

Carlos Alberto Jara Bravo

Profesor e investigador del Grupo Human Robotics (HURO) de la Universidad de Alicante

“Desarrollar un modelo estandarizado de rehabilitación para trastornos neuromusculares sería un avance extraordinario”

Mónica Ramírez

La robótica asistencial está diseñada para ayudar a las personas en diversas tareas, desde la movilidad y el cuidado personal hasta la compañía y la asistencia en tareas cotidianas. Esta tecnología se enfoca en mejorar la calidad de vida de los usuarios, brindando soporte físico, cognitivo y emocional, y está dirigida principalmente a personas mayores, con discapacidad, y a aquellas que requieren asistencia en su día a día.

El Grupo Human Robotics (HURO), de la Universidad de Alicante, merece una atención destacada por su investigación en las tecnologías de asistencia y rehabilitación, entre otras tecnologías robóticas. Carlos Alberto Jara es profesor titular en el Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante, fundador y miembro del grupo de investigación HUMAN ROBOTICS (HURO). Es ingeniero de la rama industrial y su tesis doctoral recibió el Premio CESEI (mejor tesis doctoral española en investigación sobre aplicaciones tecnológicas en el ámbito de la educación en las áreas de Ingeniería Eléctrica, Tecnología Electrónica, Ingeniería de Telecomunicación e Ingeniería Informática). En el ámbito de la investigación, se ha centrado en la simulación robótica, laboratorios virtuales y remotos, manipulación robótica, interacción humano-robot, y robótica asistencial y de rehabilitación.

¿Cuándo se creó el Grupo Human Robotics y con qué objetivos?

El grupo de investigación Human Robotics fue creado en el año 2018 por tres profesores a tiempo completo y un profesor asociado. Desde el punto



Carlos Alberto Jara Bravo

“Desde el punto de vista científico, el objetivo principal del grupo es trabajar en tecnologías para el bienestar humano. Actualmente, existen tres líneas de investigación dentro del grupo”

de vista humano, este grupo fue creado para ser un grupo con una estructura horizontal, organizado de manera colaborativa y democrática, donde las decisiones se toman colectivamente entre los miembros del grupo, independientemente de su rango académico o antigüedad. Desde el punto de vista científico, el objetivo principal del grupo es trabajar en tecnologías para el bienestar humano. Actualmente, existen tres líneas de investigación dentro del grupo.

En primer lugar, la línea neuro-mecánica y neuro-rehabilitación, centrada en el estudio detallado de las señales electromiográficas (EMG), con

el objetivo de comprender la dinámica neuromuscular del movimiento humano, especialmente en contextos de disfunción motora. Esta línea explora cómo las señales EMG pueden ser utilizadas para diseñar, validar y aplicar estrategias de intervención personalizadas en neurorrehabilitación, integrando tecnologías como inteligencia artificial, sistemas de control en bucle cerrado y dispositivos de asistencia robótica.

En segundo lugar, la línea robótica de asistencia y rehabilitación, enfocada en el desarrollo, investigación e innovación de sistemas robóticos aplicados a la neuro-rehabilitación. Esta línea de trabajo busca diseñar tecnologías que asistan activamente el proceso de recuperación funcional en personas con alteraciones neuromotoras, integrando control inteligente y adaptativo. La efectividad de estos sistemas se evalúa mediante un enfoque neuro-mecánico, analizando la interacción entre el paciente y el dispositivo a través de parámetros como la actividad EMG, cinemática del movimiento y respuesta funcional. El objetivo es contribuir al avance de terapias más eficaces, personalizadas y basadas en evidencia.

En tercer lugar, la línea robótica espacial. Esta línea incluye el desarrollo de técnicas avanzadas de control e inteligencia artificial para el Guiado, la Navegación y el Control (GNC) de robots en el espacio, así como el control visual y la manipulación robótica para la interacción con objetivos no cooperativos. También abarca la percepción en entornos espaciales, el servicio y la fabricación robótica en órbita, y la simulación de alta fidelidad mediante gemelos digitales de sistemas robóticos espaciales.

