

Entrenamiento de los miembros superiores basado en robótica de asistencia social: un caso de estudio en discapacidad neurológica pediátrica

**Miriam Salas Monedero^a, Elisa López Dolado^b, Yolanda Pérez Borrego^c, Angel Gil Agudo^b,
José Carlos Pulido^d, Ana de los Reyes Guzmán^a**

^a **Unidad de Biomecánica y Ayudas Técnicas, Hospital Nacional de Paraplégicos (SESCAM), España, miriamsalasmonedero@gmail.com adlos@sescam.jccm.es**

^b **Servicio de Rehabilitación, Hospital Nacional de Paraplégicos (SESCAM), España, elopez@sescam.jccm.es amqila@sescam.jccm.es**

^c **Grupo FENNSI, Hospital Nacional de Paraplégicos (SESCAM), España, yaperez@sescam.jccm.es**

^d **Inrobics Social Robotics, España, jcpulido@inrobics.com**

Resumen

La robótica social de asistencia (RSA) es un campo en expansión en distintos ámbitos, surgiendo nuevas líneas de investigación en el campo de la rehabilitación física y cognitiva. El objetivo de este trabajo es presentar un caso de estudio en el que el paciente recibe un entrenamiento de los miembros superiores guiado por el robot NAO en la plataforma de salud digital Inrobics. Se trata de una paciente de 7 años con afectación motora consecuencia de una lesión medular cervical. El entrenamiento consiste en 10 sesiones experimentales de 30 min cada una durante dos semanas. De cada sesión, el sistema de monitorización activa de Inrobics recoge el rango máximo de movimiento percibido, desviaciones de tronco detectadas durante la ejecución del entrenamiento, número de movimientos correctamente realizados, adherencia al entrenamiento y frecuencia cardíaca y nivel de esfuerzo percibido. Antes de comenzar el entrenamiento y al finalizar las 10 sesiones experimentales se evalúa al paciente con el test clínico Box and Block y una aplicación virtual basada en Leap Motion Controller. Al finalizar el entrenamiento, se observa una leve mejoría en los aspectos motores de los miembros superiores y una mejor adaptación cardiovascular al esfuerzo.

Abstract

Assistive social robotics (ASR) is a growing field in different areas, with new research lines emerging in the field of physical and cognitive rehabilitation. The aim of this paper is to present a case study in which the patient receives upper limb training guided by the NAO robot on the Inrobics digital health platform. The patient is a 7-year-old female patient with motor impairment resulting from a cervical spinal cord injury. The training consists of 10 experimental sessions of 30 min each for two weeks. From each session, the Inrobics active monitoring system collects the maximum perceived range of motion, trunk deviations detected during the execution of the training,

number of correctly performed movements, adherence to the training and heart rate and perceived level of effort. Before starting the training and at the end of the 10 experimental sessions, the patient is evaluated with the Box and Block clinical test and a virtual application based on Leap Motion Controller. At the end of the training, a slight improvement is observed in the motor aspects of the upper limbs and a better cardiovascular adaptation to effort.

Palabras clave: Neurorehabilitación, miembros superiores, discapacidad pediátrica, robótica asistencial

Key words: Neurorehabilitation, upper extremities, pediatric disability, assistive robotics.

1. Introducción

La robótica social de asistencia (RSA) es un campo en expansión, basada en la utilización de robots para atender ciertas necesidades sociales. Este término representa todas aquellas plataformas robóticas que proporcionan un servicio o asistencia a las personas mediante la interacción social (dos Santos, 2012). La aceptación por parte de usuarios y profesionales ha permitido iniciar nuevas líneas de investigación en el campo de la rehabilitación física y cognitiva.

Los métodos tradicionales de rehabilitación física consisten en repeticiones continuas de movimientos según las condiciones clínicas del paciente. Esto puede provocar pérdida de interés y menor compromiso terapéutico por parte del paciente, especialmente si está en edad pediátrica. Por ello, hay diversos estudios que apuestan por la integración de estos robots en los programas de rehabilitación pediátrica, para mejorar la adherencia a los ejercicios terapéuticos, promover la independencia de los niños durante la realización de los mismos, además de servir como apoyo al programa rehabilitador cuando no se pueda acceder a un terapeuta (Butchart, 2021).

