

F03 青年论坛  
Youth Forum  
枣庄厅 Zaozhuang Conf. Rm.

主席：明 东  
Chair: Dong Ming



主席：陈 勋  
Chair: Xun Chen



2019年11月15日 星期五 13:30-17:30		
时间	演讲者姓名和单位	演讲题目
13:30-13:40	郑海荣 中科院深圳先进技术研究院	主委致辞
13:40-14:10	明 东 天津大学	神经工程与脑机交互研究进展
14:10-14:40	赵 鹏 陆军军医大学新桥医院	数字诊疗装备仿生动态体模研制及其在临床应用软件质量评价中的应用
茶歇 ( 14:30-15:00 )		
15:00-15:10	宁国琛 清华大学	HIFU疗法中多信息融合的实时非刚性图像引导系统
15:10-15:20	刘冬冬 深圳大学	稀疏网络与双向LSTM在轻度认知障碍纵向分析中的应用
15:20-15:30	李宝明 南京信息工程大学	基于深度级联网络的乳腺淋巴结全景图像癌转移区域的自动识别
15:30-15:40	曹 璐 空军军医大学	大鼠急性缺血性卒中后实时动态电阻抗监测初步研究
15:40-15:50	侯美金 福建中医药大学	电针对中老年KOA患者爬楼梯动态平衡的影响
15:50-16:00	周 帆 东南大学	房颤智能检测中的特征选择和机器学习
16:00-16:10	梁 韬 浙江大学	结合微流控的光寻址电位传感器用于细胞酸化检测
16:10-16:20	李国瑞 中国医学科学院北京协和医学院	新型上肢康复机械臂运动学分析
16:20-16:30	甘 颖 浙江大学	基于仿生电子眼的二氧化锰纳米片比色法用于食物中的维生素C的检测
16:30-16:40	郑艳瑜 浙江大学	基于FPGA和真实数据集的128通道神经信号模拟器设计与实现
16:40-16:50	罗尹培 重庆大学	阳极经颅直流电刺激对APP/PS1双转基因小鼠A $\beta$ 42的调控作用研究

16:50-17:00	刘潇雅 天津大学	基于静息脑电高频振荡的抑郁症电生理靶标研究
17:00-17:10	卜俊杰 安徽医科大学	基于成瘾线索反应的神经反馈技术对吸烟成瘾的干预效果研究
17:10-17:20	周 满 北京大学	基于机器学习的 lncRNA-miRNA 的相互作用从头预测方法
17:20-17:30	呼林涛 重庆大学	基于运动牵引的上肢辅助外骨骼设计
2019年11月16日 星期六 9:00-12:00		
时间	演讲者姓名和单位	演讲题目
9:00-9:10	李晨阳 浙江大学	MRCP控制外骨骼进行足下垂康复
9:10-9:20	王子文 山东大学	基于振动反馈的手指捏力响应调控机制研究
9:20-9:30	任韦燕 国家康复辅具研究中心	振动预处理对足部压力诱导充血响应的影响
9:30-9:40	张 娜 山东大学	握力及捏力控制的前臂及手部多肌肉协调性递归网络分析
9:40-9:50	谢东儒 北京航空航天大学	基于矩阵电机的远程脉诊仪
9:50-10:00	陈 怡 东南大学	基于纳米探针的急性髓系白血病耐药细胞捕获研究
10:00-10:10	秦 怡 天津大学	一种基于Toe-hold链置换反应的microRNA细胞内成像及阿霉素药物递送方法
10:10-10:20	范应威 中国人民解放军军事科学院	一种多模态光学影像引导激光消融的微创诊疗方法初步研究
10:20-10:30	黄兴曼 复旦大学	基于相位差的电磁定位系统设计
茶歇 ( 10:30-11:00 )		
11:00-11:10	刘 鑫 澳门大学	一种空气耦合大带宽电容式微机电超声换能器 ( CMUT ) 的设计
11:10-11:20	赵晓志 清华大学深圳国际研究生院	穿刺手术机器人系统的时空联合快速标定方法
11:20-11:30	郭力宝 深圳大学	基于双网络的生成对抗网络用于小儿超声心动图分割
11:30-11:40	叶思超 天津医科大学	基于残差网络融合模型的心律失常分类研究
11:40-11:50	田 雨 浙江大学	基于自编码器的多组学整合结肠癌预后模型
11:50-12:00	郑卓辉 厦门大学	Hermann Weyl差异范数的支气管镜介入手术稳健图像引导方法



主席 明 东

Email: richardming@tju.edu.cn

天津大学教授、博士生导师，中科院常务副院长，国家万人计划科技创新领军人才，国家杰出青年科学基金获得者，IFESS Life Member、IEEE Senior Member，中国生物医学工程学会青委会副主委。研究方向为脑科学、神经工程与康复、智能医疗与机器人，发表学术论文200余篇，获授权国家发明专利72项，出版专著3部，担任多个国际SCI期刊编委。作为第一完成人获得省部级一等奖3项。



主席 陈 勋

Email: xunchen@ustc.edu.cn

中国科学技术大学教授、博士生导师，电子科学与技术系副主任，国家优秀青年科学基金获得者，IEEE Senior Member。主要从事医学人工智能、人机交互、移动健康监护领域的研究，在IEEE SPM、IEEE TBME等期刊发表SCI论文60余篇（含4篇ESI高被引论文），担任国际SCI期刊Signal Processing- Image Comm.及IEEE Access编委，承担国家重点研发计划、基金委等课题。



特邀演讲者 刘 刚

Email: gangliu.cmitm@xmu.edu.cn

厦门大学教授、博士生导师，科技处副处长，国家杰出青年科学基金和国家优秀青年科学基金获得者，国家万人计划青年拔尖人才，中国生物材料学会理事，中国生物医学工程学会青委会副主委。主要从事高灵敏度、高特异性多功能分子影像探针方面的研究，主持国家级项目6项，发表SCI论文190多篇，参编教材4部，参编专著11部。申请专利15项，授权7项。获国家或省级科技进步奖3项。



特邀演讲者 李 舟

Email: zli@binn.cas.cn

中科院北京纳米能源与系统研究所研究员、博士生导师，国家万人计划青年拔尖人才，教育部新世纪优秀人才，中国生物医学工程学会青委会副主委。主要从事植入式和穿戴式电子医疗器件、生物传感器的研究。发表学术论文70余篇（含Science/Nature子刊5篇）。获北京市科学技术二等奖（2017，第一完成人），担任Science Bulletin编委及Advanced Functional Materials Guest EIC。



特邀演讲者 郭 霞

Email: wuxia@bnu.edu.cn

北京师范大学教授，认知神经科学与学习国家重点实验室研究员、博士生导师。国家优秀青年科学基金获得者，教育部新世纪优秀人才。主要从事脑成像数据的智能分析方法研究。以第一/通讯作者在Human Brain Mapping、NeuroImage、PR、JNE、IEEE TAC等高水平期刊及IPMI、MICCAI等医学图像处理顶级国际会议发表论文60余篇。



特邀演讲者 王丽珍

Email: lizhenwang@buaa.edu.cn

北京航空航天大学教授、博士生导师，国家优秀青年科学基金获得者，生物力学与力生物学教育部重点实验室副主任。获教育部自然科学奖一等奖（2015）、黄家骝生物医学工程奖一等奖（2017），兼任国际矫形与创伤外科学会基础组委员、中国生物医学工程学会生物力学专委会委员、康复工程学会青年委员会副主委，担任3个国际SCI期刊编委。



特邀演讲者 金 晶

Email: jinjing@ecust.edu.cn

华东理工大学教授、博士生导师，自动化系主任，2015-2019年连续五年入选中国高被引学者榜，2019年入选上海市“曙光计划”，IEEE Senior Member。主要从事脑机接口方面的研究，担任Brain Computer Interfaces、Journal of Neural Engineering等国际期刊编委；相关研究成果已在JNE、IEEE TNSRE等上发表论文80余篇。获上海市自然科学二等奖（2018，第一完成人）。



特邀演讲者 赵 鹏

Email: zhaop9@gmail.com

陆军军医大学第二附属医院医学工程高级工程师，重庆市数字诊疗装备研发工程中心副主任，中国医学装备协会临床工程分会副主委，全军医学工程学专委会副秘书长。研究方向为医学人工智能、数字诊疗装备质量控制，主持国家重点研发计划、基金委等课题7项，发表论文20篇，授权PCT专利2项、国家发明专利10项，副主编教材1部，参编团体标准4项。

