



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

面向老年群体的康复产品设计

上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

学士学位论文

BACHELOR'S THESIS



论文题目: 面向老年群体的康复产品设计

学生姓名: 周天宇

学生学号: 5143709093

专 业: 工业设计

指导教师: 韩挺、刘钊

学院(系): 设计学院

上海交通大学

本科生毕业设计（论文）任务书

课题名称： 面向老年群体的康复产品设计

执行时间： 2019 年 12 月 至 2020 年 6 月

教师姓名： 韩挺，刘钊 职称： 教授

学生姓名： 周天宇 学号： 5143709093

专业名称： 工业设计

学院(系)： 设计学院

毕业设计（论文）基本内容和要求：

毕业设计（论文）基本内容和要求：

一、 研究目的和意义

改善老年人卧床康复阶段由于机械式重复运动造成的枯燥与抵抗情绪导致的康复效果降低，与一对一康复治疗时产生的医疗资源浪费。通过可视化交互的游戏方式结合传感器监测康复运动，达到激励运动康复同时解放“一对一”模式下耗费的医疗资源。

二、 课题研究内容

利用外骨骼技术相关传感器与材料针对卧床时需要促进下肢血液和淋巴循环,进而促进下肢肿胀消退、预防下肢血栓的康复运动进行监测与数据可视化；将数据配合适当的游戏形成激励以抵消康复时产生的枯燥与抵抗情绪，达到提升康复服务质量的目的。同时将数据汇总至相应医生端，提升医生一对多监测能力，评判运动是否达标是否符合康复计划，达到节省医疗资源的目的。

三、 研究方法和思路（技术路线）

研究方法采用调查、实验、实证研究法结合，通过对已有康复课人群



进行调研，确立问题点与痛点；与康复科医生讨论康复效果评价标准等。总结归纳已有问题与康复目标，通过 Rhino 等建模软件构建 Prototype 并 3D 打印初始模型，通过 Unity 等平台设计游戏化界面与数据可视化并与 Arduino 或 Tem32 等平台构建的传感器进行康复游戏化交互；实证研究游戏化激励的效果。

四、 预期研究成果

将数据可视化后进行游戏内容设计，提升趣味性消除康复运动阶段枯燥乏味与抵抗情绪，研究游戏化激励在医护方面的作用；并搭配一套基于动作传感器的数据收集系统，方便医护人员监测病人康复计划的执行；



序号	毕业设计（论文）各阶段内容	时间安排	备 注
1	确定研究意义目标，预期成果准备开题答辩	2019/12/27~2019/12/30	
2	修改开题报告并提交，调研收集资料查找文献，初步设计	2020/1/1~2020/1/20	
3	分析相关资料进行设计游戏，外形建模与传感器平台搭建	2020/1/20~2020/2/24	
4	完善数据平台与装置，实体装置测试与游戏开发	2020/2/25~2020/3/25	
5	完善理论体系，收集整理过程文件中期展示	2020/3/25~2020/4/1	
6	撰写论文收集实体反馈准备毕业展	2020/4/2~2020/5/27	

指导教师签名： 刘钊韩挺



2019 年 12 月 27 日

学院（系）意见：

通过

院长（系主任）签名： 张湛

2019 年 12 月 27 日

学生签名： 周天宇

2019 年 12 月 27 日

上海交通大学

毕业设计（论文）学术诚信声明

本人郑重声明：所呈交的毕业设计（论文），是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

作者签名：周天宇

日期： 2020 年 6 月 17 日

上海交通大学 毕业设计（论文）版权使用授权书

本毕业设计（论文）作者同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权上海交通大学可以将本毕业设计（论文）的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本毕业设计（论文）。

保密 ☐，在____年解密后适用本授权书。

本论文属于

不保密 ☒。

（请在以上方框内打“√”）

作者签名： 周天宇

指导教师签名：

日期： 2020 年 6 月 17 日

日期： 年 月 日

面向老年群体的康复产品设计

摘要

脑卒中 (Cerebral Stroke) 作为中老年人的头号杀手, 在我国呈现出高发病率、高致残率、高死亡率、高复发率、高经济负担五大特点^[1]。脑卒中导致的病理所需康复时间长、经历阶段多、消耗医疗资源大等特征加上患者自身康复过程的焦虑、信心缺失甚至抑郁导致脑卒中在中老年人群中成为“易患难愈”的头号疾病。其中有 30%~60% 的患者遗留上肢运动功能障碍, 尤其表现为手部的运动功能障碍, 致残率比较高, 脑卒中后手部的活动障碍也成为阻碍患者整体康复的重要因^[2]。为了解决病人在中风后 Brunnstorm 分期第 III, IV, V 阶段康复手部中反复同一动作时的枯燥抵抗情绪、增加相对康复师主观评估以外的客观评估次数、帮助病人完成手眼协调训练, 本课题使用科学的设计调研方法: 文献研究法、访谈调研法、观察法等研究方法, 研究脑卒中康复过程中病人与医护的需求以及痛点, 设计了一款“Fist Fix”产品, 该产品由适应手部的机械结构、电位器传感、ARDUINO 下位、HC-08 蓝牙、MPU6050 与 PC 端基于 UNITY3D 开发的交互界面组成, 增加了客观评估次数、帮助病人完成手眼协调训练, 结合游戏化激励的理论基础, 缓解枯燥情绪并激励患者运动、客观记录患者每天的康复进展, 是帮助医护更好的了解患者康复进程的软硬结合产品。产品原型进行了评估, 在康复评价频率的提升与客观性层面上满足了医患双方的需求, 同时游戏化的作业康复得到了医患双方的认可。

关键词: 手部脑卒中康复, 游戏化交互, 工业设计

REHABILITATION PRODUCT DESIGNED FOR THE ELDER STROKE PATIENTS

ABSTRACT

Cerebral Stroke, as the number one killer of middle-aged and elderly people, presents five characteristics in China: high incidence, high disability rate, high mortality rate, high recurrence rate and high economic burden. Among stroke patients, 30% to 60% of them have left upper limb motor dysfunction, especially the hand motor dysfunction, which has a high disability rate. The stroke-caused dysfunction has become an important factor hindering the recovery of stroke patients. In order to help stroke patients in Brunnstorm stage III, IV and V, the subject uses scientific design and investigation methods: literature research method, interview research method, observation method, etc. After discovering pain points of patients and doctors in the process of stroke rehabilitation, comes a design named 'Fist Fix' product, which is composed of mechanical structure adapted to hand, potentiometer sensor, Arduino, hc-08 Bluetooth, mpu6050 and interactive interface developed based on UNITY3D on PC. The product increases the number of objective evaluation, helps patients to complete hand eye coordination training, combines the theoretical basis of game based motivation, relieves boring emotions and encourages patients to exercise, objectively records patients' daily rehabilitation progress. The Fist Fix is also a combination of soft and hard products to help doctors and nurses better understand the rehabilitation process of patients. The prototype of the product is evaluated, which meets the needs of both doctors and patients in terms of the improvement of rehabilitation evaluation frequency and objectivity. At the same time, the game based occupational rehabilitation is recognized by both doctors and patients.

Key words: Cerebral Stroke recovery, hand motor dysfunction, game-based motivation,
industrial design

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 中国脑卒中现状	1
1.1.2 脑卒中患者的康复	1
1.2 研究现状	2
1.2.1 国内研究现状	2
1.2.2 国外研究现状	4
1.3 研究目的与意义	6
1.4 研究方法	6
1.4.1 文献研究法	6
1.4.2 访谈法	6
1.4.3 观察法	6
第二章 关于国内脑卒中患者手部康复过程的调研	7
2.1 康复过程	7
2.1.1 四类康复	7
2.1.2 手部康复方式	7
2.1.3 康复评估	8
2.2 结果总结与痛点梳理	9
2.2.1 患者痛点	9
2.2.2 医护与家属痛点	10
第三章 产品设计	11
3.1 设计理念	11
3.1.1 概念梳理	11
3.1.2 创意发散	12
3.1.3 融合医护建议改进	13
3.2 原型设计与功能	13
3.3 可视化交互设计	15
3.4 设计方案	16
3.4.1 产品功能设计	16
3.4.2 游戏化激励	16
3.4.3 产品造型与结构	24
3.4.4 产品应用	27
第四章 设计评估	28
第五章 总结	29
参考文献	31
谢辞	32
英文大摘要	33

第一章 绪论

1.1 研究背景

脑卒中，在民间俗称“中风”，在医学上分缺血性与出血性两大类，其在中老年人群中显示出高发病率、致残率、死亡率、复发率、经济负担等显著特征使其成为中国中老年人健康的头号杀手。其发病后高致残率与预后效果差，甚至伴随脑卒中后抑郁（PSD）导致更严重的并发症，使得其治疗康复层面上面临诸多挑战。同时大量的“一对一”康复消耗的医疗资源随着发病率与发病人数的上升逐渐供不应求。

1.1.1 中国脑卒中现状

根据《中国脑卒中防治报告2018》，40岁以上居民脑卒中标准化患病率由2012年的1.89%上升至2016年的2.19%，推算 ≥ 40 岁居民脑卒中现患人数1242万，同时，脑卒中的复发率也较高，一项35家医院中进行的显示，首次脑卒中后1年复发率高达17.1%^[3]。因此，脑卒中的防治是一场持续性、需要医护家属病人紧密协同的复杂过程，其所需的经济、时间代价与医疗资源将会在未来进一步扩大。

而在脑卒中出现肢体功能障碍的患者中，80%患有上肢功能障碍。而在患有上肢功能障碍患者中，最终只有30%的患者能够实现上肢功能恢复，只有约12%的患者手功能得到较好的恢复，这对脑卒中患者的生活质量和社会参与度有着深远的影响^[4]。因此脑卒中患者基础的手部功能的康复是检验治疗效果的唯一标准，也是脑卒中预后与重返社会的重要一环。

1.1.2 脑卒中患者的康复

根据医院对于脑卒中患者的治疗，手术、物理治疗与康复锻炼是降低患者因脑卒中致残的最有效方法。脑卒中病理过程依照发病时间可分为三个阶段：急性期（acute stage）、急性后期（post-acute stage）、慢性期（chronic stage）。根据AHCPR(The Agency for Health Care Policy and Research)的定义，脑卒中急性期指的是急性脑中风发作后入院进行手术治疗与住院康复前48小时，急性后期则指急性期后的阶段，最后是慢性期阶段。脑中风医疗单位，如脑中风中心（stroke center）等相关机构是急性期的脑中风病患首先在急性期前往的机构，这些机构具有完备的设备及专业人员，以使病患得到最及时有效治疗与康复预期。在康复阶段经诊断确定且无临床医疗禁忌，相关机构便可对患者开始急性期复健。在此阶段的脑卒中康复主要强调尽早活动以及正确摆位。

因此在国内众多医院中，都遵循了尽早活动与急性期复健的原则，在患者生命体征稳定48小时后，患者本身满足原发神经病学疾患无加重，或者是有改善的条件下，便可开始对患者进行康复治疗。在整体康复过程中应当选择合适的康复时机与康复方法、将康复的评估贯穿治疗过程、因人而异针对不同病情与病人制定不同康复方案、循序渐进并需要患者主动参与家属的配合，辅以常规的药物治疗和必要的手术治疗。

由于脑卒中患者个体层面上的差异性，不同年龄不同程度不同类型的脑卒中使得不同患者所需治疗方案各不相同。在国内治疗层面上主体分为三阶段：

(1) 一级康复：患者早期在医院进行手术或神经内科的常规治疗及早期康复治疗统称为脑卒中康复中的一级康复。其中主要包含在病人软瘫期进行的医学治疗与急性期康复作业，康复过程中最主要是预防脑卒中复发和相应并发症，鼓励患者尝试开始自主活动。由于此阶段主要为卧床阶段，而患者需要促进偏瘫侧肢体肌张力的恢复和主动活动的出现，因此康复

主要通过患者接受相关物理治疗和患者的主动参与,以及肢体正确的摆放和体位的转换。

(2) 二级康复: 针对患者脑卒中发病后的 4~12 周内, 为了抑制痉挛、同时逐渐促进患者患侧运动恢复。以加强患侧肢体的主动运动功能为目标的治疗过程称之为二级康复。二级康复一般在康复专科医院或综合医院中的康复医学科进行, 其主要分为物理治疗、作业治疗、认知治疗、心理治疗等。同时在康复过程中要首先减轻偏瘫肢肌痉挛的程度, 以及避免加强异常运动模式(上肢屈肌痉挛模式和下肢伸肌痉挛模式)。

(3) 三级康复: 当患者经历过在医院的一二级康复与治疗, 病情如果得到改善, 患侧处于功能恢复后期, 便可回到社区医院或居家进行后续康复作业。亦或是当患者患侧功能到达恢复平台期的时候, 医院的康复科医师可以通过康复宣教与作业治疗安排等对患者家属进行训练, 以帮助患者进行社区或居家康复。因此三级康复指代脑卒中的社区或居家(后遗症期)的康复

1.2 研究现状

关于脑卒中的康复, 国外早在 1958 年就已经开始探索中风后 24 小时内开始康复诊疗对患者病死率与远期致残率的影响。最早隶属于 Mayo 医疗集团的圣玛丽医院神经重症监护室就在病房中摆放了摇床、胸部呼吸器等装置辅助脑卒中患者康复。随后众多研究结果均提示早期康复治疗的应用将使神经重症病人的预后得以改善, 具有良好的临床意义^[5]。

随着我国重症医学的发展, 危重病人的救治成功率得以提高, 但存在的功能状态恢复不佳、生活质量较低的问题亟需解决。因此卫生部在 2012 年《“十二五”使其康复医疗工作指导意见》中指出: 三级综合医院康复医学科要以疾病急性期病人为主, 开展早期康复治疗, 及时下转病人^[6]。