El objetivo de este trabajo es presentar la experiencia clínica de un entrenamiento de los miembros superiores guiado por el robot NAO dentro de la plataforma de salud digital Inrobics materializada en un caso de estudio.

2. Desarrollo

2.1 Marco teórico

INROBICS es una plataforma de salud digital basada en robótica social que proporciona sesiones de rehabilitación a niños que presentan limitaciones en su capacidad motora, cognitiva y social derivadas de alteraciones en el neurodesarrollo. Es un producto diseñado por y para profesionales, registrado por la AEMPS a fecha 22 de marzo de 2021 como producto sanitario clase I, cuyo número de registro es RPS/777/2021. INROBICS es una arquitectura software basada en Inteligencia Artificial complementada con un robot social de apariencia humanoide y un sensor RGB-D que monitoriza los movimientos del paciente. Esta plataforma, accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet, ofrece una amplia gama de sesiones de rehabilitación

fundamentadas en los principios de gamificación, intensificación de terapias, neuroplasticidad y control motor.

Dentro de la plataforma el robot NAO (Figura 1) es un robot humanoide social programable que ofrece un conjunto completo de sensores, cámaras, micrófonos y mecanismos interactivos. Dispone de características de gamificación para conducir la sesión, su uso aumenta la adherencia al tratamiento y esto permite intensificar la terapia. El sensor 3D del fabricante Orbecc, aporta un componente cualitativo clave dentro de la plataforma, permitiendo una monitorización en tiempo real (40-60 FPS) de los movimientos del paciente, registro de sus logros, medición de los resultados con un alto grado de fiabilidad dada su precisión.



Figura 1: Robot humanoide NAO

2.2 Planteamiento del problema

La puesta a punto e implementación de tecnologías que mejoren la calidad de vida de los niños y adolescentes que crecen y se desarrollan con una lesión medular espinal resulta hoy en día crucial para proveer de un modo prolongado, accesible y sostenible intervenciones rehabilitadoras que favorezca la recuperación de las funciones perdidas y/o no desarrolladas. En este trabajo se presenta un caso de estudio. Se trata de una paciente de 7 años con secuelas sensitivo-motoras graves tras una lesión medular cervical del nivel metamérico C7 completa secundaria a un astrocitoma pilomixioide holomedular de grado II. La paciente cumplía los criterios de inclusión y se obtuvo el correspondiente consentimiento informado.

2.3 Método

El entrenamiento duró 2 semanas e implicó la ejecución de 5 sesiones experimentales por semana. La primera sesión tuvo como objetivo la aclimatación al dispositivo robótico y se llevó a cabo con la ayuda y asistencia de los miembros del equipo de investigación.

Cada sesión tuvo una duración de 30 min aproximadamente y consistió en la ejecución de un programa de entrenamiento de fuerza y resistencia muscular (Harvey et al., 2008) de los miembros superiores, a nivel de los músculos bíceps y deltoides, para facilitar movimientos asociados a la

actividad de la vida diaria como la abducción, elevación escapular y rotaciones interna y externa del hombro, de una intensidad moderada (65%-80% FC) (Mulroy et al.,2011) dirigido por el robot Inrobics, siempre con la supervisión continua de al menos un miembro del equipo investigador. Antes de comenzar cada sesión se tomó la presión arterial y la frecuencia cardíaca en situación basal de reposo. En la Figura 2 se muestra a la paciente durante una sesión experimental con el robot humanoide NAO.