**F03-01****神经工程与脑机交互研究进展**

明 东

天津大学

Email:richardming@tju.edu.cn

神经工程作为当代生物医学工程的前沿热点领域，在运用工程技术手段进行认知、修复、替换、增强或开发神经系统生理功能的基础上，也为解决高性能人-机交互面临的神经系统层面交互信息复杂性挑战提供了至关重要的解决方案。脑-机接口是将中枢神经系统（central nervous system, CNS）活动直接转化为人工输出的系统，能够替代、修复、增强、补充或改善 CNS 的正常输出，从而改变中枢神经系统与内外环境之间的交互作用。脑-机接口研究有助于对大脑认知模式、信息流程和控制方式的深入理解，为解读大脑思维模型和意识形成机制开辟崭新的研究渠道与方法，其技术成果将为脑认知科学和神经信息学研究开启全新视窗。近十几年来，这项技术快速拓展其应用领域，已在众多领域显示出广阔的应用前景。

**Recent Advances in Neural Engineering and Brain-Computer Interaction**

Dong Ming

Tianjin University

Neural engineering is an advanced research focus in the field of biomedical engineering in recent years. It utilizes engineering approaches to realize cognition, repairment, replacement, enhancement or development of physiological functions of the neural system and provides essential solutions for challenges in high-performance human computer interface where information interaction in the level of neural system has high complexity. A brain computer interface (BCI) is a system that measures central nervous system (CNS) activity and converts it into artificial output that replaces, restores, enhances, supplements, or improves natural CNS output and thereby changes the ongoing interactions between the CNS and its external or internal environment. Research on BCI facilitates the understanding of cognition, information flow and control models in human brain and offers a new method to decode the brain and explore the formation mechanism of consciousness. Its technical outcomes give a novel insight into brain and cognitive science and neural informatics. In the past few decades, the technology has rapidly expanded its application areas and has shown broad application prospects in many fields.

**F03-02****数字诊疗装备仿生动态体模研制及其在临床应用软件质量评价中的应用**

赵 鹏

陆军军医大学新桥医院

Email:zhaop9@gmail.com

数字诊疗装备的质量控制事关医院医疗质量与安全。然而，国内外现行的质量控制体系，仅实现了对数字诊疗装备主要性能和安全指标的基本检测，无法对各生产厂家基于各种算法模型、对采集的原始图像进行后处理重建而研发的大量辅助诊疗临床应用程序的符合性进行评价。尤其是对动态器官的解剖结构、功能成像和3D后处理重建软件的质控，至今仍未见报道。究其原因，主要是国内外现有体模在仿生材料、功能结构和运动特性方面未能真实模拟人体器官，更未能基于仿生动态体模系统研究相关检测标准。在此，本课题通过研制系列质控仿生动态体模：CT动态心血管体模、MR动态心脏体模、PET/CT融合动态体模和成人胸腹剂量验证动态体模，系统开展CT、MRI、PET/CT、LA相关临床应用程序的质量评价研究，并参照国家、行业及其生产企业内控产品的质量标准，编制上述临床应用程序的质控检测技术规范 and 标准，从而补充完善现有数字诊疗装备质控中的不足，提升我国重大数字诊疗装备质量控制和安全保障能力。

**Development of Bionic Dynamic Phantoms and Application in the Quality Evaluation of Clinical Application Software of Digital Diagnosis and Treatment Equipment**

Peng Zhao

Xinqiao Hospital, Army Medical University

The quality control of digital diagnosis and treatment equipment is related to the medical quality and safety of hospitals. However, the current quality control system only realizes the basic performance and safety indicators testing, and can hardly evaluate all clinical application software, which developed based on algorithm models for post-processing and reconstruction by various manufacturers. In particular, the quality control of anatomical structure, functional imaging tools and 3D post-processing reconstruction software for dynamic organs has not been reported. The main reason is that these phantom fail to truly simulate human organs in terms of biomimetic materials, functional structure and motion characteristics, and establish testing standards. This project developed a series of bionic dynamic phantoms,

include CT dynamic cardiovascular phantom, MR dynamic heart phantom, PET/CT fusion dynamic phantom, adult chest and abdominal dynamic phantom for dose verification, and carried out the conformity assessment of clinical application software of CT, MRI, PET/CT and LA, and compile the testing specifications and evaluation standards. So as to complement the deficiency of current quality control system, and improve the quality control and security capabilities of China's major digital medical equipment.

### F03-OR01 基于机器学习的 lncRNA-miRNA 的相互作用从头预测方法

周 满

北京大学工学院生物医学工程系

北京大学定量生物学中心

【目的】作为非编码 RNA 中的重要组成部分，长度被定义为大于 200nt 的长链非编码 RNA(lncRNA) 在多种细胞过程中起到重要的调控作用。研究发现，lncRNA 发挥功能的一个主要途径是内源性竞争 RNA，在该过程中 lncRNA 与微小 RNA(miRNA) 相结合，从而影响 miRNA 与 mRNA 结合以及下游的基因调控。目前，人们已通过实验验证获得越来越多的 lncRNA-miRNA 相互作用数据，但关于相互作用机制以及潜在相互作用的预测方法仍然是一个重要的挑战。本文提出了一种基于机器学习的从头预测方法，仅需序列信息就可以预测 lncRNA-miRNA 相互作用关系。【方法】基于序列信息，我们用 k-mer 数学模型对相互作用关系中的两种序列进行建模，对于两种 RNA 均提取了 2-mer 和 3-mer 的归一化频率作为序列特征，并训练随机森林算法的参数来对特征向量完成分类。【结果】交叉验证的数据测试结果表明，与当前最好的同类算法 EPLMI 相比，本文方法的 AUC 达到 0.859，超过了 EPLMI 在输入表达谱数据作为输入时的 AUC(0.845)；而在只依赖序列信息时，本文方法比 EPLMI 在 AUC 上超过 7%，显著优于 EPLMI。【结论】考虑到表达谱数据较难获取而序列数据更容易通过测序得到，在大规模的表达谱信息未知的 lncRNA 分析中，本文的从头预测方法具有明显的优越性，从而有助于对 lncRNA 功能的预测和理解。

【关键词】长链非编码 RNA；微小 RNA；相互作用；随机森林；机器学习

### F03-OR02 基于矩阵电机的远程脉诊仪

谢东儒

北京航空航天大学生物与医学工程学院，生物力学与力生物学教育部重点实验室，生物医学工程高精尖创新中心

【目的】相比而言，复现远程脉诊相关研究较少，主要有两种复现方式。一种是真实的模拟脉搏，包括流体和电机模拟。另一种是数值模拟，建立仿真模型，但这种方式无法真实复现脉搏。因此更好地复现脉搏需要进一步提高脉搏复现精度。【方法】远程复现脉搏系统包括采集系统（模拟医生把脉采集脉搏信息）、传输系统和复现系统。远程复现脉搏不仅能够多力度采集病人的脉搏，而且能够在远程医生端进行高精度的脉搏复现，让医生在使用远程复现脉搏系统时感觉是在给实实在在的病人把脉。采集系统模拟实际医生把脉时对病人桡动脉施加不同压力的效果，系统包括气泵、传感器、仿真手指、带有气囊的 TR Band(桡动脉压迫带)、Arduino 单片机和小键盘。仿真手指由 Ecoflex-00-35 型硅胶浇筑模具制成。传输系统存储采集系统采集到的数据并保存在云数据库中，当使用时可以直接从云数据库中下载，而且用户可以根据关键词搜索需要的数据。传输系统包括一款面向病人的安卓 App，一个搭建在百度云上的关系型数据库 (RDS) 和一个面向医生的电脑软件。复现系统模拟人桡动脉处的脉搏，并根据医生的把脉力度，复现在不同压力情况下的脉搏效果。【结果】文中对于柔性阵列传感器的每个点以及单点 Honeywell 传感器进行了压力与数值之间线性度的测量。本文利用柔性传感器上的多个传感点的数据，进行了拟合，形成了预期达到的复现脉搏效果图。为了尽可能的复现好脉搏信号，我们单独验证了复现端的每个执行点的精度复现端能较好的复现脉搏波，与原始信号的误差在 13.8% 以内。【结论】本研究从矩阵舵机复现脉搏出发，结合气囊加压模拟医生按压、仿真皮肤模拟真实皮肤以及通过检测医生的实时指力反馈复现远处病人的脉搏。研究表明，远程脉诊仪较好的复现了原始的脉搏信号，为中医教学以及临床中的应用奠定了基础。