而经历近十年的发展, 康复医学科已经拥有完善的关于脑卒中救治、康复与评估经验, 加之相关产业与领域随着科技科学进步, 更多具有针对性的医疗康复产品与流程被设计出来并稳步提升了不同情况的脑卒中患者的预后效果。

本课题针对脑卒中康复过程中的手部康复进行研究, 总结对比了目前国内外相关产品设计与理论研究现状。

1.2.1 国内研究现状

目前国内针对手部康复的方式主要有: 传统康复、现代康复、中西医结合等多种方式方法如功能电刺激, 康复机器人, 针灸等方式。其中传统的康复例如摆位手把手式康复为目前医院中的主流, 康复机器人、中西医结合等则是新兴趋势。

除开主流医院依靠康复科医护人员一对一辅助运动时的简易装置外, 目前在国内已有的针对手部脑卒中康复的产品主要分为三种: 以表面肌电或脑电传感带动动力装置辅助患者运动; 以肌电传感后的再放大帮助患者进行强化运动; 通过一定交互界面的形式加上传感器等的游戏激励。

2006 年, 浙江工业大学的鲍官军等在总结之前的气动柔性驱动器的基础上, 设计生产出新型的气动柔性驱动器^[7-14], 即 FPA(Flexible Pneumatic Actuator), 其采用的气动柔性驱动平台对于需要接触患者手部的脑卒中康复机器人而言是一大亮点, 其技术层面上为康复机器人的可穿戴性作出了积极影响, 原理图如图 1. 所示。

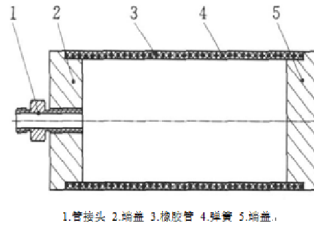


图 1. 新型气动柔性驱动器原理

2012 年，吴鑫在之前的气动柔性驱动器 FPA 的基础上，通过改善结构与贴合，综合设计研发了一款手指康复器^[15]，如图 2 所示。

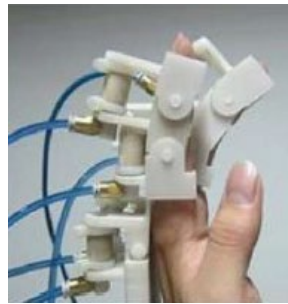


图 2. 基于 FPA 的手指康复器

2013 年，清华大学的杨天夫等通过使用 SMA 弹簧研制了手部机械助力康复器，其机构运动简图如图 3 所示^[16]。

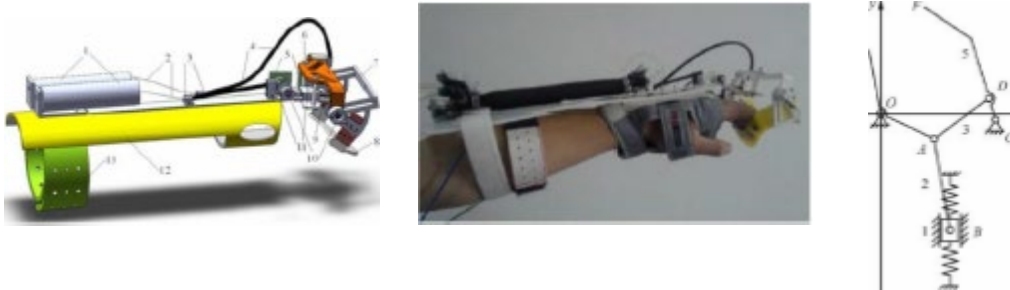


图 3. 基于 SMA 的手部机械助力康复器

广州一康医疗研发的手功能主被动与评估系统 A5^[17]是一款针对手指及手腕康复训练的装置，在每个手指均有独立的气缸驱动，同时腕部处也有一个气缸为驱动，通过表面肌电捕捉电极，来感应手部表面肌电的变化，经过传感器后驱动相关气泵加压从帮助患者手指手腕运动。如图 4.所示。



图 4. A5

首都医科大学附属北京康复医院作为相对专业且紧跟康复技术应用的医院，最先开始尝试将手部功能康复机器人搭配相应小游戏，让患者在完成枯燥的动作同时拥有诸多类似“接苹果”、“升降电器”、“开消防车”等的视觉交互感受。如图 5。“所有的设计都是寓康复于游戏，轻松之间轻松康复”。在医疗康复中使用机器人的特点是医护人员可以根据患者在游戏数据客观的评价康复进度，以调整诊疗方案符合患者情况，且依据病情可以动态调整。



图 5. 北京康复医院手部康复设备

1.2.2 国外研究现状

相比于国内，国外相关产品与医疗结合起步时间早，经历了几代产品与市场应用的更新，逐渐演变出功能分化细化且拥有完善流程的康复产品。除开医院内使用的器械，以社区康复居家康复为导向的产品也种类繁多。其中具有代表性的有：

NEOFECT 公司旗下的 SMART GLOVE 等针对手部康复的产品，其中不单纯针对手指运动康复，更有涉及到手眼协调、认知训练、康复评估等方面。同时其所走路线以监测、评估融合游戏激励模式，减少患者因重复枯燥的运动产生的抵抗情绪；轻量化的设备对于居家康复以及社区康复具有积极意义。

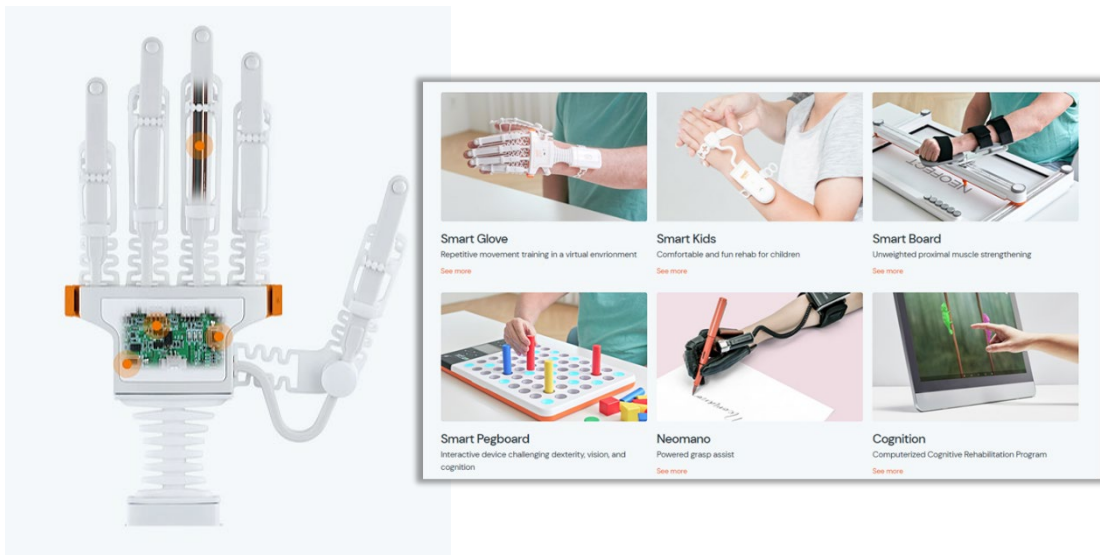


图 6. NEOFECT 相关产品



图 7.NEOFECT 相关界面交互

创立于 2012 年的 Mira Rehab 公司旗下的 MIRA（图 8）则提供了更多偏向交互产品帮助患者进行运动康复与认知训练, 依靠 XBOX 平台和 Kinect, 结合图像识别与游戏化, MIRA 为患者提供了包括游戏在内的诊断应用程序及病人管理应用程序。由于 MIRA 整体的开发程序设计用户是病人, 因此它对于病人进行康复锻炼时的身体角度与距离都可以监测。

除此以外 MIRA 自带的病人管理应用程序等则是为了医护与康复师设计的, 通过监测病人在进行游戏时的数据并储存起来, 医护与康复师可以根据这些数据对病人的诊疗方案进行调整。同时 MIRA 的交互界面上根据不同病理学开发出来的游戏使得它可以满足病人的需求同时起到激励效果。

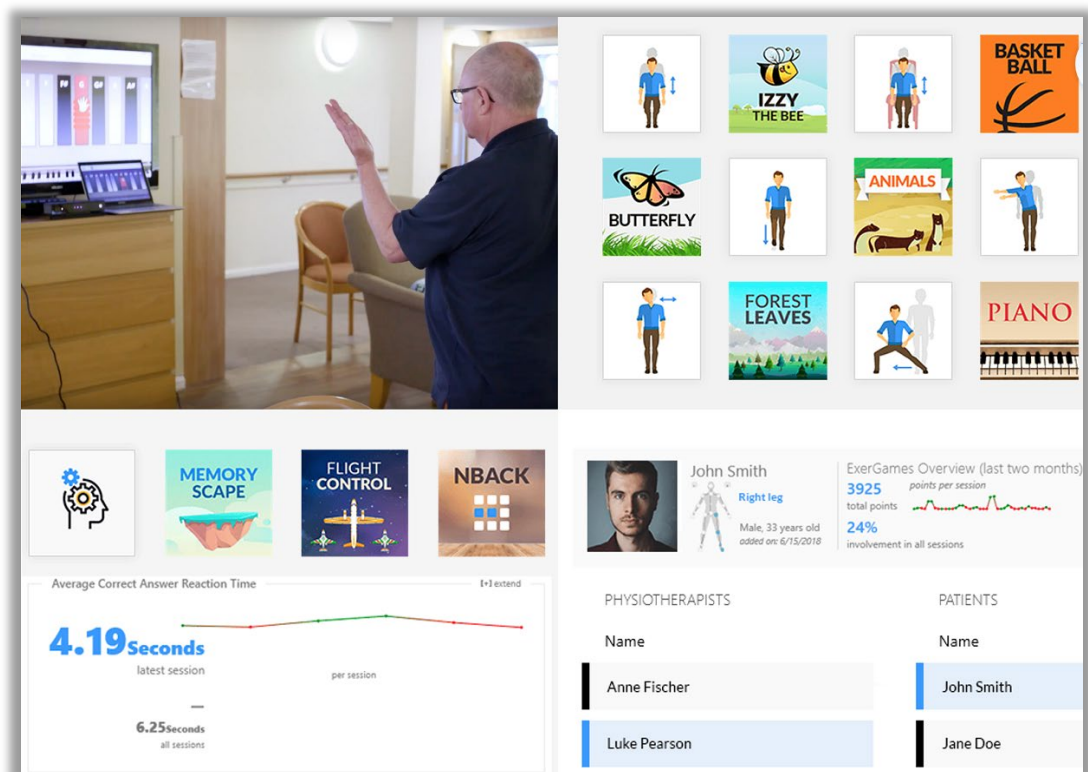


图 8. MIRA 交互界面

1.3 研究目的与意义

中国目前的脑卒中康复体系仍在建设中,结合中国国内脑卒中的发病率、人口老龄化以及长远康复科学的发展,未来在社区康复阶段所需的康复设备以及院内康复时的设备需求呈上升趋势。目前三级医院依旧承担着脑卒中一二级康复的任务,虽然各大医院均已单独设立康复科扩大医疗力量,但由于目前真正像北京康复医院一样使用大量专业化设备减少“一对一”康复带来的医疗资源挤兑的三级医院并不多。因此脑卒中人群中占比最高的上肢功能障碍中,最为涉及到患者重返社会的手部功能的康复显得尤为重要。

在日常生活情况下,人的手部肩负着大多数精细的活动任务,人体的整体上肢在脑卒中的康复中针对不同细部有着多种多样的区分。目前主要的作业疗法主要依靠通过设备辅助患者主动或被动的完成一些日常生活中的动作,从此延伸出来的手部矫形手套与机器人AR/VR等设备均属于作业治疗范畴。目前在作业治疗中国外比较前沿的研究已经涉足脑机接口技术与经颅电刺激等技术,并取得了积极效果。整体作业治疗的目的在于协调手指的屈伸能力,促进因脑卒中而受损的脑部神经重新恢复神经通路控制肢体,帮助患者提高对手部的控制能力。另一方面,为患者提供认知训练、反应训练、手眼协调空间认知等训练也是为提高患者处理日常生活事件的能力。

目前随着科技与生产力的发展,机器人辅助设备等新科技技术应用愈发广泛已经成为代替人工一对一康复的解决方案,再配合情景模拟训练,可以促进患者肩部、肘部、前臂、腕部和手指的协调运动,促进上肢功能恢复。

综上对于脑卒中的康复需求以及现有条件中的矛盾,对比国外相关领域的水平,国内相关产业有巨大发展空间。

1.4 研究方法

1.4.1 文献研究法

查阅现有的关于中国脑卒中现状、脑卒中手部康复的文献资料,了解国内外在相应脑卒中手部康复不同阶段的有效康复方式与相应设备产品。以此为基础界定脑卒中康复中关于康复评估与有效性的测量方法。通过BRUNNSTORM量表与相关康复量表细化康复运动范围,确定手部所需测量的运动参数以便进行传感器选择与原型设计。通过查询国内外患者使用相关康复设备进行康复的过程中产生的问题与机会点,梳理相关产品设计所需注意的方面。

1.4.2 访谈法

通过回访已经康复的脑卒中患者,梳理其在康复阶段的痛点与机会点。同时对目前三级医院的康复科康复医师进行访谈,梳理脑卒中造成的手部功能障碍的康复中医护人员与家属所面临的现实困难与诉求。结合三方痛点进行整合设计。