¿Cuántos investigadores forman parte de Grupo Human Robotics?

El grupo está conformado por 6 profesores a tiempo completo, 7 profesores asociados a tiempo parcial, 3 becarios predoctorales con dedicación exclusiva y 2 técnicos de laboratorio contratados a tiempo completo, sumando un total de 18 integrantes. Esta consolidación representa una notable evolución desde su creación en 2018, cuando el grupo se inició con solo 4 miembros.

¿Cómo son sus perfiles profesionales y académicos principalmente?

Los perfiles profesionales de los investigadores del grupo se centran fundamentalmente en robótica, bioingeniería, visión por computador, inteligencia artificial y control. Los profesores a tiempo completo poseen una carrera de ingeniería o informática y un doctorado en robótica, informática o bioingeniería. La investigación de cada uno de los profesores a tiempo completo se centra en una de las líneas mencionadas anteriormente, además de ser experto en una temática complementaria a las líneas. Estas temáticas se centran en control de robots, diseño de sistemas robóticos, visión por computador, neuro-mecánica y electrofisiología, inteligencia artificial y realidad virtual y/o aumentada.

Entre los proyectos finalizados en los que ha participado algún investigador, ¿cuáles destacaría?

Los profesores a tiempo completo del grupo poseen una alta experiencia y participación en proyectos de investigación de ámbito local, regional, nacional e internacional. Todos los proyectos finalizados en los que hemos estado involucrados han sido interesantes, aunque destacaría aquellos relacionados con la aplicación de la robótica como ayuda a la discapacidad, tales como pruebas de concepto de dispositivo sensorizado para la rehabilitación motora de miembro superior mediante realidad virtual y aumentada. La entidad financiadora es la Universidad de Alicante (Referencia: PC022), y el año de finalización es el 2025.

También el desarrollo y monitorización de sistemas seguros de interacción hombre-máquina en tareas de robótica de rehabilitación. La entidad

financiadora es la Conselleria De Innovación, Universidades, Ciencia Y Sociedad Digital, y el año de finalización era 2023. Nuevas métricas para la evaluación de la función motora usando técnicas avanzadas de electromiografía. La Entidad financiadora es la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura Y Deporte, y el año de finalización 2021. Y Plataforma Robótica para la ayuda asistencial en tareas a personas con discapacidad. La entidad financiadora es la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura Y Deporte, y el año de finalización 2019.

Aunque el número de proyectos finalizados no es aún elevado, es importante resaltar que el grupo es relativamente joven, fundado en 2018.

¿Qué líneas de investigación se están llevando a cabo en el ámbito de la robótica asistencial en estos momentos, por parte de HURO?

Actualmente participamos en dos proyectos de gran relevancia: uno a nivel nacional y otro de alcance internacional, enfocados en la robótica de asistencia y rehabilitación, así como en la evaluación neuro-mecánica mediante electromiografía. Estos dos proyectos se describen brevemente a continuación: "Rehabilitación motora gamificada asistida por robots basada en evaluación neuromecánica (Gamified Robot-assisted Motor Rehabilitation based on neuromechanical assessment - GARMOR)". Proyecto nacional concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación enfocado en el desarrollo de un sistema de rehabilitación gamificada asistida por un robot colaborativo, para la rehabilitación del miembro superior en pacientes con enfermedad cerebrovascular. Este sistema combinará la asistencia del robot colaborativo mediante un efector final con actividades gamificadas de realidad virtual y monitorización de biomarcadores neurofisiológicos (electromiografía). Este proyecto supondrá un avance hacia la búsqueda de estándares en la robótica de rehabilitación y su integración en el sistema sanitario actual.

