统 → 人进入屏障外解剖室麻醉处死小鼠并取材 → 人离开实验动物中心。

对上述流程的关键环节设置考核点并进行赋值，学生在虚拟系统上进行考核操作并在线撰写实验报告。系统对学生虚拟操作的正确性和实验报告进行综合评价，并给出考核明细（总分100分）。

考核点示例：

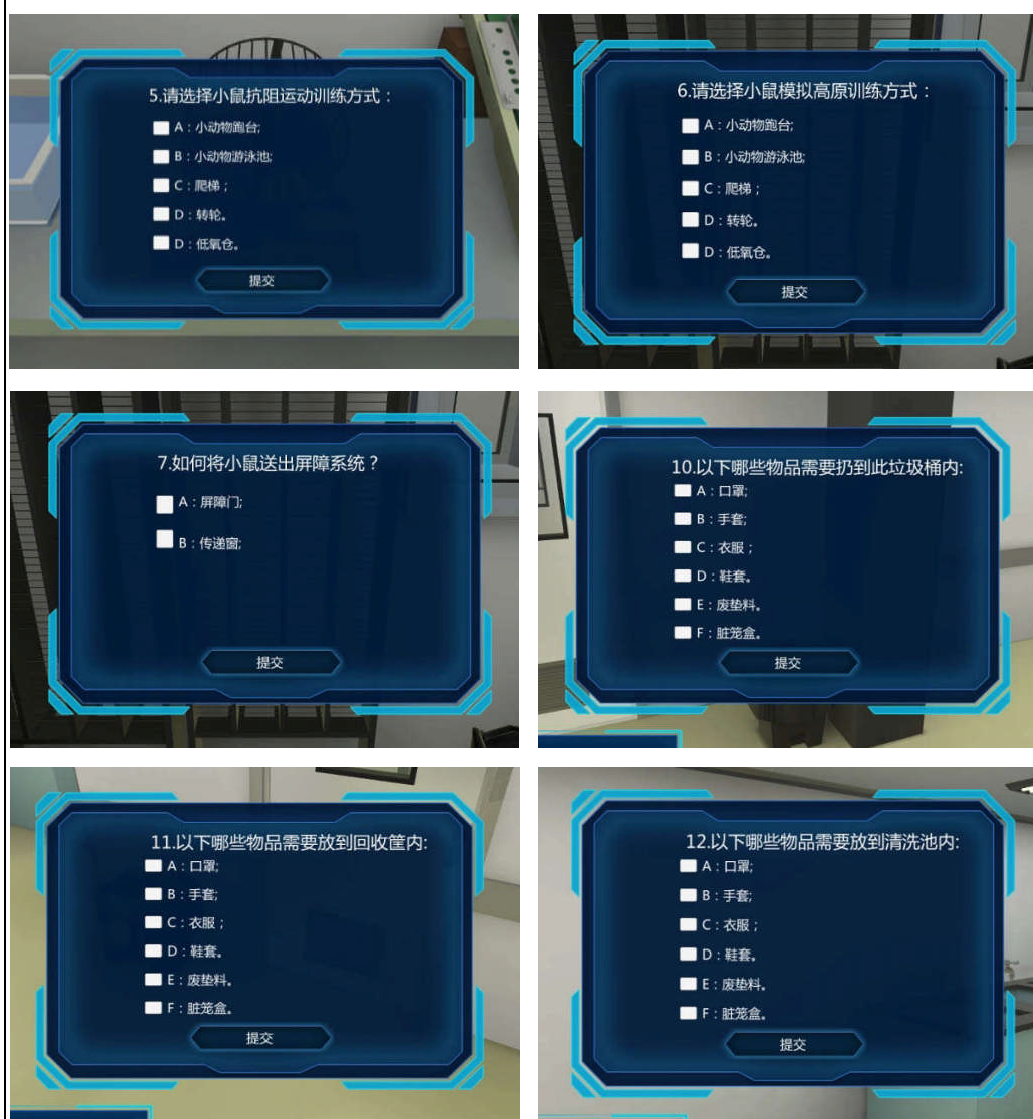


图39 考核模式中考核点的设置示例

### 3、实践操练

学生虚拟仿真在线考核合格后（考核成绩 $\geq 80$ 分），方可去实验动物中心进行实践操作，若低于80分，则需进行重新学习（如图40所示）。实践操作资格的获得需以虚拟仿真考核合格为前提，可避免学生误操作所致实验动物感染风险，避免灾难性事故的发生。