1.4.3 观察法

根据先前指定的研究方案,观察国内康复科手部功能障碍的康复过程。了解病人整体康复阶段进行目标人群细化,明确二期康复病人手部康复过程中的评估因素、以及心理激励方面的机会点,确定以产品+交互为主题的康复产品设计方向。进行相应原型设计并结合医院反馈进行设计评估与改进。

第二章 关于国内脑卒中患者手部康复过程的调研

2.1 康复过程

2.1.1 四类康复

目前针对脑卒中患者的康复过程中,根据尽早康复原则,患者一般在病情稳定或发病 24 小时内开始急性期康复,其康复过程中主要在一期进行电刺激等临床康复方式缓解急性期的痉挛等情况。而二期康复针对不同患者具有高分化性,持续 4 到 12 周不等,在二期中的治疗主要分为物理治疗、作业治疗、心理治疗与认知训练。物理治疗主要包含了肌电与相关临床设备进行的神经性康复治疗,而作业治疗目前基本由康复医师进行一对一摆位与小型设备参与的目标性作业康复,通过加强患者患侧手部的对指等运动能力,对拇指食指与中指这三只生活主要用指进行训练。其中对健侧施加阻力反向锻炼患者患侧手部、镜像疗法等均应用。同时国内诸如北京康复医院等专业的康复医院也已引进相关种类设备,通过硬件的使用减少了医护一对一,患者高个性化诊疗所导致的医疗资源挤兑。第三类心理治疗则是贯穿了整体康复的全过程,根据中国卒中后抑郁的发生率和预后的前瞻性队列研究(PRIOD 研究)发现,与脑卒中后不伴有抑郁患者相比,卒中后抑郁患者的 1 年脑卒中复发风险增加 49%^[18]。由于脑卒中患者在不仅仅手部康复中,都面临信心挫败与潜在家庭压力,导致许多患者在短期康复中见不到显著效果时心理会出现巨大落差,直接导致了康复抵抗情绪与医患矛盾。因此目前医院往往采取,患者在康复过程中不仅有医生陪同,还有家属进行鼓励。因此对康复过程中脑卒中患者的心理干预与治疗也是预后质量的一大要素。

虽然根据“十二五”规划中卫生部关于脑卒中康复的建设指导意见,将康复过程分为了三级,第三级为社区康复,将患者数量压力由三甲等综合医院分摊至各地。但由于康复条件限制,许多社区康复与诊疗中心目前面临康复条件较低,病人体验不佳导致病人依旧愿意留在医院中进行康复。

2.1.2 手部康复方式

手部康复最初期,在患者接受完外科手术后进入康复阶段时,称之为软瘫期。在软瘫期中,患侧手部的五个手指往往处在无力且不能主动伸屈的状态,在此阶段内医护对于患者的一对一康复治疗与监护是必要的。此时康复主要利用低频电刺激,属于临床层面中的物理治疗。除开低频电刺激的物理疗法,临床上还有诸如电刺激、磁刺激、冷疗、蜡疗、超声波等均可广泛的应用与脑卒中后患手功能障碍并有一定疗效。

在物理疗法中,电刺激是应用最广泛的一种,其中功能性电刺激是目前较新的治疗方法,它属于神经肌肉电刺激的范畴,患者一般在入院接受手术后的 48 小时内开始急性期康复,最开始的康复方式便是软瘫期的物理疗法。

除开物理疗法,作业疗法、言语疗法搭配心理治疗,这些治疗方式组成了目前脑卒中患者手部康复的主要方式。

其中作业疗法对度过软瘫期进入二期康复的脑卒中患者尤为重要。在此过程中从康复医师辅助进行的“捡沙子”、“夹花生”到分指板、气动手套与弹力辅助手部矫形器等均属于作业疗法范围内,但针对不同程度患者在康复过程中显示出的高分化性,作业方式因人而异。例如分指板主要用于脑卒中后,刚刚度过软瘫期的大部分手部出现痉挛或肌张力增高的患者,它能有效的降低或控制患者的痉挛程度,而气动手套等则是针对二期康复加强患者患

侧手部运动能力与力量。

对于二期康复患者，从微动期、整体抓握期到功能恢复期当中依据不同病情，患者一般需经历 4 到 12 周在相关康复中心或在三甲或综合医院中的康复科进行包含作业治疗、物理治疗等康复作业。

三期康复主要指代脑卒中的居家与社区康复，当患者在医院接受完手术并且经历过软瘫期康复后，在二期的 4 到 12 周后康复效果良好下转到下一阶段的康复。为了帮助患者回归社会并且进行正常的社区生活，医护会对患者家属进行宣教与并鼓励患者前往社区医院继续进行康复锻炼以度过康复平台期，其中通过作业疗法加强患侧康复或患者利用健侧辅助自主锻炼均可。

2.1.3 康复评估

目前康复中对于患者的评估方式不同医院有部分出入，且针对不同身体部位的康复量表细化程度不一，虽有 Fugl-Meyer 等全身性量表，但课题以仁济医院采用的 Brunnstrom 分期针对患者上肢进行康复量表的分类，具体分期中上肢与手部的康复阶段分期标准见表 1。

表 1. Brunnstrom 对手部与上肢的分期

阶段	上肢	手部
I	迟缓，无任何运动。	迟缓，无任何运动。
II	出现痉挛；出现联合反应，不引起关节运动的随意肌收缩。	出现轻微屈指动作。
III	痉挛加剧，可随意引起共同运动或其成分。 屈肌异常运动模式达到高峰。	能全指屈曲，可作钩状抓握，但不能伸展，有时可由反射引起伸展。
IV	痉挛开始减弱，出现一些脱离共同运动模式的运动： 1、手能置于腰后。 2、上肢前屈 90°（肘伸展）。 3、肩 0° 肘屈 90° 的情况下，前臂可旋前旋后。	能侧方抓握及拇指带动松开，手指能半随意、小范围的伸展。
V	痉挛减弱，共同运动进一步减弱，分离运动增强： 1、上肢外展 90°（肘伸展，前臂旋前）。 2、上肢前平举并上举过头（肘伸展）。 3、肘呈伸展位，前臂能旋前旋后。	用手掌抓握，能握圆柱状及球形物，但不熟练，能随意全指伸开，但范围大小不等。
VI	痉挛基本消失，协调运动大致正常。 V 级动作的运动速度达健侧 2/3 以上。	能进行各种抓握；全范围的伸指；可进行单指活动，但比健侧稍差。

根据 Brunstorm 分期，脑卒中患者软瘫期，也就是一期康复阶段对应阶段 I，如上文此时治疗康复偏向手术与物理治疗。本课题针对阶段对应为第 IV、V 阶段，针对需要作业治疗与强化运动量的康复，对应上文二期康复的 4 至 12 周时间。最终使得患者能够达到 VI 阶段甚至完全康复。

2.2 调研总结与痛点梳理

2.2.1 患者痛点

由于新冠肺炎疫情，本次课题调研方式采用了电话访谈、实地观察与采访辅以文献支持，进行脑卒中患者手部康复时的痛点梳理。

电话采访方面通过华山医院手外科赵新主任联系到了 12 位已完成脑卒中手部康复的患者，通过 8 个问题进行多选得到关于手部康复过程中患者痛点的分布。

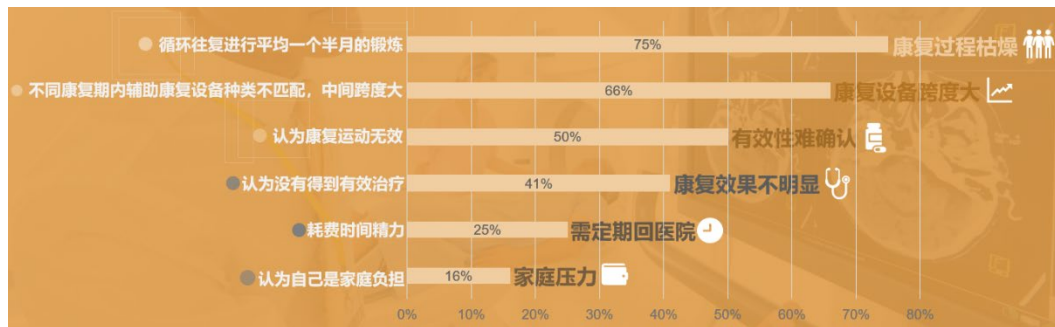


图.9 电话访谈患者痛点梳理

由电话访谈的结果可以看到，患者在康复阶段最主要的心理感受是康复的过程枯燥与有效性难确认。其次客观条件上有康复设备跨度大，说明了一部分康复产品所提供的服务或运动与病人所需的康复作业难度脱节，因而造成了不良的康复体验。第四因素是康复效果不明显，由于病人需要经历至少两个月甚至四个月的时间进行康复，整体过程细化到每一天的进展上，患者面对自己患侧失能的心理落差往往容易忽视每天的点滴进步，这也导致了在二期康复中医院往往需要在康复科不仅安排认知训练还需要辅以心理治疗并且要求病人家属陪同康复，在康复过程中甚至要以“1 病 3 陪”的模式才能有效的进行康复同时维持患者良好的心理状态。

其次通过对仁济医院的实地观察并访谈康复科医师田骏涛，从一线临床的医生角度进一步分析整体流程后发现患者的心理问题主要由三个因素产生：失去工作能力带来的社会压力、对康复预期的悲观导致的暴躁或抑郁、疾病本身偏袒与失语症导致的自闭倾向。因此在康复阶段需要给予病患足够的信心，建立医护的信任关系并进行相关心理护理。

同时田医师也提到目前临床上个人比较在乎的一点，由于病人在整体康复过程中的评估次数只有三次——入院评估、中期评估与出院评估。这三次评估由康复医师进行一对一测试后填写，因此主观性会由于不同医师个人感受出现偏差。同时间隔一个月左右的评估中间的空窗期导致了一部分患者在康复过程中处在一个不知道个体康复进程的状态导致不愿意康复或自暴自弃的倾向。而且田医生也提到，精神类疾病的并发症是脑卒中病症的一大特点，但具体精神类疾病类型根据不同人群因人而异，比如他见过的许多中老年男性患者在脑卒中后不会抑郁但是会躁狂。

同时相关文献也佐证了田医生的观点，根据 2019 年一篇关于中老年脑卒中患者激发躁狂心理的独立危险因素调查显示，通过对 25 例中老年脑卒中后躁狂症患者的对照分析，通过对比病史并进行杨式躁狂评分量表(YMRS)评分。分析结果显示：高龄、男性、脑梗死、右侧半球脑卒中都是脑卒中后躁狂的独立危险因素^[19]。

综上对脑卒中后需要手部康复的主要患者痛点进行总结可以归为以下几点：

- 1) 康复过程不明确，难以明确康复进展；
- 2) 康复的过程枯燥；
- 3) 康复设备适配性差，康复体验不佳；
- 4) 自身在康复过程中的主观能动性丧失，心理问题等；

2.2.2 医护与家属痛点

对于田医生从医护角度进行访谈后与康复科的陪同家属进行访谈，总结归纳了医护对于患者在康复过程中的痛点。首先对于医院来讲，近年随着康复需求的提升以及整体康复科的发展，同时收治的康复患者大大增加，康复训练时往往医护面临“一对多”的工作压力，尤其是在需要向患者明确作业治疗时往往需要手把手进行二三十次重复动作。对于医护而言每天的工作量大，如果家属不能分担的话原则上是要医护全部承担康复工作量。

其次虽然康复已经不再是以前单一康复师全部包办，分为不同治疗师进行物理治疗、言语认知、作业治疗以及心理治疗等。但不同人手在评估时往往不能使单一患者全程由同一个了解患者康复全程的康复医师进行康复评估，因此带来由主观偏差导致的评估偏差在医学上有待改进。

同时为了兼顾患者心理的变化，对于患者的心理治疗不仅仅由单独的心理治疗师进行，而是每个参与康复过程的医护都需要有这方面的敏感性，导致医护在面对患者时需要分散注意力。

最后为了建设卫生部“十二五”所述社区康复等，原则上大医院的康复科对患者进行到作业治疗等后就可以下转到社区医院进行康复或居家康复。但家庭康复的时间与效果存在不确定性，社区医院水平并不能完全保障，因此医护在当下不仅要面对病患，还要对病患家属进行相应培训与指导，并且监督叮嘱患者进行预后回访保证康复效果，因此医护在工作压力上较大。

综上对脑卒中后对患者进行手部康复的医护的痛点进行总结可以归为以下几点：

- 1) 一对一康复的时间消耗；
- 2) 康复效果评估的主观性与时间空窗；
- 3) 精神类疾病的预防与心理治疗的压力；
- 4) 家庭或社区康复的效果与时间消耗。

第三章 产品设计

3.1 设计理念

3.1.1 概念梳理

经过整体的研究背景分析与脑卒中患者手部康复的实地调研，辅以相关文献的查阅，结合患者痛点与医护痛点进行整体产品设计的概念梳理。

首先对于痛点进行重要性排序，根据调研结果与医护建议本课题将侧重点设定为改善患者在 Brunnstorm 分期第 III，IV，V 阶段康复中的康复体验。具体为：

- 1) 寻找一种表达方式将患者康复的进展简单直接的呈现；
- 2) 将康复过程中的作业治疗枯燥性降低，寻找一种患者比较好能接受并有乐趣的康复作业；
- 3) 搭建一套实体设备能够弥补康复过程中设备跨度大的空白；
- 4) 增加康复过程中客观的传感，融合到日常评估，通过客观数据的可视化提升评估频率，进而方便医护了解患者康复进程减少留院时间，同时给予患者康复自信减少心理失落；
- 5) 尝试降低设备成本与重量，制造能够实现设计概念的原型；
- 6) 融合游戏化的理念，将手部康复时的数据通过游戏化交互反馈给患者，进而迭代一部分作业治疗，使得医护与患者家属能够减少工作量；