【关键词】脉搏波；脉搏复现；矩阵电机；柔性阵列传感器；

### F03-OR03 振动预处理对足部压力诱导充血响应的影响

任韦燕

国家康复辅具研究中心

【目的】探讨振动预处理是否可以减轻由压力诱导的糖尿病足缺血性损伤。【方法】共筛选 15 名健康成年人参与本实验，所有受试者按随机顺序接受压力刺激干预或压力刺激合并振动预处理干预，并对受试者右足第一跖骨区域的皮肤血流量及皮肤温度进行测量。【结果】与仅“压力刺激”干预相比，在压迫刺激前施加振动预处理可显著降低反应性充血峰值。另外，足底皮肤温度在压力刺激后呈现上升的趋势。然而，在未接受振动预处理的情况下，足底温度在压力刺激 1 分钟后显著升高，且高于基线皮肤温度。【结论】振动预处理干预有助于



缓解由压力诱导的缺血性损伤程度，可为糖尿病足压力性损伤的防护提供设计方法。

【关键词】 振动预处理；皮肤血流量；皮肤温度；缺血；反应性充血

### F03-OR04

#### 握力及握力控制的前臂及手部多肌肉协调性递归网络分析

张 娜

山东大学控制科学与工程学院生物医学工程研究所

【目的】本研究的目的是探究握力和握力控制的前臂及手部多肌肉协调性作用。【方法】24名健康的右利手者参与了这项实验。实验中要求受试者在30%、50%和70%最大自主收缩力下进行握力和握力的准确力量控制，同时采集肱桡肌、尺侧腕屈肌、桡侧腕屈肌、指总伸肌、指浅屈肌、拇短展肌、第一骨间背侧肌和小指展肌共8块肌肉的表面肌电信号，随后进行递归网络和多层递归网络分析。使用平均最短路径长度和聚类系数对不同状态下的递归网络进行评估，提取了多层递归网络中的层间互信息和平均边缘覆盖率这两个参数进行分析。【结果】与握力相比，握力期间肱桡肌、尺侧腕屈肌和桡侧腕屈肌网络拥有较小的平均最短路径长度和较大的聚类系数，而第一骨间背侧肌网络则在握力期间拥有较小的聚类系数。握力下的外侧肌多层递归网络的层间互信息和平均边缘覆盖率显著高于握力。此外，随着力量水平的增加，肱桡肌、尺侧腕屈肌和桡侧腕屈肌网络的聚类系数增加，平均最短路径长度减小，外侧肌多层递归网络的层间互信息和平均边缘覆盖率增加。【结论】多肌肉在握力和握力下拥有不同的肌肉协调模式，且随着力量水平的增加，外侧肌协调性进一步增加。这一发现揭示了肌肉与力输出之间的动态协调性，可为评估神经肌肉功能和肌电假体的制作提供新的策略。

【关键词】递归网络；肌肉协调性；肌电信号；握力；握力

### F03-OR05

#### 基于振动反馈的手指握力响应调控机制研究

王子文

山东大学控制科学与工程学院生物医学工程研究所

【目的】随着控制技术发展，肌电假肢已逐渐成熟，但是弃用率仍然高达40%，其中主要原因就是缺乏安全有效的感知反馈，降低了假肢的自体归属感。本研究旨在设计一个顺应人体自身调控系统和感知能力的信息反馈通道。【方法】本文应用触觉再现技术，以人手握力为感知信息，以振动刺激作为非模式匹配反馈信息，搭建力触觉-振动感知反馈系统，作为触觉感知信息向人体传输的桥梁。在此基础上，开展人体振动感知反馈实验，深入探究在振动刺激的作用下，人体对于反馈信息解读能力和握力响应机制。在研究过程中，将握力信号划分为完整期、稳定期和调整期，设计了“边界接近比”、“上限/下限相对偏离度”和“稳态终值”等参数。【结果】结果表明在本系统作用下，人体只需经过较短时间的学习就能有效地将振动反馈信息和力触觉感知进行关联匹配。【结论】随着振动强度的增加，人体对于振动强度变化的感知能力减弱。经过对力量曲线稳定期和调整期的多项分析，握力控制都展现出来了相似的前馈反馈依赖机制，在低力量等级时，主要依赖于人体前馈控制，而在高力量等级时，反馈起到了主要调节作用。同时，研究发现人体在握力调控过程中，总是趋向于用较小的力完成实验要求。此次研究将为设计一个顺应人体感知的患者-假肢-患者闭环假肢系统提供科研基础。

【关键词】触觉再现；振动反馈；握力；假肢手；闭环控制

### F03-OR06

#### MRCP控制外骨骼进行足下垂康复

李晨阳

浙江大学求是高等研究院，浙江大学生物医学工程与仪器科学学院

【目的】比较下肢运动想象(MI)和运动执行(ME)任务下带极性检查的共空间模式(CSPPC)和局部保持投影(LPP)两种算法对于运动相关皮层电位(MRCP)检测的性能差异，探究基于MRCP的脑机接口(BCI)下肢康复外骨骼系统应用于中风患者足下垂康复的可能性。【方法】搭建MRCP-BCI系统，采集8例健康受试者及2例中风患者足背屈MI和ME的脑电信号，采用LPP和CSPPC作为特征提取算法，结合线性判别分析(LDA)进行分析。【结果】在健康受试的足背屈任务中，两种MRCP检测算法都具有较好的计算性能，在准确率和延迟时间上各具优势，但MI和ME两种条件对算法的性能均不产生显著性差异。两类算法均能高精度( $TPR > 80\%$ ,  $FPR < 21\%$ )及低延迟( $DL < 203ms$ )地检测到中风患者MI或运动尝试(MA)条件下的运动意图。【结论】两种MRCP检测算法在不同运动任务下具有鲁棒性；基于MRCP-BCI有望用于辅助中风患者进行足下垂康复治疗。

【关键词】脑机接口；运动相关皮层电位；运动意图；足下垂康复

### F03-OR07

#### 基于运动牵引的上肢辅助外骨骼设计

呼林涛

重庆大学生物工程学院

【目的】设计一款上肢牵引式助力外骨骼装置，克服传统单端牵引机械臂仅能针对末端单个关节进行辅助，以及外骨骼驱动 / 传动机构干涉人体关节、控制复杂且体积庞大的缺点。【方法】通过电动推杆和步进电机结合的方式构建牵引式上肢外骨骼；利用外骨骼坐标系和穿戴者坐标系之间相对固定的空间位置关系，建立穿戴者运动参数与外骨骼控制参数的映射，利用步进电机旋转和电动推杆长度伸缩带动上肢各关节的运动；通过采集健康被试特定动作模式下的上肢运动数据，利用人体关节位置和关节角度的映射进行外骨骼控制参数设计，最终实现穿戴者上肢的日常运动辅助。【结果】通过比较牵引外骨骼辅助下人体运动和健康被试正常运动时关节角度及角速度的变化，证明了本文设计的牵引式外骨骼能够基本实现上肢特定动作的运动辅助，协助患者日常生活。【结论】本文结合牵引式机械臂和外骨骼的优点，设计了一款牵引式上肢运动辅助外骨骼。利用人体和牵引式外骨骼的物理映射来实现运动任务辅助。该方法避免了驱动 / 传动机构对传统外骨骼关节位置的干扰，并通过电动推杆的牵拉作用提供了一定的重力补偿。实验结果验证了牵引式外骨骼利用健康被试运动数据定制运动模式的可行性，以及由此进行上肢运动辅助的有效性。该牵引式外骨骼的控制仅依赖于健康被试运动的关节角度数据和被试者实际穿戴外骨骼的情况，为使用健康人运动数据定制牵引式外骨骼运动辅助的动作模式，实现不同个体的个性化运动辅助提供了支持。