Figura 2: Sesión experimental con el robot humanoide NAO

De cada sesión, el sistema de monitorización activa de Inrobics recogió el rango máximo de movimiento percibido, desviaciones de tronco detectadas durante la ejecución del entrenamiento, número de movimientos correctamente realizados, adherencia al entrenamiento y frecuencia cardíaca y nivel de esfuerzo percibido. Antes de comenzar el entrenamiento y al finalizar las 10 sesiones experimentales se evaluó al paciente con dos aplicaciones del prototipo RehabHand basado en Leap Motion Controller: las aplicaciones virtuales “Box and Block” y “Explorador” de la que se obtiene la longitud de la trayectoria realizada y el número de correcciones realizadas a la misma (de los Reyes-Guzmán,2021).

2.4 Resultados

La paciente completó las 10 sesiones del programa de entrenamiento. Se compararon medidas de las sesiones experimentales 1 y 10. El esfuerzo percibido según escala de Borg pasó de 5 (sensación severa) en la sesión 1 a 2 (sensación leve) en la sesión 10. La frecuencia cardíaca en situación basal fue más baja en la sesión 10 que en la sesión 1 (frecuencias máximas de 118 y 109, respectivamente y frecuencias mínimas de 108 y 90, respectivamente). En cuanto a los recorridos articulares medidos, se observó un aumento de 20,49° el recorrido de abducción-adducción de hombro en la sesión 10 frente a la primera sesión. La plataforma reconoció 33 ejercicios satisfactoriamente completados en la primera sesión frente a 31 en la última sesión de un total de 82 ejercicios propuestos. En cuanto a las valoraciones pre y post-entrenamiento, se objetivaron mejorías en todas las pruebas realizadas. En el Box and Block virtual se pasaron 6 cubos con la mano dominante en la valoración pre-entrenamiento y 10 cubos en la valoración post-

entrenamiento. En la aplicación Explorador se realizó una trayectoria de 215,31 cm frente a 174,77 cm en las valoraciones pre y post-entrenamiento, respectivamente, y el número de desviaciones en la trayectoria disminuyeron de 110 a 61 en ambas valoraciones. En la Figura 3 se puede ver la trayectoria realizada por la paciente durante la ejecución de esta aplicación virtual en la situación pre y post-entrenamiento.

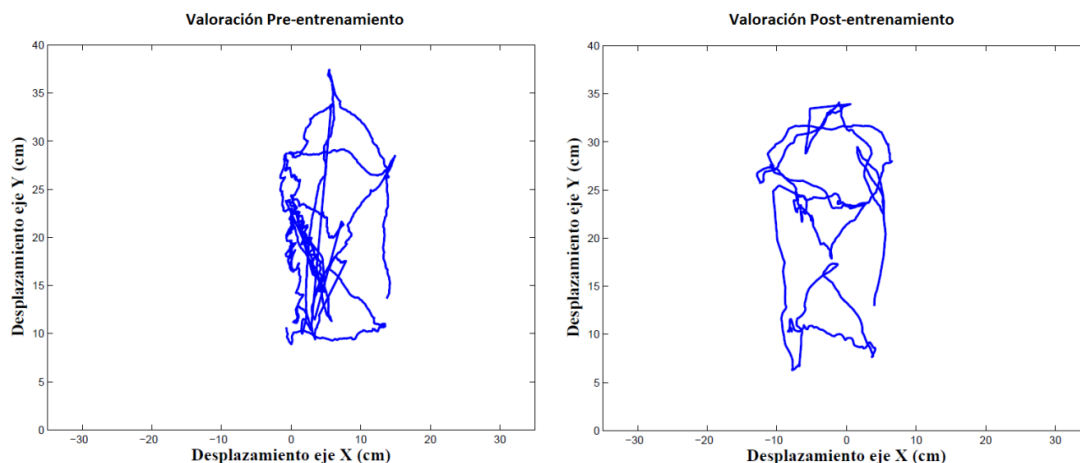


Figura 3: Trayectoria realizada por la paciente durante la ejecución de la aplicación virtual Explorador en las situaciones pre y post-entrenamiento

2.5 Discusión

La experiencia clínica mostrada en este caso de estudio ha sido satisfactoria. La paciente ha completado el entrenamiento propuesto, que consiste en 10 sesiones experimentales utilizando la plataforma Inrobics por medio del robot humanoide NAO que guía los ejercicios. El caso de estudio se realiza sobre una paciente de 7 años con secuelas sensitivo-motoras graves tras una lesión medular cervical del nivel metamérico C7 completa secundaria a un astrocitoma pilomixioide holomedular de grado II.

