

附件 2

2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	南方科技大学
实 验 教 学 项 目 名 称	家兔动脉血压药物调控虚拟现实（VR）实验项目
所 属 课 程 名 称	生物医学综合实验
所 属 专 业 代 码	100103T
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	张文勇
有 效 链 接 网 址	http://virtualcenter.med.sustech.edu.cn/new/jiatu/index.html

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	张文勇	性别	男	出生年月	1970.05	
学历	研究生	学位	博士	电话	0755-88018026	
专业技术职务	教授	行政职务	教学副主任	手机	13266506347	
院系	医学院			电子邮箱	zhangwy@sustech.edu.cn	
地址	广东省深圳市南山区学苑大道1088号南方科技大学B楼504			邮编	518055	
教学研究情况： 深圳市教育科学规划 2019 年度课题 项目名称：基于代谢组学的中小学生肥胖体质分析研究（编号：ybzz19006） 项目起止年月：2020 年 1 月-2022 年 1 月，课题进展中						
学术研究情况： 1. 国家自然科学基金青年科学基金项目 项目名称：基于质谱空间代谢组学方法研究帕金森病小鼠脑内神经细胞损伤的动态代谢特征（编号：21904058） 项目起止年月：2020 年 1 月-2022 年 12 月，课题进展中，参与 2. Luo A, Cheng D, Yuan S, Li H, Du J, Zhang Y, Yang C, Lin G, Zhang W, Tan YQ. Maternal interchromosomal insertional translocation leading to 1q43-q44 deletion and duplication in two siblings. Mol Cytogenet. 2018 Apr 4;11:24 (共同通讯作者)						
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	张文勇	南方科技大学	教授	教学副主任	项目负责人	
2	张健	南方科技大学	教授	无	负责项目规划	
3	王博	南方科技大学	实验员	无	实验教学	在线教学人员
4	张婷	南方科	实验员	无	实验教学	在线

		技大学				教学人员
5	李兰	南方科技大学	实验员	无	实验教学	在线教学人员
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	董金堂	南方科技大学	教授	无	负责项目建设	
2	杨亮	南方科技大学	教授	无	课程建设	
3	刘泉	南方科技大学	副教授	无	负责项目策划	
4	王林	南方科技大学	副教授	无	课程教学	
5	卢奕	南方科技大学	副教授	无	课程教学	
6	刘依林	南方科技大学	实验师	无	实验教学	
7	生悦	南方科技大学	工程师	无	实验教学	
8	林彪	南方科技大学	实验员	无	实验教学	在线教学人员
9	栾合密	南方科技大学	研究助理教授	无	教学平台的管理与维护	技术支持人员
项目团队总人数： <u>14</u> （人）高校人员数量： <u>14</u> （人）企业人员数量： <u>0</u>						

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

家兔动脉血压药物调控虚拟现实（VR）实验项目

2-2 实验目的

- (1) 掌握动脉插管直接测量家兔动脉血压的急性实验方法，学习家兔颈部手术与血压描记。
- (2) 观察重要体液因素对动脉血压的调节，学习肾上腺素、去甲肾上腺素及乙酰胆碱对家兔动脉血压的调节作用。
- (3) 掌握动脉血压体液调节的作用特点，加深对 α 、 β 、M受体激动药和阻断药药理作用的理解。

2-3 实验课时

- (1) 实验所属课程所占课时： 64 课时/学期
- (2) 该实验项目所占课时： 4 课时/学期

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）

知识点：共 8 个

(1) 动脉血压的神经体液调节

在正常生理情况下，机体的心血管活动在神经、体液因素的调节下，保持相对稳定，动脉血压保持相对恒定。神经调节主要通过颈动脉窦主动脉弓压力感受性反射来实现，具体如图 1。此反射既可使升高的血压下降，又可使降低的血压升高，故有血压缓冲反射之称。

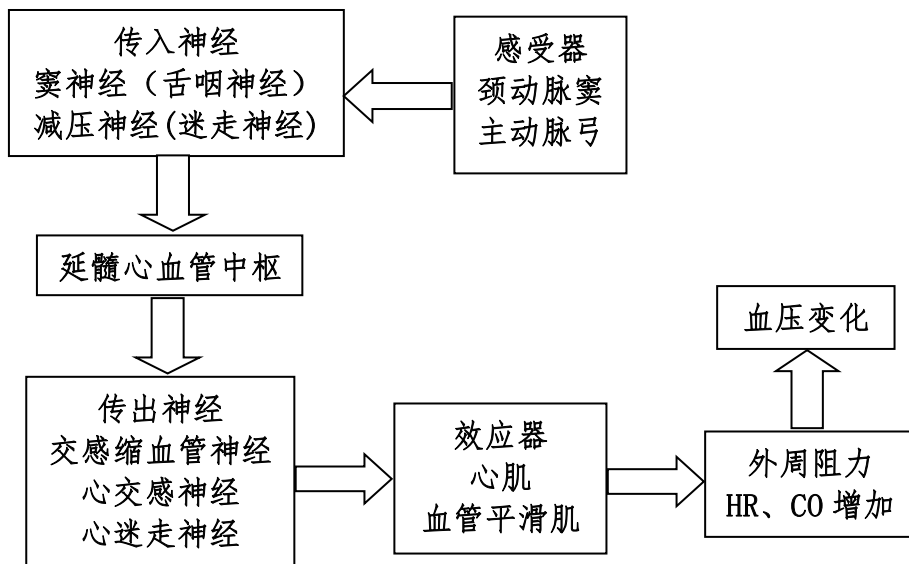


图 1 动脉血压的神经调节

心血管活动的体液调节包括全身性的和局部性的众多调节因子，其中重要

的有肾素-血管紧张素系统、肾上腺素、去甲肾上腺素等。无论是神经递质还是激素，都是通过与心肌和血管平滑肌上的相应受体相结合而发挥作用的。支配心脏、血管活动的受体主要有 α 受体、 β 受体和M受体。 α 受体主要存在于血管平滑肌中，激动 α 受体可导致血管收缩，动脉血压升高。 β 受体包括两大类型： β_1 受体主要存在于心肌中，激动 β_1 受体会使心搏加快、心肌收缩力加强和传导加速； β_2 受体主要存在于血管平滑肌和支气管平滑肌中，激动 β_2 受体能使血管舒张，动脉血压降低。M受体主要分布于心肌、平滑肌和腺体，激动M受体使心率减慢、心肌收缩力减弱、血压降低。

同时，动脉血压也可受到相应药物的影响。传出神经系统药物如肾上腺素、去甲肾上腺素、异丙肾上腺素、乙酰胆碱、酚妥拉明、心得安、阿托品等均能影响心血管系统活动，其主要作用机制是这些药物能与心肌和血管平滑肌上的受体结合而产生兴奋或阻断受体的作用。

本实验是应用液导系统直接测定动脉血压。即由动脉插管与压力传感器连通，其内充满抗凝液体，构成液导系统，将动脉插管插入动脉内，动脉内的压力及其变化可通过封闭的液导系统传递到压力传感器，并由计算机采集系统记录下来。

(2) 去甲肾上腺素的药理机制： α 肾上腺素受体激动药

去甲肾上腺素(noradrenaline, NA)是去甲肾上腺素能神经末梢释放的主要递质，肾上腺髓质亦少量分泌。

药理作用：激动 α 受体作用强大，对 α_1 和 α_2 受体无选择性，对心脏 β_1 受体作用较弱，对 β_2 受体几乎无作用。

去甲肾上腺素主要与血管平滑肌的 α 、 β_1 受体结合，激动血管的 α 受体，使得血管收缩，管径变小，外周阻力增加，从而使平均动脉压升高。此外，去甲肾上腺素还可以结合心肌细胞的 β_1 受体，激动心脏的 β_1 受体，使得心率加快，心收缩力变大。

(3) 肾上腺素的药理机制： α 、 β 受体激动药

肾上腺素(adrenaline, epinephrine)是肾上腺髓质的主要激素，其生物合成主要是在髓质。

药理作用：肾上腺素主要激动 α 和 β 受体。肾上腺素激动血管 α 受体，血管收缩，动脉压升高；作用于心肌传导系统和窦房结的 β_1 及 β_2 受体，加强心肌收缩性，加速传导，加快心率，提高心肌的兴奋性。

