

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



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？

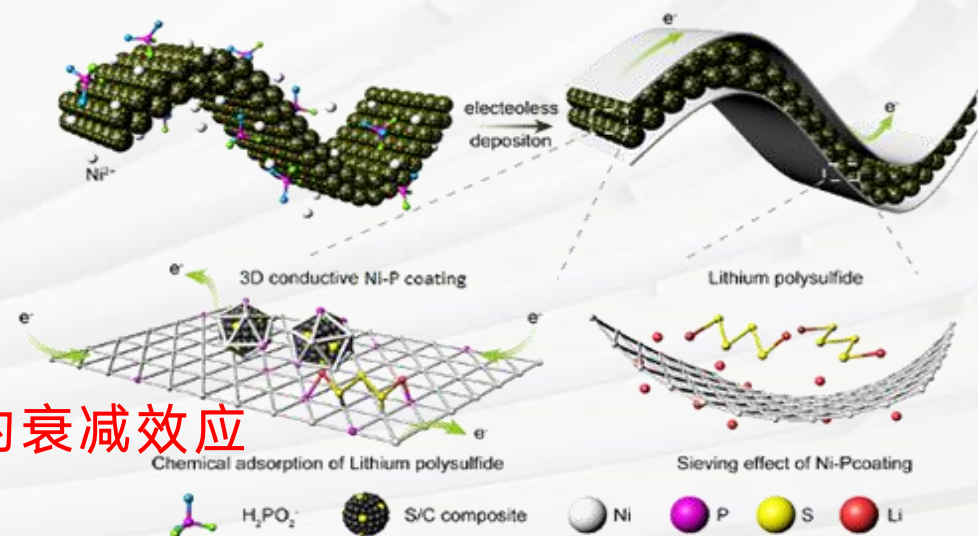
核心技术原理——物理层（高精度肌电采集系统）

- 纳米级柔性电极阵列

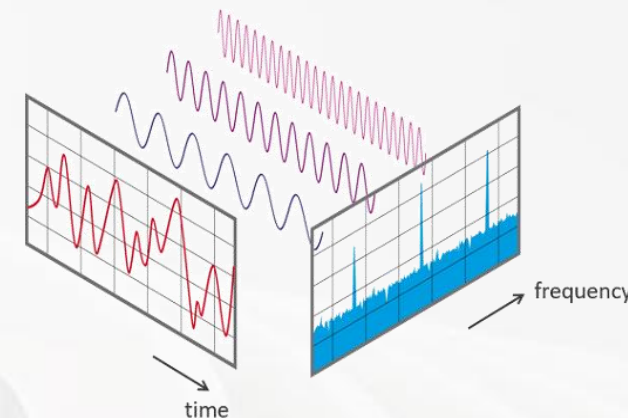
- 厚度薄，拉伸率高，**贴合皮肤褶皱**
- 电极表面涂覆多巴胺仿生粘附层，**降低运动伪影**
- 动态匹配阻抗，根据皮下组织湿度自动调整，**保证出汗时仍能工作**
- 通过相邻电极对的相位反转**消除环境电磁干扰**

- 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 $< 5\text{Hz}$ ，如电极滑动噪声）；心电干扰（特征QRS波检测后消除）~~
- 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）

- 产生刺激脉冲序列

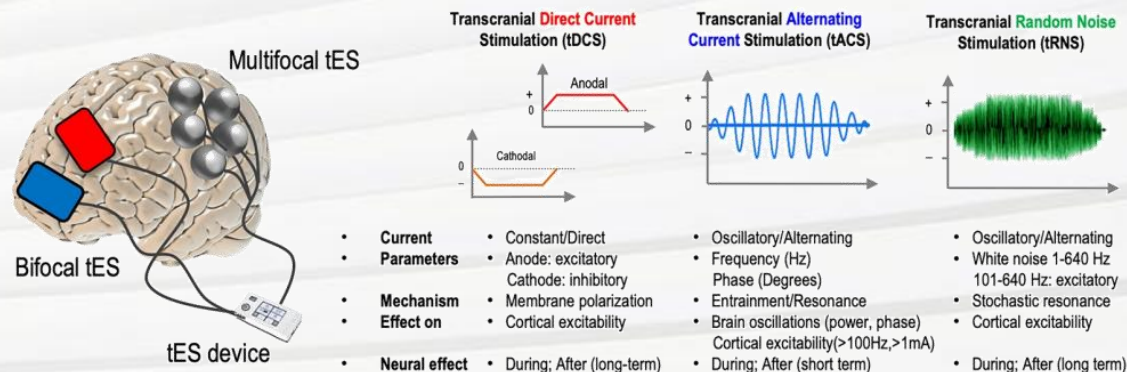
- 特定**频率**，低频增强力量，高频提升耐力；**双相不对称**脉冲，减少组织极化