【关键词】牵引式外骨骼；上肢运动辅助；电动推杆；坐标映射

### F03-OR08

#### 一种基于 Toe-hold 链置换反应的 microRNA 细胞内成像及阿霉素药物递送方法

秦怡

天津大学

【目的】microRNA 是一种具有短长度（约 22 个核苷酸）的内源性非编码小分子，其异常表达与人类肿瘤和癌症密切相关，因此 microRNA 在肿瘤诊断、治疗和预后中具有重要临床意义。由于探针递送难、易影响细胞信号通路且不能进行清洗分离等问题，microRNA 的原位成像检测成为其中一大挑战。基于荧光探针的荧光成像技术简单直观、选择性好以及灵敏度高，广泛用于细胞内肿瘤标志物的检测。其次，细胞内可追踪的生物相容的纳米材料仍未满足的需求，而金纳米载体具有被动靶向以及增强药物毒性等优势，广泛应用到肿瘤诊断和成像等领域。除此之外，使用 DNA 修饰金纳米粒子，通过其序列可编程以及可搭载抗癌药物的功能，如阿霉素可以优先插入 DNA 双链 GC 碱基对中，进而实现药物的有效递送和可控释放。【方法】基于以上背景，本研究提出了以金纳米粒子为载体基于 Toe-hold 链置换的 microRNA-21 细胞内成像及阿霉素药物递送方法，实现对 microRNA-21 进行原位成像检测的同时，将抗癌药物阿霉素递送到肿瘤细胞中杀死肿瘤细胞。microRNA-21 原位成像检测是通过 microRNA-21 结合到 DNA 链的 Toe-hold 1 处并置换标记有 FAM 荧光的 DNA 序列实现的，阿霉素的递送是通过将其预先嵌入探针 DNA 双链中，利用细胞内 mRNA 结合到 Toe-hold2 处并置换加载阿霉素部位的一条 DNA 链实现阿霉素的释放。【结果】本研究利用琼脂糖凝胶电泳证明了该方案的可行性，即只有当 microRNA-21 存在时才能开启 DOX 的释放，通过各反应过程温度、浓度、时间等条件的优化，在体外室验中得到了 miR-21 浓度与荧光强度的工作曲线，实现了其纳摩尔级别的检测，最终实现了 Hela 细胞和 MCF-7 细胞中 miR-21 的成像，并通过探针中 DOX 的释放对其生长的抑制。【结论】综上所述，本研究开发了一种肿瘤细胞诊疗策略，以金纳米粒子为载体，利用 miR-21 和 mRNA 通过 Toe-hold 链置换反应将荧光标记的 DNA 释放，进而实现细胞内 miR-21 的成像和 DOX 的释放。经过最优条件的探索，得到体外室验中温度、时间、底物浓度以及细胞室验中探针浓度、孵育时间等一系列相对较好的室验条件。本研究 miR-21 的检测限为纳摩尔级别，实现了肿瘤细胞内 miR-21 的成像，并且在不影响正常细胞生长的情况下较好的抑制了肿瘤细胞的生长，为癌症的诊疗一体化策略提供了新的思路。

【关键词】金纳米粒子；toe-hold 链置换；microRNA；诊疗一体

### F03-OR09

#### 基于纳米探针的急性髓系白血病耐药细胞捕获研究

陈怡

东南大学

【目的】近年来应用联合化疗使得急性髓系白血病（AML）的治疗取得了长足进步，但仍有 50%~70% 患者会产生耐药和复发，这是目前急性髓系白血病的治疗瓶颈。因此，解决 AML 耐药性问题对于降低其死亡率有重大意义，其中的关键技术问题之一是 AML 耐药细胞的捕获与检测，以实现疾病的耐药与复发监测，指导急性髓系白血病的治疗，提高生存率。【方法】开发一种特异性磁性纳米探针，建立耐药细胞的微流控捕获与检测体系。首先，高温热解法合成多种尺寸的磁性氧化铁纳米颗粒（Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@OA），通过两性 DSPE-PEG2000 实现疏水性 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@OA 的 PEG 化。之后分别将链霉亲和素（SA）、荧光染料 Cy5、生物素化多肽 E5 修饰在纳米颗粒表面，构建磁性纳米探针（Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@DSPE-PEG@SA-Cy5@E5），对其进行透射电镜、饱和磁化强度、水动力尺寸、Zeta 电位、荧光光谱等表征。【结果】该纳米探针被证明具有较高的饱和磁化强度（90 emu / g [Fe]），远高于 Feridex（Ms = 64.4 emu / g [Fe]）。纳米探针具有良好的生物相容性和稳定性（三周内水动力尺寸无明显差异），优异的细胞靶向能力（特异性靶向 CXCR4 阳性细胞）。通过控制纳米探针表面多肽偶联量，获得了较高的细胞捕获效率。将磁性纳米探针与细胞孵育后，通过微流控系统截留靶细胞，证明了微流控芯片高的细胞捕获能力，提高了细胞捕获与检测的精度。【结论】本文通过使用具有高性能的单分散磁性纳米探针，成功开发了一种用于急性髓

系白血病 (AML) 耐药细胞捕获和检定的微流控检测技术。突破了现有细胞分选方法的局限性, 在维持高的细胞分选效率以及分离纯度的同时, 具有成本低、仪器尺寸小、可便携、操作简单、所需样本量少的优势, 突破了流式细胞分选与磁激活细胞分选的局限性。另外, 此方法结果分析速度快, 1 min 内即可读出样本中靶细胞数量, 实现耐药细胞的快速检测, 有向临床推广的潜力。

【关键词】氧化铁纳米颗粒; 纳米探针; 急性髓系白血病; 微流控; 耐药细胞捕获

### F03-OR10

#### 基于成瘾线索反应的神经反馈技术对吸烟成瘾的干预效果研究

卜俊杰

安徽医科大学

【目的】神经反馈作为一种脑机接口方法, 在物质成瘾的干预上已经有近 40 年的历史, 但是目前效果仍然备受争议。本研究希望根据成瘾相关理论, 发展一种新型的脑电神经反馈来干预吸烟成瘾。【方法】本研究发展了一种新型的脑电神经反馈方法, 该方法基于对成瘾线索反应的脑电模式进行反馈调控, 同时结合反馈过程中闭环设计的概念。进一步, 基于该方法我们设计了双盲对照的实验对 60 名吸烟成瘾者进行效果检测, 通过两次神经反馈训练来观察吸烟成瘾者在吸烟渴求和吸烟量上的变化效果。【结果】我们发现, 吸烟成瘾者在短期内吸烟渴求的自我报告以及渴求相关的 P300 脑电信号均显著下降, 同时在长期回访实验中他们的吸烟量也得到了显著下降, 最高达到近 40%。最后, 上述短长期效果是可以被神经反馈训练前的神经指标所预测。【结论】以上结果表明了本研究提出的新型神经反馈训练范式可能是一种有潜力干预成瘾的新手段。

【关键词】神经反馈; 多变量模式分析; 闭环设计; 吸烟线索反应; 吸烟成瘾

### F03-OR11

#### 基于静息脑电高频振荡的抑郁症电生理靶标研究

刘潇雅

天津大学

【目的】本研究的目的是通过分析抑郁患者与健康受试者的全脑 (60 个导联) 全频段 ( $\delta$ ,  $\theta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ , low- $\gamma$ , mid- $\gamma$ , high- $\gamma$ ) 的静息态脑电信号差异, 寻找客观可靠、高特异性和强敏感性的电生理靶标来识别诊断抑郁症。【方法】本研究运用单因素方差分析和卡方检验来检验抑郁组与健康对照组的人口统计学差异; 运用 Welch 算法来获取抑郁组与健康组的功率谱密度, 并通过 T 检验来探究两组静息高频脑电节律差异, 以寻找特征节律; 运用 sLORETA 分析, 来定位抑郁症的特征脑区。【结果】通过对比抑郁组与健康对照组在睁眼状态, 闭眼状态, 睁、闭眼整合状态这 3 种静息状态下的脑电差异, 本研究发现睁、闭眼整合状态是呈现静息脑电特征最佳的静息脑状态; 通过对比抑郁组与健康对照组的 60 个导联 7 个频段的功率谱密度值, 发现两组高  $\gamma$  (120Hz-200Hz) 节律在以上 3 种静息脑状态下全脑范围内均存在显著性差异, 且差异程度存在偏侧化现象; 通过溯源分析, 发现两组在高  $\gamma$  频段的发生器定位在两侧额-颞叶和中央枕叶。

【结论】睁、闭眼整合状态可选作区分抑郁患者与健康受试者的优选静息脑状态; 高  $\gamma$  节律可作为识别抑郁症的鲁棒性较强且特异性较高的特征节律; 两侧额-颞叶和中央枕叶可视为潜在的特异性脑区。耦合状态、频域和空间域这三个维度的特征, 有望获得一种客观可靠、强鲁棒性、高特异性和强敏感性的识别诊断抑郁症的电生理靶标。