La adherencia al entrenamiento durante todas las sesiones experimentales ha sido muy buena, conseguida por la interacción social que el robot NAO ha tenido con la paciente. Aunque no se ha observado una mejora significativa en los rangos articulares medidos a la finalización del entrenamiento, sí se ha observado una leve mejora en la ejecución del test Box and Block y en los resultados obtenidos en la aplicación virtual del Explorador por medio de Leap Motion Controller (de los Reyes et al.,2021). Así, la trayectoria obtenida en la situación post-entrenamiento, además de ser más corta en longitud, el trazo realizado es más legible con respecto a la trayectoria óptima. El hallazgo más importante en este estudio es el relativo a la mejora medida en cuanto al nivel de adaptación cardiovascular al esfuerzo. Esto se ha podido ver tanto en una menor frecuencia cardíaca basal en la sesión 10 frente a la medida en la sesión 1 y en la disminución de las frecuencias cardíacas máxima y mínima medidas en ambas sesiones. Además, el nivel de esfuerzo percibido tras el entrenamiento es menor en la sesión 10, valorado como sensación leve, frente a la sesión 1 valorado como sensación severa.

Sin embargo, no se tiene evidencia de otros estudios con los que comparar el resultado obtenido en el presente estudio.

3. Conclusiones

Del caso de estudio presentado se puede concluir que el robot humanoide NAO parece ser viable para administrar y guiar un programa de entrenamiento de los miembros superiores en pacientes neurológicos de edad pediátrica como complemento a las terapias convencionales. Resulta de interés realizar el entrenamiento propuesto en una muestra más amplia y analizar si la mejora en la adaptación cardiovascular al esfuerzo es generalizable.

Referencias

- Borg G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*, 14(5), 377–381.
- Butchart, J., Harrison, R., Ritchie, J., Martí, F., McCarthy, C., Knight, S., & Scheinberg, A. (2021). Child and parent perceptions of acceptability and therapeutic value of a socially assistive robot used during pediatric rehabilitation. *Disability and rehabilitation*, 43(2), 163–170. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1617357>
- de los Reyes-Guzmán, A., Lozano-Berrio, V., Alvarez-Rodríguez, M., López-Dolado, E., Ceruelo-Abajo, S., Talavera-Díaz, F., & Gil-Agudo, A. (2021). RehabHand: Oriented-tasks serious games for upper limb rehabilitation by using Leap Motion Controller and target population in spinal cord injury. *NeuroRehabilitation*, 48(3), 365–373. <https://doi.org/10.3233/NRE-201598> .
- dos Santos, A. N., Pavão, S. L., de Campos, A. C., & Rocha, N. A. (2012). International Classification of Functioning, Disability and Health in children with cerebral palsy. *Disability and rehabilitation*, 34(12), 1053–1058. <https://doi.org/10.3109/09638288.2011.631678>
- Harvey, L. A., Lin, C. W., Glinsky, J. V., & de Wolf, A. (2008). The effectiveness of physical interventions for people with spinal cord injuries: a systematic review. *Spinal Cord*, 47(3), 184–195. <https://doi.org/10.1038/sc.2008.100>
- Mulroy, S. J., Thompson, L., Kemp, B., Hatchett, P. P., Newsam, C. J., Lupold, D. G., Haubert, L. L., Eberly, V., Ge, T. T., Azen, S. P., Winstein, C. J., & Gordon, J. (2011). Strengthening and Optimal Movements for Painful Shoulders (STOMPS) in Chronic Spinal Cord Injury: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 91(3), 305–324. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100182>.

Agradecimientos

Proyectos de investigación REHABHAND (DPI2016-77167-R) y REHAB-IMMERSIVE (PID2020-117361RB-C22/AEI/10.13039/501100011033).