小剂量静脉注射时，由于心脏兴奋，皮肤黏膜血管收缩，使收缩压和舒张压升高；由于骨骼肌血管的舒张作用，抵消或超过了皮肤黏膜血管收缩作用的影响故舒张压不变或下降，动脉血压升高。此时脉压差加大、身体各部位血液重新分配，有利于紧急状态下机体能量供应的需要。肾上腺素的典型血压改变多为双相反应，即给药后迅速出现明显的升压作用，而后出现微弱的降压反应，后者持续作用时间较长。如预给 α 受体阻断药，肾上腺素的升压作用可被翻转，呈现明显的降压反应，表现出肾上腺素对血管 β_2 受体的激动作用。

(4) 乙酰胆碱的药理机制：M受体激动药

乙酰胆碱(acetylcholine, ACh)是单胺类神经递质。绝大多数脑内胆碱能受体是M受体。

药理作用：乙酰胆碱与心肌细胞膜上的M受体结合，引起心率减慢、心输出量减少，血压降低。同时乙酰胆碱结合内皮细胞M受体导致了心率减慢，房室传导速度减慢，及心室肌收缩力减弱，导致了心输出量减少，最终导致了血压降低。

(5) 异丙肾上腺素的药理机制： β 肾上腺素受体激动药

异丙肾上腺素(isoprenaline, isoproterenol)是人工合成品，化学结构是去甲肾上腺素氨基上的氢原子被异丙基所取代，是经典的 β_1 、 β_2 受体激动剂。

药理作用：主要激动 β 受体，对 β_1 和 β_2 受体选择性很低。对 α 受体几乎无作用。主要作用于 β_2 受体使动脉血管平滑肌舒张，动脉血压降低。

(6) α 受体阻断剂：酚妥拉明

药理作用：酚妥拉明能竞争性地阻断 α 受体，对 α_1 、 α_2 受体具有相似的亲和力。静脉注射酚妥拉明后阻断血管平滑肌 α 受体，舒张血管，血压下降。

当酚妥拉明与去甲肾上腺素静脉注射联合用药时，酚妥拉明为 α 受体阻断剂，可阻断血管平滑肌 α 受体，当再次注射去甲肾上腺素时，阻断了去甲肾上腺素对 α 受体的激动作用，使得血压无法升高，保持稳定。

当酚妥拉明与肾上腺素静脉注射联合用药时，酚妥拉明阻断血管平滑肌 α 受体，降低血压。肾上腺素可同时激动 α 、 β 受体。当再次注入肾上腺素时， α 受体被阻断，但是肾上腺素可通过激动 β_1 受体，使心搏加快，心输出量增加，血压上升。酚妥拉明拮抗肾上腺素的 α 受体作用，使激动的药效曲线平行右移。

(7) β 受体阻断剂：心得安

药理作用：心得安具有较强的 β 受体阻断作用，用药后心率减慢，心肌收缩力和心输出量降低，冠状血流量下降，心肌耗氧量也降低，血压降低。

当心得安与异丙肾上腺素静脉注射联合用药时，心得安为 β 受体阻断剂，心得安在注入异丙肾上腺素时，心得安阻断异丙肾上腺素激动 β_1 受体，但是不会阻断 β_2 受体，使得血管平滑肌舒张，动脉血压降低。

(8) M受体阻断剂：阿托品

阿托品为抗胆碱药，M受体阻断剂。主要解除平滑肌痉挛，可解除小血管痉挛，改善微循环，同时抑制腺体分泌，解除迷走神经对心脏的抑制，使心搏加快。当阿托品与乙酰胆碱静脉注射联合用药时，阿托品通过与乙酰胆碱竞争副交感神经节后纤维突触后膜的乙酰胆碱M受体，从而拮抗乙酰胆碱对血压的下降作用。

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

BL-420i 生物机能实验系统、压力换能器、铁架台、哺乳动物手术器械、动脉插管、动脉夹、气管插管、兔手术台、注射器、丝线、纱布、棉球。

2-6 实验材料（或预设参数等）

生理盐水、3%戊巴比妥钠、20%乌拉坦、0.001%乙酰胆碱溶液、0.01%去甲肾上腺素、0.01%肾上腺素、0.1%异丙肾上腺素、1%酚妥拉明、0.01%心得安、0.01%阿托品。

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）

本实验采用小组讨论式、案例分析式、“主动式学习”等多元教学方法。

(1) 小组讨论式教学方法

以团队为基础的小组讨论式教学方法，其课堂形态是将班级分为多个团队小组，以自学、思考、讨论、发表等方式学习并解决问题，是一种有助于促进学生团队协作精神、注重创造性、灵活性与实践特点的新型教学模式。小组讨

论式教学模式的目的是培养学生的综合素质，包括个人自主学习能力、知识点的掌握和理解程度，团队协作精神和应用性讨论成绩、团队活动个人参与程度等多个方面。

实施过程：机能学是医学基础课。在实施小组讨论时，课前一周下发“药物对家兔血压调节”的教学内容和“不同药物对家兔血压的调节作用和机制”要点给学生，学生提前分成几个小组，以小组为单位进行课前阅读和准备，课堂时间小组成员进行药物调节实验演示，解释本组所得到的实验现象，并观摩他人实验结果进行讨论总结，最后老师根据课前准备情况、课堂实验表现、讨论分析等给出考核结果。

实施结果：小组讨论式团队合作学习以学生中心为理念，将学习的主导权还给学生，教师的角色转化为学习的促进者与引导者，这样的教学策略与模式不但能培养学生团队精神与自主学习能力，能更好提升学生对不同药物调节家兔血压机制的理解程度。学生要打破以往对老师的过度依赖的传统学习模式，充分发挥学习的能动性。未来人才需要对知识活学活用，分析向题和解决问题的能力是其基本的素质。教师由讲授者转变为引导者，这就要求教师要有丰厚的知识储备和良好的应变能力。学生要积极参与讨论，促进团队协作，在传统的教学模式下，学生大多是在听老师讲课，不善于表达，小组讨论式教学方法迫使学生团体配合协作，提高沟通表达技巧。

（2）案例分析教学方法

使用目的：生物医学科学专业旨在通过系统地教学和训练，培养一批具备基础医学和生命科学基本知识；掌握人体正常机能、疾病发生机制和功能改变的基本知识和实验技能，从而培养学生的科研能力、沟通能力、创新能力和领导力，成为具有国际竞争力的复合型创新研究人才。传统模式培养下的生物医学科学专业的学生，在现实生活中很难直观地接触到疾病发生发展直至病变的生理过程，使得相关知识理解不够透彻，只是机械地记忆书本知识。采用案例分析教学方法，可使学生直观接触到实际案例，有助于学生理解抽象繁琐的病理生理现象。

实施过程：理论课老师已经讲解了血压调节的相关理论知识，学生具备了

一定的药物血压调节理论知识。然后课前一周给出一休克病人的病例，同时传出神经系统药物如肾上腺素、去甲肾上腺素、异丙肾上腺素、乙酰胆碱、酚妥拉明、心得安、阿托品等均能影响心血管系统活动，引出“哪种药物可以作为休克急救的药物”问题。让学生提前查阅资料，自学了解休克的原理、用药治疗方法和治疗机制；实验课上验证药物的作用并解决问题。

实施效果：从实践案例出发，经过学习、思考、验证，使得学生更好地理解药物调节血压的机制，同时也能与临床实际案例结合，理论结合实际，学以致用，达到更好的学习效果。提高学生思考解决问题的综合能力。

(3) “主动式学习”的教学方法

使用目的：处在深圳人工智能、大数据蓬勃发展的背景下，充分利用南科大在人工智能、大数据、机器人领域坚实的学科基础；坚持国际化、智能化、人文化的办学特色；面对日益增强的动物伦理观念，以节约高效为实施教学导向，可满足学生日常实验课程反复实训的需要，同时增加学习兴趣。VR 虚拟现实应用于实验教学是教育技术发展的一个飞跃。它营造了“自主学习”的环境，由传统的“以教促学”的学习方式，代之为学生通过自身与“家兔血压调节”虚拟信息环境的相互作用来得到知识、技能的新型学习方式。解决问题的过程，会引导学生主动查阅资料，获取相关知识点，提高主动学习能力。问题的最终解决还能使学生获得满足感、成就感，激发他们的求知欲望，逐步形成感知心智活动的良性循环，使学生真正成为学习的主体。

实施过程：老师课前提出实验技能的考核要求，学生课前通过虚拟课件进行反复的模拟练习，提高实验熟悉程度与成功率。将被动接受知识转变为主动式体验学习，通过场景化体验，多维的情境教学，打造全方位的“身临其境”教学感受。从实践教学需求出发，将 VR 虚拟现实技术引进课堂，依托资源云平台，搭载优质教学资源，快速高效地更新教学理念与技术，更好地提高实验教学实施效果。

