

助老助残机器人调研

以人形下肢外骨骼机器人为重点对象

汇报人：

1. 康复机器人行业前瞻

图表2：康复机器人分类

类型	细分	产品	代表产品
医疗训练用 康复机器人	功能恢复型(非穿戴式)	上肢康复训练机器人	Technobody的Multi-Joint System; Hocoma; 华盛顿大学 CADEN-7上海理工 KinoBot、Centrobot-2
		下肢康复训练机器人	Lokomat
	功能恢复与辅助复合型	非穿戴式移动式助行康复机器人	/
		穿戴式外骨骼上肢神经康复机器人	柏林工业大学基于力感应控制; 香港理工大学外骨骼机械手; 上海理工Rehand
生活辅助用 康复机器人	功能代偿型	穿戴式外骨骼下肢神经康复机器人	Rex Bionics的Rex-Exoskelett; 日本HAL-5; 本田技术研究所基础技术研究中心
		智能轮椅	Monash大学、国立澳大利亚大学Alex Zelinsky; 日本Veda与Tmsuk研制的RODEM 上海交大“交龙”; 新加坡ITE;
	智能假肢	上肢: DLR和HIT合作的Hand2; 奥托博克米开期基罗; RSL Steeper的Bebionic; EPFL和SSSA的Lifehand2;	
	智能辅助机械臂	下肢: ottobock; Ossu和Victhom Human Bionics的POWERKNEE	
功能辅助型	智能护理床	Stryker medical的Intouch; Panasonic t Robotic bed; Arjo Huntleigh的Enterprise9000 Hill-room的TotalcareP500; 上海理工智能护理床	
	饮食护理机器人	SECOM的My Spoon; Mealtime Partner Dining System; Selifeeder;	
	个人卫生护理机器人	日本安寝Smilet; 上海理工Rebox	
	移位机器人	RI-MAN机器人、ROBEAR	
	陪护机器人	Giraff	
	导盲机器人	/	

资料来源：前瞻产业研究院整理

@前瞻经济学人APP

图表4：国内外主要康复机器人企业介绍

地区	企业	分析
国外	ReWalk Robotics	ReWalk致力于设计和制造可穿戴外骨骼动力设备，帮助腰部以下瘫痪者重获行动能力。
	Ekso Bionics	Ekso Bionics设计、开发及推广的外骨骼或可穿戴机械的应用领域广泛，包括医疗、军事及工业。Ekso的康复用仿生机器人外骨骼针对脑卒中患者、脊椎损伤者和其他神经疾病患者。Ekso的设备售价超过10万美元/台。
	Rex Bionics Ltd	RexBionics提供两种主要产品，即REX Rehab和Rex P (Personal)，二者的目标市场分别在专业康复诊所和个人家庭护理市场。REX是不需要拐杖的体外骨骼产品，在英国一个独立的REX机器人的零售价为9万英镑左右。患者使用REX产品站立的同时，可以腾出手臂和双手去完成其他工作或娱乐活动。
	Cyberdyne	Cyberdyne是一家旨在开发外骨骼机器人的公司，于2014年3月在东京证券交易所创业板上市，是日本首家生产医用及社会福利事业用机器人的公司上市。
	AlterG	AlterG专注于运动调节、物理治疗设备、康复设备、运动损伤治疗，神经物理治疗等领域。公司主要产品为反重力跑步机和仿生腿。
	Hocoma	Hocoma是一家开发、制造并销售功能性运动疗法机器人的医疗技术公司，致力于提供临床神经康复和高质量的治疗方案。
国内	埃斯顿	2017年，埃斯顿自动化公司参股美国巴莱特技术有限责任公司，共同成立埃斯顿（南京）医疗科技有限公司，从工业机器人市场进入医疗机器人市场。其研发的上肢康复机器人2020年宣布获得医疗器械注册证，即将上市销售。
	璟和机器人	多体位智能康复机器人。
	大艾机器人	下肢外骨骼康复训练机器人LEgs系列、WaLker系列，适用脑损伤、脊髓损伤患者，截瘫和偏瘫患者，目前合作医院包括北京积水潭医院、301医院、北京宣武医院、国家康复辅具研究中心、中国康复研究中心等。
	尖叫科技	Scream One，不需要拐杖，实时与人体交互进行步态移动。
	安阳神方	上肢康复机器人和下肢康复机器人，适用脑中风、手术、外伤引起的肢体运动功能障碍患者的康复治疗训练及评估，客户群体是综合医院康复科、康复医院和社区康复中心。

