

Robots humanoides como apoyo en el proceso de rehabilitación física en la región de Amozoc

Humanoid robots to support physical rehabilitation process in Amozoc region

CORTÉS-MENDOZA, Jorge Mario†, SORIANO-PORRAS, Dulce María, PÉREZ-SALGADO, Erika y MARTÍNEZ-TÉLLEZ, Rubelia Isaura

Universidad Politécnica de Amozoc, Av. ampliación Luis Oropeza #5202, Amozoc de Mota, Puebla, México.

ID 1^{er} Autor: *Jorge Mario, Cortés-Mendoza* / ORC ID: 0000-0001-7209-8324, Researcher Thomson ID: V-5962-2019, CVU CONACYT ID: 268166

ID 1^{er} Coautor: *Dulce, Soriano-Porras* / ORC ID: 0000-0001-7398-0693, Researcher Thomson ID: E-8233-2018

ID 2^{do} Coautor: *Erika, Pérez-Salgado* / ORC ID: 0000-0003-3165-3955, CVU CONACYT ID: 1016081

ID 3^{er} Coautor: *Rubelia, Martínez-Téllez* / ORC ID: 0000-0003-0164-066X, Researcher Thomson ID: E-8229-2018

DOI: 10.35429/JP.2019.7.3.17.23

Recibido 19 de Enero, 2019; Aceptado 29 Marzo, 2019

Resumen

Los avances tecnológicos en diferentes áreas del conocimiento han propiciado la incursión de la tecnología en un mayor número de actividades cotidianas. Uno de los campos más estudiados es el área de la salud donde las ciencias aplicadas facilitan el cuidado y la prevención de enfermedades. El presente trabajo describe los problemas posturales encontrados en niños de preescolar en la zona de Amozoc, el análisis realizado a una pequeña población de infantes destaca afectaciones comunes en la región que pueden ser abordados mediante el uso de robots humanoides. Los robots humanoides pueden apoyar el proceso de rehabilitación física mediante la imitación de movimientos y la descripción de posturas adecuadas. En este estudio, identificamos problemas específicos de una región que pueden ser atacados utilizando robots sociales en beneficio de la población.

Robots humanoides, Rehabilitación física, Problemas posturales

Abstract

Recent advances in different fields of computing have increased the use of these technologies in daily activities. Healthcare is one of the most studied areas of applied science because it can provide tools to improve patient care and prevent diseases. This paper describes common posture problems in children's for the province of Amozoc in Mexico. The physical evaluation shows the affectations of children in kindergarten that can be treated using humanoid robots; this kind of robots can support the physical rehabilitation process by movement imitation and the description of proper postures. In this study, we detected common posture problems and showed which of them can be attended using social robots for the benefit of the population.

Humanoid robots, Physical rehabilitation, Posture problems

Citación: CORTÉS-MENDOZA, Jorge Mario, SORIANO-PORRAS, Dulce María, PÉREZ-SALGADO, Erika y MARTÍNEZ-TÉLLEZ, Rubelia Isaura. Robots humanoides como apoyo en el proceso de rehabilitación física en la región de Amozoc. Revista de Fisioterapia y Tecnología Médica. 2019. 3-7: 17-23

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La fisioterapia es una disciplina de la salud que ayuda a recuperar y/o mejorar la calidad de vida en un momento determinado, el objetivo principal de esta rama de la salud es facilitar el desarrollo, mantenimiento y recuperación de la máxima funcionalidad y movilidad del individuo o grupo de personas a través de su vida [9].

En una sesión de fisioterapia tradicional: Inicialmente, el paciente recibe instrucción guiada por parte del terapeuta, esta consiste en la descripción inicial del movimiento o tarea que el paciente debe realizar. Posteriormente, el terapeuta observa los movimientos del paciente durante la ejecución de la tarea. Finalmente, el terapeuta evalúa el desempeño del paciente al realizar la tarea y proporciona retroalimentación correctiva con el objetivo de mejorar. El ciclo se repite hasta alcanzar los resultados deseados (recuperación total o parcial). La duración total del proceso de rehabilitación depende de varios factores, uno de los más significativos es la severidad del trastorno.