- 闭环反馈控制

- 实时监测肌肉力学响应，**动态调节**经皮神经电刺激参数
- 收缩过低，增加脉冲幅值；疲劳，低频恢复

- 多刺激融合

- 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**



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

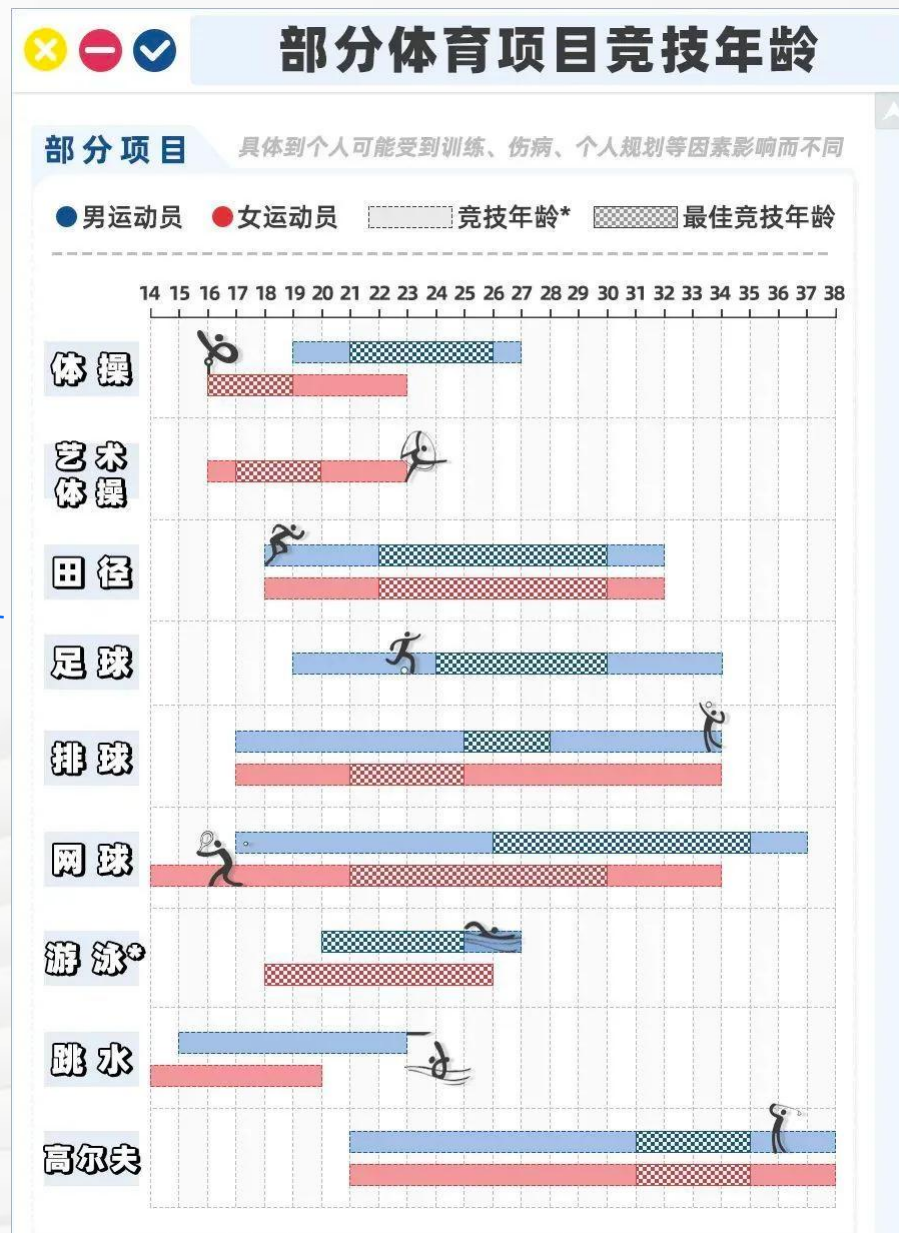
LIU Hong-wei, LI Jian-jun, YANG Ming-liang, ZHANG Xin, SHEN Min-xin, GAO Feng, QIN Chuan. Analysis of Sports Injuries from Winter Olympic and Winter Youth Olympic Games[J]. 《Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice》, 2020, 26(10): 1209-1216.