由此针对目标患者进行 PERSONA 制作，结合已有研究和结论制作一个符合大多数患者的用户画像作为设计对象。



图 10. 用户画像

3.1.2 创意发散

根据人体手部的特征，结合康复运动中五个手指的运动方式，考虑到需要满足手部运动的监测、因此针对传感器方式与设备重量大小、有线无线、是否完全安装在手部、如何固定等问题进行大量草图绘制与 Brain Storm，首先需要明确手部的运动基本构成，以及哪些运动是患者在日常生活中频率最高而且最需要的。

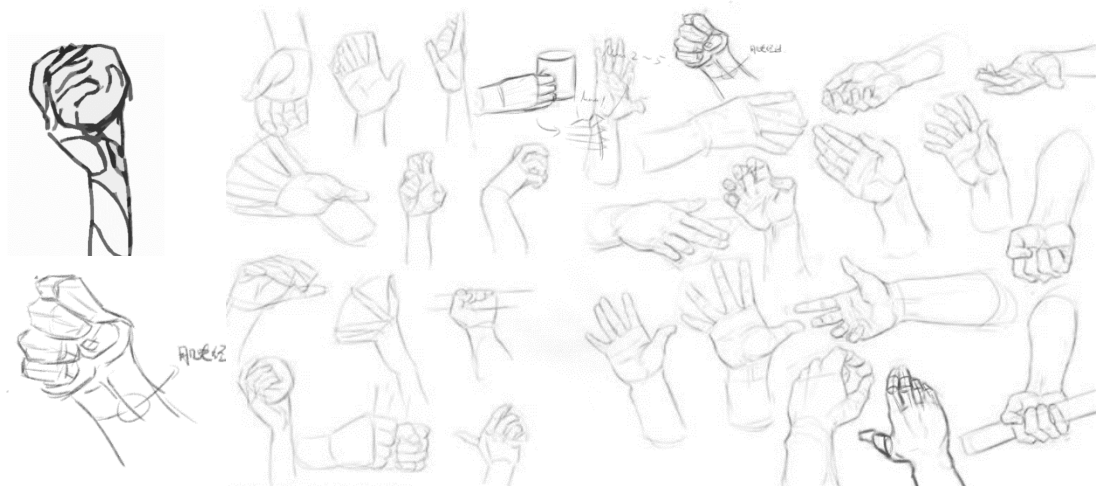


图 11. 对手部运动的思考

其次通过了解患者对指运动与相关康复动作后，明确脑卒中患者手部康复时主要运动以手指抓握与伸张为主，结合对现有传感器的思考与认知，通过草图模拟不同传感器对于手指的监测与实体效果。

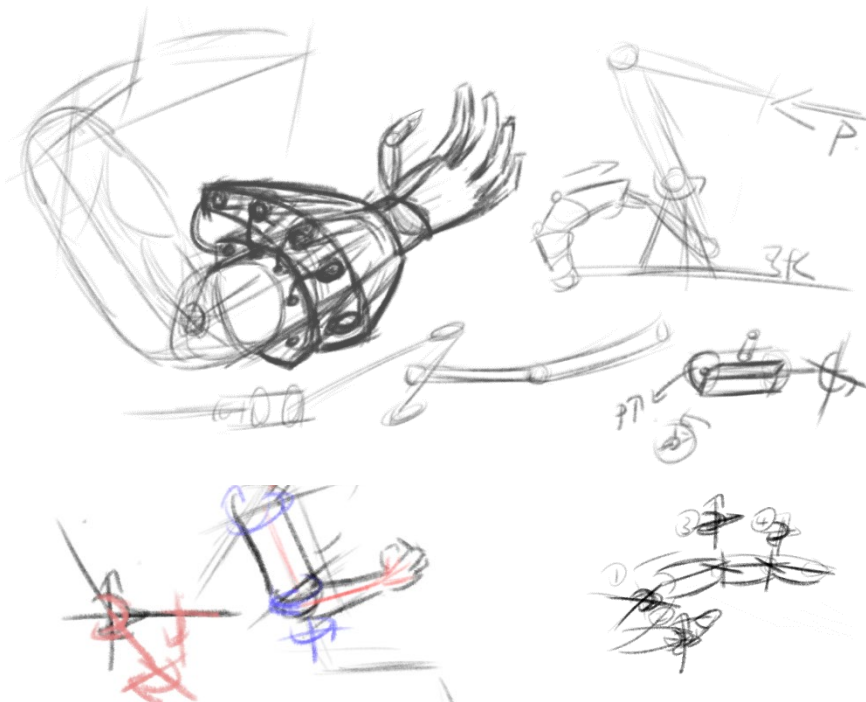


图 12. 对手部运动监测的思考

3.1.3 融合医护建议改进

因考虑到患者在康复过程中的评估对于患者康复信心和心理建设的积极性，融合传感器与游戏交互减少作业康复中的枯燥是一种良好的方式。同时由于不同年龄性别与严重程度的患者每日运动量各不相同，医生们如果能客观的看到患者康复进度，根据患者每日运动幅度进程便可以适当调整诊疗方案，达到尽量缩短二期时长节省医疗资源。而目前仁济医院手部康复依旧依靠人工一对一辅以物理治疗、作业治疗、言语治疗与心理治疗。其中作业治疗里所用设备相对简易，此产品概念应在评估康复方面对医患双方起到的作用是积极的。

3.2 原型设计与功能

对于产品造型上，由于整体设备要满足在医院康复科中使用。故设备体积重量不能过大，整体不应过分复杂。同时需要兼顾数据采集、可视化、评估与游戏交互等，因此梳理六大主要设计功能。



图 13. 六大概念功能

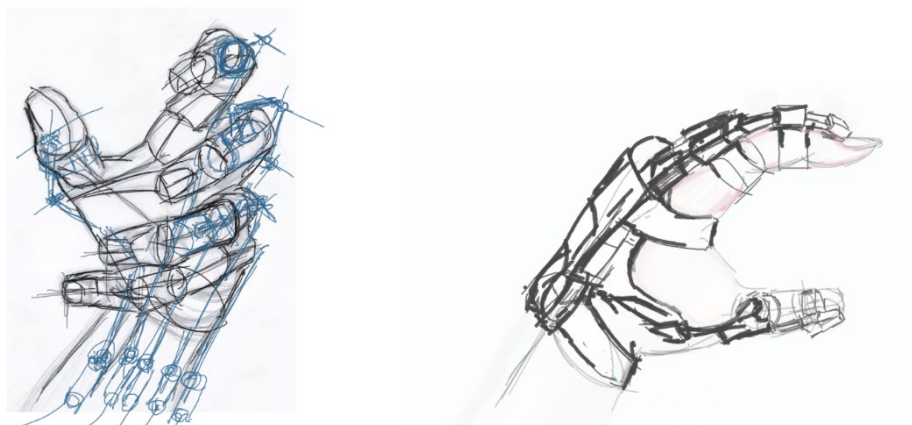


图 14. 原型草图构思

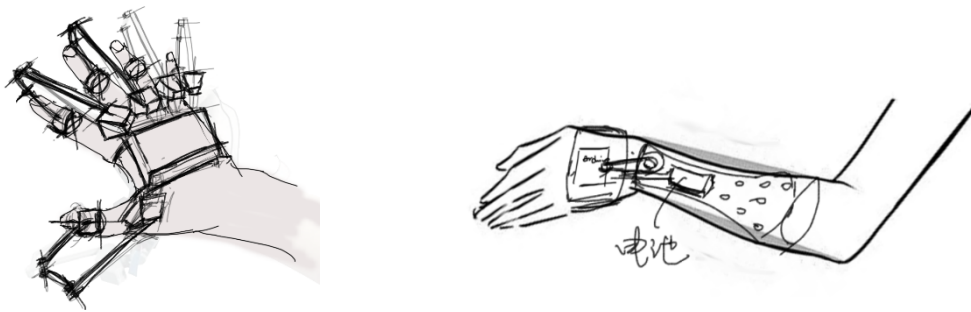


图 15. 最终原型构想图

为了达到预期功能，对手部的传感器采用了电位器。由于人体手指运动主要由筋拉动，发力肌肉位于手臂，因此不需将手指分段测量每一节的运动功能。因此可以在手指部分大幅减少机械重量，只需要设计部分结构能够将手指运动转换为电位器的数值。五个手指分别使用五个电位器配合 ARDUINO 进行数据测量，同时在 ARDUINO 上连接蓝牙与 MPU6050 传感器，进而得以测得患者手掌倾斜程度。通过电池给整体供电进而摆脱线材供电导致的不便。将 ARDUINO 测得的五个电位器数据与陀螺仪数据通过蓝牙发送到 PC 端，PC 端设计相应交互界面与游戏以达到通过游戏化交互减轻患者在手部康复时的枯燥感。

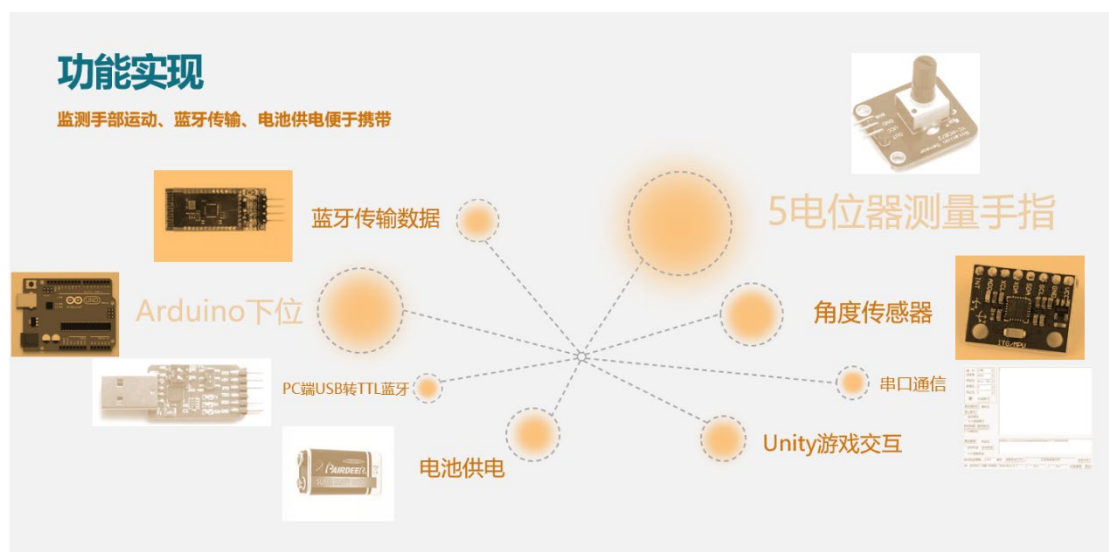


图 16. 原型功能实现构成

3.3 可视化交互设计

在可视化交互方面，由 ARDUINO 下位机传输到 PC 端的数据由于输入项目多达 7 个，同时 5 个手指的数据在交互界面中的呈现与患者锻炼频率息息相关。经过对康复科医生的访谈与相关康复文献研究后，发现脑卒中患者患侧手部的康复中，首先需要经历痉挛期。在痉挛期主张患者进行伸展运动，诱发患侧的伸肌群。随后进行对指锻炼，5 个手指的先后顺序依次为：大拇指、食指、中指、小指、无名指。因而在可视化交互界面中的设计需要考虑到游戏界面的呈现与手指锻炼优先性的关系。

在游戏模式方面，目前市面主流的交互激励主要以慢速任务型游戏或较低程度的竞技类游戏组成。但通过访谈仁济医院田医师得知，脑卒中患者的反应速度与正常人并无大区别，患者脑卒中虽然各不相同，但存在反应速度下降的人群基本只限于重度脑卒中中长期软瘫，其余进入二三期康复的患者反应速度与正常人并无太大区别。因此在游戏机制上可以结合协调性训练、手眼训练等康复概念，进行一定需要反应速度与空间认知的游戏机制设计。

交互界面的技术实现依靠了 UNITY3D 引擎，Unity3D 是由 Unity Technologies 开发的综合型游戏开发殷勤。由于 UNITY3D 中开发的交互界面可以打包安装到各个平台：例如 Windows、IOS 和 Android 等平台。因此对于本课题的交互界面多元需求来说是良好选择。