Los terapeutas pueden lograr los resultados deseados para su paciente a través de las cuatro actividades descritas anteriormente: 1) Instrucción guiada, 2) Observación exhaustiva, 3) Evaluación en tiempo real y 4) Retroalimentación correctiva [8]. La instrucción guiada y la retroalimentación correctiva pueden ser apoyadas por medio de tecnologías de asistencia que permitan mejorar durante las sesiones de fisioterapia.

El objetivo de este trabajo es identificar alteraciones físicas regionales en la población de niños y proponer intervenciones utilizando robots sociales para abordar dichos problemas. El uso de robots aumenta la retroalimentación del sistema sensorio motor (sensorimotor feedback) y favorece el aprendizaje del movimiento funcional del cuerpo con diferentes alteraciones [19]. Algunas ventajas adicionales de estas tecnologías son: capturar la atención de los participantes, motivar a los pacientes y facilitar el proceso de rehabilitación, terapia o intervención [21-25]. En general, los robots humanoides son una herramienta útil en la solución de dichos problemas.

El documento está organizado de la siguiente manera: En la Sección II, se presentan trabajos relacionadas al ámbito de los robots humanoides y el proceso de rehabilitación. La Sección III proporciona información sobre las características de dos robots humanoides. El análisis de los problemas posturales en niños es descrito en la sección IV. Finalmente, las conclusiones del trabajo son presentadas en la Sección V.

Trabajo relacionado

En los últimos años, el uso de tecnologías para apoyar el proceso de rehabilitación física se ha incrementado considerablemente [1 - 8], estas tecnologías sirven como apoyo al fisioterapeuta. Varios estudios muestran como la tecnología de asistencia y los robots de asistencia puede incrementar el proceso de rehabilitación [5]. A continuación, se describen varios trabajos en el área.

La confianza en el fisioterapeuta es una parte fundamental en la rehabilitación de un paciente, por lo tanto, resulta primordial estudiar si existe la misma confianza hacia un robot. Jin, De´Aira y Ayanna [1] analizan el nivel de confianza que tiene los pacientes hacia los robots encargados de cuidar la salud. Durante el estudio, dos agentes (uno humano y otro robot) proporcionan retroalimentación correctiva a los pacientes en una sesión de rehabilitación. Los resultados muestran que la confianza de los pacientes con respecto a ambos agentes es similar. Los autores resaltan la importancia del uso de agentes robot en el cuidado de la salud para mantener la calidad de la salud en generaciones futuras.

En una investigación más reciente [2], los autores evalúan la retroalimentación de ambos agentes. Los resultados muestran que las mejoras en el grupo de pacientes con retroalimentación robótica son mayores pero los efectos de las correcciones perduran más en el grupo con retroalimentación humana.

Guneyisu, Arnrich y Ersoy [3] proponen un esquema de interacción humano-computadora para niños en terapia de rehabilitación para brazos. Los autores utilizan un robot NAO y dispositivos vestibles para proporcionar la terapia y evaluar el desempeño motriz de los pacientes.

La terapia consiste en realizar una serie de ejercicios, definidos por fisioterapeutas, con el objetivo de facilitar la motricidad de los niños. Los resultados resaltan la aceptación de los robots y dispositivos vestibles, así como la captura de los patrones de los fisioterapeutas. Malik, Yussof y Hanapiah [4] proponen el uso de un robot de asistencia social para la impartición de terapia en niños con Parálisis Cerebral (PC). La tecnología de asistencia es usada para incrementar, mantener o mejorar las habilidades funcionales de niños con PC. Los autores describen una arquitectura basada en el robot humanoide NAO para aumentar el aprendizaje físico.

La investigación analiza el impacto de la interacción humano-robot en la funcionalidad motriz y la atención, y esboza los beneficios de esta tecnología. Posteriormente, los autores presentan escenarios interactivos para hacer los programas de los robots humanoides aplicables y clínicamente complacientes [5], los escenarios son validados mediante una revisión por pares de un grupo de fisioterapeutas y terapeutas ocupacionales.