资料来源：前瞻产业研究院整理

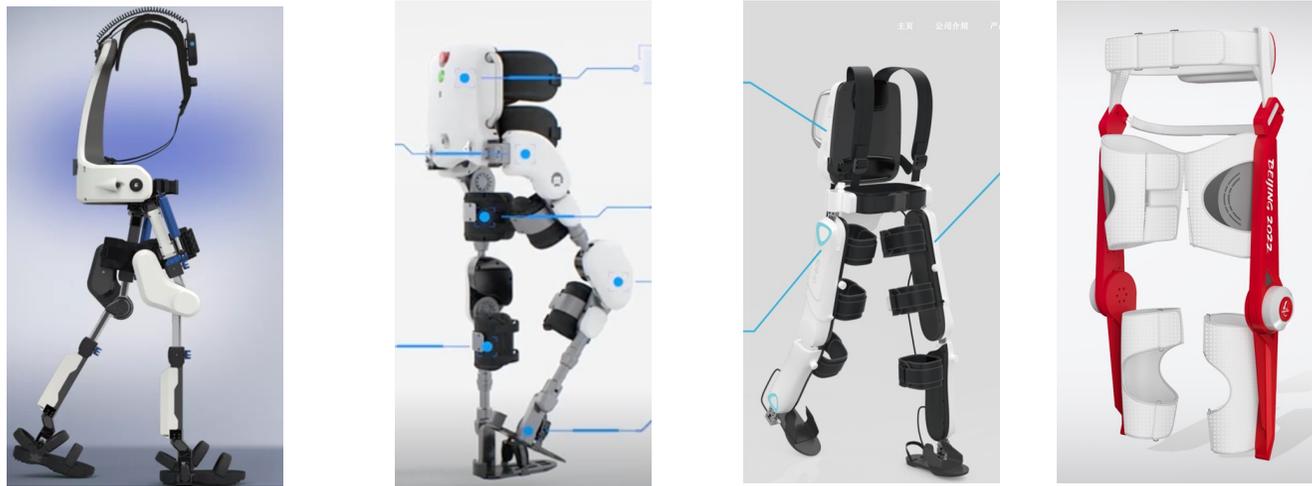
@前瞻经济学人APP

2. 国外康复下肢外骨骼



- 按照功能划分可分为康复训练机器人和辅助行走机器人。康复训练外骨骼机器人有以下几大知名品牌：奥地利SCHEPP、瑞士Hocoma、美国Woodway等，辅助行走外骨骼机器人主要有：以色列Rewalk、美国EKSO、日本Cyberdyne、新西兰Rex Bionics等。
- Cyberdyne（左）开发了混合辅助肢（HAL）外骨骼来帮助残疾人。包括手臂和腿部辅助，可以单独使用或同时使用。HAL是由肌电信号（EMG）控制的为数不多的商业设备之一。
- Ekso外骨骼（中间）主要用于为从脊髓损伤等下肢残疾中恢复的患者提供步态训练。
- Parker Hannafin的Indego外骨骼（右）旨在作为一种辅助技术外骨骼，用于帮助脊髓损伤患者。

3. 国内康复下肢外骨骼



- 傲鲨智能 BES-PRO 底层支持EMG接入。
- 傅利叶智能 ExoMotus 配套 EEG, EMG, 足底压力感知。
- 迈步机器人 MileBot 集成 BCI EMG FES。
- 大艾机器人 艾行 有判断运动意图和感知地形的功能。
- 类似的制造商还有很多, 迈宝、铁甲铜拳等



技术局限：

目前助老助残可穿戴机器人的功能性和灵巧性仍与人类肢体的功能相差甚远，主要原因之一是缺乏“类人神经肌肉反射运动机制”的应急能力，以应对摔倒、抓取物体滑动等突发情况，制约瓶颈有：