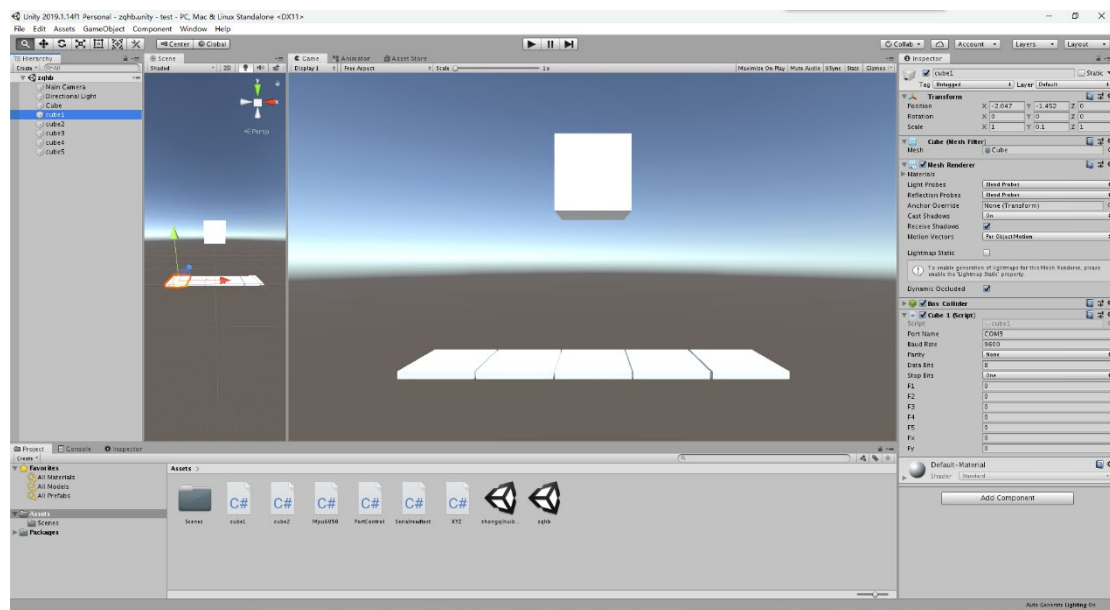


图 17. 测试 ARDUINO 与 UNITY3D 数据传输与显示

3.4 设计方案

3.4.1 产品设计功能

最终原型的设计方案中，将 ARDUINO 整体的重量通过护臂分散到患者的手臂部分。由于整体设备包含了全套蓝牙电池与结构，完全固定在手部会对患者手腕造成较大压力，破坏患者的康复体验。其次选择不加以外力辅助，由于外力辅助势必增加装置重量，现有气泵、液压或舵机等均需要增加额外供电与泵，装置无法完成轻量化到患者边走边玩的程度，同时医院拥有不同种类的康复器具时，不应设计体量、重量过大的产品。

产品最终的设计功能主要包括了传感器、蓝牙与电池等，通过低阻力的机械结构以及传感器对患者手部康复过程进行监测与数据记录，同时将数据与交互游戏相结合，让患者能够在游戏中重复原本枯燥的动作达到减少枯燥感的目的。传感器的数据方面按照手指最大运动角度与运动次数作为两大康复评估指标，由于电位器等传感器的数据测量客观独立，因此在病人现有的三次评估中得以增加频率到每天一份游戏报告。

3.4.2 游戏化激励

针对游戏模式与相应患者的激励中，需要考虑患者对于不同类型的游戏接受程度。由于脑卒中患者集中在中老年人，根据调研结果这类人群对于游戏抱有谨慎态度，由于日常生活中对电子产品的接受程度不如年轻人，娱乐方式也并不像年轻人一般主要通过电子游戏等，所以界面简单、规则易懂同时留有一定难度与刺激性的游戏模式较为适合目标人群。

因此参考曾经风靡的几大游戏：doodle jump、神庙逃亡等，在第一代游戏中采用了迷宫的形式，患者通过手掌倾斜控制小球运动。通过运动五个手指改变相应迷宫墙壁最终到达终点。

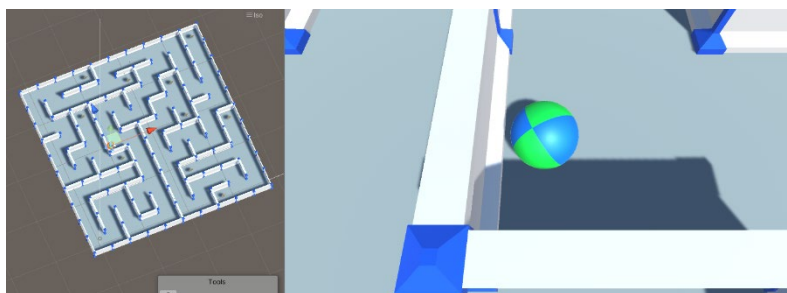


图 18. 第一代游戏交互界面

由于第一代游戏对于手指运动的主要层次区分不明显，而且没有办法强力激励患者进行手指运动，因此在第二代游戏设计上结合了更强的空间认知与反应速度的因素。采用“神庙逃亡”式的无尽模式，简化界面简化规则。患者需要主要依靠运动拇指、食指、中指控制方块左右上下移动，以躲避运动轨迹中的障碍物。同时尽可能多的拿到奖励以升级。

而关于小拇指，由于在康复中的对指训练里，小拇指与无名指是最后阶段完全康复时训练的，因此在游戏中设定运动小拇指便可以获得减速效果，帮助患者更容易的通过障碍物。通过游戏机制区分了手部康复时不同手指的重要性，对主要三只手指进行更集中的训练与运动，配合空间认知与协调训练。弥补了大部分交互产品无法覆盖的协调训练、认知训练、反应训练。

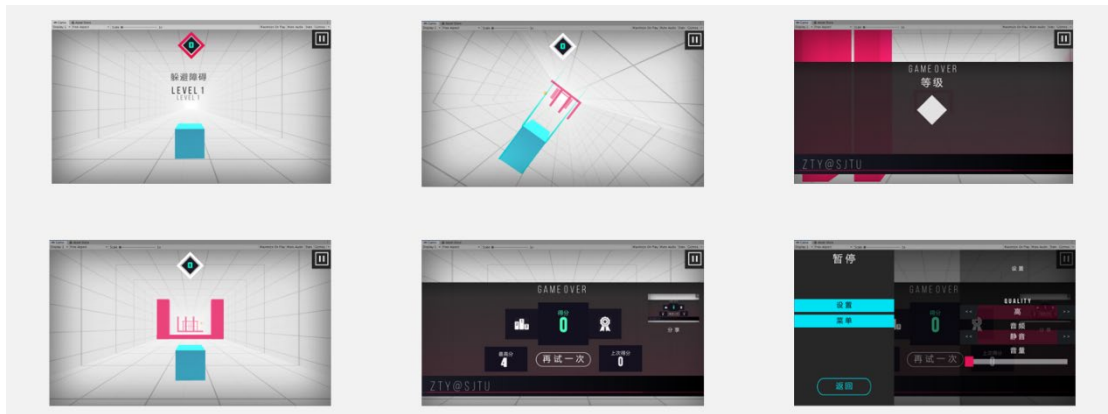


图 19. 第二代游戏交互界面

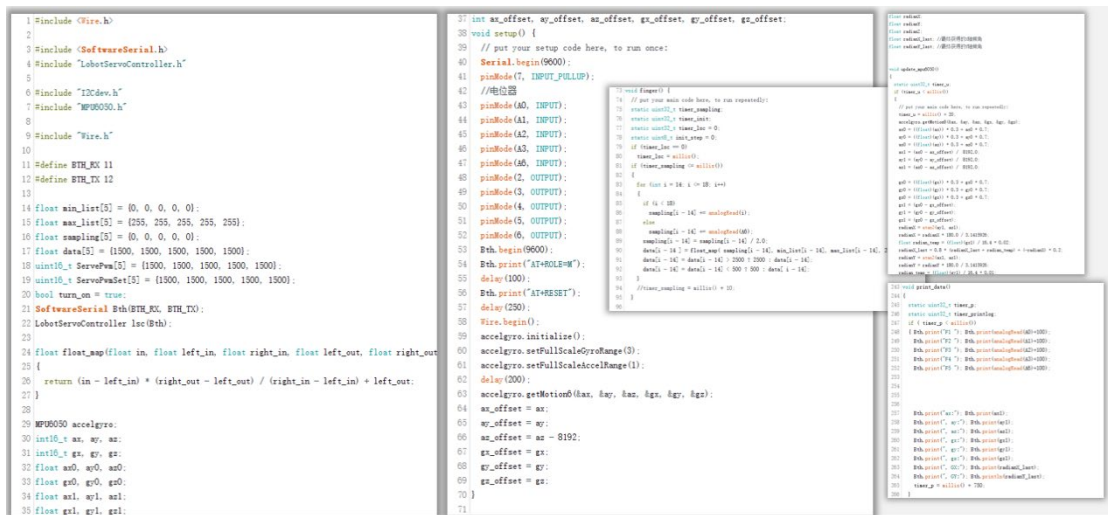


图 20. ARDUINO 部分代码

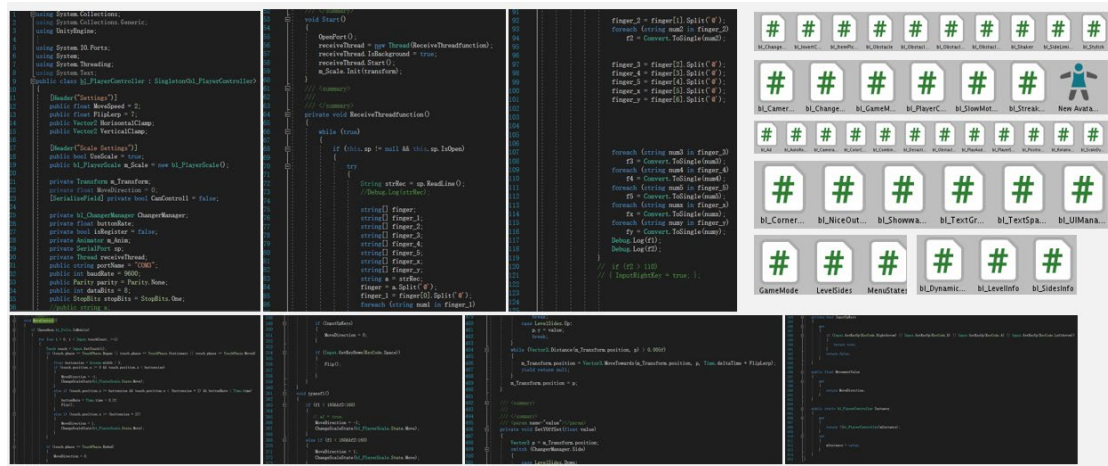


图 21. UNITY3D 部分脚本代码

在与仁济医院康复医护沟通改进后，最终交互界面与游戏设计由代表手部康复病人不同阶段的两个游戏以及健康评估界面三部分构成，针对康复初期患者手部在非痉挛严重时亟需开始康复，而初期微动幅度较小，为了帮助其在产生正向神经冲动后保持运动，设计了第一款以小幅收缩五个手指 3 秒钟为一个周期的初期康复游戏，帮助患者在直观清爽的交互中看到自己手部的运动。