实施效果：通过家兔血液调节 VR 虚拟实验的演示启发，增强了学生对复杂实验的整体把握度和对重要知识点和实验关键步骤的理解和记忆能力，明显提高了真实实验实践操作的成功率。同时通过反复播放和演示，可以培养学生发现问题的能力，并通过虚拟实验的互动功能，进行主动思考和解决。提高了

学生综合技能的培养。

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：

1、家兔捉拿称重

取家兔一只，右手抓住家兔背部皮肤轻轻提起，左手拖住其臀部放置到婴儿秤上称重，记录家兔的体重。



图 2 家兔的称重

2、家兔麻醉固定

称重完毕后，利用戊巴比妥钠或者乌拉坦溶液按照剂量经耳缘静脉注射麻醉，仰卧位固定于兔台上。麻醉成功的标准是：四肢肌紧张度降低，角膜反射消失，呼吸深而平稳，痛觉消失。



图 3 家兔麻醉

3、颈部去毛备皮

用弯剪剪去家兔颈部正中毛发，暴露颈部正中甲状软骨下的皮肤。

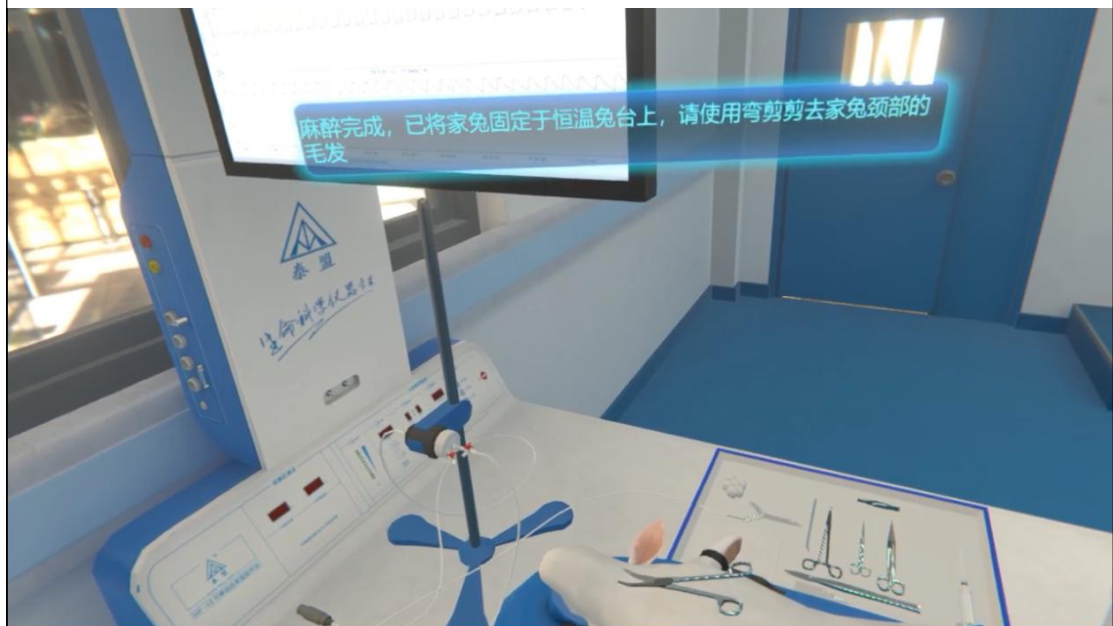


图 4 家兔去毛备皮

4、分离气管

用手术刀在颈部正中纵向切开皮肤 5-6 cm，将皮肤分向两侧，用止血钳钝性分离皮下结缔组织、肌肉组织，暴露气管。

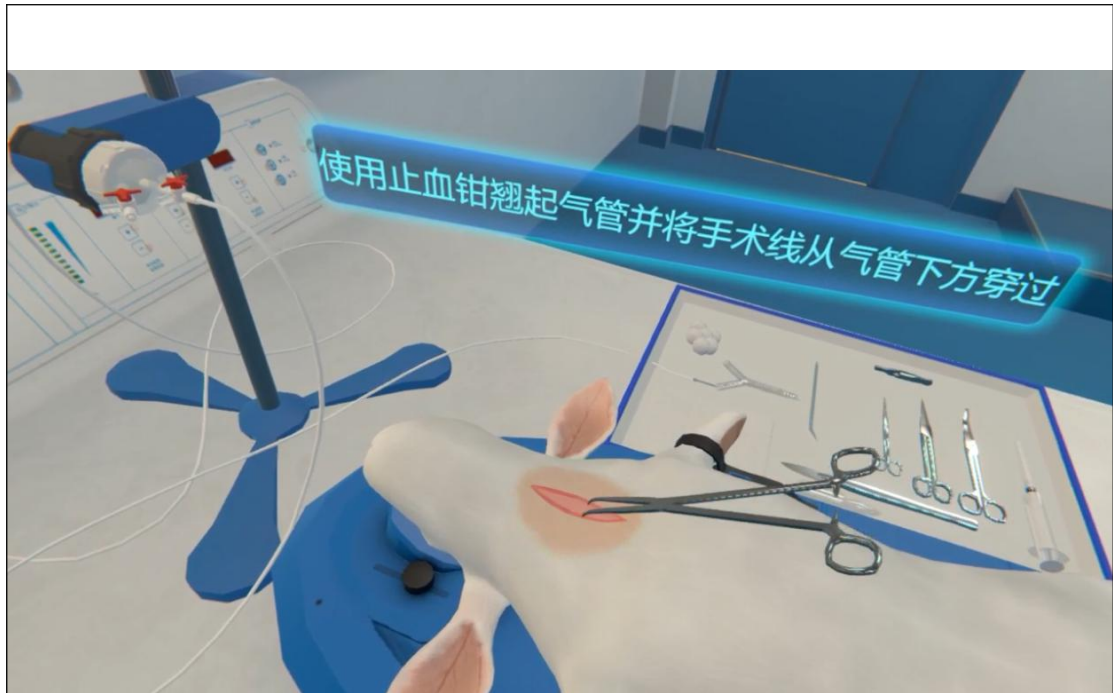


图 5 分离气管

5、气管插管

于气管下穿线备用后，在甲状软骨下约 1 cm 处剪一倒置“T”型切口，将气管插管向心方向插入，并用丝线扎紧，将余线绕气管插管的分叉处再行结扎，以防止脱落。

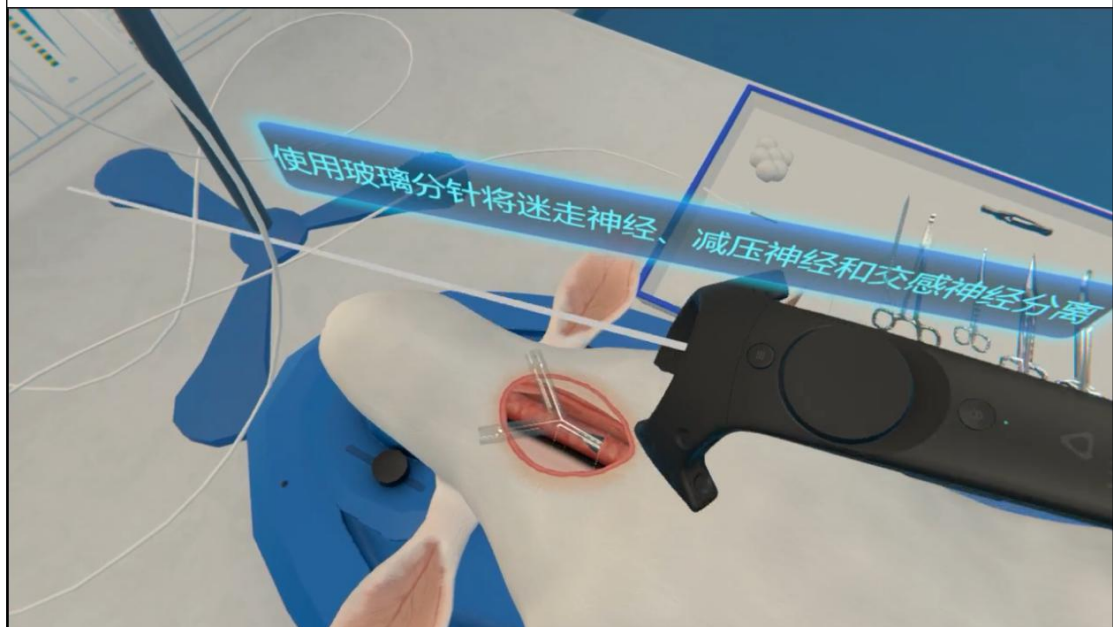


图 6 气管插管

6、分离颈总动脉

将切口边缘的皮肤及其皮下方的肌肉组织向外拉开,可见气管两侧的左右颈总动脉。用玻璃分针分离出右侧颈总动脉,剔除周围结缔组织,游离出颈总动脉,在动脉下穿两根线备用。

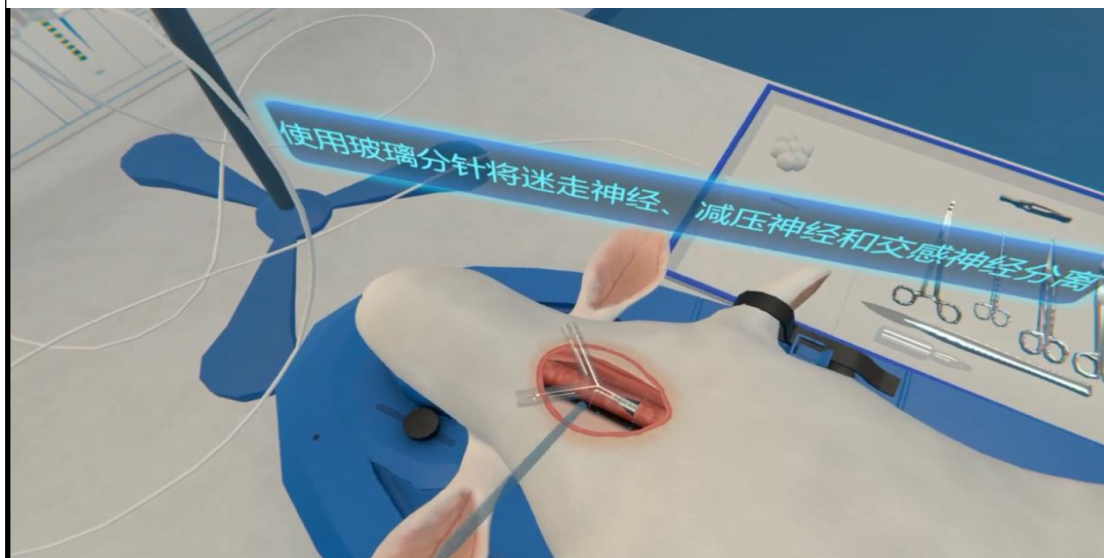


图 7 分离颈总动脉

7、颈总动脉插管

用其中一根丝线结扎远心端,用动脉夹夹住近心端,用眼科剪在靠近远心端结扎处的动脉上剪一斜口,把动脉插管插向近心端,用丝线扎紧插入导管的血管,并将剩余线平行于导管拉直与远心端结扎打死结,防止导管滑脱。