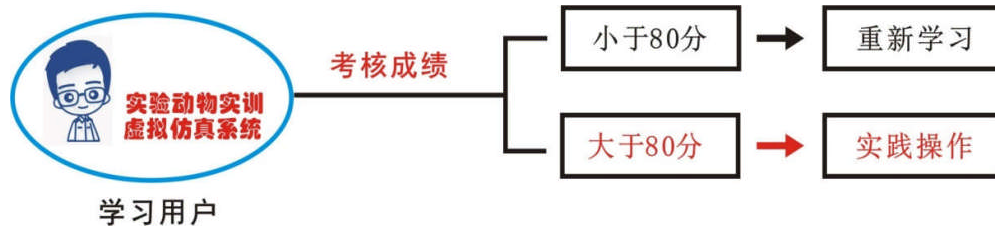


图40 体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真-考核流程

#### 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：

本实验在学习模块下将六个实验环节划分成了4个模块，学生分别对这4个模块进行虚拟仿真学习。在考核模式下，将四个模块的内容重新串联，并对其中的关键步骤设置相应考核点并进行赋值考核，最后系统指出学习者哪些操作存在错误并给出最后得分。学生在实验报告书写中需对这些存在的错误操作进行分析，指出正确的操作形式。

#### 2-10 考核要求

##### (1) 考核内容

考察学生对人携带小鼠进入屏障系统、小鼠在屏障内运动训练、小鼠经传递窗运出屏障系统、人离开屏障系统、人进入屏障外解剖室麻醉处死小鼠并取材、人离开实验动物中心等内容的掌握情况。

##### (2) 考核方法

考核采用百分制，构成如下：① 考核模式下，对上述6个实验流程重要考核点进行赋分，虚拟操作小计80分，通过人机对话的模式，让学生通过虚拟仿真实验教学系统的考试功能进行考核。② 学生在线撰写实验报告，20分。

当考核总分 $\geq 80$ 分时，表示该虚拟仿真实验课程学习合格，可进入实验动物中心进行实践操作。若考核总分 $< 80$ 分，则需进行重新学习，直至成绩合格。

题目	对错	得分
1请出示动物等级证书	true	7
2请出示双证	false	0
3更换防护服	false	0
4请选择小鼠有氧运动训练方式	true	7
5请选择小鼠抗阻运动训练方式	true	7
6请选择小鼠模拟高原训练方式	true	7
7如何将小鼠送出屏障系统	true	0
8拖地时应选择	true	7
9房门全部关闭	true	8
10以下哪些物品需要扔到此垃圾桶内	true	7
11以下哪些物品需要放到回收筐内	true	7
12以下哪些物品需要放到清洗池内	true	8
13请按顺序选择取小鼠肝脏的操作流程	true	9
合计		81

图41 虚拟仿真系统在线考核结果

## 2-11 面向学生要求

### (1) 专业与年级要求

本实验项目适用专业：运动人体科学、运动康复学、康复治疗学、动物学、临床医学、生命科学等相关专业；年级要求：大学一至四年级、或研究生。

### (2) 基本知识和能力要求等

学生即便是零基础，也可进行本虚拟仿真实验项目的学习。若具备一定的生理学、解剖学或实验动物学知识，则更有助于理解本实验中涉及的相关问题。

## 2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2018.06.25

(2) 已服务过的本校学生人数：320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：2018.06.25，已服务人数：2436人

