实际获得的成果

发表论文：《功能性电刺激与镜像治疗结合的手功能康复装置的设计与实现》被《中国康复医学杂志》采用与刊出；

项目完成内容、关键技术及效果：

目的：设计并制作一套基于柔性控制和功能性电刺激的智能反馈康复治疗手套系统，辅助脑瘫患者进行手功能康复。

意义：针对中风后手屈伸不利，不能抓握等精细动作障碍的问题，将柔性控制的智能康复手套和功能性电刺激相结合，通过健侧手佩戴的传感器手套，记录手部的运动数据，根据健侧手的运动给予患侧手预设好的功能性电刺激处方，通过对患者手部关节运动康复数据进行智能分析处理与存储，从而制定调整个性化康复训练方案，结合康复治疗师的指导建议来共同评估康复训练效果。

完成内容：目前已完成样机的制作，能完成设定好的抓握动作，并根据医师对不同病患患病程度的预判，进行不同程度的手指弯曲抓握运动。能与FES功能性电刺激结合，配合外骨骼协同工作，并能进行人机界面的交互，系统完善。

关键技术及效果：

1.外骨骼手模块：在康复训练安排中，由于患者不同，手部大小各异，有可能造成上一次的抓握训练数据未经处理，直接为下一位患者操作的现象，会由于手大小不同导致过度拉伸，造成不必要的二次伤害。本发明在各个指腹设有反馈装置，每位患者初次使用时，进行一次指间距活动测量并记录数据。进行对指运动后，控制系统得到信号，发送反转指令给电机，两指随即分离。

以及三种辅助力模式：

被动式活动型。早期、持续性、无痛范围内的关节被动活动。可缓解疼痛、防止术后粘连与关节僵硬、消除手术所致的并发症。主要用于四肢关节术后及关节挛缩的治疗。

主动训练模式。一般用于康复训练中期等，为患者提供全关节活动度的辅助推动性力量。

带阻尼力的主动训练模式。一般用于康复训练后期，患者此时手部力量逐渐上升，有了初步的抓握能力，此时给予患者手部一定的阻力，加速康复训练强度。且各种训练模式均配合虚拟康复治疗游戏，提供深度康复训练环境。

2.FES 协同电机治疗方案。通过低频脉冲电流刺激受损伤的神经和肌肉，使之产生被动收缩，促进肌肉的运动功能及神经再生。此功能性电刺激提供处方化治疗或自定义电刺激方案在辅助患者手部运动推进时，在前臂贴有电刺激片发出FES处方，促进肌肉收缩，例如集团抓握运动，刺激屈肌肌群收缩，伸肌肌群拉伸等。

3.虚拟现实智能反馈技术。利用VR虚拟现实技术，该设备可为患者提供镜像的沉浸式游戏康复环境。使患者可以身临其境的去进行康复游戏，将康复游戏的效果提升至最大化，可提高训练的趣味性和患者的依从性，通过串口监视系统，底层下位机将手部运动状态信息传递到上位机，上位机根据相关信息，可以实时反馈到游戏中，由于人手部差异化，考虑到人手指端距离不同，在新患者上将重新进行测试，以使反馈更加及时，体验更佳。

4.数据库化数据管理。为加强数据化管理全程康复治疗过程，建立康复训练过程参数化数据库。数据库列表包括，康复训练过程各个控制参数，康复训练电机推动处方，康复训练FES处方，患者康复训练整体计划，患者基础信息等3.制定并动态调整个性化康复训练方案，并可针对患者的训练信息进行智能分析处理与存储，即时评估康复训练效果，辅助康复医师进行康复评定训练分析。

项目整体进度安排及实施情况（包括实验的工作量）：

计划进度：

2016.5.1——2016.12.1 完成正常人体运动分析；确定系统结构、子系统的结构及其功能，完成系统结构框图。

2017.1.1——2017.5.1 电机牵拉部分控制流程，确定个系统接口协议。

2017.5.1——2017.11.1 FES配合外骨骼协同工作，添加虚拟部分的设计、验证、试样；同时设计控制软件和人机界面；进行软硬件联试。

2017.11.1——2018 整合系统，完善控制系统；临床患者试用，评估安全性和疗效，建立临床量化评估指标；对系统各个技术系统优化定型，总结成果，撰写发表论文；申报专利。

实施情况：

结合人体运动与机器实际运动模式，制定了动作方案，并根据制作出的各样机海岸问题并解决问题，为达到预定的效果，先后制作了5代样机，每一代之间都比前一代的效果更加优化，运用在临床上的效果更加显著。

项目完成情况的自评意见（包括实施过程中的成功与失败）：

在项目制作的过程中，常常面临的问题是运动的不准确性以及协调人与电机之间的运动方式。在这个过程中，第一代的样机只有前后的推动作用，且使用的为硬质的钢芯材料，容易造成病患的二次损伤；于是在这基础上我们使用柔性纤维制作的超纤手套，并把手套与3D打印材料结合，使得手套运动先推动3D材料继而推动手指。但第二代的使用过程中会出现推动部位不贴合手部，往往呈现突起状态，于是在第三代的制作上，更换材料，使用坚韧的软线作为牵拉设备，并把单线推动结构改换成前后双线协助运动的牵拉式运动结构模式，该模式能使牵拉完全贴合手部结构，使得运动方式更像正常人体的自主运动模式。但第三代在材料上容易变形与阻尼模式过大时容易崩坏，因而更换了16股纤维细线相结合组成的不容易变形绷断的细线作为走线材料，使得装置更为稳固。而第五代为运动更顺滑，前后牵拉更顺畅，把前四代中使用的电机牵拉结构更换成轮轴转动模式，在转动的过程中背侧线与腹侧线运动相同位置，到达指定地点，相互协助性更强，使得运动更顺畅。在制作的过程中会发现制作上的不足以及未达到预定效果时的诅丧，但只要换种思维方式，尝试多种结构，摸索多种能实施的功能，便会发现许多创新创作之处。

项目实施过程遇到的困难及解决办法：

在实施过程中遇到的最常见的问题便是手部功能运动未达到预设点与功能未完美体现，于是在原有的方式方法上通过改进系统结构与材料，摸索产生多种形式的改进方案，最终确立一种最优化的方案进行改进。

对指导老师、院系及学校的意见及建议：

项目成果：

项目科研日志或实验记录：

经费使用情况：