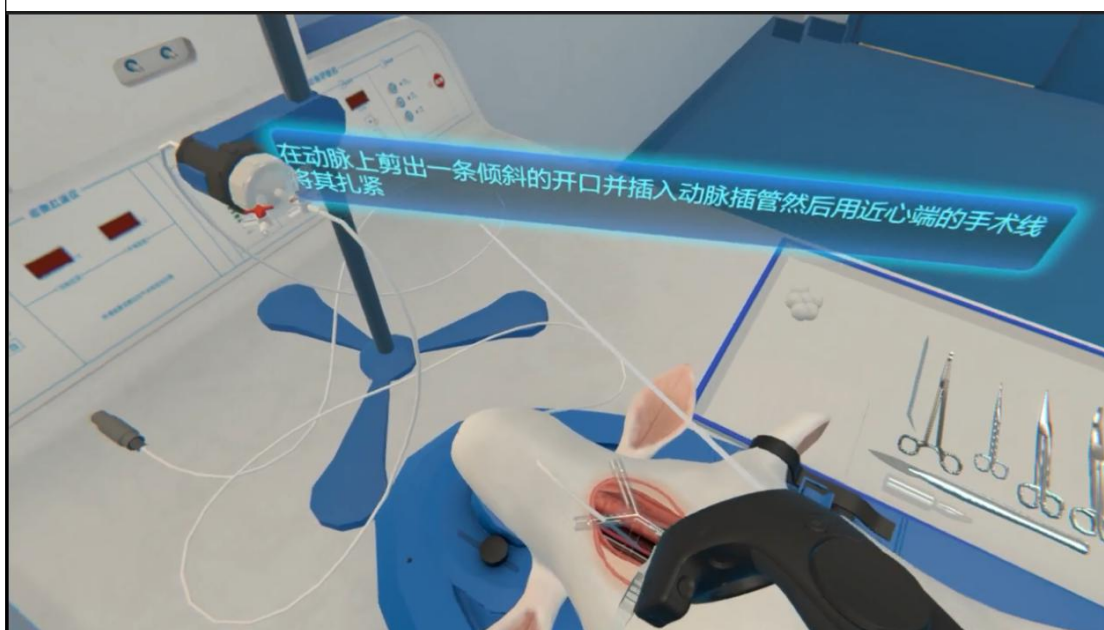


图 8 颈总动脉插管

8、压力换能器的安装

调节压力换能器位置，是动脉插管与动脉保持在同一直线上，然后将动脉导管做适当固定，将压力换能器的接头插入 BL-420i 的一通道上。

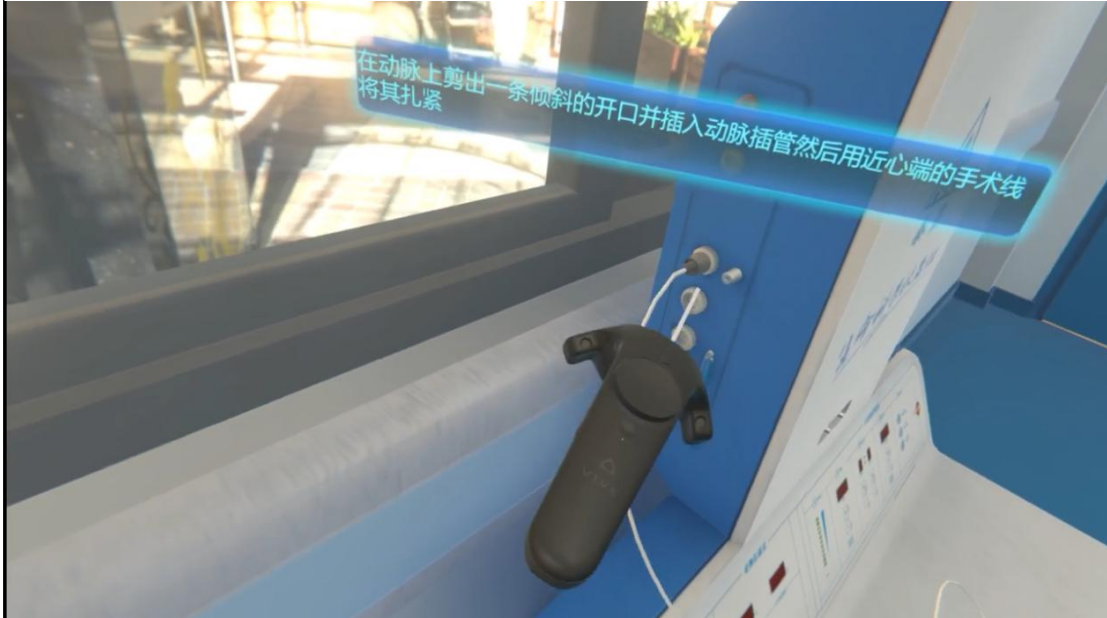


图 9 压力换能器的安装

9、观察家兔正常血压波形

当压力换能器安装完毕后，慢慢放开动脉夹，此时计算机屏幕上可见正常家兔血压曲线。

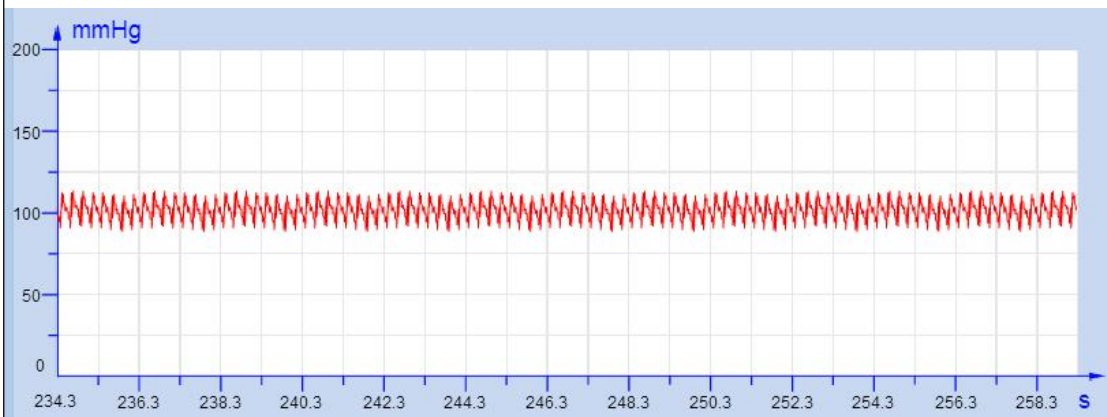


图 10 家兔正常血压波形

10、注射肾上腺素

经耳缘静脉注入 0.01% 肾上腺素溶液，观察动脉血压变化。

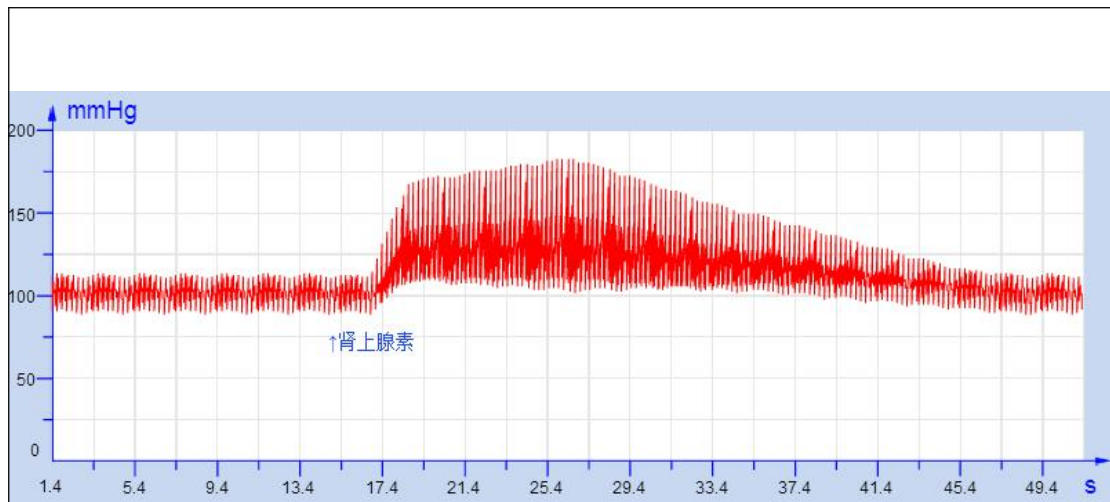


图 11 注射去甲肾上腺素血压波形

肾上腺素可通过激动肾上腺素 α 和 β 受体，使皮肤粘膜、内脏等小动脉的平滑肌收缩，以致血管收缩，外周阻力增加，从而导致血压升高。肾上腺素在心脏与 β_1 受体结合可以使心输出量增多。