Por otra parte, "Monitoring and delivering personalised hand neurorehabilitation through virtual activities controlled by the neural drive (MYOREHAB)". Es un proyecto de



Proyecto nacional GARMOR, concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación, enfocado en el desarrollo de un sistema de rehabilitación gamificada asistida por un robot colaborativo, para la rehabilitación del miembro superior en pacientes con enfermedad cerebrovascular.

colaboración internacional entre la Universidad de Alicante (UA), Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg (FAU), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) y Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Este proyecto, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, tiene como objetivo desarrollar un sistema de inteligencia artificial que supervise la actividad EMG de la musculatura de la mano y entregue intervenciones personalizadas de neurorrehabilitación en bucle cerrado. El sistema proporcionará retroalimentación en tiempo real para optimizar la adherencia del paciente y maximizar la eficacia de la terapia.

En líneas generales, y para conocer un poco más sobre la tendencia actual, ¿cuáles son las principales tecnologías e innovaciones que se están desarrollando en materia de asistencia y rehabilitación?

Actualmente, el campo de la asistencia y rehabilitación está viviendo una transformación impulsada por tecnologías emergentes que buscan hacer las terapias más eficaces, personalizadas y accesibles. Este es uno de los principales propósitos de prácticamente la totalidad de los proyectos de investigación dentro de esta área. Para ser más específico, se pueden destacar las siguientes tendencias e innovaciones.

Robótica de rehabilitación: desarrollo e innovación en dispositivos robóticos diseñados para asistir o guiar

el movimiento de las extremidades, con un enfoque especial en personas con parálisis parcial o alteraciones del control motor.

Exoesqueletos: desarrollo de nuevos exoesqueletos más ligeros y portátiles (exo-trajes), junto con innovaciones orientadas a mejorar la usabilidad y la autonomía de los dispositivos existentes, especialmente en aplicaciones de asistencia para la marcha.

Inteligencia Artificial y aprendizaje automático: personalización de las terapias a partir del análisis en tiempo real de datos fisiológicos (EMG, EEG, cinemática, etc.), así como la predicción de la evolución del paciente y adaptación automática del nivel de asistencia o dificultad.

Realidad virtual y realidad aumentada: desarrollo de aplicaciones de realidad virtual y/aumentada, así como de entornos inmersivos para herramienta motivadora durante las tareas de rehabilitación. Estas herramientas, a través de retroalimentación visual, auditiva y háptica, favorecen una mayor participación del usuario y promueven un aprendizaje más motivador y efectivo.

Telerrehabilitación: desarrollo de soluciones para la rehabilitación domiciliar, con énfasis en la monitorización en tiempo real. En este contexto, cobra especial relevancia la innovación de los sistemas IoT (Internet de las cosas), que incorporan sensores, cámaras y aplicaciones móviles para evaluar el desempeño del paciente y ajustar los ejercicios de manera remota, mejorando la efectividad del tratamiento desde el hogar.

Sistemas wearables (dispositivos portátiles): desarrollo e innovación en sensores o sistemas para la monitorización del paciente fuera del entorno clínico y poder evaluar la recuperación funcional de manera continua.

Existen otros sistemas relevantes en el ámbito de la asistencia y rehabilitación, como las interfaces cerebro-computadora (BCI) y la estimulación eléctrica funcional (FES); sin embargo, estas tecnologías no forman parte del enfoque de investigación del grupo.

Los tratamientos de rehabilitación de los trastornos neuromusculares varían según los centros clínicos y los sistemas sanitarios, ¿haría falta desarrollar



Proyecto de colaboración internacional MYOREHAB, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, centrado en el desarrollo de un sistema de inteligencia artificial que supervise la actividad EMG de la musculatura de la mano, y entregue intervenciones personalizadas de neurorrehabilitación en bucle cerrado.

un modelo estandarizado que se pueda replicar en cualquier país?

Evidentemente, desarrollar un modelo estandarizado de rehabilitación para trastornos neuromusculares sería un avance extraordinario en el área de la asistencia y rehabilitación, especialmente dentro del entorno clínico. Está claro que existe un gran trabajo para poder conseguirlo, ya que los tratamientos varían según los centros clínicos, sistemas sanitarios, países, etc., y realmente existe una necesidad de mejorar la uniformidad y la accesibilidad de los tratamientos, especialmente para los pacientes que enfrentan barreras geográficas, económicas o de infraestructura. Un estándar global mejoraría la calidad del tratamiento, optimizaría los recursos, facilitaría la integración de nuevas tecnologías, y mejoraría la investigación y colaboración internacional.