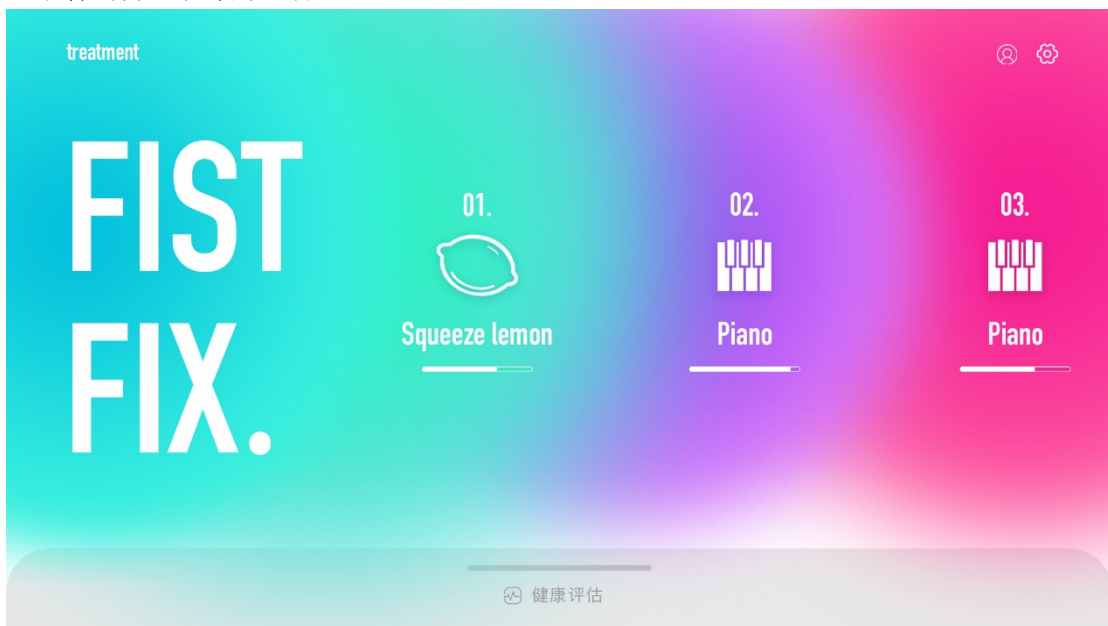


图 22. 第三代交互主界面



图 23. Squeeze lemon 界面 1

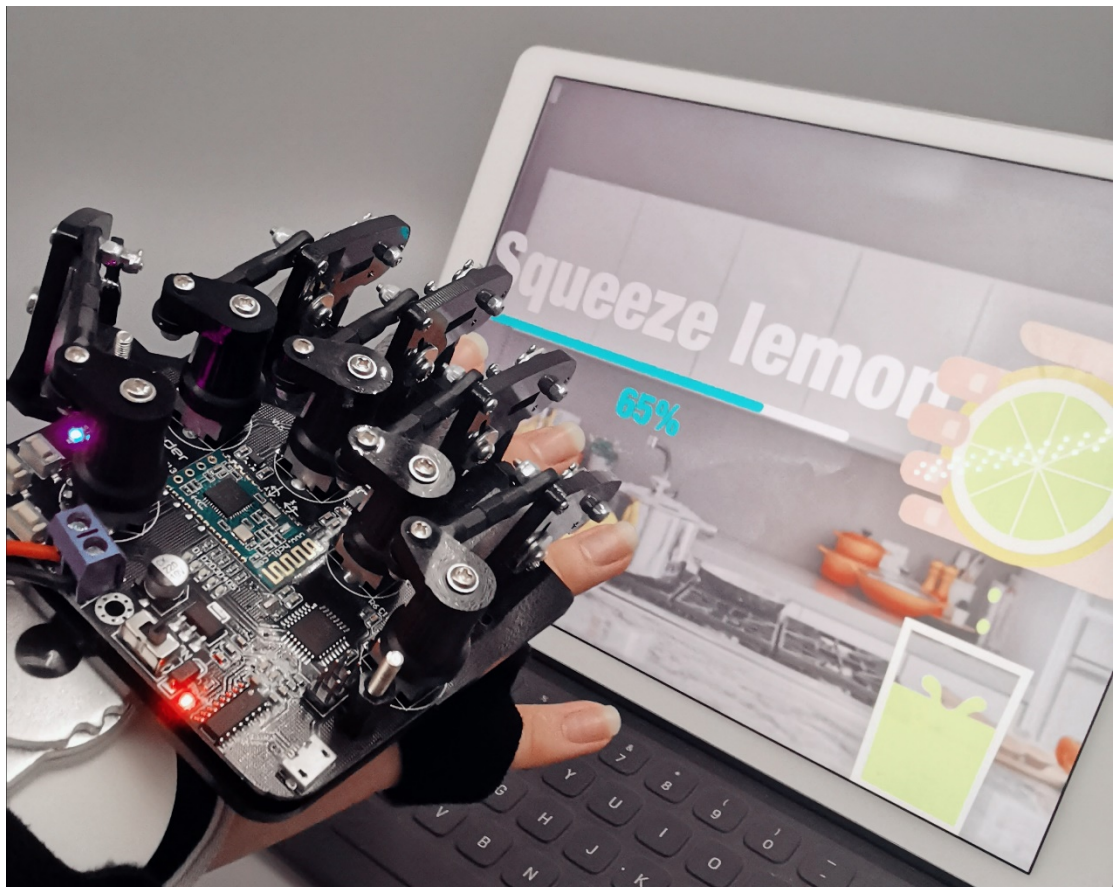


图 24. Squeeze lemon 界面 2

第二部分的“PIANO FIX”则是融合康复后期空间认知、手眼协调、反应训练等对功能恢复期患者进行提早且全方位的康复游戏机制，通过直观可视的钢琴音游界面与手部传感器相连接，让患者在手指可以较大幅度运动的时候可以开始融合性的作业治疗。在音乐方面选择 Beat 间隔为 1 秒以上的中慢速钢琴曲，结合以较为卡通轻松的界面主题，减少患者康复时的紧张情绪与抑郁，消除重复作业康复时的枯燥感。

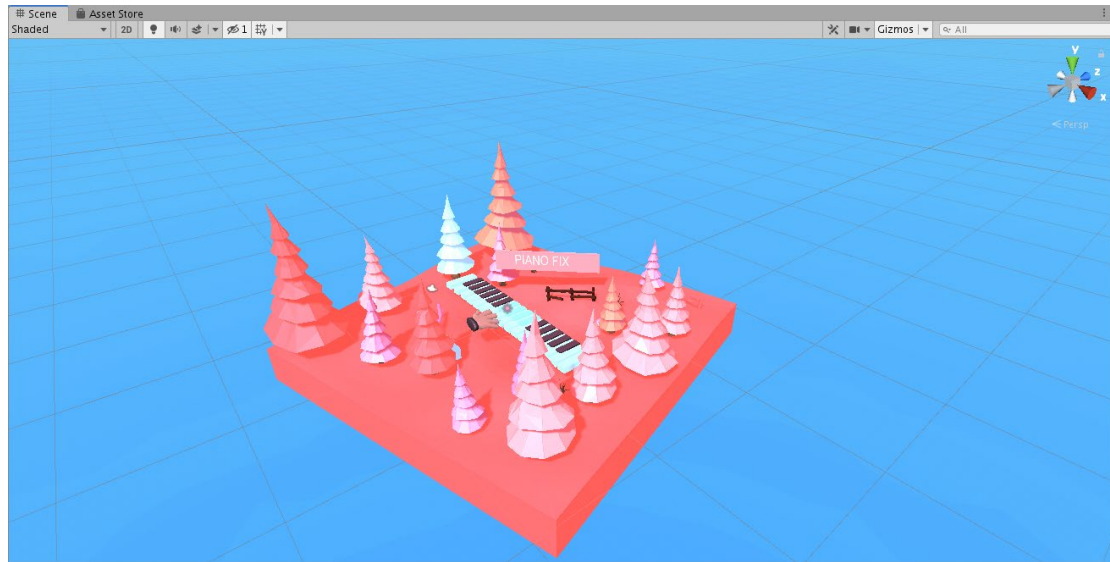


图 25. PIANO FIX 于 UNITY 界面

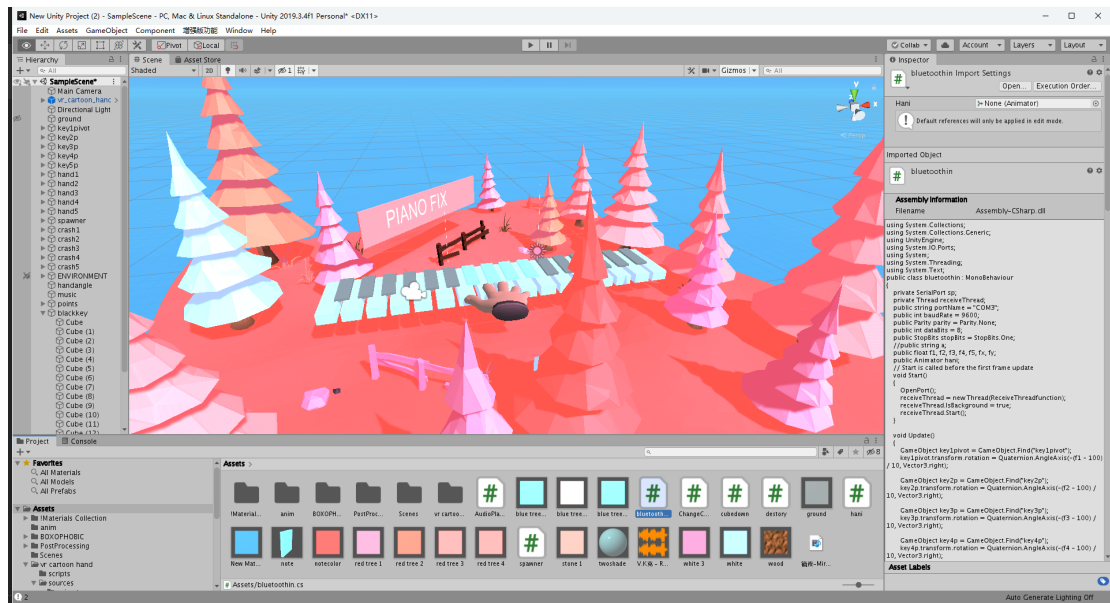


图 26. PIANO FIX 开发界面总览

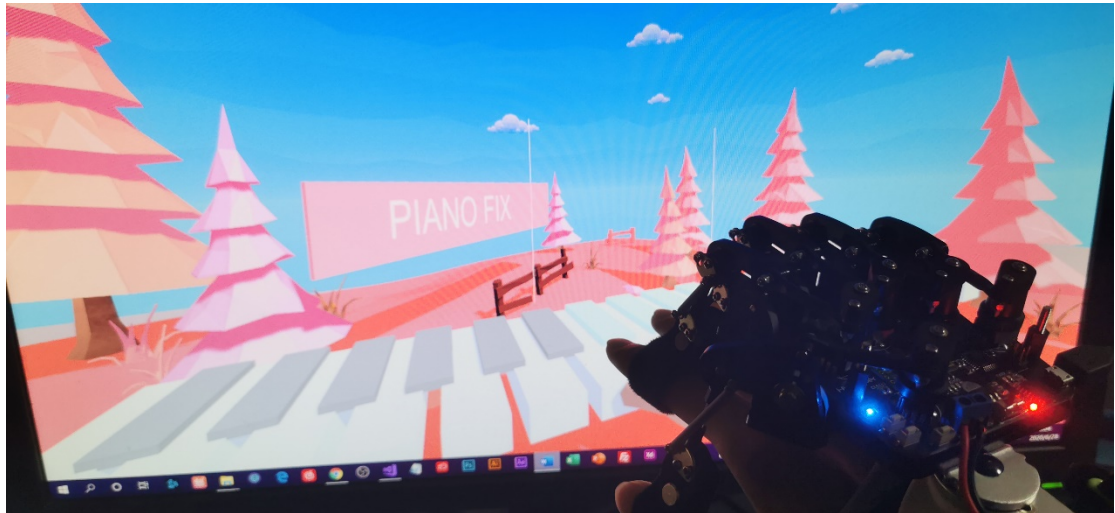


图 27. 调试参数



图 28. PIANO FIX 游戏截图 1



图 29. PIANO FIX 游戏截图 2

最终在两个游戏中患者手部运动的最大数值与运动次数通过 UNITY 计数器记录并在评估界面可视化展示给患者，以帮助患者了解自身手部康复进度从而获得康复信心。

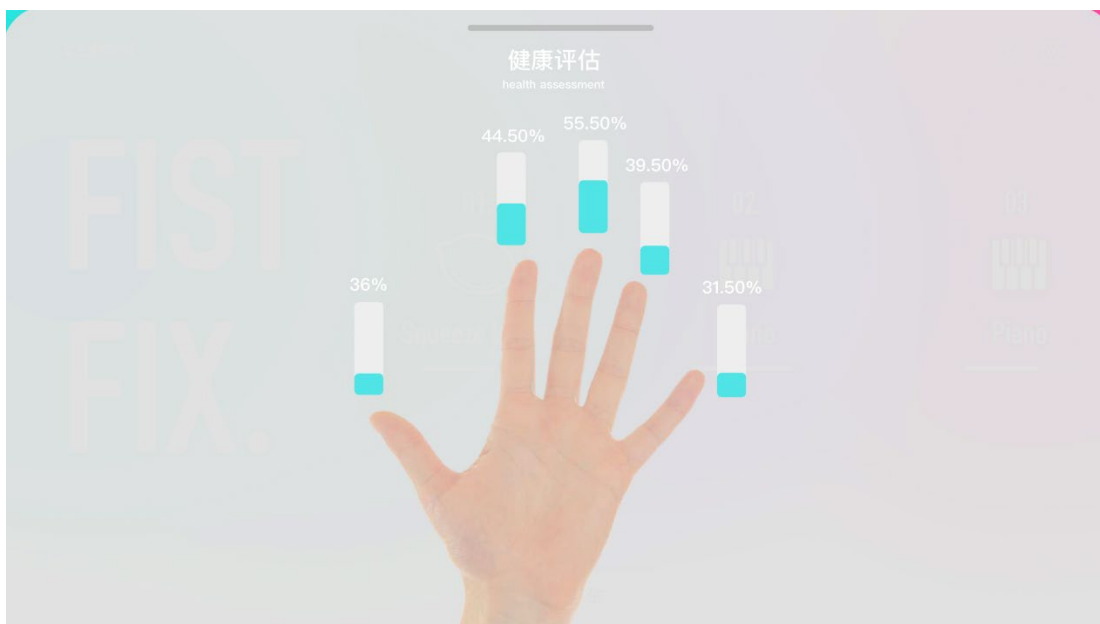


图 30. 健康评估界面 1



图 31. 健康评估界面 2

3.4.3 产品造型与结构

参考国家标准 GB1000-88《中国成人人体尺寸》和国家标准 GB/T12985-1991《在产品设计中应用人体百分位的通则》，可得出以下设计参考尺寸。

表 2. 中国男性手部尺寸/mm

年龄分组	36~60 岁						
百分位数	1	5	10	50	90	95	99
手长	164	170	173	182	193	196	202
手宽	73	76	77	82	87	89	91
食指长	60	63	64	63	74	76	79
食指近位 指关节宽	17	18	18	19	20	21	21
食指远位 指关节宽	14	15	15	16	18	18	19

表 3. 中国女性手部尺寸/mm

年龄分组	36~55 岁						
百分位数	1	5	10	50	90	95	99
手长	154	158	161	171	180	183	189
手宽	68	70	72	76	81	82	85
食指长	57	60	61	66	71	73	76
食指近位 指关节宽	16	16	16	17	19	19	20
食指远位 指关节宽	13	14	14	15	16	17	17

由于需兼顾绝大多数患者的手部尺寸，但由于脑卒中患者男女比例中约为 1.3:1~1.7:1。因此在设计产品的尺寸上男女权重方面采取以默认男女比例 1.5:1。手长取 190mm 并配合指套固定留出 10mm 弹性空间，涵盖 180mm~200mm 手长的患者。同时宽度取 85mm，由于本产品并不通过紧扣手部进行装载，通过手臂固定方式因此手宽方面可以满足绝大多数患者。

产品功能实现主要由 ARDUINO、五个电位器、MPU6050、HC-08 蓝牙以及电池与其他固定结构组成，其中为了减少 ARDUINO 整体装备的体量大小，将电位器直接与 ARDUINO 开发板进行固定，通过切割塑料打孔与螺丝等固定外手指机械结构。