Devanne y otros [6] desarrollan un método de aprendizaje probabilístico de movimientos ideales en base a demostraciones de expertos. La investigación propone un robot entrenador capaz de mostrar ejercicios de rehabilitación a los pacientes, observar al paciente al realizar el ejercicio y facilitar retroalimentación con el objetivo de mejorar y animar al paciente. El análisis de los movimientos se realiza mediante un Kinect [7] y modelos Gaussianos mixtos en tiempo real para identificar y explicar errores de posición en las partes del cuerpo.

García-Vergara y otros [8] proponen un protocolo de rehabilitación en casa basado en juegos serios con un compañero de juegos robótico. Los autores presentan como la eficacia del protocolo de intervención puede ser incrementado con un comportamiento humano empotrado en la plataforma del robot que proporciona retroalimentación continua. Los resultados confirman que unir los juegos serios existentes con un agente robótico tiene el potencial de aumentar la eficacia de los protocolos de intervención al permitir su uso fuera del entorno clínico, aumentando así la tasa de mejora de los usuarios.

La tabla 1 presenta un resumen de los trabajos relacionados donde se describen los aspectos más importantes de cada trabajo: el tipo de robot humanoide utilizado, los objetivos de la investigación, la evaluación de la propuesta, el tipo de rehabilitación (parte del cuerpo en la que se enfoca) y el uso de otras tecnologías, además del robot, para apoyar el proceso de rehabilitación. Los trabajos presentados usan el robot NAO y Darwin como plataforma estándar para conducir las investigaciones, la siguiente sección describe las características de ambos robots.

Robots humanoides

En el mercado existe una amplia variedad de robots enfocados a apoyar diferentes actividades humanas, por ejemplo, robots móviles, robots humanoides, robots zoomórficos, robots híbridos, etc. En general, los robots humanoides tratan de reproducir la cinemática humana (total o parcialmente) para poder realizar diferentes movimientos, por tal motivo su apariencia se asemeja al cuerpo humano.

La similitud física de los robots humanoides les permite proporcionar instrucción guiada en el proceso de rehabilitación, el robot realiza el ejercicio de rehabilitación propuesto por el fisioterapeuta. Algunos beneficios adicionales de la rehabilitación con apoyo humanoide son: incremento de la atención por parte de los pacientes en las sesiones y mayor confianza [8].

A continuación, se describen dos robots comerciales usados ampliamente en investigaciones del área interacción humano-robot.

Ref.	Actividad	Robot	Objetivo	Evaluación	Rehabilitación	Otras tecnologías
[1]	-	NAO	Confianza	No	-	-
[2]	-	NAO	Confianza	Si	-	-
[3]	1	NAO	Motivación	Si	Brazos	Vestibles
[4]	1	NAO	Motivación	No	Extremidades inferiores	-
[5]	1	NAO	Motivación	Si	Extremidades inferiores	-
[6]	1,2,3,4	Poppy	Desempeño	Si	Espalda	Kinect
[8]	4	DARWIN	Mejora	Si	Brazos	-

Tabla 1 Resumen de elementos considerados en los trabajos relacionados

Robot NAO

El robot humanoide NAO es desarrollado a partir del 2004 por la empresa Aldebaran Robotics [10] y actualmente se encuentra en constante desarrollo e investigación [1-7], desde el 2007 se utiliza en la competición internacional de robótica Robocup [11].

El robot NAO tiene una altura de 58 cm, pesa 4.5 kg y cuenta con 25 grados de libertad. Algunas características del hardware son: 1 procesador Atom, 2 cámaras, 4 micrófonos, 1 telémetro sonoro, 1 unidad inercial, 9 sensores táctiles y 8 sensores de presión. Además de un sintetizador de voz, LEDs y dos altavoces de alta fidelidad [12]. Este robot programable es ampliamente utilizado en investigaciones sobre movimiento, reconocimiento de objetos e interacción humano-robot [13]. La Figura 1 presenta una descripción de las características generales del robot NAO.

Choregraphe [15], el software estándar de programación del robot NAO, permite crear y editar movimiento y comportamientos. La interfaz gráfica en conjunto con las librerías estándar y funciones avanzadas facilitan el desarrollo rápido de proyectos. Los programadores pueden incorporar módulos en Python, Urbi y C++ para definir comportamiento y aumentar la funcionalidad del robot.