### 3. 实验教学项目相关网络及安全要求描述

#### 3-1 有效链接网址

<http://sus.rofall.net/virexp/spf>

#### 3-2 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

- 1) 基于公有云服务器部署的系统，5M-10M 带宽
- 2) 基于局域网服务器部署的系统，10M-50M 带宽

(2) 说明能够提供的并发响应数量（需提供在线排队提示服务）

支持 100 个学生同时在线并发访问和请求，如果单个实验被占用，则提示后面进行在线等待，等待前面一个预约实验结束后，进入下一个预约队列。

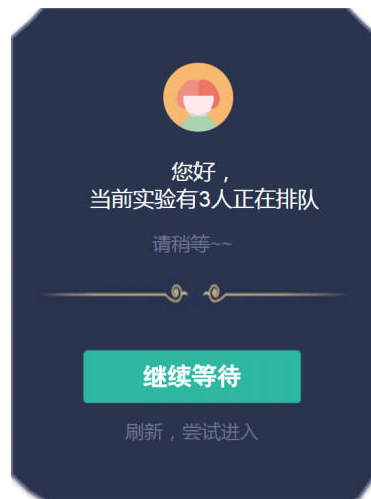


图 42 虚拟仿真系统排队提示

#### 3-3 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

(1) 计算机操作系统和版本要求

Windows7 64 位操作系统及以上

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求

无

(3) 支持移动端：是 否

**3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）**

(1) 需要特定插件 是 否

（勾选“是”，请填写） 插件名称                      插件容量                      下载链接

(2) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

1. Firefox 64 位版本

2. Chrome 64 位版本

**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

软件配置需求（最低）	软件配置需求（推荐）
操作系统：win7 64 位	操作系统： win10 64 位及以上
配件配置需求（最低）	配件配置需求（推荐）
处理器： Intel i5 2.2GHz 及以上 内存： 4GB 及以上 硬盘空间： 80G 显卡： 分辨率 1920x1080 像素 网络： 1000Mbps 以太网卡 显示器： 14 英寸以上 网速： 2M 以上	处理器： Intel i7 2.5GHz 内存： 8GB 硬盘空间： 160G 显卡： 1920x1080 像素以上 网络： 1000Mbps 以太网卡 显示器： 14 英寸以上 网速： 4M

(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

无

(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） 贰 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>体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真实验教学项目的开放运行依托于开放式虚拟仿真实验教学管理平台的支撑，二者通过数据接口无缝对接，保证用户能够随时随地的通过浏览器访问该项目，并通过平台提供的面向用户的智能指导、自动批改服务功能，尽可能帮助用户实现自主的实验，加强实验项目的开放服务能力，提升开放服务效果。</p> <p>开放式虚拟仿真实验教学管理平台以计算机仿真技术、多媒体技术和网络技术为依托，采用面向服务的软件架构开发，集实物仿真、创新设计、智能指导、虚拟实验结果自动批改和教学管理于一体，是具有良好的自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验教学平台。</p> <p>总体架构图如下：</p> <p>图 43 系统总体架构图</p> <p>如图 43 所示，支撑项目运行的平台及项目运行的架构共分为五层，每一层都为其上层提供服务，直到完成具体虚拟实验教学环境的构建。下面将按照从下至上的顺序分别阐述各层的具体功能。</p> <p>(1) 数据层</p>

体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真实验教学项目涉及到多种类型虚拟实验组件及数据，这里分别设置虚拟实验的基础元件库、实验课程库、典型实验库、标准答案库、规则库、实验数据、用户信息等来实现对相应数据的存放和管理。

#### (2) 支撑层

支撑层是虚拟仿真实验教学与开放共享平台的核心框架，是实验项目正常开放运行的基础，负责整个基础系统的运行、维护和管理。支撑平台包括以下几个功能子系统：安全管理、服务容器、数据管理、资源管理与监控、域管理、域间信息服务等。

#### (3) 通用服务层

通用服务层即开放式虚拟仿真实验教学管理平台，提供虚拟实验教学环境的一些通用支持组件，以使用户能够快速在虚拟实验环境完成虚拟仿真实验。通用服务包括：实验教务管理、实验教学管理、理论知识学习、实验资源管理、智能指导、互动交流、实验结果自动批改、实验报告管理、教学效果评、项目开放与共等，同时提供相应集成接口工具，以便该平台能够方便集成第三方的虚拟实验软件进入统一管理。

#### (4) 仿真层

仿真层主要针对该项目进行相应的器材建模、实验场景构建、虚拟仪器开发、提供通用的仿真器，最后为上层提供实验结果数据的格式化输出。

#### (5) 应用层

基于底层的的服务，最终体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真实验教学项目教学与开放共享。该框架的应用层具有良好的扩展性，实验教师可根据教学需要，利用服务层提供的各种工具和仿真层提供的相应的器材模型，设计各种典型实验实例，最后面向学校开展实验教学应用。

实验教 学项目	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input checked="" type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画 <input type="checkbox"/> HTML5 其他_____
	开发工具	<input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input checked="" type="checkbox"/> 3D Studio Max <input checked="" type="checkbox"/> Maya <input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input type="checkbox"/> Adobe Flash <input type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input type="checkbox"/> Visual Studio <input type="checkbox"/> 其他_____
	运行环境	<b>服务器</b> CPU <u>4</u> 核、内存 <u>16</u> GB、磁盘 <u>500</u> GB、 显存 <u>6</u> GB、GPU 型号 <u>GTX1050</u> <b>操作系统</b> <input type="checkbox"/> Windows Server <input checked="" type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版 本_____
	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）	单场景模型总数：900000 面 贴图分辨率：1024*1024 显示帧率：高于每秒 30 帧 刷新率：高于 30Hz 正常分辨率 1920*1080

## 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) “体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真”建设的必要性