1. 类人骨骼肌肉的灵巧柔顺机构。
2. 类人运动感知的多模态感知能力。
3. 类人神经反射运动调节的控制策略。



康复早期-艾康1



康复中期-小艾康



康复后期-艾动



居家康复-艾家



儿童康复-艾童



新一代AI外骨骼机器人

感知智能

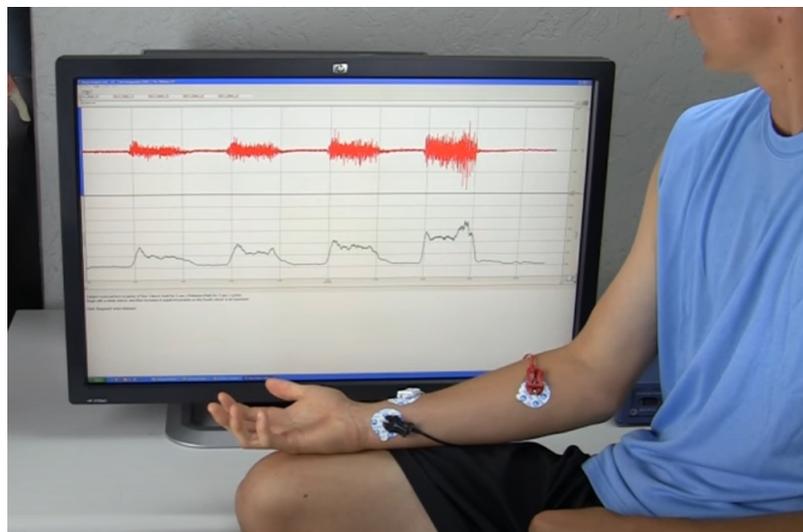
- 显式/手动用户输入 (MUI)

- 按钮输入或语音输入设备直接确定外骨骼的操作模式。由于易于实施、更高的可预测性和更低的错误风险，这些方法目前是最常见的。通常用于完全脊髓损伤 (SCI) 患者，因为无法从腿部获得输入。在这种情况下，可以使用拐杖手柄上的按钮或专用手表。
- 然而，这些优势是以需要用户额外参与为代价的，这使得用户体验不那么自然，增加了认知负荷，并可能减慢操作速度。语音命令并不常见，因为需要说话，在公共场所可能会让人感到尴尬。它在嘈杂的环境中更容易出错。



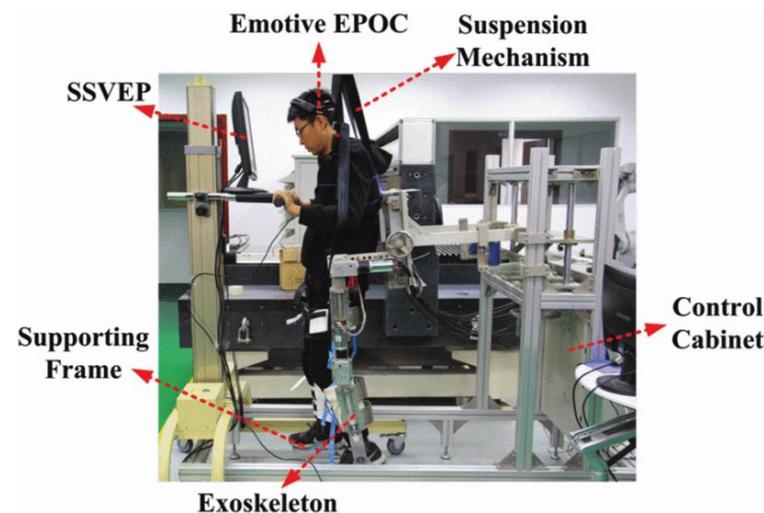
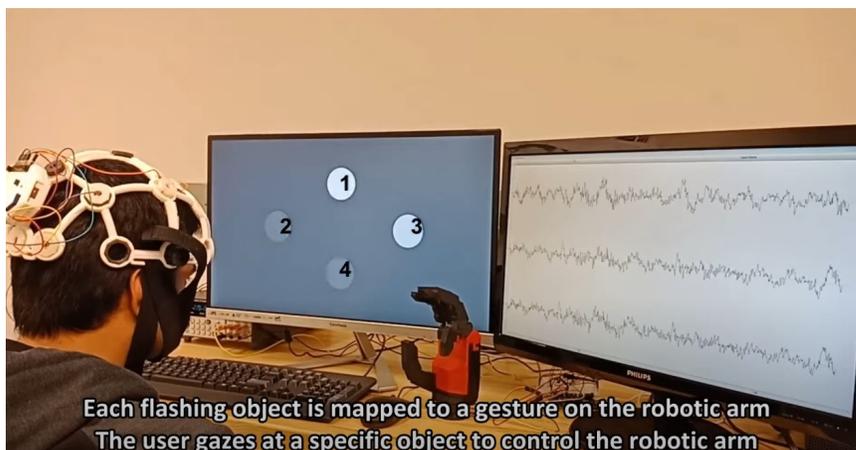
• 前馈神经输入

