

1. 研究生参与临床技术80项，以下是部分研发技术及装置：

1.1 磁导航气管插管技术

世界首创磁导航气管插管技术，通过磁导航技术对引导条尖端磁体导航经人体复杂口咽气道后进入气管的技术；经仿真、模拟验证、动物实验验证后，成功应用于临床全麻患者的气管插管，插管历时15秒。全磁导航气管插管摒弃了传统喉镜气管插管的固有模式，不需要开放气道，无气道分泌物喷溅，特别是操作简单，易于掌握，可推广到普通民众中。此方法可应用于急救复苏和呼吸系统烈性传染病的救治，提高复苏效率，减少医务人员与患者呼吸道的直接接触，降低感染风险的同时还能降低麻醉医师的工作负荷。



图 1 磁导航气管插管技术临床应用

1.2 医用聚醚醚酮3D打印机与临床应用

3D个性化制造人体植入物是医工交叉的前沿方向，成果完成人李涤尘教授的博士生杨春成在攻读学位期间，与医学学科合作，发明了温度调控高分子聚合物聚醚醚酮强韧性的3D打印技术，研制了医用3D打印机，实现世界首例胸肋骨聚醚醚酮植入物临床应用。研制的设备在国际3D打印大赛中获得银奖，服务全国30余家医院并救治近300名个性化骨缺损疑难患者，应用于人体胸肋骨、肩胛骨颅颌面骨的修复，长期临床结果显示其具有优秀的匹配性和恢复性。研究成果及其关联专利直接支撑研究组毕业学生开展创新创业工作，并先后创办了陕西聚高增材智造科技发展有限公司和陕西聚康高博医疗科技有限公司，开展了增材制造聚醚醚酮医疗器械和高性能非金属材料增材制造产业转化。在央视《创业英雄汇》现场获得800万元的意向融资，获批组建陕西省增材制造创新联合体，被中国科协、松禾资本、增材制造产业联盟等单位评价为是面向经济主战场、面向人民生命健康的颠覆性新兴产业。



图2.(a) 自主研制聚醚醚酮3D打印机



图2.(b) 3D打印聚醚醚酮大尺寸胸骨临床应用

1.3 研制电磁声光耦合式无创消化道早癌陡脉冲电场（sPEF）消融系统

自 2017 年起开展电穿孔脉冲肿瘤消融关键技术和设备研究，先后在国家自然科学基金重大科研仪器项目、国家重点研发计划“数字诊疗装备研发”重点专项的支持下，成功研制基于高压脉冲电场生物效应原理的内镜下电穿孔脉冲肿瘤消融系统。首创的系列导管化消融电极和经内窥镜的微创手术路径，精准选择目前尚无较好消融治疗技术的消化道肿瘤，同时结合数字化治疗规划评估软件系统，使该技术和治疗形式更加贴合精准医学的发展趋势，为消化系统肿瘤治疗提供全新技术选择。

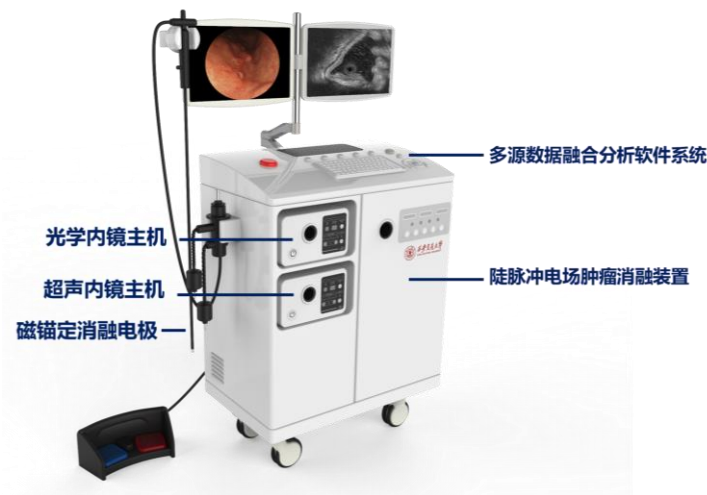


图 3 电磁声光耦合式无创消化道早癌陡脉冲电场（sPEF）消融系统

1.4 研制远程胆道造影机

从运动学及力学角度出发，通过临床数据收集，成功获取胆道造影核心技术参数,研制了遥控胆道造影机。通过体外实验和动物实验，初步验证了遥控胆道造影的可行性，通过加入人机交互界面和压力传感反馈系统，优化遥控胆道造影机的结构和功能，提高设备操作的精准性和安全性。临床应用证明了使用遥控胆道造影机造影能清晰的显示胆树结构，彻底消除操作者职业暴露，降低术后不良反应发生率。首次实现无职业暴露情况下的肝段胆管精准显影，提高了胆道造影诊断的精准性，助力胆道疾病的微创化治疗。