我国有医学或生命科学学科的大学大多建有 SPF 实验动物中心，SPF 动物感染事件仍时有发生，面临所有动物被全员捕杀的严重后果，造成惨重的经济损失，时间成本更是无法衡量。如我校 SPF 实验动物中心虽然建立了严格的管理制度，但 2018 年仍发生了一起动物感染事件，最终所有动物均被全员捕杀，直接经济损失约 300 万元。动物中心不得不进行全面升级改造，停摆了近 8 个月，严重影响了我校教学和科研的正常开展。

究其原因，这与 SPF 实验动物中心屏障系统具有特殊性（不能携带特定病原体）有关，学生在完成严格的培训前，严禁进入现场进行实验操作，这严重限制了实验教学的开展，影响了学生实验技能的学习。

此外，动物实验相关操作流程极为繁琐，如“人进入屏障系统”就需近十个流程（见图 44），光靠教师的讲解学生很难理解，造成了“学生难学”和“教师难教”的困难局面。学生在不理解的情况下进行实践操作，会将实验动物中心置于极危险境地，严重影响中心的安全运行。

我校动物中心是国内体育院校唯一的 SPF 实验动物中心，运动科学学院有约一半的教师正从事实验动物相关的教学与科研工作，并取得了累累硕果。SPF 实验动物中心为我校入选国家首批“双一流”建设高校和“上海高水平地方高校”提供了重要支撑。