11、注射去甲肾上腺素

经耳缘静脉注入 0.01% 去甲肾上腺素溶液，观察动脉血压变化。

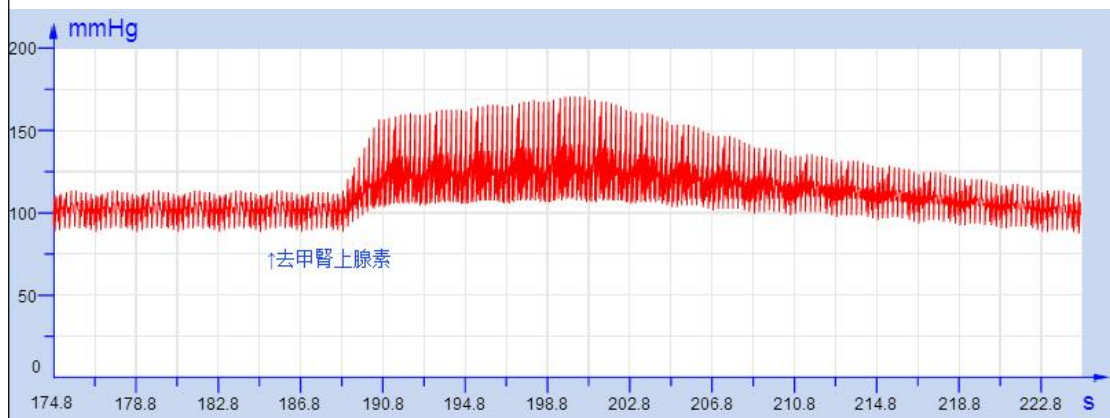


图 12 注射去甲肾上腺素血压波形

去甲肾上腺素主要是 α 受体激动药。由于激动血管的 α 受体，使得血管收缩，血压升高。去甲肾上腺素也能与心肌 β_1 受体结合。

12、注射乙酰胆碱

经耳缘静脉注入 0.001% 乙酰胆碱溶液，观察动脉血压变化。

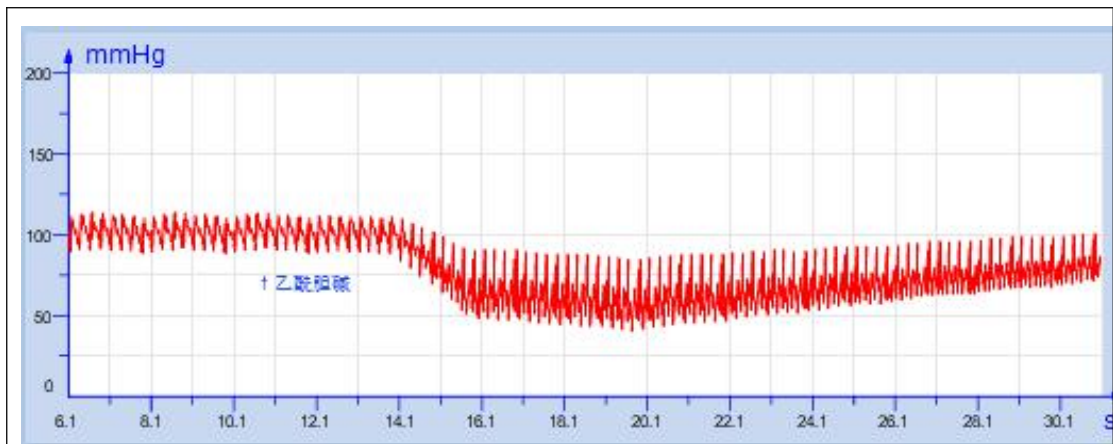


图 13 注射乙酰胆碱血压波形

乙酰胆碱为 M 受体激动药，激动 M 受体使心率减慢、心肌收缩力减弱，血压降低。

13、注射异丙肾上腺素

经耳缘静脉注入 0.01% 异丙肾上腺素溶液，观察动脉血压变化。

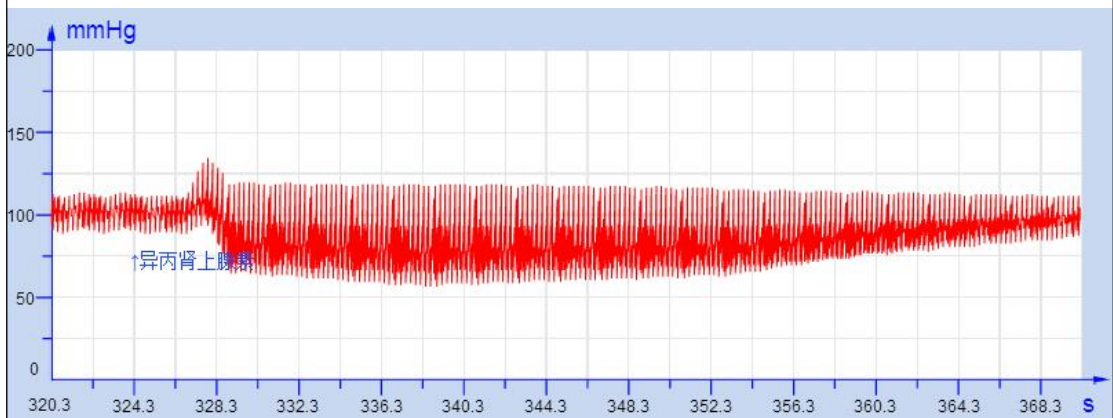


图 14 注射异丙肾上腺素血压波形

异丙肾上腺素是 β_1 、 β_2 受体药，主要作用于 β_2 受体，使动脉血管平滑肌舒张，动脉血压降低。

14、观察 α 受体阻断剂作用

分别经耳缘静脉注入 1% 酚妥拉明溶液，1 min 后注射肾上腺素和去甲肾上腺素，观察动脉血压变化。

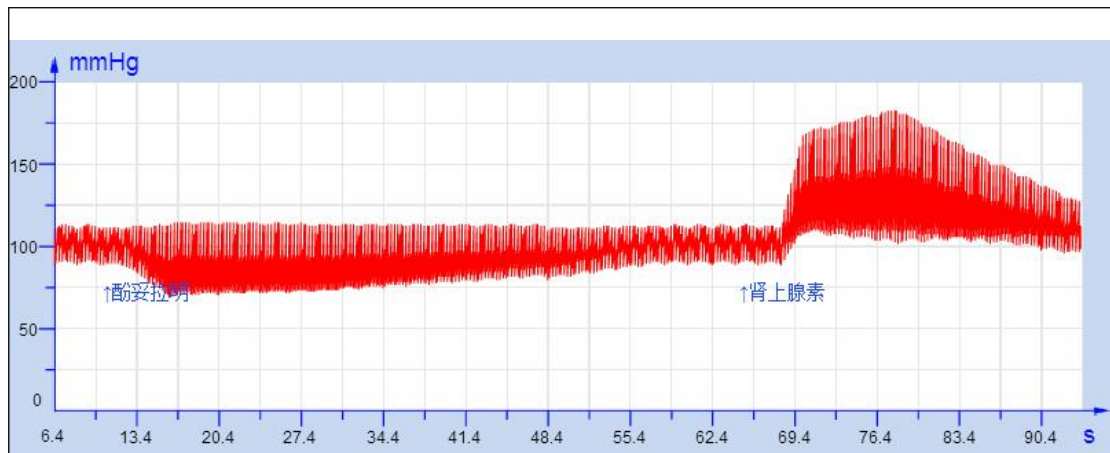


图 15 注射酚妥拉明及肾上腺素血压波形

酚妥拉明为 α 受体阻断剂，可阻断血管平滑肌 α 受体使得血压降低，当再次注入肾上腺素时，虽然 α 受体被阻断，但是肾上腺素可激动 β_1 受体，使心搏加快，心输出量增加，血压上升。