- 手术和修养完成后，需要迅速复健回到原来的动作状态

应用场景——运动员损伤后复建

- 运动员生涯年限本就有限，因伤耽误一年半损失惨重
- 实际上不少运动员因为受伤更早退役，抱憾结束职业生涯
- 预期加速受伤后康复流程，快速投入到下一场比赛的备战



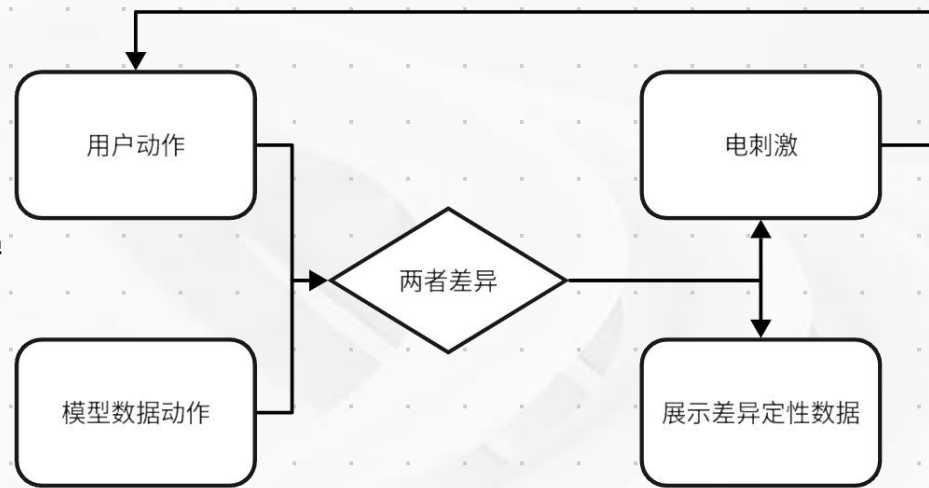
应用场景——运动员损伤后复建

- 康复时：

- 监测肌肉情况，无实物发力，防止肌肉萎缩

- 康复后：

- 由于长时间的康复，训练减少，肌肉记忆消失，难以回到巅峰状态
- 平日练习时，找到最佳的感觉，**录制肌电数据保存**
- 肌肉记忆消失后，**用电刺激配合找回肌肉记忆**，感应当前发力点的差别，供运动员了解与改变



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，意会不到，学不会

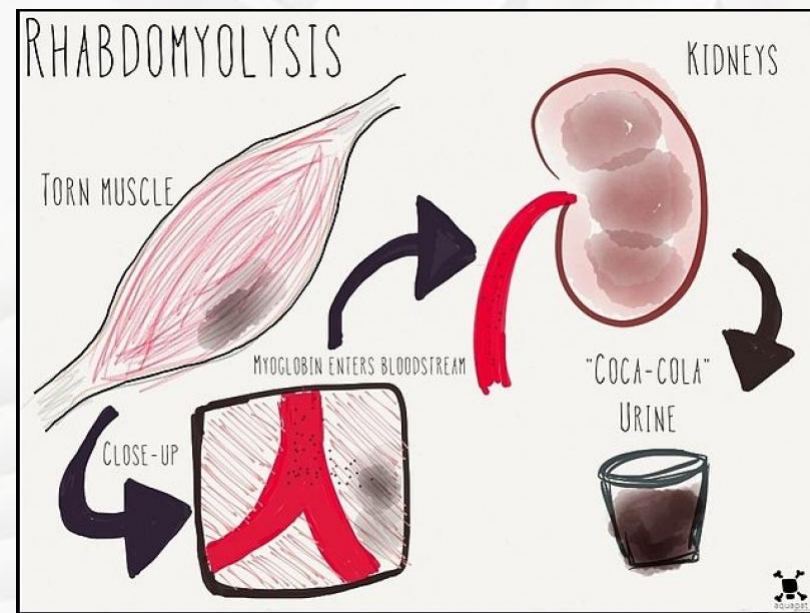


- 人类教练录制数据，处理后转换为电刺激给学员，加速学会
- 传感器监测肌电信号，发现动作之下的隐形问题，**及时纠正错误发力点**
- 使用他人的优秀数据，获得全世界的老师

应用场景——智能教练

- 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**
- 肌肉疲劳、发力过于用力并超出极限，可能带来受伤、肌肉溶解.....