因此，为了提高学生的理论与实践操作水平，避免动物感染等灾难性事故的发生，提升我校 SPF 实验动物中心管理水平，确保中心正常运营，建设本虚拟仿真项目势在必行。

本虚拟仿真项目，可应用于我校及其他院校 SPF 实验动物中心，也可应用于《实验动物学》教学，潜在使用人数以数百万计，这有助于：

① 提高学生理论与实践操作水平，避免 SPF 实验动物中心动物感染等灾难性事故的发生。

② 减少教学和科研实践中实验动物使用量，提高动物福利水平。

③ 有助于我校 SPF 实验动物中心的正常运营，并显著提升其管理水平。

④ 为我校教学和科研提供保障，为我校“双一流”和“上海高水平地方高校”建设提供重要支撑。

### 学生进出动物实验中心屏障系统流程图

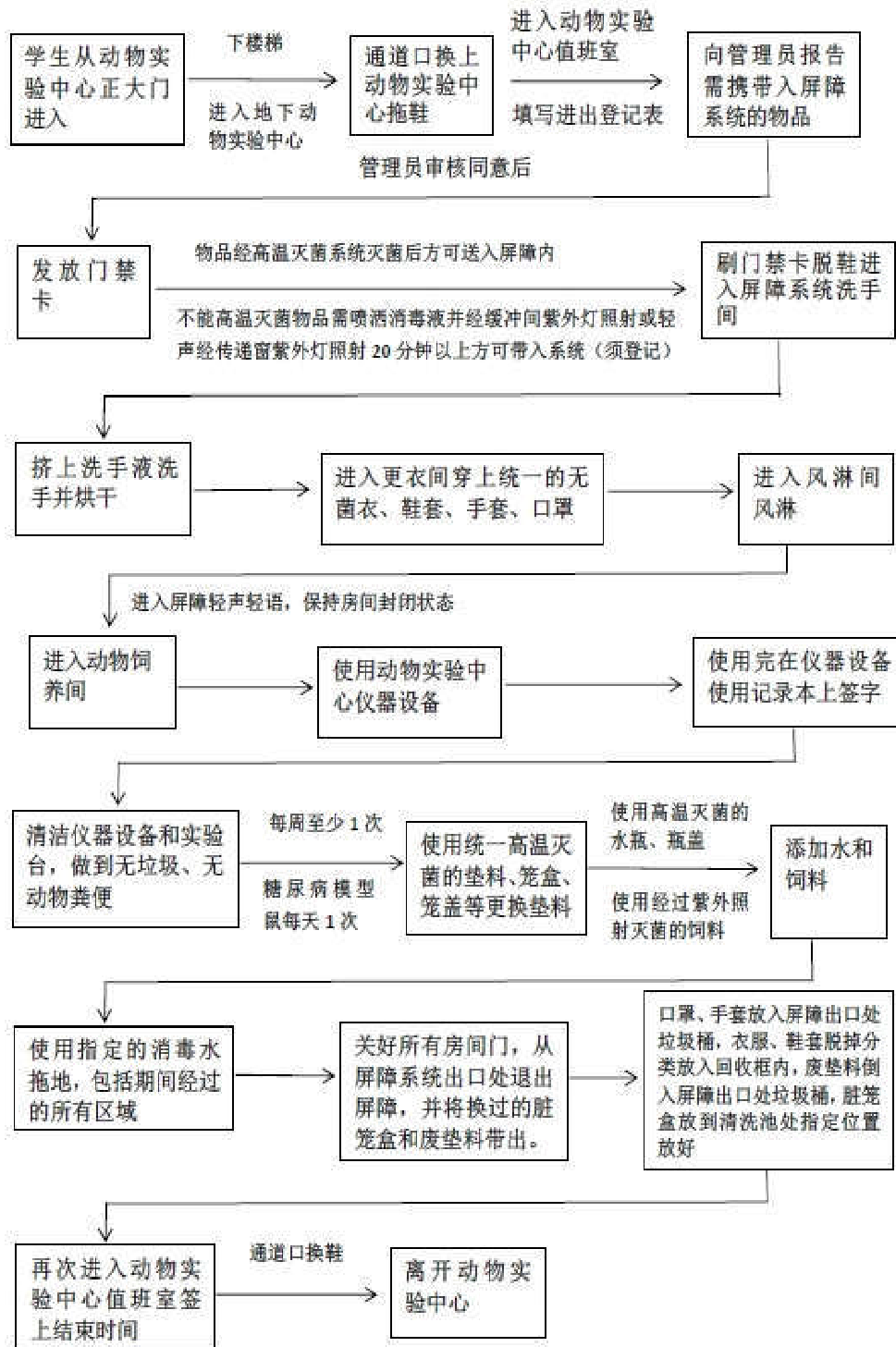


图 44 我校 SPF 实验动物中心学生进出屏障系统流程图（繁琐，晦涩难懂）

## (2) “体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真”项目特色

### I、内容设计特色

①以**必须在屏障内操作的实验内容**为主体。本项目总体框架的前 8 个部分在实践操作时均需在屏障系统内（无特定病原体密闭环境）实施（图 45），因此，我们将其作为建设的重点，这非常符合国家虚拟仿真实验项目“能实不虚，不能实所以虚”的建设宗旨。

②**体育院校 SPF 实验动物中心具有唯一性**。与其他院校 SPF 动物房的根本区别是我中心设置了“运动训练功能区”。本实验项目设计充分体现了该特征。

### II、实验流程设计特色

本项目采用“**先虚后实，虚实结合**”的实验设计。虚拟仿真系统分为学习模式和考核模式。在**学习模式**下，通过分步指引学生在仿真模拟系统上自主进行实验技能的学习与训练；在**考核模式**下实时在线评价学生学习的效果；**虚拟仿真在线考核合格后，方可进行实践操作**。通过学习模式和考核模式的虚拟仿真在线学习，使学生熟练掌握了实验动物操作的基本方法，然后以实训的方式进行真正的实践练习。**该项目的实施将有助于 SPF 实验动物中心的安全运营，整体大幅提升该中心管理水平，更好地服务于我校的教学与科研。**

## (3) 教学方法创新

本项目采用视觉听觉相融合的虚拟仿真技术，通过情景模拟虚拟仿真教学，将传统教学手段中的如文字、图片、视频等资料融入交互式虚拟软件中，供学生进行虚拟仿真学习。针对动物实验的难点问题，我们做了精心的教学设计，将丰富的教学内容拆分成若干个版块，学生通过反复的操练来完成相关知识的学习，我们还设置了相应的核心知识点进行在线考核。考核合格后才可进行实践操作。这将极大地拓展实验动物学教学的广度与深度，延伸实验教学时间与空间，弥补现阶段实验动物学实践教学的限制性，有力地提升学生的实践操作技能。

## (4) 评价体系创新

系统将分三级进行评价，首先是系统访问量及注册使用用户评价，评价该系统的关注程度以及使用频率；其次是通过该系统的考核模式对用户学习过程进行评价，考察用户学习的效果；最后是用用户反馈信息采集，评价该系统的实用价值，并针对有价值的反馈信息进行系统的完善和升级。

#### (5) 对传统教学的延伸与拓展

本项目本着“能实不虚、以虚补实、虚实结合、相互补充”的理念，坚持“科学规划、共享资源、突出重点、持续发展”的指导思想，开发了“体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真”教学系统。与传统传统教学方法相比，本项目采用“线上虚拟”与“线下实训”相结合的方式，“线上虚拟”具有重复使用性强、安全系数高和低成本等优点，而且其可没有时空限制，可以进行 24 小时不间断的全天候开放共享服务。因此，该虚拟仿真实验教学系统的开发应用，是传统教学的延伸与拓展，极大地丰富了实验教学的内涵。