Nuestros proyectos de investigación actuales dentro de esta área, GARMOR y MYOREHAB, están ligados a esta necesidad de una forma muy intensa. En GARMOR, se intenta buscar estándares en los tratamientos de rehabilitación mediante robots asistentes de efector final. En MYOREHAB, se evalúa la efectividad de una misma plataforma de rehabilitación en diferentes países.

¿Qué tipo de colaboraciones mantienen con otras entidades, universidades o centros asistenciales y hospitalarios, desde el Grupo Human Robotics?

El grupo de investigación posee diversas colaboraciones con diferentes

entidades e investigadores. A nivel internacional, son fundamentalmente colaboraciones con grupos de investigación de otras universidades o centros de investigación. Entre ellas, cabe destacar las siguientes:

- Prof. Leonard Felicetti. Centre for Autonomous and Cyberphysical Systems, Universidad de Cranfield. Reino Unido.
- Prof. Miguel Olivares Méndez. Interdisciplinary Centre for Security, Reliability and Trust (SnT), University of Luxembourg, Luxemburgo.
- Prof. Gerasimos Rigatos. Industrial Systems Institute. Grecia.
- Prof. Reza Emami. Institute for Aerospace Studies. Universidad de Toronto. Canadá.
- Prof. Irma Nayeli Ángulo Sherman, Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad de Monterrey (UDEM), México.
- Prof. Rocío Salazar Varas, Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), México
- Prof. Carlos Cifuentes, Bristol Robotics Laboratory, University of the West of England (UWE Bristol), Reino Unido.
- Prof. Alessandro Del Vecchio, N-Squared Lab, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg (FAU), Alemania.
- Prof. Carina Marconi Germer, Department of Biomedical Engineering, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil.

- Prof. Leonardo Abdala Elias, Department of Electronics and Biomedical Engineering, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil.
- Prof. José Carlos Rangel Ortiz, Facultad de Ingeniería de Sistemas, Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Panamá.
- Dr. Álvaro Costa García, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japón.
- Prof. Enrique Hortal Quesada, Department of Advanced Computing Sciences, Maastricht University, Países Bajos.

A nivel nacional, el grupo colabora con otros grupos de investigación, así como institutos tecnológicos, asociaciones, empresas y departamentos sanitarios. A continuación, se muestran los más importantes: Brain-Machine Interface Systems Lab, Universidad Miguel Hernández, España; Neural Rehabilitation Group, Instituto Cajal, CSIC, España; Unidad de Neurología, Hospital General Universitario de Alicante, España; Unidad de Daño Cerebral, Hospital de San Vicente del Raspeig, España; Unidad de Traumatología, Hospital Vega Baja, Orihuela, España; Fundación ADACEA de Daño Cerebral, Alicante, España; Instituto Tecnológico del Juguete (AIJU); Instituto Tecnológico del Textil (AITEK); Gogoa Mobility Robots, Bizkaia, España, y CFZ Cobots, Elche, España.

¿Con qué ayudas cuentan para desarrollar sus proyectos de investigación?

Contamos con diversas fuentes de financiación para el desarrollo de nuestros proyectos, centrandos nuestros esfuerzos principalmente en ayudas públicas competitivas, aunque también exploramos convocatorias de entidades privadas. Estas ayudas pueden clasificarse según su ámbito de actuación: local, regional, nacional e internacional.

En el ámbito local, estas ayudas provienen especialmente del Programa Propio de la Universidad de Alicante. En el ámbito regional, ayudas provenientes de la Generalitat Valenciana (Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo) y del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE). En el ámbito nacional, ayudas provenientes de la Agencia Estatal de Investigación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. También ciertas convocatorias de

fundaciones privadas como MAPFRE, BBVA, La Caixa, Instituto de Salud Carlos III, etc. En el ámbito internacional, programas europeos como Horizon Europe o de colaboración internacional de la Fundación EU-LAC (Unión Europea - América Latina y el Caribe).