- 横纹肌溶解症是由运动过度引起的，会导致肌肉细胞破裂。此时，一种名为肌红蛋白的蛋白质会释放到血液中。如果肌红蛋白大量释放，肾脏就无法快速将其从血液中清除，从而通过排尿将其排出体外。肾脏承受的额外压力会损害这些重要器官，从而导致肾功能衰竭和死亡。
- 肌肉溶解症状主要是酸疼、浑身乏力，与正常锻炼疲惫后产生的症状类似，难以被发现。



- 传感器及时发现肌肉状态超出极限，**提醒用户停止锻炼**

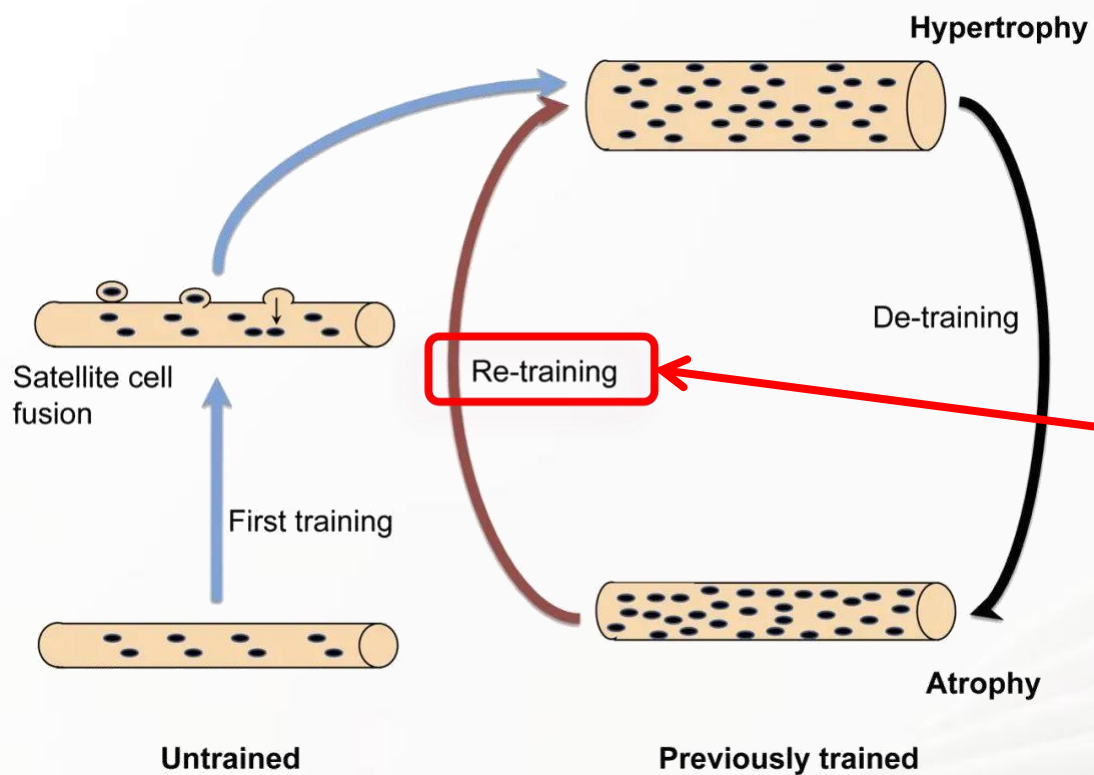
应用场景——智能教练

- 个人数据的强化学习模型，找到最合适的训练计划
- 个人运动后肌肉的反应记录，识别针对个体的各动作效果
- 建立个人数据的模型，在仿真中不断试验，找到能够产生最好效果的动作合并序列和组数
- 得到合适的训练计划，最轻松的达到训练效果

		无比赛的发展性年度训练计划												
月		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
模型1	时期	准备期												过渡期
	阶段	一般准备阶段						专项准备阶段						过渡期
		单赛季发展年度训练计划												
模型2	时期	准备期				竞赛期				过渡期				
	阶段	一般准备阶段				赛前阶段				比赛阶段				
模型3	时期	准备期				竞赛期				过渡期				
	阶段	一般准备阶段				赛前阶段				比赛阶段				
模型4	时期	准备期				竞赛期				过渡期				
	阶段	一般准备阶段				赛前阶段				比赛阶段				
		多赛季发展年度训练计划												
月		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
模型5	时期	准备期				过渡期				过渡期				
	阶段	一般准备阶段		专项准备阶段		赛前阶段		比赛阶段		赛前阶段		比赛阶段		
模型6	时期	准备期		竞赛期		准备期		竞赛期		准备期		竞赛期		
	阶段	一般准备阶段		赛前阶段		比赛阶段		过渡期		专项准备阶段		竞赛期		
模型7	时期	准备期		竞赛期		准备期		竞赛期		过渡期		准备期		
	阶段	专项准备阶段		赛前阶段		比赛阶段		一般准备阶段		专项准备阶段		竞赛期		