## 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) 项目持续建设与服务计划

我校作为“双一流”建设高校，大力支持虚拟仿真实验项目建设，已建立了校级开放式虚拟仿真管理平台，其中对本实验项目前期投入了近 50 万元。

未来 5 年内，本项目将持续更新虚拟仿真实验教学项目的内容、以及相关的习题作业、视频、图片等教学资源，计划每年至少更新 20% 的内容（整体内容体系见图 45）。通过争取更多的建设经费支持，不断完善虚拟实验教学系统，进一步完善软件和硬件设施。此外，根据在线使用者的反馈，并结合该领域的发展趋势，增添其它实验动物学相关内容，以进一步提高该虚拟仿真项目的实用性和用户的粘合力。

“体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真”整体内容体系如下：

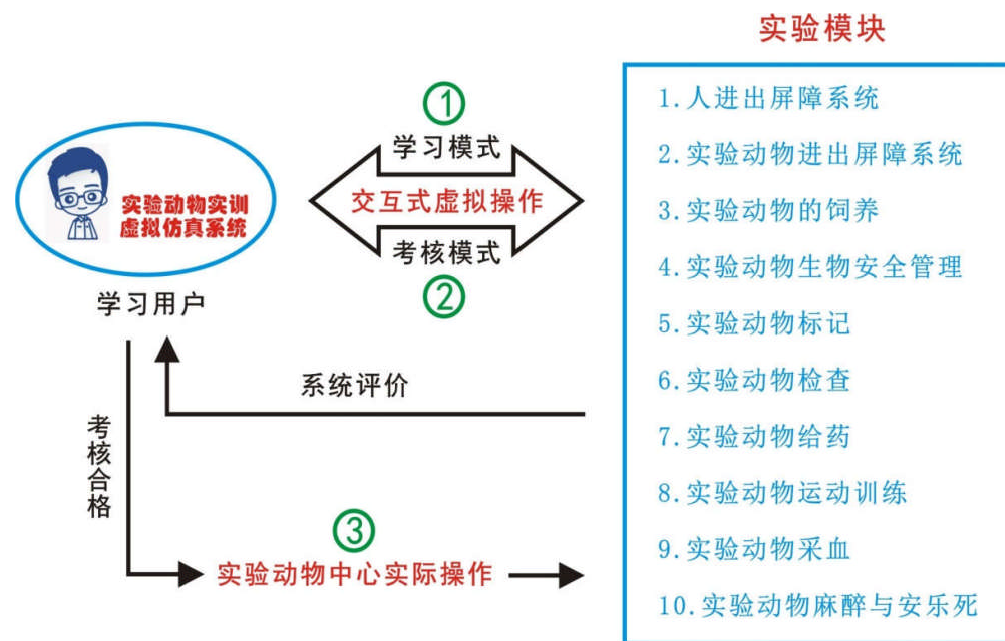


图 45 体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真-整体内容体系

① 人进出屏障系统：人的进出流程及其注意事项。

② 实验动物进出屏障系统：实验动物的进出流程及其注意事项。

③ 实验动物的饲养：动物的选择、饲养密度、饲料的选择与消毒、饮水供应、粪便清洗、清洗消毒、物品摆放、实验记录。

④ 实验动物生物安全管理：实验动物源性生物危害、物理性危害、生物性危害、基因工程相关危害、实验动物饲养生物安全、实验动物废弃物（废气、



污水、垫料、动物尸体、感染材料等)的管理等。

⑤ **实验动物标记**: 染色法、耳孔法、烙印法、挂牌法、纹身法、剪趾编号法、剪尾编号法、被毛剪号法、笼具编号法等。

⑥ **实验动物检查**: 体重测定、体温测定、呼吸次数的测定、血压的测定、心电图的测定、血液学指标的测定、血液生化指标的测定等。

⑦ **实验动物给药**: 注射给药: 静脉注射、腹腔注射、肌肉注射、皮下注射、皮内注射; 消化道给药: 口服给药、十二指肠给药、直肠给药; 局部给药; 呼吸道给药。

⑧ **实验动物运动训练**: 运动训练方式; 运动训练设施。

⑨ **实验动物采血**: 大小鼠采血方法: 尾尖取血法、眼眶后静脉丛采血、心脏采血、腹主动脉采血。

⑩ **实验动物麻醉与安乐死**: 麻醉: 麻醉剂的选择; 全身麻醉方法; 局部麻醉方法; 动物麻醉注意事项。安乐死: 物理性、化学性。

## (2) 面向高校的教学推广应用计划

① **已应用于本校 SPF 实验动物中心**: 在我校 SPF 实验中心不同功能分区展示虚拟仿真实验相关内容, 如: 实验中心入口—展示“人进出屏障系统”、“实验动物进出屏障系统”; 运动训练区—展示“实验动物运动训练”; 解剖区—展示“实验动物麻醉、安乐死、取材”等内容, 并设置人机交互, 切实提高了学生实验技能, 助力我校“双一流”建设。