Robot DARwin-OP

El robot antropomorfo dinámico con inteligencia - plataforma abierta (DARwin-OP) es desarrollado a partir del 2010 por la empresa Robotis [16] y actualmente se usa en investigación y docencia [8].

El robot DARwin-OP tiene una altura de 45.5 cm, pesa 2.9 kg, velocidad de 0.86 km/h y cuenta con 20 grados de libertad. Algunas características del hardware son: 1 procesador Atom, 1 cámaras, 2 micrófonos, 1 acelerómetro, 1 giroscopio, 3 botones, LEDs y altavoces [16]. La Figura 2 muestra una descripción general las características del robot.

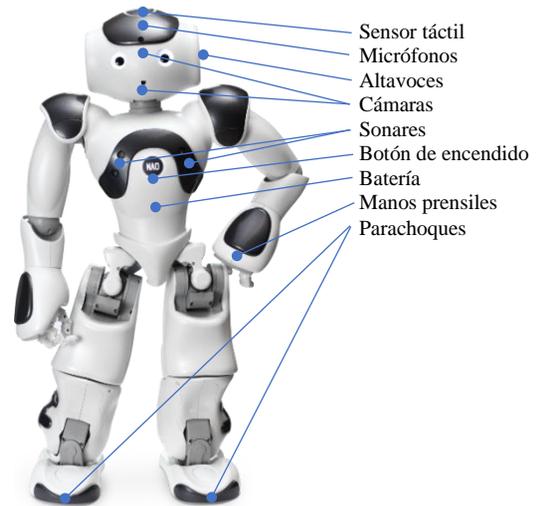


Figura 1 Descripción general del robot NAO [14]

RoboPlus [18] es un software todo en uno que permite usar productos Robotis compatibles, esta aplicación permite configuración, gestión de firmware, programación y edición de movimiento para DARwin-O. Motion es una herramienta de edición de movimiento animada y coreografía que se utiliza para crear movimientos compatibles con controladores Robotis.

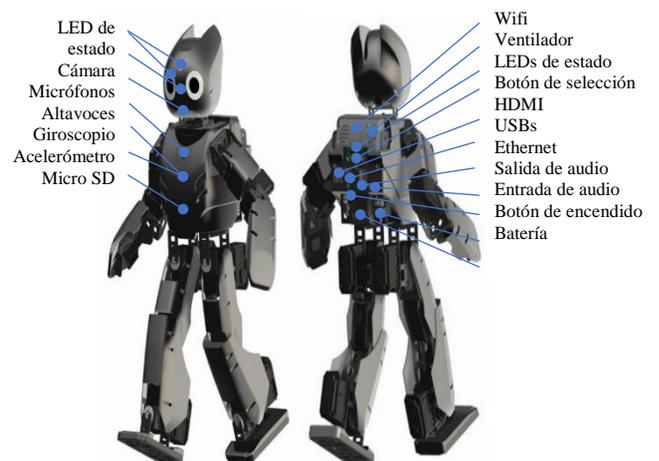


Figura 2 Descripción general del robot DARwin-OP [16]

Problemas posturales en niños para la región de Amozoc

El municipio de Amozoc tiene una extensión de 135.18 kilómetros cuadrados y cuenta con una población aproximada de 100,964 habitantes de la cual 42.7% no tienen acceso a servicios de salud [18]. El limitado acceso a los sistemas de salud se debe en parte al número de unidades médicas, solo 4 en la región, y al número de personal médico, 28 personas en total.

La etapa de crecimiento entre los 3 y 6 años se caracteriza por la aparición de cambios físicos donde es posible reconocer desviaciones posturales tempranas propias del desarrollo, estas desviaciones pueden mejorar, sin embargo, las condiciones desfavorables permiten que estos problemas se conviertan en defectos posturales [20]. La fatiga muscular, los síndromes dolorosos y las limitaciones funcionales son consecuencias del desequilibrio postural en diversas estructuras anatómicas provocados por los defectos posturales, todos estos síntomas se presentan hasta los 12 años. Por lo tanto, resulta fundamental generar condiciones adecuadas para propiciar la reeducación postural.