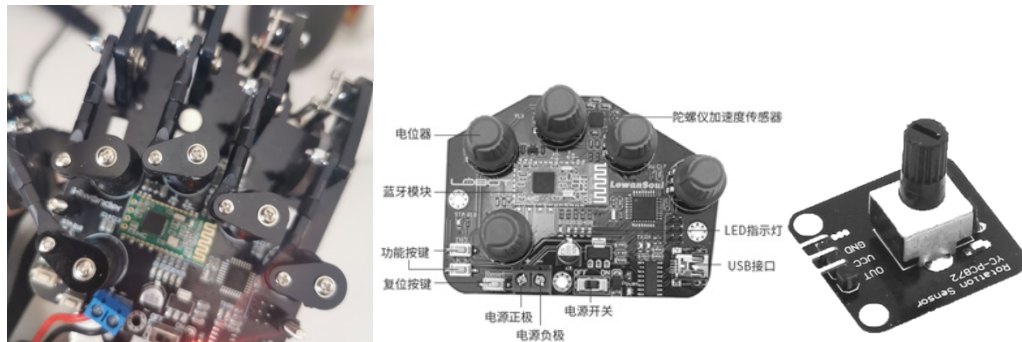


图 32. ARDUINO 传感器部分结构

为了减轻手部重量，使得患者手指能够在低负载的情况下进行运动，整体装置的重量通过护臂转移到手臂上，手指部分通过尼龙指套进行固定，易于更换更加符合医院使用设备时对卫生的需求。



图 33. 原型制作过程

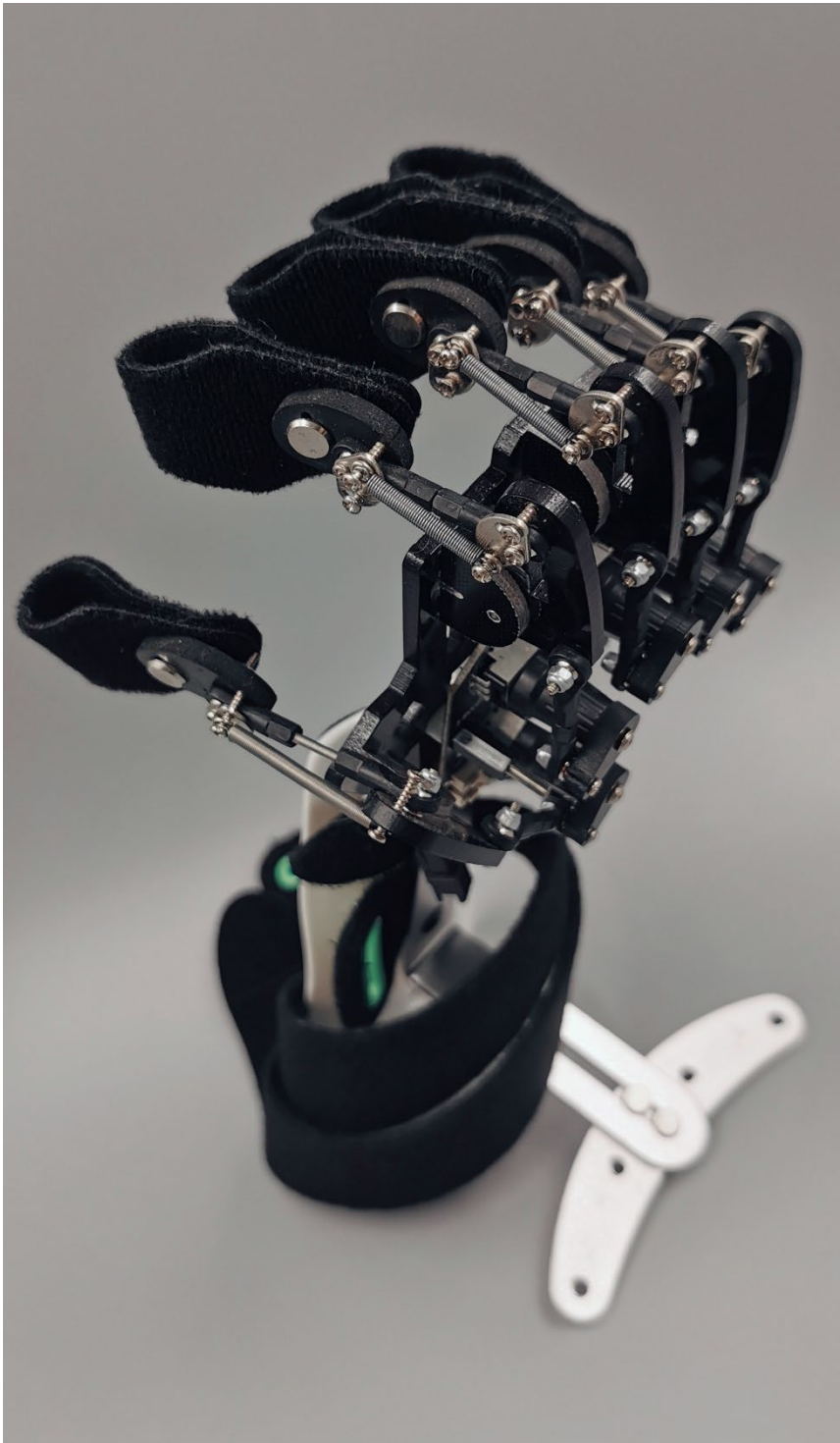


图 34. 最终产品图

3.4.4 产品应用

在完成原型设计与基本功能实现后，对应产品针对的二期康复过程中的作业治疗。对比国内现有的医院康复设备，在补齐非康复专科医院康复科产品方面提供了一套成本较低且简易的客观评估与激励交互。在医护对患者进行重复型康复运动时可以减少一对一消耗的医疗资源用于重点需求患者。

在社区或居家康复过程中能通过传感器测得的数据帮助患者与家属得知康复进展，同时通过客观的进步数据可视化提供给患者相应的康复信心，降低患者躁狂或卒中后抑郁的概率。为提升社区康复水平提供硬件方面的解决方案。

应用场景主要分为两种：一是医院康复科针对仍在住院但已经度过软瘫期开始功能康复的患者；二是康复后期已经居家或进行社区康复的患者。

对于医院场景下，本产品的装置大小收纳需 200*150*300mm 的空间，相比现有大型的助力康复设备具有体积小，重量轻便于携带的优点。同时基于 UNITY3D 开发的交互界面可以发布在安卓、WINDOWS 或 IOS 等平台，因此患者可以通过手机或平板下载软件后待戴上手套在户外进行康复锻炼，不必受设备场地制约导致一直处在封闭的医院环境，对患者康复时的行动自由度起到了良好改善。同时根据游戏进度背后收集的数据，通过手指最大移动角度与分段移动次数的可视化可以帮助医护与患者以每天的频率收集患者手指康复进展，增加了脑卒中患者在医院进行康复运动过程中的评估频率。

在居家或社区康复过程中，由于二期康复的时间有 4~12 周的时间。国外相似产品的成本为一个月 300 美元租金，而本课题原型成本总共约为 700 人民币，因此在社区医院中推广租借式产品前景尚好。通过数字化的客观评估可以减低由于社区医院医护水平参差不齐导致的康复评估问题，同时由于中风患者主要集中在中老年，子女往往需要工作的时候不能对患者进行陪伴与监督。通过便携式的产品可以使患者能够拿着平板与设备正常在小区内与朋友们下期聊天同时进行康复而不是完全居家。

第四章 设计评估

本课题最终的产物由两大方面组成：一是基于 ARDUINO 相关下位机与传感器搭配人体手部结构的实体设备、二是基于 UNITY3D 进行的游戏化交互界面以及康复评估的电子脚本。

通过结合当下游戏化康复对患者康复过程的积极效果研究，在设计层面上为弥补康复设备跨度大、体量重量大、昂贵等缺点，针对脑卒中后需要手部康复的大部分患者提供了二期康复中功能恢复期的一套解决方案是将现有的设计理念结合医疗中患者需求的尝试。

同时为了减少医护人员一对一康复导致的大型医院康复科医疗资源紧张的局面，联系患者与医护共同的痛点——康复评估，探索其对于医患双方的意义。以患者为本，通过访谈、观察患者以及医护家属在患者康复过程中的供需与心理矛盾，在非纯医学的物理治疗以外，结合康复科近年发展的心理治疗、认知训练等项目。探索如何设计一款能够带给患者积极的康复信心的产品，让整体康复过程围绕：信心、有效、乐趣与评估展开。降低医护与病患以及家属之间主观上的不理解。

由于专业化的医疗设备需要考虑特殊人群的需要拥有比市场化产品更高的安全卫生制要求，因此本课题在调研确定面向中老年用户群体后，在实体原型上根据 GB1000-88《中国成人人体尺寸》进行人体工程尺寸设计，并且通过可活动与相关护板与弹力扣留出约 2~5cm 的余量，因此在患者适配角度上能够达到较好的贴合适应性。

关于交互方面在原型与交互第二版界面完成后通过访谈仁济医院康复科医生，展示了项目进展与目标、目前的功能与界面、整体结构与外形后，获悉游戏速度与康复评估界面可视化有待改进后，继续调整游戏内容与交互形式，重新设计了康复评估界面。最终产出第三版交互界面，得到医护方面对于本课题利于缓解康复枯燥、帮助诊疗方案更新、增加评估带来康复信心、作业治疗精细化轻量化的肯定。

同时提到在交互界面中对于患者的反应速度的考虑是目前主流交互类康复产品的盲区，也是本课题的一个创新点。由于康复阶段中往往到后期会单独进行认知训练、协调训练与手眼训练等，因此将此类训练融合进前期的康复中是减少患者康复时间的一种探索。

由于原型整体主要部件由塑料、亚克力与尼龙以及电子元件组成，整体重量通过护臂固定在患者手臂上避免给康复期的患者手部增添过大阻尼。避免了康复设备重量过大给患者带来的抗拒感，同时患者们在访谈中对外置机械结构与电子元件的造型表示“新奇”、“科技感”等积极态度，并未出现不能接受的消极心理，因此在后续外观设计上可以更新保留科技感的外壳等。

至于交互界面方面的展望，目前第三版的游戏开发中反映出的一大问题是手部图像或模拟的直观性有待加强，对于提升患者易用性而言尚有提升空间。未来在研究生阶段将继续设计改进，并从基于直观的手部交互界面进行的游戏出发进行可视化的迭代，继续探索如何游戏化激励结合监测诊疗产出更多实用医护方面的设计。

第五章 总结

本次毕业设计是我在工业时间专业四年本科的学习过程中独立完成的最复杂、也是最完整的设计。以人性化的角度思考当下许多医疗过程中的需求，将医疗过程的“工程思维”与设计追求的更好感受相结合的由来是因为我个人在 2016 年由于右脚外侧韧带断裂经历手术后的康复体验。由于卧床两周以及打着固定石膏等等，我深刻体会到作为患者的躁狂感受，当全部注意力都在自己身上而身体又处于康复阶段酸痛难忍时，不分散注意力或药物治疗的确难以维持良好的休息与精神状态。也是那次在上海市第六人民医院的住院过程让我深切的体会到了现代医学在治病与患者心理与康复体验之间的落差。对比国外在康复、养老等方面对于用户的全方位思考，国内在相关行业都处于正起步探索的阶段。

因此本课题选择脑卒中作为出发点，作为中老年人最大的健康难题，脑卒中的康复过程复杂，康复部位不一。经过文献查询后确定大部分脑卒中患者都会存在的手部功能障碍作为设计解决对象。通过调研、访谈与文献调查等，总结归纳出脑卒中手部康复的一些基本背景方式，从融合设计思维以人为本的角度为实际存在的患者心理与医护评估角度提出自己的解决方案。

在最初进行设计时，由于缺乏对于脑卒中整体医学方面的了解，正值疫情特殊时期，因而在调研时困难重重，只能通过已有文献、电话访谈等方式进行调研。同时计划实现的功能包含了外骨骼贴合与主力等方面，工作量过大且产品可能无法产出实体原型，在项目工作量、可行性与应用可行性方面的考量与分析欠妥，感谢我的指导老师韩挺与刘钊以及设计学院的老师们及时指出工作量与可行性方面问题，使我进一步思考细化针对问题点。

在最初进行草图绘制中，由于手部是人体最灵活的部分，如何简化运动、合并认知手部的肌肉等成为早期绘制设计草图中最主要的问题，结合康复科医生们在患者康复过程中的作业方式以及明确最后需要患者像正常人一样回归社会，因此在初期大量思考生活中手部主要会做的动作，如何分析检测这些动作。

在疫情好转后通过实地医院康复科调研，得知患者在入院后的评估只有三次，心理干预的重要性以及医护痛点后，思考如何将现有的因素整合改进解决医护双方的主要痛点。最终确立通过游戏化激励减少患者康复焦虑与抗拒感，同时通过传感器监测患者的运动达到客观评估康复效果的目的。

在游戏与交互方面由于机制复杂，我本身虽然也是游戏玩家对游戏有一定审美与认知，但当自己独自上手 UNITY3D 为了解决实际问题，同时针对特定人群进行游戏化设计的时候还是多多少少有些摸不着底。因此又在仁济医院询问关于患者反映速度、手眼协调训练方式等等，通过尽可能多的了解患者康复过程，融合医护建议以及患者自身的感受对整体游戏内容进行权衡迭代，进而最终产出第三版的钢琴音游与捏水果小游戏的集合。

虽然一开始由于认知不全面导致产出的许多设计草图方案乍一看简单可行，可是深入考究就会发现存在许多问题。因为在之前的学习过程中，比较少会考虑到实际应用和产品生产成本的问题，因此在这次设计中在涉及到产品的实际应用时，还要考虑患者尺寸、医用设备的安全性、成本、空间资源等等。这些因素都会限制设计的过程，但同时也使得我督促自己用更长远更审慎的眼光看待整个产品的生命周期，不能仅仅是为了设计而设计。

在最终进行了多次设计迭代与两代原型迭代之后，最终产出的第三代产品方案是经过考量之后最具有现实应用价值的设计，虽然在界面上由于 UNITY3D 内建模更新的工作量大，单人无法在短时间内制作大量的模型或大改交互界面，但在整体数据传输与显示层面上也已完全实现预期功能，蓝牙传输与显示延迟控制在 40ms 保证了用户体验，研究生阶段将会继续改进交互与可视化。