- 整合用户输入和反馈最直接方法之一是通过神经（或肌肉）连接。目前（2017年）市场上唯一采用这种技术的外骨骼是 HAL和 Myomo，两者都使用sEMG电极。sEMG信号会因放置、疲劳和汗水等各种因素而发生变化，可能需要频繁的重新校准才能使用。
- 基于EMG的技术有望的替代解决方案是使用肌肉内EMG电极，虽然肌肉疲劳仍然可能随着时间的推移而改变信号特性，并且侵入性技术的可接受堪忧。比如植入式肌电传感器iMES，它可以远程和无线供电，并将肌电信号发送到控制器。



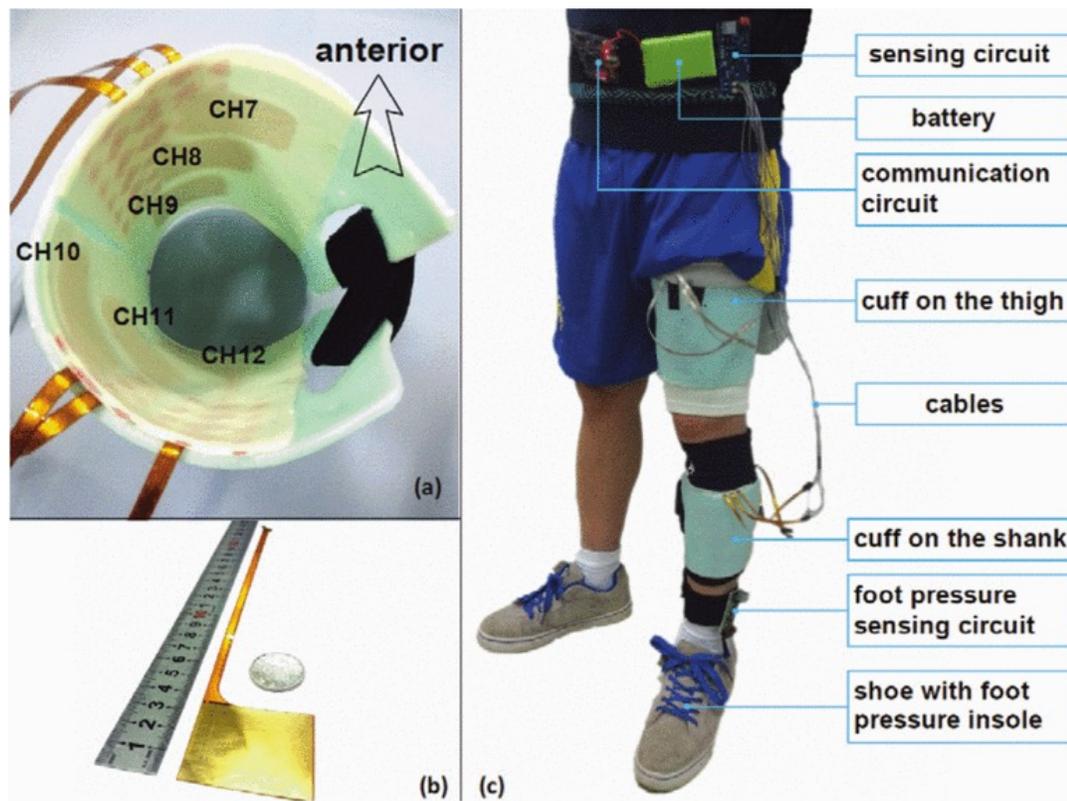
脑机接口 (BCI)

- 对大脑活动电信号进行测量，放大和分析。在不同的脑信号记录方法中，目前主要使用脑电图 (EEG)，因为它非侵入性的。例如当视网膜受到 3.5 Hz 至 75 Hz 范围内的视觉刺激时，大脑会以与视觉刺激相同的频率产生电活动，称为稳态视觉诱发电位 (SSVEP)。
- 需要用户高度集中注意力（因此限制了同时进行的认知活动，例如言语）、肌肉激活的伪影（脑电图信号在表面）头皮的振幅接近 $100 \mu\text{V}$ ，而肌电图 (EMG) 信号为几 mV，电极放置过程相当冗长，需要对用户和算法进行培训，并且速度非常慢（以秒为单位）或仅限于很少的命令。



• 动作识别 (MOV)