La evaluación realizada a estudiantes de preescolar en la región de Amozoc, una de las 52 escuelas preescolares en la zona, describe varias afectaciones recurrentes en esta población. El estudio consistió en una serie de evaluaciones fisioterapéuticas, sin embargo, en este artículo, solo se considera la valoración postural [20] porque describe los aspectos significativos que se pueden abordar por medio del uso de robots.

La Tabla 2 presenta los porcentajes obtenidos en la valoración de 31 niños, los resultados muestran las afectaciones posturales en varias regiones anatómicas del cuerpo. Algunas zonas, como los pies, el torax, columna y el abdomen, no se pueden trabajar mediante el uso de robots humanoides, las limitaciones físicas de los robots no permiten establecer rutinas para fortalecer los grupos musculares involucrados en afectaciones para estas zonas.

Los trabajos relacionados (Tabla 1) nos permiten confirmar que es posible generar programas de ejercicio terapéutico para trabajar la reeducación postural mediante el uso de robot. La hiperextensión de rodilla, hiperlordosis de la región lumbar, omóplatos en abducción, omóplatos elevados, elevación y caída de hombro y la tortícolis son problemas comunes que pueden ser tratados con ayuda de robots. Estas deficiencias posturales son las más representativas de cada una de las regiones evaluadas, valores en rojo de la Tabla 2.

El objetivo de trabajar con niños es proporcionar apoyo al sector más vulnerable de la región y atender problemas que pueden empeorar con el paso del tiempo, estas afectaciones implican una degradación en la calidad de vida de la población y un incremento del gasto público para atender problemas físicos a futuro.

Conclusiones

El avance en diferentes áreas de la tecnología ha propiciado la incursión de las mismas en actividades humanas cotidianas. El uso de robots humanoides como apoyo a actividades de prevención y cuidado de la salud se ha incrementado considerablemente. El objetivo de este artículo es identificar problemas físicos en niño de preescolar para la región de Amozoc y determinar aquellos que pueden ser tratados con la ayuda de robots.

De acuerdo a la valoración postural y los trabajos relacionados, al menos seis de las diez regiones evaluadas se pueden atender con el apoyo de robots humanoides. La definición de las sesiones para atacar los problemas físicos encontrados y la evaluación de las mismas son objeto de futuras investigaciones.

Región	Afectación	Porcentaje
Pies	Pronado	38.71
	Arco plantar plano	25.80
	Dedos en garra	22.58
	Supinado	12.90
	En martillo	3.23
	Halux valgus	3.23
Rodillas	Arco anterior bajo	3.23
	Hiperextensión	25.81
	Rodillas en valgo	6.45
	Rotación lateral	6.45
	Arqueadas	3.23
	Flexionadas	3.23
	Genurecurvatum	3.23
	Torsión tibial	3.23
Rotación medial	3.23	
Pelvis	Basculación	6.45
Región lumbar	Lordosis	38.71
	Hiperlordosis	12.90
Región dorsal	Omoplatos en abducción	32.30
	Omoplatos elevados	29.03
	Cifosis	6.45
	Recta	3.23
Tórax	Rotación	6.45
	Desviación	3.23
	Pecho elevado	3.23
Columna	Curvatura global	3.23
Abdomen	Protusión	25.81
	Cicatrices	9.68
Hombro	Elevado	48.39
	Caído	45.16
	Adelantado	25.80
	Rotación medial	3.23
Cabeza	Tortícolis	12.90
	Adelantada	9.68
	Rotación	6.45
	Basculación	3.23

Tabla 2 Pruebas funcionales de postura

El uso de robots humanoides tiene el potencial de transformar la manera de impartir fisioterapia, las investigaciones a futuro, en esta área, tienden a encontrar mejores y más eficientes formas de interacción entre humanos y robots. A pesar de los avances en el campo, aún hay mucho trabajo por hacer.