¿Cuáles son los principales desafíos y retos a los que habrá que hacer frente en el ámbito de la rehabilitación asistencial en los próximos años?

En los próximos años, creo que el ámbito de la rehabilitación asistencial enfrentará varios desafíos clave debido a factores tecnológicos, demográficos, económicos y organizativos. En mi opinión, los principales retos, que ya se están valorando en los recientes proyectos de investigación, son diversos. El envejecimiento de la población: el aumento de personas mayores con enfermedades crónicas, fragilidad y discapacidades implica mayor presión sobre los servicios de rehabilitación. Enfermedades crónicas y secuelas de nuevas patologías: COVID-19 y sus secuelas han evidenciado la necesidad de adaptar la rehabilitación a nuevas enfermedades emergentes. La Integración de tecnologías como los robots, la telerrehabilitación y herramientas digitales (realidad virtual, realidad aumentada, sistemas IoT, dispositivos wearables): su implementación masiva requiere inversión, formación y adaptación de protocolos.

También la coordinación entre niveles asistenciales: dificultades en la continuidad de cuidados entre hospitales, atención primaria, servicios sociales y centros sociosanitarios. Existe una gran necesidad de modelos integrados de atención centrados en la persona. La sostenibilidad económica: necesidad de demostrar la eficiencia costo-efectiva de los programas de rehabilitación con las nuevas tecnologías.

La personalización del tratamiento, por el aumento de la demanda de atención personalizada, y la necesidad de herramientas para medir resultados centrados en la calidad de vida y autonomía funcional. Y, por último, la inclusión y equidad: asegurar el acceso igualitario a los servicios de rehabilitación para personas con discapacidad, migrantes, población rural o vulnerable.

¿Qué papel piensa que jugará la Inteligencia Artificial? ¿Hasta qué punto transformará el panorama actual?

La Inteligencia Artificial (IA) jugará un papel transformador en la robótica de asistencia y rehabilitación, no solo optimizando las tecnologías actuales, sino también cambiando el enfoque de la rehabilitación hacia sistemas más personalizados, adaptativos y eficientes. Su impacto será profundo en varios niveles. En primer lugar, la rehabilitación personalizada en tiempo real: la IA permitirá adaptar los programas de rehabilitación en función del progreso del paciente mediante el análisis de datos en tiempo real (movimientos, fuerza, equilibrio, etc.). En segundo lugar, el aprendizaje continuo y predictivo: la IA podrá predecir recaídas o complicaciones mediante el análisis de patrones, facilitando una intervención temprana. También puede optimizar el diseño de tratamientos, seleccionando los ejercicios más efectivos según el perfil clínico del paciente.

En tercer lugar, la automatización del seguimiento clínico: los algoritmos de IA pueden monitorizar automáticamente variables biomecánicas y funcionales, liberando tiempo a los profesionales para tareas de mayor valor añadido. También la asistencia robótica inteligente en el hogar: robots de asistencia dotados de IA podrán realizar tareas de apoyo físico y cognitivo, recordar medicación, ayudar con la movilidad y fomentar la adherencia al tratamiento desde casa. Por último, la democratización del acceso: si se desarrollan soluciones más asequibles gracias a la IA, se podrá ampliar el acceso a tecnologías de rehabilitación avanzadas en zonas con recursos limitados o escasez de personal.

Por último, ¿cuáles son los próximos proyectos que tiene en mente?

Actualmente, hemos solicitado dos proyectos de gran interés. El primero se centra en la valorización y transferencia de un modelo de utilidad para una herramienta de rehabilitación domiciliar, basada en un dispositivo sensorizado e integrado con tecnologías de realidad virtual y aumentada. El segundo proyecto aborda el estudio de la ergonomía en la actividad humana a través de una evaluación neuro mecánica integral, que combina investigación avanzada en diseño centrado en el usuario, modelado biomecánico y el uso de sensores portátiles.