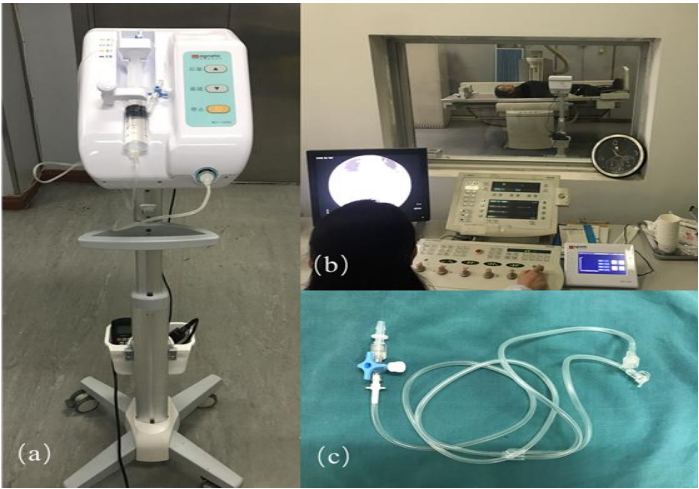


图4 远程胆道造影机临床应用

1.5 研制吸痰机器人

建立人工气道是危重症急救的常用生命支持关键技术，人工气道管理是护理工作的重要任务也是最大的工作负担。基于多年重症患者护理的实践，率先在西北地区提出人工气道强化管理的理念，探明了人工气道强化管理在危重症患者救治方面的重要性，细化并创新了人工气道管理关键环节；率先提出自动化机械设备吸痰方案、研制吸痰装置样机；在国际上研发首台吸痰机器人并实现了磁耦合清痰机器人智能化改进，制定磁耦合智能清痰机器人的操作规范，进行临床使用。



图 5 吸痰机器人

1.6 研制远程监护机器人

针对肝移植受者出院后自我管理能力不足及健康知识缺乏，研制了远程随访管理系统，采用远程随访管理系统为肝移植受者提供出院后2周的居家延续护理服务，实现远程监测受者术后病情，采用视频交流方式为受者提供健康指导。

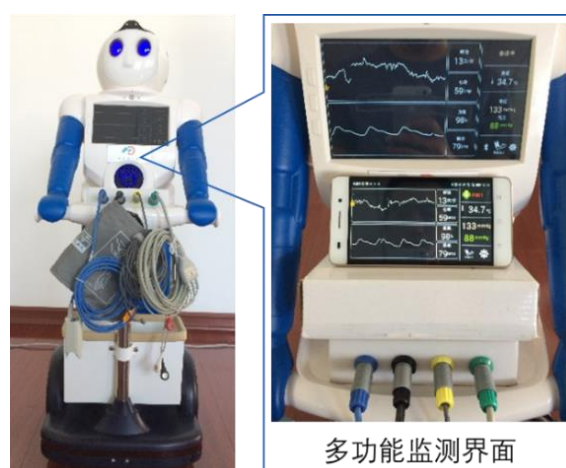


图6 远程监护机器人

2. 研究生主导参与的部分试验平台建设

2.1 真肝模拟人腹腔镜训练平台

传统的腹腔镜训练平台固化，缺乏器官血流动力学及组织力反馈，不能逼真模拟临床腹腔镜手术操作。探求更科学、更有效的腹腔镜教学和训练模式迫在眉睫。根据临床医生腹腔镜手术技能培训需求，联合电气学院导师，自主研发真肝模拟人腹腔镜训练系统，具有仿制的腹腔空间和弹性腹壁结构，装入屠宰场获取的全内脏或单个器官，搭载实时流量监控灌注和量表化评分系统，从而实现高度仿真的模拟人环境，能够有效进行腹腔镜模拟训练的教学、临床年轻医生培训，缩短“学习曲线”，提升临床胜任力。在第二届中国“互联网+”大学生创新创业大赛中获银奖，在第四届全国高等学校自制实验教学仪器设备评选活动中获二等奖。成果转化实现产品化，在多家医学院校及医院推广，完成五千余人次的住院医师和医学生培训。