Referencias

- [1] Xu, J., De'Aira, G. B., and Howard, A. (2018). Would You Trust a Robot Therapist? Validating the Equivalency of Trust in Human-Robot Healthcare Scenarios. In *2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 442-447). IEEE.
- [2] Xu, J., De'Aira, G. B., Chen, Y. P., and Howard, A. (2018). Robot therapist versus human therapist: Evaluating the effect of corrective feedback on human motor performance. In *2018 International Symposium on Medical Robotics (ISMR)* (pp. 1-6). IEEE.
- [3] Guneyasu, A., Arnrich, B., and Ersoy, C. (2015). Children's rehabilitation with humanoid robots and wearable inertial measurement units. In *Proceedings of the 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare* (pp. 249-252). ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering).
- [4] Malik, N. A., Yussof, H., and Hanapiah, F. A. (2014). Development of imitation learning through physical therapy using a humanoid robot. *Procedia Computer Science*, 42, 191-197.
- [5] Malik, N. A., Yussof, H., and Hanapiah, F. A. (2017). Interactive scenario development of robot-assisted therapy for cerebral palsy: a face validation survey. *Procedia Computer Science*, 105, 322-327.
- [6] Devanne, M., Rémy-Néris, O., Le Gals-Garnett, B., Kermarrec, G., and Thepaut, A. (2018). A co-design approach for a rehabilitation robot coach for physical rehabilitation based on the error classification of motion errors. In *2018 Second IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC)* (pp. 352-357). IEEE.
- [7] Zhang, Z. (2012). Microsoft kinect sensor and its effect. *IEEE multimedia*, 19(2), 4-10.
- [8] García-Vergara, S., Brown, L., Chen, Y. P., and Howard, A. M. (2016). Increasing the efficacy of rehabilitation protocols for children via a robotic playmate providing real-time corrective feedback. In *2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 700-705). IEEE.
- [9] Confederación Mundial para la Fisioterapia. Declaración de política: Descripción de la terapia física, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [10] Aldebaran Robotics, <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/nao>, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [11] Robocup, <https://www.robocup.org/>, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [12] NAO resumen técnico, http://doc.aldebaran.com/2-8/family/nao_technical/index_dev_naov6, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [13] Educación e investigación, <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/industries/education-and-research>, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [14] Aldebaran Robotics, http://doc.aldebaran.com/2-1/family/body_type.html#robon-body-type, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [15] Choregraphe, <http://doc.aldebaran.com/1-14/software/choregraphe/>, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [16] Robotis, <http://support.robotis.com/en/product/darwin-op.htm>, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [17] RoboPlus, <http://www.robotis.us/roboplus/>, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [18] Coneval, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/37904/Puebla_015.pdf, consultado el 23 de mayo de 2019.
- [19] De la Cuerda, C., y Vázquez, C. (2012). Neurorehabilitación. *Editorial médica Panamericana*.

[20] Kendall, F. P. (2007). Kendall's Músculos Pruebas Funcionales Postura y Dolor, Editorial Marbán.

[21] De la Muela, M. I. C., López, M. M. J. L., de Agredos, M. C. T. V., Fernández, M. C. C., Muñoz, M. M. M., Escamilla, M. V. P., y Cervera, E. Intervención con robots humanoides como apoyo a los niños con autismo para el aprendizaje de habilidades comunicativas: un estudio piloto. LIBRO, 13.

[22] Ochoa-Guaraca, M., Pulla-Sánchez, D., Robles-Bykbaev, V., López-Nores, M., Carpio-Moreta, M., y García-Duque, J. (2017). Un sistema híbrido basado en asistentes robóticos y aplicaciones móviles para brindar soporte en la terapia de lenguaje de niños con discapacidad y trastornos de la comunicación. Campus Virtuales, 6(1), 77-87.

[23] Oliver Segovia, M. (2019). Interacción multisensorial sin cables en entornos inteligentes de rehabilitación.

[24] Giraldo Pérez, S., y Herrera Sánchez, D. (2017). Interfaz cerebro máquina portátil para accionar un brazo humanoide (Doctoral dissertation, Universidad EIA).

[25] Bayón, C., Ramírez, Ó., Rocón, E., Martín-Lorenzo, T., Moral-Saiz, B., Pérez-Somarriba, Á., ... y Martínez, I. (2017). Entrenamiento robótico de la marcha en pacientes con Parálisis Cerebral: definición de objetivos, propuesta de tratamiento e implementación clínica preliminar. Actas de las XXXVIII Jornadas de Automática.