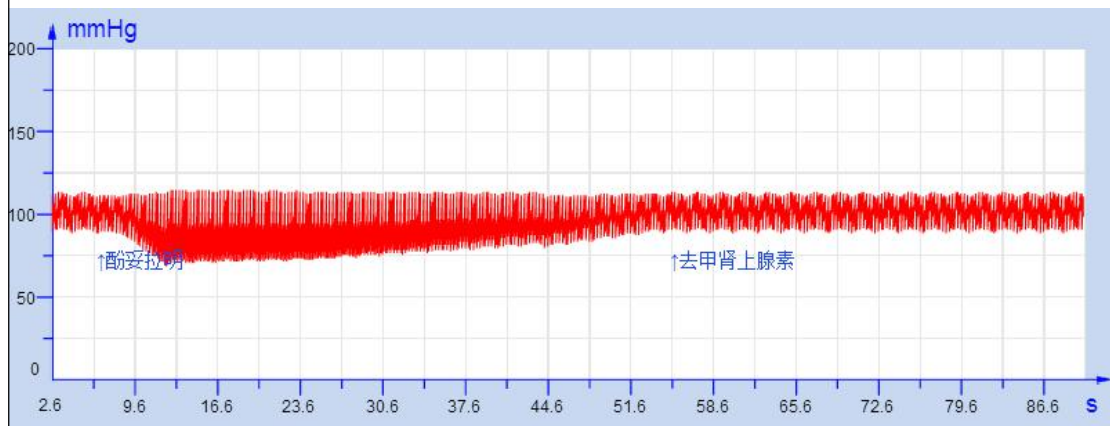


图 16 注射酚妥拉明及去甲肾上腺素血压波形

酚妥拉明为 α 受体阻断剂，可阻断血管平滑肌 α 受体使得血压降低，当再次注入去甲肾上腺素时，阻断去甲肾上腺素激动 α 受体，血压无法升高。

15、观察 β 受体阻断剂作用

经耳缘静脉注入 0.01%心得安溶液，1 min 后注射异丙肾肾上腺素，观察动脉血压变化。

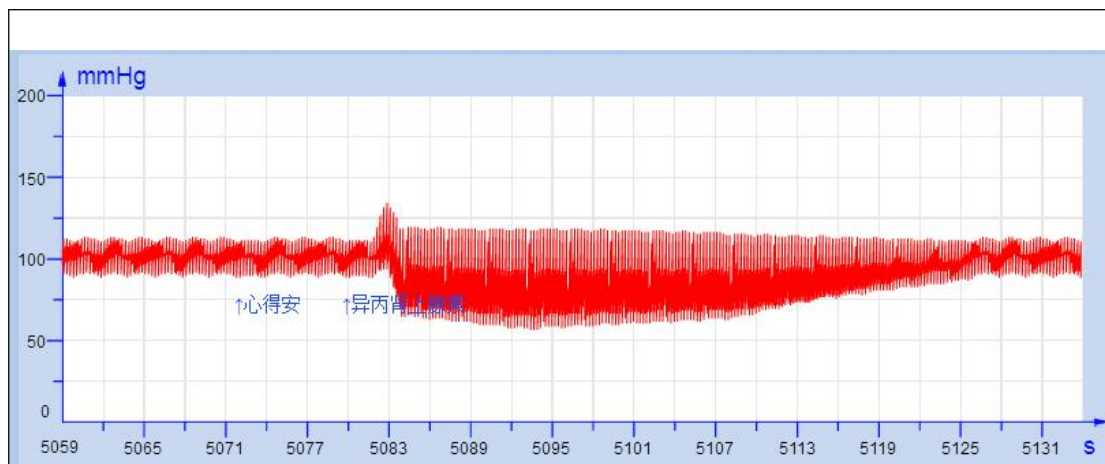


图 17 注射心得安及异丙肾上腺素血压波形

心得安为 β 受体阻断剂，当注入心得安在注入异丙肾上腺素时，心得安阻断异丙肾上腺素激动 β_1 受体，但是不会阻断 β_2 受体，使得血管平滑肌舒张，动脉血压降低。

16、观察 M 受体阻断剂作用

经耳缘静脉注入 0.001%乙酰胆碱溶液，观察动脉血压变化，在动脉血压明显变化时停药，耳缘静脉注入 0.01%阿托品，1 min 后，再次注射 0.001%乙酰胆碱溶液，观察动脉血压变化。

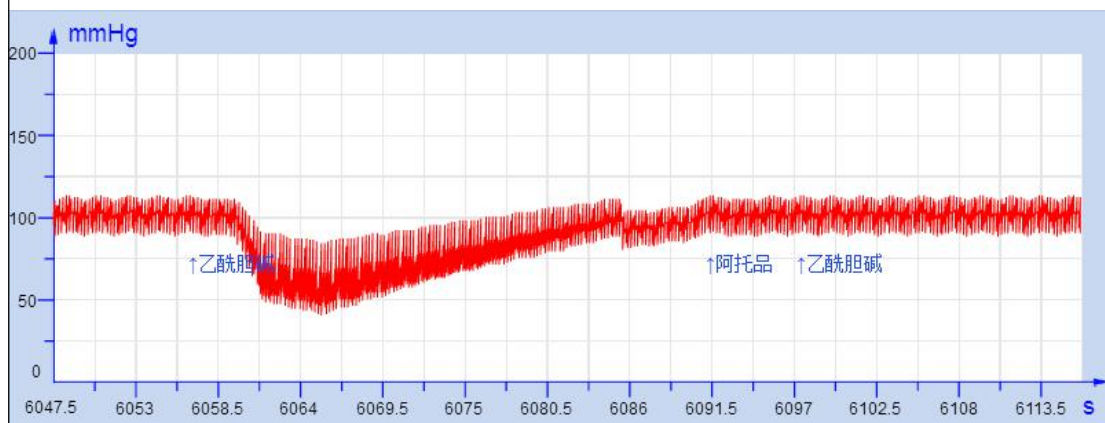


图 18 注射乙酰胆碱、阿托品及乙酰胆碱血压波形

乙酰胆碱为 M 受体激动药，激动 M 受体使心率减慢、心肌收缩力减弱，血压降低。阿托品为 M 受体阻断剂，它可加快心律，血压升高效果不明显，当再次注射乙酰胆碱后，阿托品阻断乙酰胆碱激动 M 受体，血压无法降低。