② **应用于其他高校 SPF 实验动物中心**: 我国有医学或生命科学学科的高校多建有 SPF 实验动物中心, 本实验项目仅“运动训练模块”有别于他们, 其他相同, 因此他们是本虚拟仿真实验项目的重要使用对象, 潜在使用人数以数百万计。中国生物物理学会代谢生物学会分会建设了 3 个 500 人的独立 PI 微信群, 这些 PI 均是各大高校的中坚力量, 本人与多个高校的教授建立了联系, 本项目已得到了较好的应用。后续将与该学会秘书长复旦大学刘铁民教授(本项目团队成员)紧密合作, 推进本实验项目在更多的高校得到应用。

## (3) 面向社会的推广应用计划

目前全国已有多个社会力量构建的 SPF 实验动物中心投入使用, 他们是本虚拟仿真项目的潜在使用对象, 我们通过刘铁民教授和上述各高校 PI 的推荐, 扩大我们项目影响力, 促进其在社会力量建成的 SPF 实验动物中心得到应用。

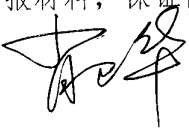
## 7. 知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input checked="" type="checkbox"/> 已登记 <input 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	体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真系统
是否与项目名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	上海体育学院，肖卫华，王茹，沈高飞，李雪
权利范围	全部
登记号	2019SR0753358

## 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）：

2019 年 7 月 15 日

## 9. 附件材料清单

### 1. 政治审查意见（必须提供）

见附件 1。

### 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）

2019年7月19日

附件1:

# 中共上海体育学院委员会

## 政治审查意见

### 一、项目成员审查

该项目负责人肖卫华及其团队成员等人政治立场坚定，爱党爱国，坚定拥护中国共产党的领导。坚持推进“两学一做”学习教育，认真落实、贯彻执行党的教育方针，自觉遵守《教师法》及《高等学校教师职业道德规范》等相关法律、法规，作风正派，廉洁从教，为人师表，廉洁从教，具有高度的职业感和责任感。他们具有较强的党性，与党中央保持高度的一致性，工作上团结进取，积极学习；政治上宣传党的方针、政策，始终坚持学生的利益高于一切原则，他们是我校创建“双一流”大学的中流砥柱。

该团队成员长期从事实验动物学相关的教学和科研工作，具有扎实的理论基础和科研知识，严谨教学，和学生形成亦师亦友的良好氛围。该团队成员依托高校“双一流”院校的高速发展，以极其饱满的工作热情和精益求精的态度在工作中努力践行国家教育教学指导方针，砥砺前行，脚踏实地的完成教学，不断提升自我。

### 二、项目内容审查

《实验动物学》是运动人体科学专业的核心课程，课程教学取得了学员的一致好评。该课程负责人肖卫华及其课程团队积极响应国家虚拟仿真实验项目建设的号召，创建了《体育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真》实验项目，以更好的服务于《实验动物学》教学。该项目内容坚持以学生为中心，以教育教学为基准，内容导向正确，合乎规范，无侵犯、涉密、不宜视频，无危害国家安全内容。

综上所述，我校评审组一致认为该团队成员政治及师德表现等情况优秀、《体

育院校 SPF 实验动物中心实训虚拟仿真》实验项目内容积极向上，与党中央发展教育的理念一致。





中华人民共和国国家版权局  
计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第4174115号

软件名称： 体育院校SPF实验动物中心实训虚拟仿真系统  
[简称： SPF动物中心虚拟仿真系统]  
V1.0

著作权人： 上海体育学院;肖卫华;王茹;沈高飞;李雪

开发完成日期： 2017年11月30日

首次发表日期： 2017年11月30日

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2019SR0753358

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的  
规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



No. 04300391

# 《实验动物学》教学大纲

编写：肖卫华 审核：王茹

上海体育学院 运动科学学院

## 一、课程说明

实验动物学是研究实验动物和动物实验的学科，是现代科学技术的重要组成部分。实验动物学与生理学、生物化学、解剖学、病理学、微生物学、免疫学、遗传学、营养学等学科有紧密联系，是一门理论与实践密切结合的学科，具有丰富的内涵。依据我校最新版本本科培养方案，结合已有课程资源，制定本教学大纲。本大纲适用于运动人体科学本科专业，运动康复学、医学技术等研究生专业课程教学。