- 根据用户移动或打算移动的方式自动更改行为。这种方法的主要优点是它不需要用户的直接输入，交互更加直观和自然。对于这种方法，通常联合传感器和IMU数据（通常来自截瘫患者的上半身）由机器学习或模糊逻辑算法处理。有时，地面反作用力或肌电图 (EMG) 等其他类型的信号也可用于推断用户的运动或意图。



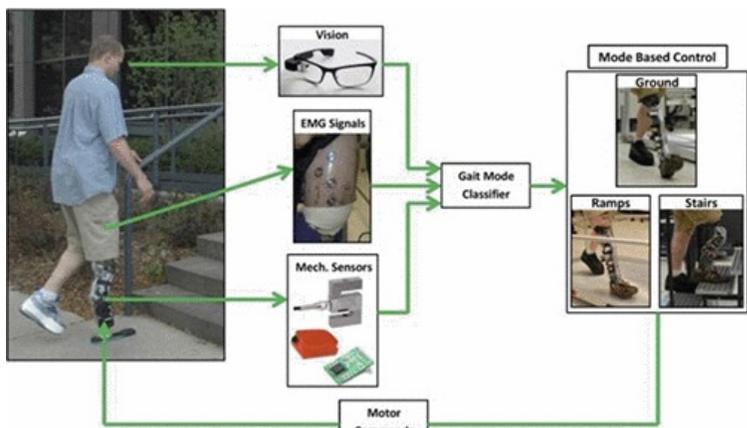
可以记录人体腿部肌肉收缩的信号的电容传感系统，用于步态相位检测。Ref: E. Zheng, N. Vitiello and Q. Wang, "Gait phase detection based on non-contact capacitive sensing: Preliminary results," 2015 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), Singapore, 2015, pp. 43-48.



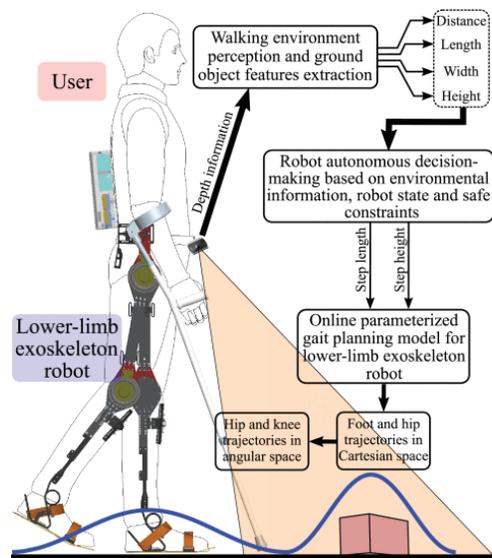
可穿戴电阻抗断层扫描 (EIT) 来监测肌肉参与度并在虚拟肌肉骨骼化身上可视化当前状态 Ref: Zhu J, Lei Y, Shah A, et al. MuscleRehab: Improving Unsupervised Physical Rehabilitation by Monitoring and Visualizing Muscle Engagement[C]//Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. 2022: 1-14.

地形识别 (TER)

- 通常，决定步态辅助设备的操作模式和高级行为的最具决定性的因素是地形。因此，有关地形的信息可用于为此类设备构建高级控制器。在这些控制器中，嵌入式传感器用于识别用户前方的地形类型或障碍物，以便相应地规划步骤。用于这些高级控制器的通常相机（通常的可见光相机或3D深度感应），但是还使用了例如红外距离传感器或激光距离传感器与惯性测量单元 (IMU) 的融合。
- 地形识别在领域文献相对较少。由于图像或点云处理技术通常计算量大，实际集成到设备的控制器中的例子很少。随着模式识别和机器学习方法的进步，在未来的研究中有望成功实现此类控制器。



融合了视觉、IMU和压力信息，对地形上下坡进行分类。Ref: Krausz NE, Lenzi T, Hargrove LJ. Depth sensing for improved control of lower limb prostheses. IEEE Trans Biomed Eng. 2015;6211:2576–87.



利用深度相机对地形进行识别。
Ref: D. -X. Liu, J. Xu, C. Chen, X. Long, D. Tao and X. Wu, "Vision-Assisted Autonomous Lower-Limb Exoskeleton Robot," in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, vol. 51, no. 6, pp. 3759-3770, June 2021.

使用两个EMG传感器和两个地面反作用力GRF传感器对三种不同的地形（下坡、水平和上坡）进行SVM分类
Ref: Gao S, Wang Y, Fang C, Xu L. A smart terrain identification technique based on electromyography, ground reaction force, and machine learning for lower limb rehabilitation. Appl Sci. 2020;108:2638.