【关键词】抑郁症, 静息脑电, 高频节律, 额颞叶

### F03-OR12

#### 阳极经颅直流电刺激对 APP/PS1 双转基因小鼠 A $\beta$ 42 的调控作用研究

罗尹培

重庆大学

【目的】以淀粉样前体蛋白 / 早老素 -1 (Amyloid precursor protein / presenilin-1, APP/PS1) 双转基因小鼠为对象, 探究阳极经颅直流电刺激 (Anode transcranial direct current stimulation, AtDCS) 对早期阿尔茨海默症 (Alzheimer's disease, AD) 小鼠模型  $\beta$ -淀粉样蛋白 ( $\beta$ -amyloid, A $\beta$ 42) 的调控作用。【方法】将 24 只 6 月龄雄性 APP/PS1 小鼠随机分为模型组 (AD 组)、模型 + 假刺激组 (ADST 组) 和刺激组 (ADT 组)。随机选择 8 只 6 月龄雄性 C57 野生型小鼠作为对照组 (WT 组)。ADT 组小鼠接受 10 次 AtDCS。用 Morris 水迷宫测试小鼠空间学习记忆功能, 免疫荧光检测 A $\beta$ 42 的水平, 神经纤维 (Neurofilaments, NF200) 的免疫组化和尼氏染色观察小鼠神经元变化。【结果】ADT 组在海马和皮层中 A $\beta$ 42 的数量和面积分数显著低于 AD 组 ( $P < 0.001$ )。与 AD 组相比, ADT 组海马神经纤维和尼氏小体着色深, 且相对完整。与 AD 组和 ADST 组相比, ADT 组和 CTL 组具有更短的逃避潜伏期和更多的跨越平台次数 ( $P < 0.05$ )。【结论】AtDCS 能有效减少 APP/PS1 双转基因小鼠早期 AD 模型的 A $\beta$ 42 表达水平, 对神经元具有保护作用并能改善其空间学习记忆功能。

【关键词】阳极经颅直流电刺激; 阿尔茨海默症; 淀粉样蛋白; 空间学习记忆



### F03-OR13

#### 基于 FPGA 和真实数据集的 128 通道神经信号模拟器设计与实现

郑艳瑜

浙江大学

【目的】设计并实现一个可实时产生模拟神经信号的发生器，用于神经信号采集系统的性能测试、神经科学研究领域。参数指标：输出通道数为 128、信号幅值范围  $\pm 1\text{mV}$ 、采样率 30Ksps、ADC 分辨率为 12bit。【方法】采用 USB2.0 作为 PC 端软件的通信协议与 FPGA 进行通信，通过型号为 CY7C68013A 的 USB 控制器实现；FPGA 作为信号处理与控制核心，负责将 PC 端接收到的数据及控制信号整合分发到 16 片独立 8 通道 D/A 转换芯片 MAX5725，D/A 转换后的信号经过调理电路，实现同时输出 128 路常用典型信号或神经信号的目标。【结果】实现了一种基于 FPGA 和真实数据集的 128 通道神经信号模拟器，通过商用神经信号采集系统对模拟器进行性能测试，各项指标均符合设计要求，具有可编辑性强、通道数易拓展、噪声小等优点。【结论】本文研究了一种能同时输出 128 路典型信号和神经信号的信号模拟器。该仪器以 PC 为数据集中心，使用 USB 控制芯片作为数据交互的桥梁将数据流发送给 FPGA，经高速 D/A 转换芯片转为模拟信号输出。为信号模拟器的研究提供了一个新的思路，可以有效的提高信号通道数的拓展性能以及信号的容量。

【关键词】神经信号模拟器；多通道；FPGA；真实数据集

### F03-OR14

#### 电针对中老年 KOA 患者爬楼梯动态平衡的影响

侯美金

福建中医药大学

【目的】评估电针治疗是否可用于提高 KOA 患者在登梯时的动态平衡。【方法】将 40 名 KOA 患者随机分为两组（true EA 与 mock EA）。TEA 组选择 7 个膝周穴位并进行电针治疗。MEA 组在上述穴位旁边约 2cm 并避开经络所处的位置进行针刺，深度仅为破皮，接电针仪但不通电。所有受试者在 3 周内共接受了 11 次治疗。主要指标是 MOS。次要指标为髌关节运动学和动力学以及患者自主报告的疼痛评分。【结果】治疗后，两组组间自我报告的疼痛未见显著差异（ $p = 0.585$ ）。在上梯步态周期中足着地、足趾离地及支撑中期事件中，前-后方向（AP 方向）及内-外方向（M-L 方向）中的动态稳定性两组组间未见显著性差异，且对应事件中髌关节三维角度及力矩也未见显著性差异（ $p > 0.05$ ）。下楼梯时，在脚趾离地事件中，TEA 组在 AP 方向上的动态稳定性表现比 MEA 组更不稳定（ $p = 0.029$ ），但在 ML 方向上没有差异，并且髌关节表出更大的内旋肌力矩（ $p = 0.049$ ）；在站立中期，TEA 组的外展肌力矩比 MEA 组更低（ $p = 0.003$ ）。【结论】与假电针相比，电针治疗对中老年 KOA 患者登梯的动态平衡改善尚不显著。该发现不支持电针作为改善 KOA 患者动态平衡的保守治疗方法。

【关键词】登梯，动态平衡，电针，膝骨性关节炎

### F03-OR15

#### 大鼠急性缺血性卒中后实时动态电阻抗监测初步研究

曹璐

空军军医大学生物医学工程系

【目的】因此本研究的目的是通过电阻抗断层成像（EIT）监测大鼠大脑中动脉梗阻模型（MCAO），以验证动态 EIT 监测急性缺血性卒中的可行性。【方法】实验在 10 只大鼠上建立右侧 MCAO 模型模拟急性缺血性卒中发作，利用皮质电极、8 电极 EIT 测量系统以及阻尼最小二乘算法（DLS）进行颅脑图像监测 2 小时，提取 EIT 图像全脑阻抗相对变化量（WBRC）和左右半球平均阻抗变化指数（ARVI）进行重复测量的方差分析。【结果】病理结果显示，10 只大鼠均造模成功。统计学结果显示，梗阻发作 30mins、60mins、90mins、120mins 时，WBRC 分别为  $0.063 \pm 0.038$ 、 $0.097 \pm 0.046$ 、 $0.141 \pm 0.062$ 、 $0.204 \pm 0.092$ 。同时，测量过程中阻抗值会随着时间缓慢上升（ $p < 0.05$ ）；而阻塞大脑中动脉将造成同侧大脑阻抗显著上升（ $p < 0.05$ ）；交互效应检验说明阻塞大脑中动脉造成的阻抗上升存在时相差异，时间越长阻抗上升越明显（ $p < 0.05$ ）。【结论】本研究证明动态 EIT 能够监测大鼠 MCAO 造成的局部阻抗变化，在选择合适电极的情况下，有望为急性缺血性卒中病人提供一种病情变化实时监测的手段，同时本研究也为卒中的 EIT 多频和频差成像检测提供了实验依据。

【关键词】电阻抗断层成像；卒中；缺血；大鼠模型

## F03-OR16 HIFU 疗法中多信息融合的实时非刚性图像引导系统

宁国琛  
清华大学

【目的】子宫肌瘤的高能聚焦超声（High-intensity focused ultrasound, HIFU）疗法是依据医学图像信息对进行治疗的一种无创疗法。本研究提出了一种多信息融合的 HIFU 治疗中的图像诊疗引导系统，包括术前磁共振图像分割与术中超声图像实时非刚性病灶跟踪，旨在为医生提供实时、准确、非刚性的病灶图像引导信息。【方法】首先，本研究利用提出的具有新式的串联式深度神经网络对术前磁共振图像进行分割，将分割结果对术中超声进行轮廓初始化。术中部分使用基于形态学无边界活动轮廓模型和跟踪流程对超声进行处理，获得准确的非刚性病灶轮廓。整个框架由 GPU 加速以获得符合实时要求的帧率。【结果】HIFU 超声病例实验显示我们所提出的流程在普通计算机中可以达到每秒 30 帧的计算速度，并且与医生手动勾画金标准结果相比达到的戴斯相似系数为 90.67%，磁共振分割精度达到  $81.17 \pm 15.75\%$ 。另外本方法与实际 HIFU 临床治疗系统进行了集成并进行了临床实验，实验显示在临床环境下本方法实现了对病灶准确实时的跟踪，对医生的操作和提高 HIFU 治疗效率提供了帮助。【结论】本研究基于多例临床病例进行了病灶分割、跟踪与治疗精度的评估。在多中心术前 MR 影像神经网络的分类任务中，本研究实现了 92% 的图像分类正确率和 93.3% 的病例分类正确率，同时分类网络的加入可以实现 7.41% 的 MR 图像分割精度提升。在术中超声视频病灶跟踪任务中，与医生勾画的病灶轮廓相比，本研究实现了精度达 90.67%，帧率达 30 帧/秒的非刚性全自动病灶轮廓跟踪结果。在 8 例临床病例中（已通过重庆医科大学伦理审批），实现了计算机图像引导下的 HIFU 手术操作。本研究提出了基于术前 MR 与术中超声视频的非刚性实时病灶识别与跟踪，在临床子宫肌瘤的精准 HIFU 治疗中引导医生实现了具有更高精度与效率的临床实验结果。本研究后续将着重研究分割与识别难度更高的多发性、边界模糊的病灶跟踪方法。本研究未来还可应用与智能机器人诊疗引导与规划中。

