

肌肉记忆U盘

——生物信号存档与复刻系统

编号：6

姓名：应逸雯

导师：张宏



Contents

目录

01.

项目背景

02.

系统框图

03.

核心技术原理

04.

应用场景

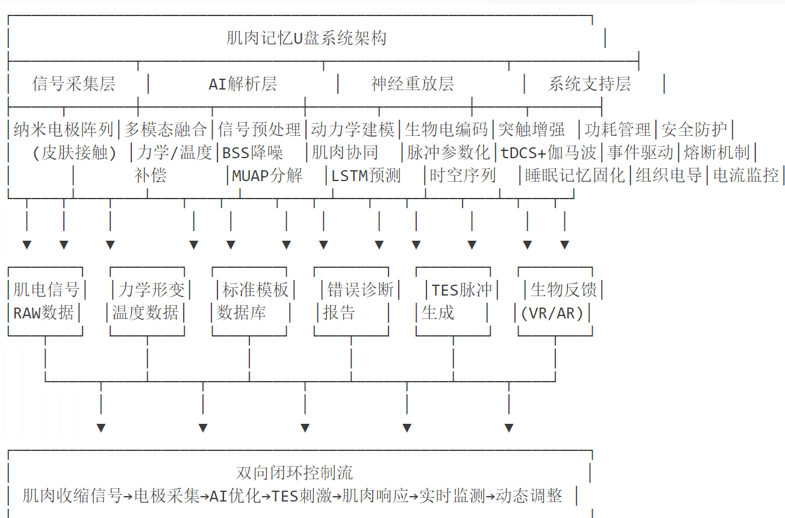
项目背景

- 人类动作的学习只能靠演示模仿？怎么学都学不会？



- 人体肌群信号能不能像传输文件一样，压缩，克隆，迭代？

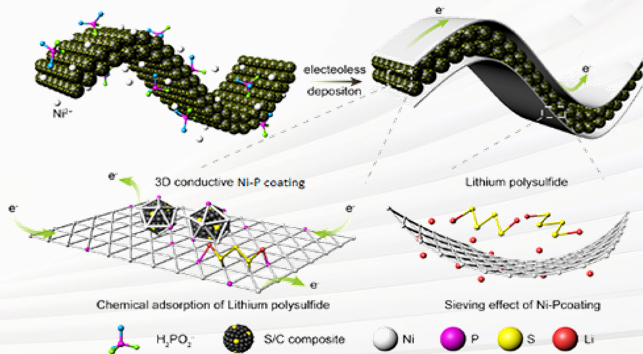
系统框图



核心技术原理——物理层（高精度肌电采集系统）

● 纳米级柔性电极阵列

- 采用镓铟合金复合电极，厚度薄，拉伸率高，**贴合皮肤褶皱**
- 电极表面涂覆多巴胺仿生粘附层，通过分子级氢键与皮肤角质层结合，**降低运动伪影**



核心技术原理——物理层（高精度肌电采集系统）

● 高频信号捕获

- 动态匹配阻抗，根据皮下组织湿度自动调整，保证出汗时仍能工作
- 通过相邻电极对的相位反转消除环境电磁干扰
- 高频捕捉肌电信号的瞬态尖峰

● 多模态信号融合

- 采用柔性应变片采集肌肉形变
- 采用微型热电偶采集温度
- 根据多模态数据，计算抵消机械压力对肌电信号的衰减效应

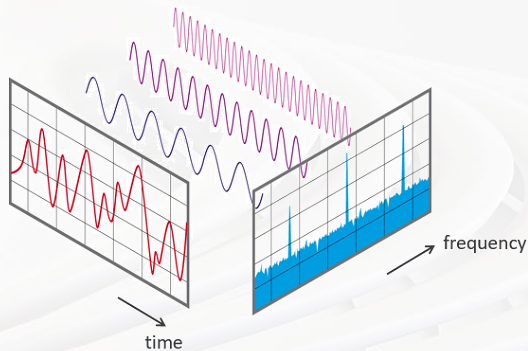
核心技术原理——算法层（动作解构系统）

- 信号预处理，分离其他信号

- 真实肌电成分（频段20-500Hz）
- 运动伪影（低频 < 5Hz，如电极滑动噪声）
- 心电干扰（特征QRS波检测后消除）

- 信号分解

- 用卷积稀疏编码（Convolutional Sparse Coding）将混合信号拆解为单个运动单元放电序列



核心技术原理——算法层（动作解构系统）

- 动作动力学建模

- 空间维度特征提取：肌肉协同矩阵，**多肌群协调**
- 时间维度特征提取：肌电-关节角度-地面反作用力 **跨模态LSTM**

- 个性化优化

- 构建肌肉-骨骼生物力学仿真环境，用强化学习算法寻找最优激活方案，保证动作效果前提下，**最小化关节负载**
- 神经适应性预测，基于用户髓鞘形成速率，预测达到目标肌电模式所需训练次数，**动态调整TES刺激强度**

核心技术原理——控制层（神经重放系统）

- 优化后的肌电信号转换为刺激脉冲序列，包括：
 - 特定**频率**，低频增强力量，高频提升耐力
 - **双相不对称**脉冲，减少组织极化
 - **时空编码**，通过多电极交替刺激模拟自然运动单元募集顺序
- 闭环反馈控制