在之前的设计过程中，我很少有如此严谨地去考虑设计的实际应用价值和生产可行性的问题，很多时候关注的更多是设计的创新性和前瞻性。可是经过这次毕业设计，我对于一个设计的具体价值又有了重新的审视与判断，在复杂的条件下分析各方因素，以人文关怀为本、合并分析主要问题，兼顾不同的角度看待问题最终产出解决方案的能力得到了提升。

由于本次毕业设计的时间限制加上疫情导致完全在家进行制作与设计，我没有继续深入研究外骨骼助力与人体贴合等其他方面的需求，仅针对“基于游戏化激励与评估激励”完成了设计方案并产出软硬件相结合的原型作为解决方案。由于我个人的设计水平与实际产品制作的限制，最终的设计成果外观层面上比较简单。之后可以继续针对具体医院的使用场景与使用体验做进一步的设计优化，进行产品轻量化与结构模块化设计，并且思考更多的交互界面与游戏形式以满足不同患者群体。

经过这次学习调研和设计的过程，我对于医疗方面的工业设计与游戏化的结合又有了全新的理解，也对这方面产生了更为浓厚的兴趣。虽然医疗器材设计与实际应用过程会涉及到非常严谨的标准、这类产品与面向大众群体的产品的差异性注定其设计过程需要更加仔细审慎，并且需要医学相关的知识，还有许多需求和用户痛点有待继续深入挖掘和探索。在之后的阶段中我会继续探索学习，更加深入的了解设计在其中的使能潜力并挖掘如何通过设计改善患者在医疗过程中的体验。

参考文献

- [1] 王陇德, 刘建民, 杨弋, 等. 我国脑卒中防治仍面临巨大挑战——《中国脑卒中防治报告 2018》概要[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(02):6-20.
- [2] 周游飞, 王德强, 李红卫, et al. 脑卒中后手部活动障碍的研究进展[J]. 中国康复, 2017(2).
- [3] 丁香园. 中国缺血性脑卒中血脂管理指导规范[J]. 实用心脑血管病杂志, 2015, 000(004):117-117.
- [4] 梁天佳. 脑卒中偏瘫上肢功能障碍康复治疗研究进展[J]. 广西医科大学学报, 2018, 035(007):1026-1028.
- [5] 万春晓, 董雪. 脑卒中重症康复的历史、现状和未来[J]. 实用老年医学, 2017, 031(008):715-717.
- [6] 中华人民共和国卫生部. “十二五”时期康复医疗工作指导意见[S]. 卫医政发[2012]13 号, 2011
- [7] 王雄耀. 介绍一种气动新产品—仿生气动肌肉腱[J]. 液压气动与密封, 2002, 01:31-35.
- [8] 鲍官军. 气动柔性驱动器 FPA 的特性及其在多指灵巧手设计中的应用研究[D]. 杭州:浙江工业大学, 2006.
- [9] Yang Qinghua, Zhang Libin, Bao Guanjun, Ruan Jian. Research on novel flexible pneumatic actuator FPA [C]//Proceedings of IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, Singapore, 2004: 385-389.
- [10] Wang Zhiheng, Bao Guanjun, Zhang Libin, Yang Qinghua. Development and control of flexible pneumatic wall-climbing robot[J]. Journal of Central South University of Technology, 2009, 16(6): 961-970.
- [11] Wang Zhiheng, Zhang Libin, Bao Guanjun, Zhou Xiaoyan, Yang Qinghua. Design and control of integrated pneumatic dexterous robot finger [J]. Journal of Central South University of Technology, 2011, 1(6): 961-970.
- [12] 张立彬, 王志恒, 杨庆华, 鲍官军. 气动柔性五自由度手指运动分析及控制[J]. 中国机械工程, 2008, 19(22): 2661-2665.
- [13] Zhang Libin, Wang Zhiheng, Yang Qinghua, Bao Guanjun, Qian Shaoming. Development and simulation of ZJUT Hand based on flexible pneumatic actuator FPA [C]. Proceedings of IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2009, August 9-12: 1634-1639.
- [14] 钱少明, 杨庆华, 鲍官军, 王志恒, 张立彬. 基于气动柔性驱动器的弯曲关节的基本特性研究[J]. 中国机械工程, 20(24): 2903-2907.
- [15] 吴鑫. 基于 FPA 的手指康复器研究[D]. 浙江工业大学, 2012.
- [16] 杨天夫, 阎绍泽, 刘夏杰. 形状记忆合金弹簧驱动的机械手运动分析[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2013(10):1441-1447.
- [17] 石玉芝, 王铄, 王春雪, 等. 脑梗死患者卒中后抑郁病程相关因素及预后—全国多中心前瞻性队列研究[C]// 中华医学会全国神经病学学术会议. 0.
- [18] <http://www.Yikangshiye.com/>
- [19] 李琼, 刘新. 中老年脑卒中患者激发躁狂心理的独立危险因素[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(09):32-34.

谢辞

在时长六个月的毕设设计的完成过程中，首先要感谢我的指导老师们：韩挺老师与刘钊老师。非常感谢由出身设计的韩挺老师与出身机械的刘钊老师在两方面对我的指导与分析。帮助我明确了设计所需针对的重点与制造过程中的细节。在选题阶段提供给了我一个本身也感兴趣的课题并接受我作为学生进行毕业设计与研究。在整个调研与设计的过程中也感谢仁济医院、华山医院与交大医学院相关师生对我的帮助与支持，所提出的建议与不同视角产生的交流碰撞得以让我更全方面的认知康复问题的解决方案需要多元深入。感谢仁济医院护理部杨艳主任对我的帮助使我可以在疫情背景下进入仁济医院实地观察访谈并与田医师一对一交流观点。在设计方案的选择上感谢刘钊老师明确指出外力助力的康复设备所面临的三大困难所带来的工作量，让我得以从中重新思考设计与机械的平衡。在最后进行界面设计中感谢韩挺老师的指导与研究生们之间的交流，给我指出明路进行改进。

最后感谢父母家人、学医的女朋友与仁济医院医护和同学朋友们对我在毕设过程中的帮助和支持，谢谢各位。

REHABILITATION PRODUCT DESIGNED FOR THE ELDER STROKE PATIENTS

Stroke, commonly known as apoplexy in the public, is divided into two categories: ischemic and hemorrhagic in medicine. It shows high incidence rate in the middle-aged and elderly population, and makes it a major threat to the health of the middle-aged and elderly in China. With the increasing number of stroke patients in recent years, the rehabilitation and prevention of stroke has become a research hotspot. According to the hospital, the treatment of stroke patients is divided into surgery, physical therapy and rehabilitation exercise. Among them, early rehabilitation is the most effective way to reduce the disability caused by stroke. In stroke patients, 80% of them have upper extremity dysfunction. Therefore, the hand rehabilitation needs of stroke patients and the market prospect of related products are broad.

Based on the investigation of Chinese stroke patients, medical interview and related literature research, this paper adopts literature research, interview, observation and other research methods to explore the improvement of the objectivity and frequency of rehabilitation evaluation, the improvement of the boring and experience of rehabilitation process, and the improvement of the fitness of rehabilitation products. In order to reduce the recovery cycle of patients, reduce the waste of medical resources, and improve the efficiency of medical care, this project tries integrating the hand eye coordination training and other later rehabilitation contents into the first and middle rehabilitation training.

At the initial stage of hand rehabilitation, when the patient enters the rehabilitation stage after surgery, it is called soft paralysis stage. In the stage of soft paralysis, the five fingers of the affected hand are often in a state of weakness and unable to extend and bend actively. In this stage, medical care is necessary for one-to-one rehabilitation treatment and monitoring of patients. At this time, the rehabilitation mainly uses low-frequency electrical stimulation, which belongs to the physical therapy in the clinical level.

In addition to physical therapy, occupational therapy, speech therapy and psychotherapy, these treatments constitute the main way of hand rehabilitation for stroke patients.

Among them, occupational therapy is particularly important for stroke patients who pass through the soft paralysis stage and enter the second stage rehabilitation. In this process, from "sand picking" and "peanut picking" assisted by rehabilitation doctors to fingerboards, pneumatic gloves and elastic assisted hand orthotics are all within the scope of occupational therapy, but for the high differentiation of patients with different degrees in the rehabilitation process, the operation mode varies from person to person. For example, the fingerboard is mainly used for the patients who have just passed the stage of soft paralysis after stroke, most of them have spasm or increased muscle tension. It can effectively reduce or control the degree of spasm, while the pneumatic gloves are used for the second stage rehabilitation to strengthen the movement ability and strength of the affected hand.

For the second stage rehabilitation patients, according to different conditions from the fretting stage, the whole grasping stage to the functional recovery stage, the patients generally need to

experience 4 to 12 weeks in the relevant rehabilitation center or in the rehabilitation department of the general hospital to carry out rehabilitation operations including occupational therapy, physical therapy and so on.

The third stage rehabilitation mainly refers to the home-based and community-based rehabilitation of stroke. When the patients have undergone surgery in the hospital and rehabilitation in the period of soft paralysis, they will be transferred to the next stage of rehabilitation after 4 to 12 weeks of the second stage. In order to help patients return to society and carry out normal community life, the medical and Nursing Association will carry out propaganda and education on patients' families and encourage patients to go to the community hospital to continue rehabilitation exercise so as to spend the rehabilitation platform period, in which, it is possible to strengthen the patient side rehabilitation through occupational therapy or the patient can use the healthy side to assist self-exercise.

According to the importance ranking of pain points, the focus of this project is to improve the rehabilitation experience of patients in Brunnstorm stage III, IV, V rehabilitation: to find a way of expression to simply and directly present the progress of patients' rehabilitation, to reduce the dullness of occupational therapy in the rehabilitation process, to find a kind of rehabilitation work that patients can accept and have fun; to build a set of physical equipment can make up for the gap of large equipment span in the rehabilitation process, to increase the objective sensors in the rehabilitation process and integrate them into daily evaluation, improve the frequency of evaluation through the visualization of objective data, so that doctors and nurses can understand the rehabilitation process of patients, to reduce the length of hospital stay time, and give patients self-confidence in rehabilitation, to reduce psychological pains, to reduce the cost and weight of equipment and create a prototype that can realize the design concept, to integrate the concept of Gamification, to feed back the data of hand rehabilitation to patients through Gamification interaction, and then iterate one Sub operation treatment can reduce the workload of medical care and patients' families.

For the characteristics of human hand, combined with the five fingers' movement mode in rehabilitation movement, considering the need to meet the monitoring of hand movement, a large number of sketches and brain storm are drawn for the problems of sensor mode such as equipment weight, wired or wireless, whether it is completely installed in the hand, how to fix, etc. First of all in this project, knowing the basic composition of hand movement, and which movements are the most frequent and needed by patients in daily life is important.

Secondly, after simultaneous interpreting the movement of fingers and related rehabilitation exercises, the main movements of stroke patients in hand rehabilitation were mainly grasped and stretched by fingers. Combined with the thinking and cognition of the existing sensors, the monitoring and effective results of different sensors for fingers were simulated through sketches.

For the prototype function realization, in order to make up for the large span of rehabilitation products, integrate a set of light-weight hand rehabilitation training products with low cost and helpful to the early stage of functional recovery is necessary. At the prototype level, the wearability of the hand is designed by referring to the Chinese adult human body size standard and combining with plastic, acrylic, nylon, elastic cotton and other materials. The prototype is based on the integration of Arduino and potential sensor, mpu6050 and hc-08 Bluetooth, and the whole device is lightweight and portable through battery power supply. At the same time, the interactive interface is developed based on unity3d, which can meet the needs of patients on PC, Android, IOS and other

devices.

In the stimulation of game mode and corresponding patients, considering the patients' acceptance of different types of games, the game needs to be user-friendly, because the stroke patients are concentrated in the middle-aged and the elderly.

Therefore, referring to several popular games: Doodle Jump, Temple Escape and so on, dynamic maze was used in the first generation of games. Patients controlled the ball movement through palm tilt. Change the corresponding maze wall by moving five fingers to reach the end.

Due to the first generation of games for the main level of finger movement distinction is not obvious, and there is no way to strongly encourage patients to carry out finger movement, after confirming the priority of five fingers in the follow-up field interview, the second game version of the game iteration was carried out. Based on the priority assignment of thumb, index finger, middle finger, little finger and ring finger, the 'Fist Fix' game with the theme of three-dimensional avoidance is redesigned. Patients need to mainly rely on the movement of thumb, index finger and middle finger to control the box moving up and down to avoid obstacles in the movement track. Get as many rewards as you can to upgrade.

The spatial cognition, hand eye coordination and so on were integrated into the patients' early rehabilitation training. In the exploration of integrated rehabilitation training to reduce the overall rehabilitation time-consuming, monitoring the progress of patients' rehabilitation through the game backstage and generating reports, patients are given confidence in rehabilitation. Doctors and nurses would adjust the diagnosis and treatment plan in time to improve the rehabilitation efficiency.

In design evaluation, the game design with the factors of the reaction speed of the patients was used as the way to integrate the rehabilitation content of the patients to reduce the rehabilitation cycle, which was recognized by the rehabilitation doctors of Renji Hospital. At the same time, the objective evaluation method based on sensors improves the situation that the existing patients only have three subjective evaluations in more than four months. By increasing the evaluation frequency, the patients can directly see their daily rehabilitation progress, and alleviate the rehabilitation anxiety on the psychological level. The monitoring of data also improved the efficiency of medical staffs in adjusting the diagnosis and treatment plan in the process of stroke rehabilitation, and started the next stage of rehabilitation as early as possible to reduce the occupation of medical resources.