【关键词】计算机引导治疗；实时病灶跟踪；非刚性轮廓；HIFU 图像处理

## F03-OR17 稀疏网络与双向 LSTM 在轻度认知障碍纵向分析中的应用

刘冬冬  
深圳大学

【目的】阿尔茨海默病是一种不可逆转的神经退行性疾病，由于不可治愈的特殊性，给我们社会造成了巨大负担。对其早期阶段进行建模研究，能够帮助医生更早的发现和及时的干预治疗，从而能延缓阿尔茨海默病的发生，这对病人和家属都是不小的帮助。为了了解阿尔茨海默病的脑功能，识别阿尔茨海默病的生物标志物和疾病的早期阶段（即轻度认知障碍（MCI）），基于静息状态功能磁共振成像（rs-fMRI）建立脑功能连接性网络（BFCN）被广泛应用，然而目前人们利用的大都是单一时间点的静息态功能磁共振成像。然而，多时间点数据可以提供更多的信息，有利于疾病的诊断。因此，我们提出了一种融合多时间点稀疏网络模型与循环神经网络相结合的新方法，利用多个静息状态功能磁共振成像的时间点来识别早期轻度认知障碍（EMCI）和晚期轻度认知障碍（LMCI）。具体来说，我们首先通不同时间点的 rs-fMRI 数据构建多个时间点的 BFCN，然后利用循环神经网络学习对多时间点 BFCN 特征进行特征提取和纵向分析，最后通过 Softmax 层进行分类。我们提出的方法在公共阿尔茨海默病神经影像学第二阶段（ADNI-2）数据库上进行评估。【方法】我们将 MCI 的计算机辅助诊断过程分分为两步，首先，我们对不同时间点的数来构建功能连接脑网络，以更好地提高我们的诊断性能，然后我们对构建好的脑网络送入循环神经网络中继续进行特征学习，最后对 MCI 进行分类。【结果】实验结果表明，该方法对 LMCI 与 NC、EMCI 与 LMCI、EMCI 和 NC 的分类结果分别取得了 89.36%，89.36%，86.20% 的准确率，具有较好的性能，优于现有的方法。【结论】在本研究中，我们提出了一个多时间点融合 rs-fMRI 数据的深度学习框架，首先，我们设计了一个 FSN 模型来构建具有多个时间点的脑功能连接网络。然后，利用多任务学习方法对 MCI 进行纵向分析。我们同时学习从 BFCN 模型中提取的两个时间点（基线和第 1 年）的特征。与 PC 和 GCS 相比，新的 FSN 模型具有更好的性能。我们通过简单相加的方法，将多时间点的特征送入到深度学习分类器，最终取得了出色的效果。在今后的研究中我们将采用新的特征融合方法来提升我们的分类效果！

【关键词】轻度认知障碍；稀疏脑网络；循环神经网络；纵向分析

## F03-OR18 基于深度级联网络的乳腺淋巴结全景图像癌转移区域的自动识别

李宝明  
南京信息工程大学

【目的】淋巴结癌转移区域的自动识别是乳腺癌病理分期的重要前提。然而由于全景图像尺寸巨大，细胞形态复杂多样，因此在高度复杂的淋巴结全景图像中自动检测和定位癌转移区域具有很大的难度。【方法】本文基于深度卷积网络对淋巴结癌转移区域自动定位与识别的方法能够提供一套标准化、高准确率和可重复性的客观诊断结果。针对全景淋巴结病理切片中自动定位和识别癌转移区域的高复杂性和高难度，本文采用模型级联的方法。该方法首先基于图像块训练初始卷积网络 VGG16，然后对比医生标记提取假阳性和假阴性区域的图像块，再训练 ResNet50 网络用于识别阳性和假阳性区域。【结果】为了验证本文模型级联的有效性，选用 Camelyon16 公开的 400 张全景图像数据集用作训练和测试。采用本文提出的 VGG16+ResNet50 级联模型 FROC 为 0.8912，实现了对淋巴结癌转移区域的更加精准的识别。

【结论】本论文提出的 VGG16+ResNet50 级联模型与传统的单一模型如 VGG16 模型、ResNet50 模型相比，其准确率和有效性都有很大的提高。本文提出的模型能够辅助医生更加精准地诊断乳腺淋巴结全景图像癌转移，从而大大减少医生的工作量。

【关键词】全景病理图像；癌转移区域检测；卷积神经网络

### F03-OR19 房颤智能检测中的特征选择和机器学习

周帆

东南大学

【目的】房颤是最常见的心律失常疾病，且常伴随危险并发症，病死率很高。但由于其无特异性症状，临床诊治率较低，因此开发自动房颤检测算法能够提高早期诊断率，减轻医疗负担。但已有的房颤检测算法大多采用单一方法及数据库，难以说明模型的优劣和泛化能力。

【方法】本文在 MIT-BIH 房颤数据库上训练，在 CinC2017、CPSC2018 和可穿戴式心电设备采集数据上测试并对比分析了支持向量机、逻辑回归和随机森林分类模型的性能，并加入随机森林算法进行特征选择，进一步比较特征选择前后的模型表现。【结果】最终得到选择 12 个特征时，三种模型在 CPSC2018 和采集数据上的灵敏度、特异度、准确性和 F1 分数均达到 95% 以上，在 CinC2017 数据库上的 F1 分数均达到了 0.83 以上。且随机森林相较于另两种算法具有更强的稳定性和泛化能力。【结论】经过三种模型的对比分析，随机森林是其中最简单、便捷、分类能力又强的模型算法，而支持向量机和逻辑回归则更加依赖特征选择，才能得到较好的分类模型。

【关键词】房颤；特征选择；支持向量机；逻辑回归；随机森林

### F03-OR20 结合微流控的光寻址电位传感器用于细胞酸化检测

梁韬

浙江大学

【目的】新陈代谢是一种常见的活细胞生物机制。酸化在细胞代谢中具有重要作用，因此细胞外液的 pH 值变化可以反映细胞的活性。对于细胞代谢物质的细胞外检测，光寻址电位传感器具有许多优点，例如结构简单，灵敏度高，易加工，易封装，是一种基于场效应的生化传感器。在这项工作中，我们提出了一个与 LAPS 集成的微流体系统，用于实时细胞外酸化率 (extracellular acidification rate, ECAR) 检测。制备聚二甲基硅氧烷微腔用于细胞培养，并且微流路通道用于培养基和药物输送。通过监测肝癌细胞 HepG2 的 pH 变化，进行特征测试和细胞代谢实验以确定微流控 LAPS 系统的性能。使用葡萄糖和阿霉素以验证对细胞代谢的增强和抑制效果。结果表明，微流体 LAPS 在细胞酸化的实时检测中具有良好的表现。【方法】LAPS 是基于场效应的具有空间分辨率的生化传感器，通常具有电解质-绝缘层-半导体结构。硅基底作为半导体，SiO<sub>2</sub> 作为绝缘层可以有效地与半导体形成耗尽层，同时又能分离电解质和半导体。Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 作为敏感层，可以增强对 H<sup>+</sup> 的特异性吸附。LAPS 芯片的表面基团与溶液相互作用形成硅醇基团 (Si-OH) 和硅胺基团 (Si-NH<sub>2</sub>)。溶液 pH 的高低会影响 LAPS 表面 Si-OH 和 Si-NH<sub>2</sub> 与 H<sup>+</sup> 的结合情况，从而引起传感器表面电势的变化。pH 较高时 Si-OH 丢失 H<sup>+</sup>，芯片表面形成 Si-O<sup>-</sup> 和 Si-NH<sub>2</sub>，产生较强的负电势。pH 较低时 Si-NH<sub>2</sub> 吸附 H<sup>+</sup>，形成 Si-OH 和 Si-NH<sub>3</sub><sup>+</sup> 基团，产生正电势。【结果】我们定义 ΔpH 为在一个循环中的 25 秒~95 秒之间 pH 的变化。分别计算不同培养基中 ΔpH 的平均值，并除以时间间隔 (70s)，可以获得实时细胞外酸化率 (ECAR)。正常糖培养基中 ECAR 的平均值为 -48.53 mpH/min，而在高糖培养基中变为 -114.42 mpH/min，在阿霉素的作用下变为 -17.88 mpH/min。我们总共测试了 6 个传感器，并将实时 ECAR 都显示在图 5 (c) 中，而平均 ECAR 值和标准偏差如图 5 (d) 和表 1 所示。结果表明，细胞酸化率在高糖培养基中显著增加，并在阿霉素加入后减少，这与之前的研究结果一致。【结论】结果表明，该系统在细胞外微环境中实时检测 pH 方面表现良好，微流控芯片系统与 LAPS 的集成为细胞酸化检测提供了新的平台。