## 二、课程目标

通过课程学习，使学生理解实验动物科学的基本理论和知识，掌握动物实验的主要操作技能，学会正确选择和应用实验动物进行实验研究，为后续开展专业研究奠定基础。

## 三、教学内容、形式与学时分配

本课程总课时 32 学时，具体安排如下：

教学内容	教学形式	学时分配
1.实验动物学发展历程与基本内容	理论课	2 学时
2.实验动物的选择与动物实验设计	理论课	2 学时
3.实验动物福利与伦理原则	理论课	1 学时
4.常见疾病动物模型及其应用	理论课	3 学时
5.人进出屏障系统	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时

6.实验动物进出屏障系统	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时
7.实验动物的饲养	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时
8.实验动物生物安全管理	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时
9.实验动物标记	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时
10.实验动物检查	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时
11.实验动物给药	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时
12.实验动物运动训练	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时
13.实验动物采血	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时
14.实验动物麻醉与安乐死	理论+实践课	理论 1 学时+虚拟仿真实验 1 学时
15.考核	理论考核+虚拟仿真考核	2 学时

#### 四、内容纲要及学习水平要求

教学内容	核心知识点	学习水平要求
1.实验动物学发展历程与基本内容	实验动物对生命科学研究的贡献; 实验动物与动物实验; 实验动物质量管理	理论层级: L I
2.实验动物的选择与动物实验设计	实验动物的多样性及其选择原则; 动物实验设计方法	理论层级: LIII
3.实验动物福利与伦理原则	实验动物伦理、福利和 3Rs 原则; 实验动物管理和使用委员会的组成及其任务	理论层级: LIV
4.常见疾病动物模型及其应用	循环系统疾病/代谢性疾病动物模型的构建; 基因修饰动物模型	理论层级: LIV
5.人进出屏障系统	人的进出流程及其注意事项	理论层级: LIV 实践层级: SIII
6.实验动物进出屏障系统	实验动物的进出流程及其注意事项	理论层级: LIV 实践层级: SIII



7.实验动物的饲养	动物的选择、饲养密度、饲料的选择与消毒、饮水供应、粪便清洗、清洗消毒、物品摆放、实验记录	理论层级：LIV 实践层级：SIII
8.实验动物生物安全管理	实验动物源性生物危害、物理性危害、生物性危害、基因工程相关危害、实验动物饲养生物安全、实验动物废弃物（废气、污水、垫料、动物尸体、感染材料等）的管理等	理论层级：LIV 实践层级：SIII
9.实验动物标记	染色法、耳孔法、烙印法、挂牌法、纹身法、剪趾编号法、剪尾编号法、被毛剪号法、笼具编号法等	理论层级：LIV 实践层级：SIII
10.实验动物检查	体重测定、体温测定、呼吸次数的测定、血压的测定、心电图的测定、血液学指标的测定、血液生化指标的测定等	理论层级：LIV 实践层级：SIII
11.实验动物给药	注射给药：静脉注射、腹腔注射、肌肉注射、皮下注射、皮内注射；消化道给药：口服给药、十二指肠给药、直肠给药；局部给药；呼吸道给药	理论层级：LIV 实践层级：SIII
12.实验动物运动训练	运动训练方式；运动训练设施的使用等	理论层级：LIV 实践层级：SIII

13.实验动物采血	大小鼠采血方法：尾尖取血法、眼眶后静脉丛采血、心脏采血、腹主动脉采血	理论层级：LIV 实践层级：SIII
14.实验动物麻醉与安乐死	麻醉：麻醉剂的选择；全身麻醉方法；局部麻醉方法；动物麻醉注意事项。安乐死：物理性、化学性	理论层级：LIV 实践层级：SIII

备注：学习水平要求中，对理论知识分为四个层级：知道(L I)、理解(L II)、掌握(LIII)和应用(LIV)；对实践(实验)技能分为三个层级：一般掌握(S I)，熟练掌握(S II)，会设计或会教学训练(SIII)。

## 五、考核

- 1.考核方式：理论考试+虚拟仿真在线考核。
- 2.考核评分：百分制，其中理论考试占比 50%，虚拟仿真在线考核占比 50%。

## 六、附录

- 1.参考教材：秦川，魏泓主编.实验动物学（第二版）.北京：人民卫生出版社，2015.
- 2.所需教学仪器设备：虚拟仿真开放式实验室、虚拟仿真实验教学系统、SPF实验动物中心。