(2) 学生交互性操作步骤说明：

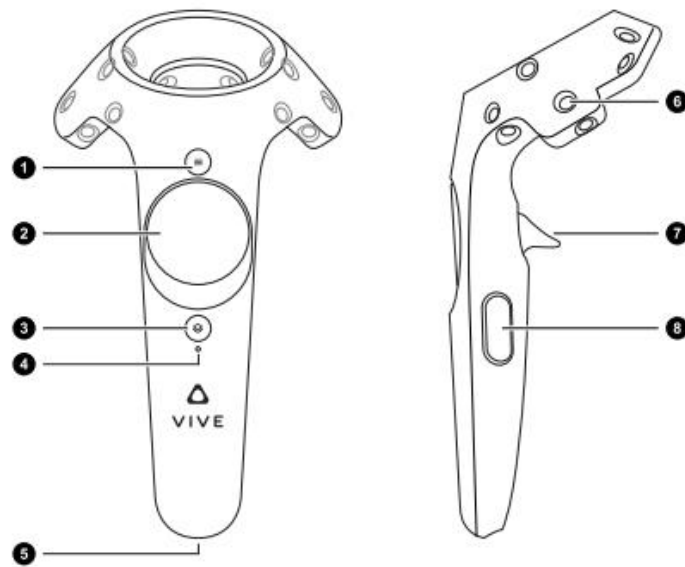
本实验项目采用 VR 技术开发，所有交互操作都需要使用 VR 手柄控制器

进行，手柄控制器如下图所示，控制器带有一个长度约为 20cm 的蓝色细长箭头，用于指示光标位置和交互距离。

在虚拟现实场景中，学生的交互性操作主要包含两个部分，分别为与虚拟实验器材进行交互和与 UI 提示界面进行交互，其中设置的人机交互环节达 48 次。

学生使用控制器在光标长度内指向并实验器材时，光标会变为绿色且此时手柄会进行震动，此时按下扳机键即可拿起或者放下此物品，即可实现与虚拟实验器材进行交互，整个虚拟项目中大体包含了以下交互步骤：家兔捉拿称重，家兔的麻醉，拿取手术器械完成颈部手术，家兔气管插管，家兔颈总动脉插管，压力换能器的安装，用注射器吸取各种药品进行耳缘静脉注射等，所有交互性操作贯穿整个实验项目。

另外，实验项目中以 UI 界面展示知识考点，学生可使用控制器与 UI 界面进行交互操作，选择正确的答案后即可完成知识点考核。



1	菜单按钮
2	触控板
3	系统按钮
4	状态指示灯
5	Micro-USB 端口
6	追踪感应器
7	扳机
8	手柄按钮

图 19 VR 手柄控制器

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:

VR 虚拟实验操作结合理论课中的实验原理、药理机制知识, 模拟分析了各种常见血压药物对血压调控的影响, 如肾上腺素、去甲肾上腺素、异丙肾上腺素、乙酰胆碱、酚妥拉明、阿托品、心得安等。虚拟实验和实体实验教学结束后, 学生以实验报告的形式对比分析肾上腺素、去甲肾上腺素、乙酰胆碱药物的作用机制, 绘制药物注射后家兔血压变化趋势波形图, 进一步讨论动脉血压体液调节的作用特点。

2-10 考核要求

考核通过虚拟考核与实体考核相结合，实现考核对知识点的全覆盖，让学生更能全面的掌握实验相关知识点。课程的考核内容包括实验准备、VR 虚拟实验操作、实体实验操作、实验报告四个方面反馈学生在实验中的学习情况，具体如下：

(1) 实验预习：考核包括学生学习态度和实验准备情况，学生在线预习理论知识、标准操作流程和注意事项等，在实验开始一周内由虚拟系统根据完成情况自动生成成绩，权重为 20%；

(2) VR 虚拟实验操作考核：在虚拟实验操作过程中，系统弹出与实验原理和实验操作相关的知识点考题（共 10 题），学生在线答题，实验过程中由虚拟系统按照考题回答对错情况自动计算记录分数，权重为 20%；

(3) 实体实验操作考核：在实体实验操作过程中，学生实体操作家兔麻醉、颈部解剖及静脉注射，记录观察药物注射后血压变化波形图实验结果，实验过程中由授课教师随堂记录评分，权重为 40%；

(4) 实验报告：考核内容包括实验目的、实验原理、实验步骤、实验讨论是否详细完整，药物注射后血压变化波形图绘制是否准确，药物作用机制描述的准确度等，在课程结束一周后由授课教师评分，权重为 20%。

表 1 兔动脉血压药物调控虚拟现实（VR）实验项目考核指标

考核项目		考核内容	考核时间	考核方式	权重%
学习态度	实验预习	在线预习理论知识、标准操作流程、注意事项等	课程开始前一周内	虚拟系统依据完成情况自动生成成绩	20
操作考核	VR 虚拟实验操作考核	与实验原理和实验操作相关的知识点考题	课程过程中	虚拟系统依据回答情况自动生成成绩	20
	实体实验操作考核	实体实验操作流程、实验结果等	课程过程中	随堂记录	40
文本考核	实验报告	实验目的、实验原理、实验步骤、实验讨论等	课程结束后一周内	课后评分	20

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

专业：临床医学、生物医学科学（基础医学）

生物医学工程、生物科学、生物技术

年级：大学本科大二、大三年级

(2) 基本知识和能力要求

知识能力：具备生理学、药理学、病理生理学、普通生物学、化学原理、生物化学、有机化学等基础知识，对神经体液调节、影响动脉血压的因素、常用血压药物的药理机制、有机化合物的物理常数等方面具有相应的知识储备。

技能能力：通过普通生物学实验、有机化学实验等相关的课程，学习动物外形观察及内部解剖并进行生物绘图、初步掌握解剖器械的使用、熟悉有机化学实验基本操作等。

2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2018年1月

(2) 已服务过的本校学生人数：130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)

《生物医学综合实验》教学大纲

Week 教学周	Experiment 实验
week 1	Essential techniques of cancer cell culture 癌细胞培养的基本技术
week 2	Cancer cell proliferation assay 癌细胞增殖分析
week 3	Mouse subcutaneous injection tumor model 小鼠皮下注射肿瘤模型

week 4	Cancer cell apoptosis assay 癌细胞凋亡分析
week 5	Cancer cell transwell migration assay 癌细胞迁移实验
week 6	Cancer cell RNA extraction 癌细胞 RNA 提取
week 7	Mouse tumor isolation and histological analysis 小鼠肿瘤分离和组织学分析
week 8	Real-time PCR 实时荧光定量 PCR
week 9	Fasting plasma glucose and Oral glucose tolerance test (OGTT) 空腹血糖与口服糖耐量实验
week 10	Skin wound healing 皮肤切创愈合实验
week 11	Glycosylated hemoglobin (HbA1c) and β -HB/SOD measurements 糖化血红蛋白与 β -羟丁酸/ SOD 检测
week 12	Genotype identification 基因型鉴定
week 13	Determination of thermal nociceptive thresholds 热痛反应阈值检测
week 14	Immunological detection by mass cytometry 质谱流式细胞技术进行免疫学检测

week 15	Introduction of mass cytometry data analysis 质谱流式数据分析
week 16	Regulation of rabbit arterial blood pressure by various drugs 家兔动脉血压药物调控实验
<p>(4) 是否面向社会提供服务：<input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否</p> <p>(5) 社会开放时间：2018年1月，已服务人数：89人</p>	

3. 实验教学项目相关网络及安全要求描述

<p>3-1 有效链接网址</p> <p>http://virtualcenter.med.sustech.edu.cn/new/jiatu/index.html</p> <p>学生试用账号：xs01 密码：123</p>
<p>3-2 网络条件要求</p> <p>(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务） 虚拟课件的下载最低要求带宽为 100Mbps，保证能够在虚拟课件的正常下载，提供测试宽带服务。</p> <p>(2) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务） 并发响应数量为 500，提供当前登录在线人数显示。</p>
<p>3-3 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）</p> <p>(1) 计算机操作系统和版本要求 Windows 10, x64 版，版本 1709 以上</p> <p>(2) 其他计算终端操作系统和版本要求 无</p> <p>(3) 支持移动端：<input type="checkbox"/>是 <input checked="" type="checkbox"/>否</p>