【关键词】光寻址电位传感器；胞外检测；细胞酸化；微流控；pH

### F03-OR21 新型上肢康复机械臂运动学分析

李国瑞

中国医学科学院北京协和医学院生物医学工程研究所

【目的】本研究介绍一种新型上肢外骨骼康复机械臂，使用增加冗余关节确定 D-H 参数的方法对机械臂进行运动学分析。该机械臂用于人体上肢的辅助康复训练，具有 6 自由度，可以完成肩部开合运动、肩部升举运动、大臂翻转运动、肘部开合运动、小臂翻转运动、腕部屈伸运动。【方法】机械臂各个关节连杆形状特殊，经典的 D-H 参数法是无法表达出各关节连杆之间的位置角度关系，创新采取增加冗余关节的方法确定机械臂的各个关节 D-H 参数，同时将其结果与使用齐次坐标变换法得出结果对比，证明 D-H 参数的正确性以及该方法的可行性，完成机械臂的正运动学分析。通过 D-H 参数及雅可比矩阵分析在完成规定运动时各关节速度、加速度关系。【结果】结果表明，本研究基于运动学分析的经典 D-H 参数法，使用了添加冗余关节的方式，突破了经典 D-H 参数法对于相邻两关节坐标系关系的限制，确立了机械臂的 D-H 参数。虽然相增加了 D-H 参数的数量，但是使复杂构型机械臂的运动学分析过程简化。【结论】使用本研究的添加冗余关节的方法，可以对复杂构型机械臂进行 D-H 参数确定，降低复杂构型机械臂运动学分析的难度。

【关键词】机械臂；运动学；D-H 参数法；康复机器人



### F03-OR22

#### 基于仿生电子眼的二氧化锰纳米片比色法用于食物中的维生素 C 的检测

甘颖

浙江大学

【目的】用于检测食品中的维生素 C 【方法】本文提出了一种简单、快速、高效的维生素检测试剂盒。MnO<sub>2</sub> 纳米片通过牛血清蛋白从粉末 MnO<sub>2</sub> 中剥离出。当 TMB 加入 MnO<sub>2</sub> 纳米片溶液中时，TMB 被氧化，溶液变为蓝色。在 VC 存在的条件下，VC 还原 MnO<sub>2</sub> 纳米片，生成 Mn<sup>2+</sup>。由于纳米片数的减少，加入 TMB 后，氧化 TMB 减少，溶液蓝色变浅。通过自制的仿生电子眼系统，将颜色变化转化为 RGB 值，每个 RGB 值对应一个 VC 浓度，实现了快速检测和便携的功能。【结果】成功制备出二氧化锰纳米片，优化反应 pH 为 3，溶液体积为 5 微升，吸光度与 VC 的浓度在 7.8 $\mu$ M 至 62.5 $\mu$ M 成线性关系。当浓度高于 62.5 $\mu$ M 或低于 7.8 $\mu$ M 时，吸光度没有显著变化。图 5 (B) 为对其线性范围的拟合结果。类似地，图 5 (C) 和图 5 (D) 也是电子眼测量的结果。此外，根据 3 $\sigma$  规则，计算并比较使用基于两种仪器的检测结果的 LOD。使用酶标仪检测的 LOD 为 7.2 $\mu$ M，仿生电子眼的 LOD 为 7.65 $\mu$ M。【结论】在这项工作中，我们开发了一种简单、快速和定量的比色法，结合仿生电子眼系统利用 MnO<sub>2</sub> 纳米片进行 VC 检测。通过这种方法，可以在 11 分钟内检测出 96 个样品的 VC，这显著提高了 VC 检测的效率。此外，与现有方法相比，它具有较低的 LOD (7.65 $\mu$ M) 和较大的检测范围 (7.8 $\mu$ M -62.5 $\mu$ M)。此外，基于便携式仿生电子眼，这种方法对现场检测提供一个很好的平台。

【关键词】二氧化锰纳米片；3,3',5,5'-四甲基联苯胺；维生素 C；比色检测

### F03-OR23

#### 一种多模态光学影像引导激光消融的微创诊疗方法初步研究

范应威

中国人民解放军军事科学院军事医学研究院

【目的】在肿瘤治疗过程中，手术切除是当前的主要治疗手段，但这种治疗方法严重依靠医生的经验。为了能够实现智能化诊疗一体化，开展术中精准诊断与诊疗融合极其重要。【方法】我们使用光相干断层成像 (OCT)、活体荧光成像及光声成像实现活体脑肿瘤的诊断分析，使用光学衰减系数分析和识别肿瘤区域，并设计多点耦联路径实现多模态影像引导激光消融的智能诊疗一体化。【结果】OCT 成像显示肿瘤与正常组织区域区别明显，活体荧光成像能将肿瘤位置及大小量化分析，光声成像直接展示肿瘤区域和形态，将大尺度的肿瘤形态直接显示；OCT 影像的光学衰减系数能够实现肿瘤组织与正常组织识别；通过多模态的光学影像引导激光消融治疗，能达到一定的脑肿瘤治疗效果。【结论】本文提出一种多模态光学影像引导激光消融的微创诊疗一体化方法，该方法在仿体与活体脑肿瘤的治疗中实现验证，该方法为未来的智能诊疗系统提供新型手段与技术。

【关键词】光学微创诊疗；多模态影像；光相干断层成像；激光消融；智能诊疗

### F03-OR24

#### Hermann Weyl 差异范数的支气管镜介入手术稳健图像引导方法

郑卓辉

厦门大学

【目的】图像引导下的支气管镜导航系统能提供许多有用的信息，如支气管镜在术前图像空间中的连续位置和方位，用以辅助干预 (例如：经支气管镜活检) 诊断和治疗肺癌等。然而，支气管镜图像伪影或不确定性是基于图像的导航方法所面临的难题。许多用于支气管镜导航的 2D-3D 配准方法都受有问题的支气管镜视频图像干扰 (如气泡和碰撞)，这些图像很容易使配准优化崩溃。因为这些图像难以用于精确计算支气管镜真实图像与基于 CT 产生的虚拟图像之间的相似性，从而导致不准确的支气管镜导航。【方法】本文开发了一个新的导航框架，它引入多实例学习 (MIL) 以及 Hermann Weyl 差异 (HWD) 的方法。首先，使用 MIL 方法进行训练；之后，用所得到的分类器对支气管镜的真实图像进行判别，以此来删除问题图像。然后使用 HWD 做相似性表征，由此提高视频与 CT 之间的配准精度，同时也避免了优化器陷入局部最优。【结果】实验结果表明，本文提出的导航方法优于其他方法。在伪影的处理上表现出了较强的鲁棒性，对于信息缺失图像的处理准确率也高于其他方法。特别是位置和方向的平均导航误差从 (6.8mm, 18.0°) 降低到 (3.5mm, 9.4°)。【结论】综上所述，本文主要解决支气管镜图像不确定性的问题以及在导航支气管镜检查期间减少实时支气管镜图像和基于 CT 的虚拟渲染图像之间的相似性的错误表征。所提出的 MIL-HWD 驱动的支气管镜导航的概念，也应该适用于其他内镜导航过程 (如结肠镜等)。