图1 真肝模拟人腹腔镜训练平台（左图原理样机，右图为成果转化产品）

2.2 柔性可穿戴健康监测传感试验平台

通过穿戴柔性传感器进行人体生理特性监测和医学诊疗具有穿戴便捷舒适、长时间自主监测等优点，是未来智慧医疗发展的重要方向。面向高灵敏度医疗穿戴系统，提出了高敏感仿生裂纹传感机制，采用高精度压印及印刷工艺，研制了应变、压力、触觉等系列高性能柔性健康监测传感器，开发了面向可穿戴医学诊疗的试验平台。其中通过嵌入式网格裂纹敏感结构设计开发的高灵敏度柔性应变传感器，应变检测极限优于0.002%，实现了呼吸心率测量、手指精细微动等信号感知；开发的纳米结构柔性压力传感器，将传感器灵敏度提高一个数量级，实现了动脉硬化信号特征检测、人声识别等检测。研究生参与开发柔性可穿戴健康监测传感试验平台为临床医生医学诊疗提供了重要技术支撑和平台保障，研究论文发表在Science Advances、Advanced Materials等高水平期刊，在穿戴医疗、康复诊疗等领域产生了重要学术影响。

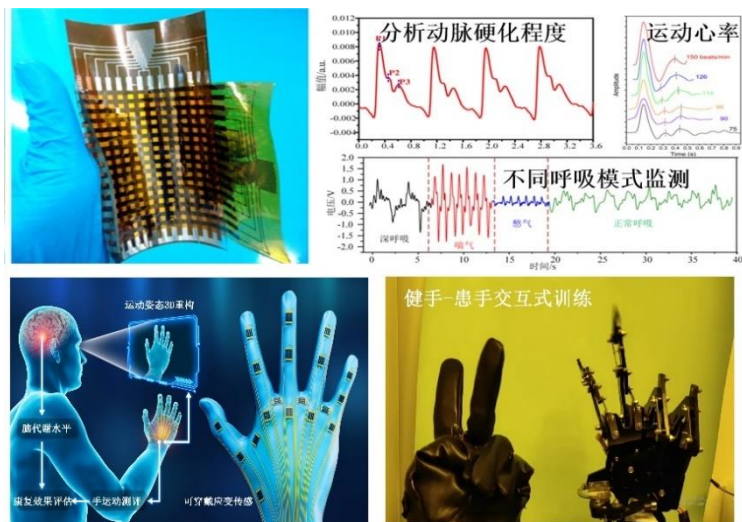
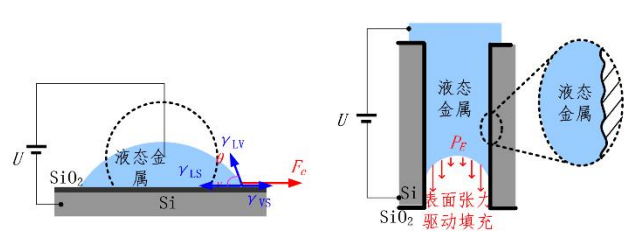