高中橄榄球(足球)运动员建议的四年制计划				
年度训练计划	第1年	第2年	第3年	第4年
学年	新生	二年级	三年级	四年级
等级	基础发展	继续发展	运动表现发展	巅峰运动表现
目标	发展与橄榄球相关的关键词组合	发展与橄榄球相关的关键词组合	发展与橄榄球相关的关键词组合，以及对橄榄球专项刺激的阅读和反应能力	优化足球的专项竞技能力
时期	准备期	准备期	准备期到竞赛期	准备期到竞赛期
阶段	一般准备期	一般到专项准备期	一般准备到专项准备到赛前到竞赛期	一般准备到专项准备到赛前和竞赛期

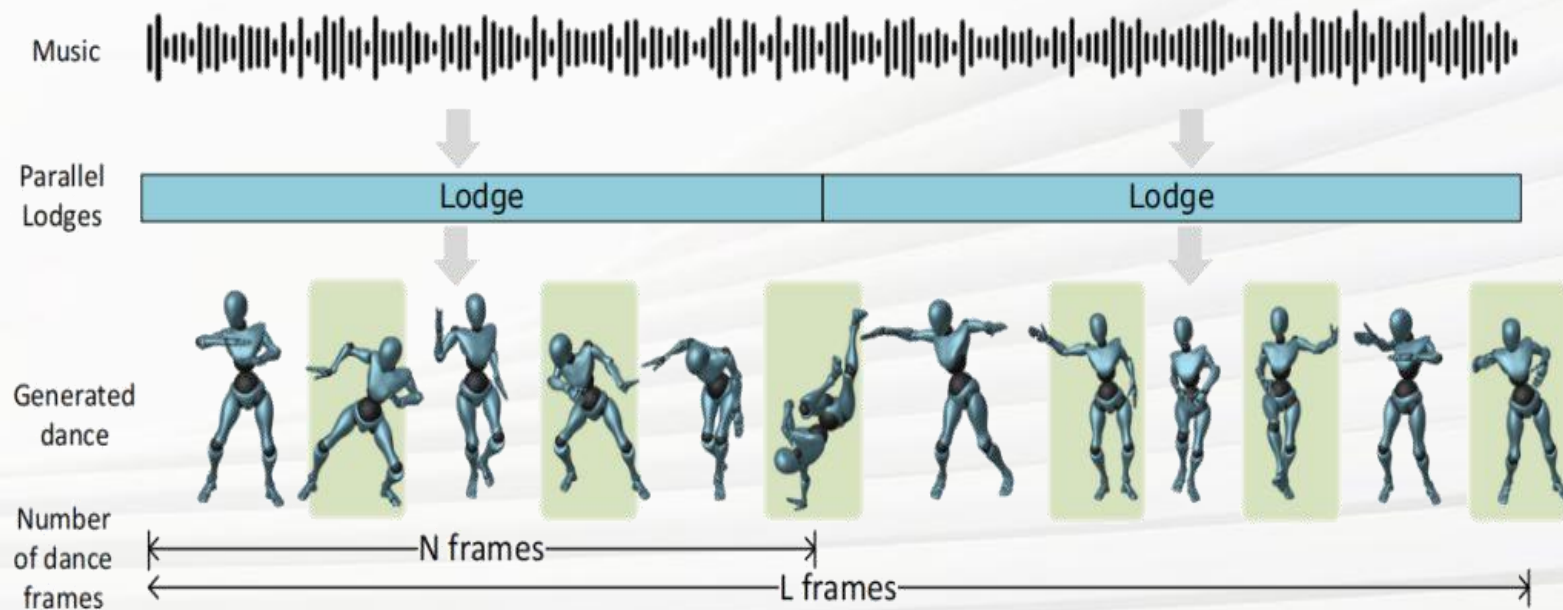
应用场景——肌肉记忆生成



- 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，非常疲惫且乏味
- 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，加快工作效率
- 已训练过的肌肉记忆有朝一日忘记，也容易**从数据库中读取并恢复**

应用场景——肌肉记忆生成

- 体操、舞蹈等动作编排，不仅要考虑美观，更要考虑可行性
- 发力点的连贯性、体力的分配，只能通过本人不断尝试和试错
- AI也可以根据个人传感器数据对应的动作，**编排新的动作**
- 辅以肌肉记忆生成功能，**将动作授予用户**



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