【关键词】多实例学习；图像引导；Hermann Weyl 差异



### F03-OR25 基于相位差的电磁定位系统设计

黄兴曼  
复旦大学

【目的】提高电磁定位系统的定位精度、稳定性及抗干扰性【方法】提出了一种基于相位差的电磁跟踪方法。在对方法的可行性进行了验证的基础上，设计实现了采用了 C/S 体系架构的电磁定位系统并进行了初步的测试。【结果】该系统的平均位置误差为  $0.1047 \pm 0.0006$  cm，平均姿态误差为  $0.2687 \pm 0.0287$ 。在 1kHz 的激励信号下，该系统最快定位速度可达到 3.5 ms。【结论】基于相位差的电磁定位系统具有较高的定位速度和定位精度，同时具有较高的稳定性，经过进一步的优化可满足多种场景，包括介入式微创手术的定位需求。

【关键词】电磁定位；系统设计；相位差

### F03-OR26 一种空气耦合大带宽电容式微机电超声换能器（CMUT）的设计

刘鑫  
澳门大学

【目的】在许多临床应用中，超声换能器在诊断和治疗方面都发挥着重要作用。空气耦合超声可用于测量脊柱侧弯，人机交互，手势追踪等应用。对于许多空气耦合超声应用，出于轴向分辨率和盲区范围的考虑，要求超声换能器有较大的带宽。本文提出了一种空气耦合大带宽的电容式微机电超声换能器（CMUT）的结构设计。【方法】在该设计中，我们通过在 CMUT 的振膜上开孔，使得外界空气与 CMUT 的腔体连通，利用压膜阻尼效应和亥姆霍兹共鸣器效应提升了空气耦合 CMUT 的输出声压的带宽。为了验证该设计的可行性，我们建立有限元（FEM）模型对该设计进行了仿真。【结果】结果显示通过调整开孔大小，相对于传统的真空密闭腔体的空气耦合 CMUT，该结构设计可以使 3dB 分数带宽提升 35 倍左右。【结论】当非耦合气柱的共振频率  $f_h$  靠近非耦合膜的共振频率  $f_p$  时，开孔型 CMUT 单元的 3dB 分数带宽和 SPL- 带宽积达到最优，与传统型 CMUT 单元相比，其值大概提升了 35 倍。开孔型 CMUT 不仅提升了输出声压的带宽，也将输出声压值保持在一个可以接受的范围。这意味着与压电材料超声换能器和传统 CMUT 相比，这种大带宽的 CMUT 将为一些新的空气耦合应用带来可能性，并且该类 CMUT 可以应用于对轴向分辨率和盲区范围要求较高的空气耦合超声应用中。

【关键词】电容式微机电超声换能器（CMUT）；大带宽；空气耦合；压膜阻尼效应；亥姆霍兹共鸣器效应

### F03-OR27 穿刺手术机器人系统的时空联合快速标定方法

赵晓志  
清华大学深圳国际研究生院

【目的】解决穿刺手术机器人系统的系统标定问题。穿刺手术机器人系统中机械臂系统的响应远远滞后于定位系统，如果不考虑响应时间的差异，会出现“手眼不一致”问题，即定位系统和机械臂系统的运行时间不同步，直接影响系统的定位精度和最终的手术穿刺精度。本文针对这个问题提出一种系统标定的新方法：时空联合快速标定方法。【方法】时空联合快速标定方法：通过定位系统对运动目标在空间维度和时间维度上的精准信息采集，实现对机械臂系统和定位系统空间参考坐标系相互关系的计算和响应时间差的预估，将标定结果补偿到穿刺手术机器人的运动中可以有效提高定位系统的定位精度以及最终的穿刺精度。方法的关键在于实现定位系统对运动目标在时间维度上的准确定位。【结果】在静态点定位实验和动态轨迹定位实验中，该方法取得良好效果，平均误差分别为 1.0717mm 和 0.9019mm。

【结论】本文提出一种穿刺机器人系统的时空联合快速标定方法，通过定位系统对运动目标在空间维度和时间维度上的精准信息采集，实现对机械臂系统和定位系统空间参考坐标系相互关系的计算和响应时间差的预估，将标定结果补偿到穿刺手术机器人的运动中可以有效提高定位系统的定位精度。传统的系统标定方法侧重于空间标定，在机械臂连续运动过程中定位效果较差。与传统方法相比，本文提出的时空联合标定方法增加了时间标定，提高了机械臂系统和定位系统的时间协调性。实验表明，在机械臂长期连续的运动中，补偿时间标定结果可以取得良好的定位效果，提高系统的定位精度以及最终的穿刺精度。

【关键词】穿刺手术；机器人辅助；时空联合快速标定

### F03-OR28 基于残差网络融合模型的心律失常分类研究

叶思超  
天津医科大学

【目的】提出一个残差网络（ResNet）来自动识别心率失常。【方法】只使用一条导联的信息，将 4s 的心跳片段作为分类器的输入数据。然后，我们通过融合不同的模型来提高模型性能。【结果】结果表明，我们的分类器在患者间的准确率、阳性率、敏感性分别达到 0.855，0.606 和 0.639。【结论】我们的实验结果已经成功地验证了，只使用一条导联的信息，在没有任何人工预处理心电信号（如噪声过滤、

特征提取和特征降低)的情况下,通过模型融合得到的网络取得了较好的识别效果。

【关键词】心电图; 心率失常; 心电片段; 残差网络; 模型融合

### F03-OR29

#### 基于自编码器的多组学整合结肠癌预后模型

田雨

浙江大学

【目的】结肠癌是一种具有高度异质性的疾病,因此鉴别结肠癌亚型对于癌症的诊断与治疗都有重要意义。但目前临床常用的TNM分期标准在预后评估效果方面存在一定的争议,不能精准区分患者的生存差异等问题。目前尚缺乏融合多组学数据预测结肠癌患者生存情况的模型,本文旨在弥补这一空缺。【方法】本文提出了一个基于自编码器的结肠癌多组学预后模型,该模型可以将结肠癌患者(样本来自TCGA数据库)分为两组具有不同生存风险的集合,【结果】并且两组样本具备良好的区分度(Cox回归的对数秩P值=1.1e-5)和拟合度(一致性指数C-index=0.75),同时高风险组样本的TP53和BRAF体细胞变异频率更高,预后因子EPH16的表达量更高,说明本研究提出模型在处理结肠癌的高维异质性组学数据上具有一定的优势。通过外部数据集开展验证评估,表明模型具有一定的泛化能力,高风险组与低风险组间有显著的生存差异(Cox回归的对数秩P值=2.0e-2)。【结论】为了便于模型的使用,本文还在理论研究的基础上构建了可视化交互界面,为临床医生开展多组学预后分析提供有效工具。

【关键词】结肠癌; 自编码器; 多组学数据; 生存分析

### F03-OR30

#### 基于双网络的生成对抗网络用于小儿超声心动图分割

郭力宝

深圳大学

【目的】小儿超声心动图是筛查先天性心脏(Congenital Heart Disease, CHD, 简称先心病)病常用的医学影像方法。小儿超声心动图的精确分割和后续的生理学参数测量是先心病诊断和治疗计划的基础工作。为了得到精确的分割结果,现在临床上主要依靠超声科的医生手动分割,这项工作耗时耗力,效率低而且分割结果的好坏依赖医生的专业水平。为了解决这些问题,在这篇文章中我们提出一个新颖的卷积神经网络(Convolutional Neural Network, CNN)命名为基于双网络的生成对抗网络(Dual Network Generative Adversarial Networks, DNGAN)。【方法】DNGAN由一个生成器和两个判别器组成,生成器是由全卷积网络(Fully Convolutional Network, FCN)和U-Net网络并行组成。FCN和U-Net分别提取图像中的特征信息,然后分别按元素相乘,使特征融合,这样使生成器的分割结果更准确。两个判别器有着相同的网络结构,我们将分割结果分别与原始图像和标注图像分别相乘,得到的结果送入到判别器中,判别器计算多尺度损失函数,这样生成器和判别器会学习到更多的来自近处和远处的特征。将原始图像分别与分割结果和标注图按宽度拼接在一起,来学习更多的空间信息。【结果】在小儿超声心动图左心分割任务中Dice评价系数高达左心室0.945,左心房0.901,表现出优秀的性能。【结论】更宽的网络性能更好,使用生成对抗网络框架训练网络会使网络的性能更加优秀。

【关键词】先心病; 小儿超声心动图; 双网络生成对抗网络; 双判别器; 图像分割