 - 实时监测肌肉力学响应，**动态调节**经皮神经电刺激（Transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS）参数
 - 收缩过低，增加脉冲幅值；疲劳，低频恢复



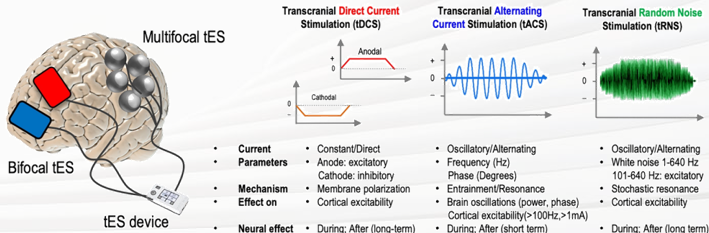
核心技术原理——控制层（神经重放系统）

● 神经可塑性增强

- 突触标记技术，同时释放经颅直流电刺激，**增强LTP效应**（Long-term potentiation，长时程增强）
- 经过骨传导耳机，播放伽马波音频同步刺激，**促进神经网络振荡**

● 睡眠记忆固化

- 慢波睡眠期施加0.5Hz TES脉冲，**诱导离线记忆重演**



应用场景——运动员损伤后复建

- 运动员——受伤频繁：

- 每1000人次注册运动员损伤率为123.9

LIU Hong-wei, LI Jian-jun, YANG Ming-liang, ZHANG Xin, SHEN Min-xin, GAO Feng, QIN Chuan. Analysis of Sports Injuries from Winter Olympic and Winter Youth Olympic Games[J]. 《Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice》, 2020, 26(10): 1209-1216.

- 运动员损伤手术和修养完成后，需要迅速复建回到原来的动作状态，参加下一次比赛
- 根据个人过往完美动作数据的肌电信号数据，复制到当前状态，用电信号刺激，加快恢复
- 同理用于宇航员在失重环境下防止肌肉萎缩、老年人获得年轻时肌肉状态

■ 应用场景——智能教练

- 正常动作的学习和模仿依赖主观感受和想象，而肌电记忆U盘将隐性知识转化为可量化的生物信号，并可直接刺激人体，易于学习
- 防止锻炼时受伤的智能教练，监测肌肉状态，避免过度疲劳、拉伸
- 监测肌电信号，发现动作之下的隐形问题，及时纠正错误发力点
- 个人数据的强化学习模型，找到最合适的训练计划

■ 应用场景——肌肉记忆生成

- 形体类任务大多需要形成肌肉记忆，而正常人只能通过日复一日的练习，训练强化动作的记忆
- 运动员、舞者等职业，通过肌电记忆U盘，快速学会一个动作的定点执行，辅助工作
- AI也可以根据这些肌肉记忆对应的动作，编排新的动作并授予用户

项目整体效果

- 高精度肌电采集系统+动作解构系统+神经重放系统
- 形成了完整的肌电信号获取分析到反馈的过程
- 人体肌群信号被复制、改进，促进人类形体运动



感谢您的观看与聆听

汇报人：应逸雯