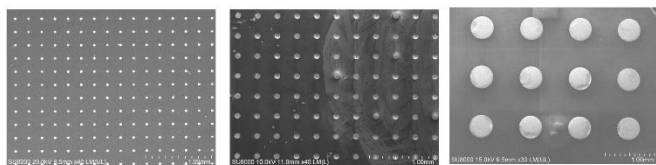
图2 柔性可穿戴健康监测传感系统

2.3 柔性穿戴电子系统互联封装平台

随着医疗诊断监测技术的发展需求,对可穿戴电子器件的功能需求已由单一功能器件向多功能器件集成的柔性多功能系统转变,在对不同材质柔性电子器件集成的过程中,往往面临着不同电子器件间高可靠性电互连困难的问题,传统(硅\陶瓷)器件互连方法由于其工艺特点难以适用于柔性电子器件集成,为突破传统工艺局限,本组研究生提出了一种基于电毛细力驱动液态金属微通孔填充互连技术,该技术在电毛细力的作用下通过调控液态金属在柔性衬底表面的浸润性完成衬底互连通孔的高效填充,进而实现柔性电子器件间的高效互连。以此为基础,研究生开发了一种面向柔性电子微系统三维集成的金属填充,该平台由点对点/大面积扫描刮涂填充模块、电参数控制模块、气氛控制模块等组成,可以完成多种类型柔性电子系统的高效、高质量封装。



(a) 金属的电润湿示意图 (b) 电毛细力驱动的填充原理图



(c) 金属填充结果



图3 电毛细力驱动互联填充原理与柔性电子系统互联封装平台

2.4 常温机械灌注器官修复与保存平台

在前期真肝模拟人腹腔镜训练系统研发的基础上,研究生进一步拓展研发常温机械器官灌注保存与修复系统,用特定灌注液对器官进行体外循环灌注的一项器官保存与修复技术。灌注液包含:氧载体(通常是红细胞)、营养成

分、血管舒张剂；使用近生理状态的灌注压进行灌注。通过该技术，离体肝脏可在常温下用含氧血液、药物和营养物质灌注以维持生理环境和细胞生理代谢。其优势在于：降低冷缺血灌注所带来的负面影响；增加了器官的代谢活性；为移植前的器官修复及评估提供可能。

同时，该平台还可应用于肝脏肿瘤药物或经肝脏代谢药物研发等。

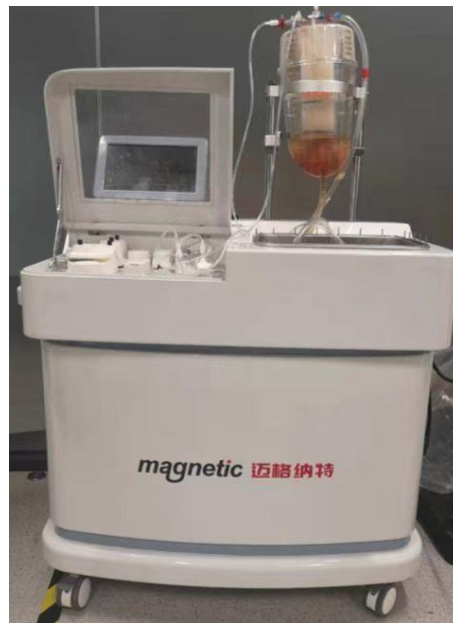


图4 常温机械灌注器官修复保存平台

2.5 磁锚定微创化荧光手术导航平台

基于现代外科精准与微创理念，结合磁锚定技术与荧光成像技术，自主研发一套能够在超微创单孔腹腔镜环境下使用的肝癌手术导航平台。该平台首次将荧光成像技术引入磁外科领域，与中科研自动化所田捷教授联合培养博士研究生研发适用于微创肝脏手术环境的磁锚定荧光专用腹腔镜。该平台增强腹腔镜下肝癌“触觉”及力反馈效果，且标定腹腔镜下肝癌边界，能发现术中肝脏断面残存肝癌病灶以及小的肝癌转移灶，提高腹腔镜无触诊环境下肝癌诊断的精准度，实现肝癌实现多角度、多视野、多方位的术中导航，并推动LESS手术的微创化、精准化及安全化。

同时，该平台还可用于新型光敏剂研发。



图5 双通道微型磁锚定荧光腹腔镜平台

2.6 血管吻合与检测平台

血管吻合技术是临床外科医师必备的基本技能，多数医学生和年轻医生为提高该项技术，需要大量的动物试验进行操作训练。为实现高效、便捷、低成本的进行血管吻合操作训练及效果测试，研制了一种血管吻合试验台，通过集成整合电子科学技术、软件工程及结构设计等方面的资源优势，高度还原人体血流动力学参数，对动脉、静脉压力及血液粘度的模拟，提供等同的人体环境，训练研究生及低年资医生对血管缝合技术的掌握，且验证血管吻合效果。



图6 血管吻合试验台