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 VIVE Port，插件容量 4GB(按最新版本为准)，下载链接 https://www.vive.com/cn/setup/

(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）
 无

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
 网卡：1000Mbps 以太网卡
 CPU：酷睿 i7-8700，四核，3.2 GHz 或以上
 显卡：GTX 1070，独立 8GB，DDR5 或以上
 内存：8GB，DDR4 或以上
 硬盘：1TB；128G SSD 或以上

(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
 HTC VIVE 头显套装或 WINDOWS MR 头显套装

(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 style="text-align: center;">VRS-100 系统总体功能框架图</p> <p>一、展示层</p>

	<p>展示层作为 VR 实验室的核心组成部分，可分为输入设备和输入设备以及由此而组成的成套方案。</p> <p>二、课件层</p> <p>VR 课件作为新兴的教育手段，其诞生以来就以其自身的独立特性深受人们关注，可充分吸引学生注意力和学习兴趣，提升教学环境和教学质量。</p> <p>三、平台管理层</p> <p>VRS-100 系统自带平台管理功能，该平台可将硬件管理与软件学习统一进行管理，包含智能门禁模块、实验室设备管理模块和 VR 学习、考核统计模块等。</p>	
实验教 学项目	<p>开发技术</p>	<p><input checked="" 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 <u>WebGL、OpenGL</u></p>
	<p>开发工具</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>Unity3D <input checked="" type="checkbox"/>3D Studio Max <input checked="" type="checkbox"/>Maya<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>Visual Studio <input type="checkbox"/>其他_____</p>

	运行环境	服务器 CPU <u> 2 </u> 核、内存 <u> 16 </u> GB、磁盘 <u> 500 </u> GB、显存 <u> 1 </u> GB、GPU 型号 <u> Intel HD Graphics 630 </u> 操作系统 <input checked="" type="checkbox"/> Windows Server <input type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本 <u> </u> 数据库 <input type="checkbox"/> Mysql <input type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle 其他 <u> postgresql </u> 备注说明 <u> </u> （需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明）
	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）	单个模型的面数控制 2000 面以内； 材质大小长宽像素为 2 的次方倍数，贴图大小最大不超过 1024*1024 ； 每秒刷新率 90 帧或以上； 动作响应时间，15ms 以内； 单眼分辨率 1920*1200 或以上；

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：

生物医学综合实验是我院一门独立的综合性实验课程，涵盖传统的实验教学中生理学、病理生理学和药理学实验教学的基本内容，是基础医学和临床医学教学中十分重要的一门实验课程。

药物对家兔动脉血压的影响实验是循环系统实验中最典型实验之一，但是在实体实验中，手术难度较大、操作复杂、实验成功率低，如动物活体实验中若动脉插管失败，药物注射实验将无法进行。此外，实验需要大量的实验动物，既增加了实验耗材和经费，又有动物伦理与保护的顾虑。

基于以上问题，我们将此实验设计开发成虚拟现实实验项目，该项目采用 Maya、3DMax 等开发工具，绘制真实的实验动物、实验仪器器材等三维模型，利用 Unity3D 构建真实实验室场景和实验交互操作。学生可佩戴 VR 头盔显示器，沉浸在真实的实验场景中，用手柄控制器完成实验手术操作。

家兔动脉血压药物调控虚拟现实实验项目主要包括了以下实验内容，其中设置的人机交互环节达 48 次：

- ① 家兔的捉拿称重；
- ② 家兔麻醉固定；
- ③ 家兔颈部手术；
- ④ 家兔气管插管；
- ⑤ 家兔颈总动脉分离；
- ⑥ 颈总动脉插管；

⑦ 给与肾上腺素、去甲肾上腺素、乙酰胆碱，观察家兔血压的变化，分析 α 、 β 、M 受体激动剂药物对动脉血压的影响，同时在实验操作过程中完成知识点考核；

⑧ 拓展实验：

学生可根据实验完成情况，选择性进行如下拓展实验，观察家兔血压的变化，分析 α 、 β 、M 受体激动剂或者阻断剂药物对动脉血压的影响，同时在实验操作过程中完成知识点考核。

第一组：异丙肾上腺素

第二组：酚妥拉明，肾上腺素

第三组：酚妥拉明，去甲肾上腺素

第四组：心得安，异丙肾上腺素

第五组：阿托品，乙酰胆碱

该实验项目可让学生身临其境完成整个实验过程，增加学生学习兴趣以及实验成功率，同时也节省了实验动物和成本，符合动物伦理学“3R”原则。

在该项目的建设与应用过程中，我院实验教学团队注重现代化信息技术与传统人才培养模式相结合，聚焦科学技术进步对实验教学方式方法所带来的变

革，坚持“能力培养，创新思维为导向”的实验教学理念，在该项目中利用虚拟现实技术实现虚拟沉浸式实验场景，让学生身临其境，能够主动体验实验操作流程，最优化实现“虚实结合，以虚促实”的教学效果。

(2) 教学方法创新：

我院实验教学团队以学生自主学习为核心，通过虚拟现实技术使学生身临其境感受实验，从而对实体实验有更清晰、直观的认识，为实践操作打下基础。在感受实验的过程中，能够让学生发现问题，获取相关知识点，提高他们的自主学习能力，激发他们的求知欲望，逐步形成一个不断自主学习的良性循环。同时，解决了以往学生在进入实体实验前对“规范化”操作流程感性认识不足的问题，对提高实验成功率、高效环保完成实验起到重要作用。

(3) 评价体系创新：

该项目根据相关专业培养方案和教学大纲，制订了明确的评价体系。虚拟与实体实验教学紧密结合，跟踪记录学生整个实验项目的学习情况，从学生的学习态度、理论水平、实验技能、实验报告多方面、多维度进行评价。形成“虚实结合”的评价体系，实现对《家兔动脉血压药物调控》实验学习过程的全覆盖性评价。具体评价内容如下：

- ① 学习态度：在线预习，实验准备等；
- ② 理论水平：在线知识点答题等；
- ③ 实验技能：VR 实验考核操作，实体实验操作；
- ④ 实验报告：实验目的、实验原理、实验步骤、实验讨论等。

(4) 对传统教学的延伸与拓展：

结合专业要求及课程教学大纲，实验教学团队将《家兔动脉血压药物调控》实验设计开发成虚拟现实实验项目。该项目采用 Maya、3DMax 等开发工具，绘制真实的实验动物、实验仪器器材等三维模型，利用 Unity3D 构建真实实验室场景和实验交互操作。学生可佩戴 VR 头盔显示器，沉浸在真实的实验场景中，用手柄控制器完成实验手术操作。虚拟仿真实验过程将知识性和趣味性相

结合，让学生在充满趣味性的操作过程中，记住知识点及操作要点，同时为进行实体实验操作奠定基础。该实验项目通过层层推进，设有教学模式和考核模式，让学生在掌握基本知识、基本理论、基本技能的基础上，进行在线答题完成学习目标。

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:

实验教学团队将不断建设包括人体解剖学、形态学、机能学、病原生物学和细胞与分子生物学等相关的虚拟实验系统，完善实验平台全面性，力争在各类课程中满足教师和学生对于创新型实验的设计需求。同时，平台维护人员将不断增强平台的共享能力和稳定性，满足更多的用户访问，加强平台监管，确保网上教学随时联通。

(2) 面向高校的教学推广应用计划:

希望能够加入国家虚拟仿真实验教学项目共享平台，与各大高校进行教学资源共享，构建资源共享基地。以资源互换、远程共享、合作贡献等方式，促进互相学习与提高，节约资源，为学生提供更多更好的学习内容。

该实验项目被认定后的第一年将免费对我校师生高度开放及服务、对校外师生进行预约开放及服务；一年后至三年内免费对我校师生及校外师生开放服务内容不少于 50%，三年后免费开放服务内容不少于 30%。

(3) 面向社会的推广应用计划:

平台将通过学术交流、组织会议等形式，与相关机构的对口部门及相关企业等进行实验室建设规划、经验和成果的资源共享；并进行合作，联合建立实训基地，让学生了解企业在实际应用中的工作需求，培养学生的综合能力。

该实验项目被认定后的第一年将免费对社会进行预约开放及服务；一年后

至三年内免费对社会开放服务内容不少于 50%，三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 type="checkbox"/> 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 type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 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